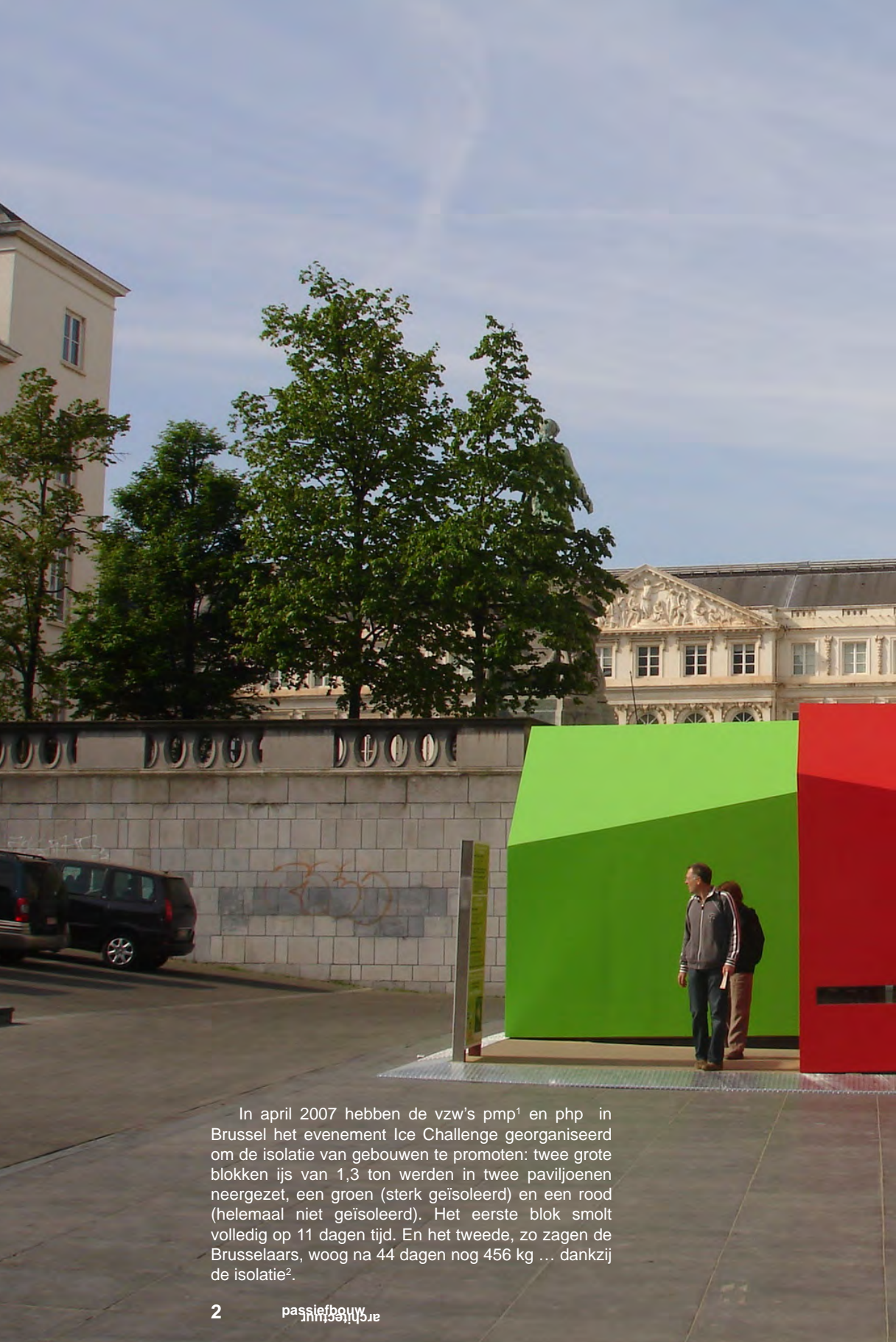


passiefbouw architectuur

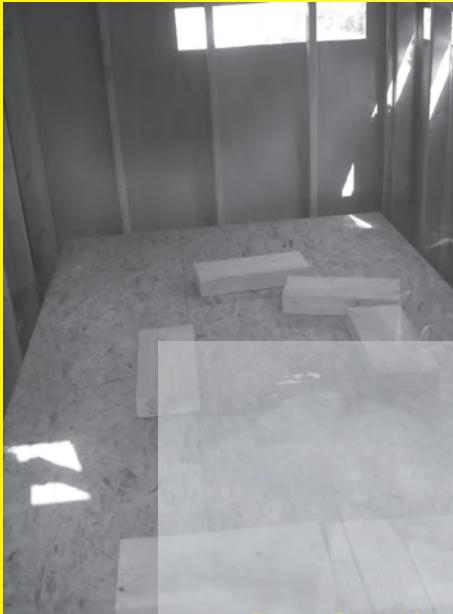
Strategieën, ervaringen & verschillende perspectieven in België





In april 2007 hebben de vzw's pmp¹ en php in Brussel het evenement Ice Challenge georganiseerd om de isolatie van gebouwen te promoten: twee grote blokken ijs van 1,3 ton werden in twee paviljoenen neergezet, een groen (sterk geïsoleerd) en een rood (helemaal niet geïsoleerd). Het eerste blok smolt volledig op 11 dagen tijd. En het tweede, zo zagen de Brusselaars, woog na 44 dagen nog 456 kg ... dankzij de isolatie².





voorwoord





Dit boek is er gekomen op initiatief van de vzw be.passive. Deze vzw verspreidt de meest actuele ervaringen met betrekking tot het ontwerpen van passieve gebouwen in België naar de vakmensen en het grote publiek toe. Het is het resultaat van een samenwerking met het Plateforme Maison Passive, de Faculteit Architectuur van de Université Libre de Bruxelles en Leefmilieu Brussel.

Hier kruisen de blikken van de architect, de ingenieur, de jurist, de aannemer, de opdrachtgever en de gepassioneerde elkaar. Ze delen hier allemaal hun praktijk ervaringen van het passief concept in België. Ze hebben alles verzameld wat men moet weten om passieve gebouwen te ontwerpen en energie te steken in de oplossing in plaats van het probleem! Verder kunt u nog genieten van uren leesplezier dankzij de duizenden pagina's die vrij toegankelijk zijn op de website van het architectuurmagazine **be.passive**³.

De passiefstandaard ontwikkelt zich snel: hij biedt concrete manieren om op een ecologisch verantwoorde manier te bouwen. Dankzij de passiefstandaard kunnen de opdrachtgever en de architect bijdragen tot het algemeen belang. Het gaat om meer dan goede bedoelingen, het is ook een kwestie van professionele verantwoordelijkheid. De maatschappij heeft altijd al garanties geëist: dat alle gebouwen degelijk, waterdicht en gezond zijn. Vandaag komt daar een nieuwe energieggarantie bij: dat alle gebouwen zuinig en duurzaam zijn, zodat ze aansluiten bij de wereldwijde energie- en klimaatuitdagingen.

Dit nieuwe "sociale contract" distilleert reglementaire vereisten, die voor de waarnemers van de planeet niet als



be.passive

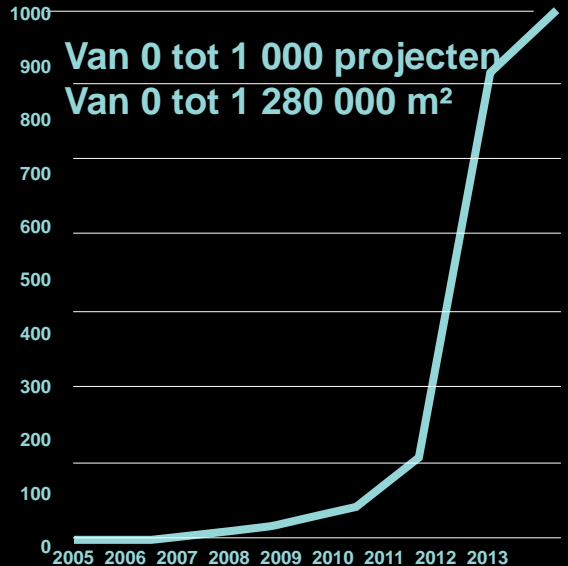
pmp

ULB Faculté d'Architecture La Cambre Horta

bruxelles environnement .brussels

een verrassing komen, sinds lang voor de eerste petroleumschok (1973) tot de laatste rapporten van het IPCC over de klimaatverandering (2014). Het enthousiasme van de passiefbouw is daar het bewijs van met 1,5 miljoen m² gebouwen die in de afgelopen tien jaar gebouwd werden of die zich in de projectfase bevinden. Andere beroepsmensen hebben zich echter laten verrassen. Dit boek is ook voor hen bedoeld. Het dringt immers geen enkele oplossing op die zij niet wensen: het passief ontwerp vervangt het architecturale ontwerp niet. Het kan voor de architecten zijn wat Sancho Panza is voor Don Quichotte: een dienaar die soms wat nors is, maar die wel altijd klaar staat voor zijn meester.

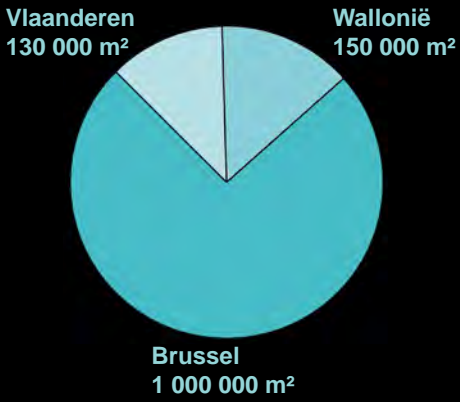
Voor zover wij weten is het Brussels Hoofdstedelijk Gewest het eerste gewest in België dat lessen heeft getrokken uit dit nieuwe gegeven. En dankzij het Brussels Hoofdstedelijk Gewest hebt u dit boek nu in handen. Onze dank gaat ook uit naar het bestuur van Leefmilieu Brussel, dat ons project heeft gesteund en verrijkt. De eventuele fouten in deze tekst zijn echter onze verantwoordelijkheid.



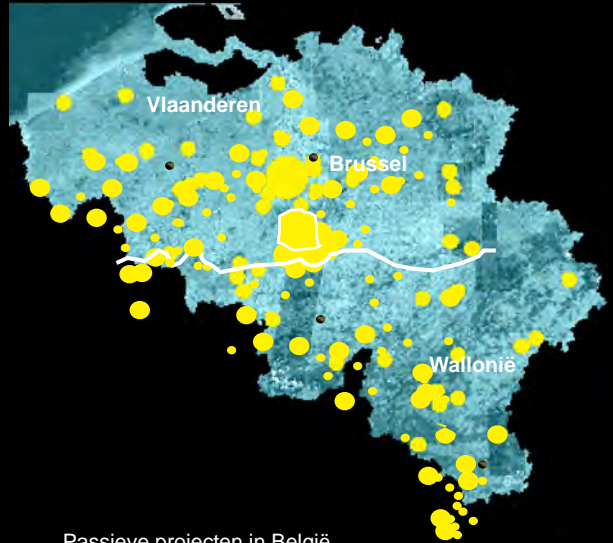
Inventaris van de passieve projecten in België (begin 2014)

Referenties:

- 1 www.maisonpassive.be ; www.passiefhuisplatforme.be.
- 2 **be.passive** 02, p.56.
- 3 www.bepassive.be.
- 4 Intergovernmental Panel on climate change, www.ipcc.ch



Passieve projecten in m² per gewest



Passieve projecten in België



Vlaanderen



Wallonië





user guide

1.1. Van energieverbruik naar energiecompetentie

1.1.1. Meer dan een kwestie van kWh?

Energie betekent voor de meeste mensen niet meer dan facturen die betaald moeten worden. De mens heeft altijd al robuuste gebouwen gebouwd en deze nadien zo goed en zo kwaad mogelijk bewoond, vaak in oncomfortabele en ongezonde omstandigheden. Gebouwen lijken van nature niet echt energiecompetent. Welnu, alle gebouwen volgen eenzelfde energielogica: ze verzetten zich van nature tegen warmte-uitwisselingen en ze valoriseren de omgevingsenergie. Het gaat om de passiefbenadering van de zon waarvan de "passiefstandaard" de voltooiing is.

De verwarming is in België de grootste energieverbruiker van de gebouwen. Door een verbeterde isolatie en luchtdichtheid vermindert de passiefbenadering het warmteverlies en valoriseert de energietoevoer afkomstig van de zon of gegenereerd door het gebruik van het gebouw. Een bijkomende aanzienlijke vermindering wordt mogelijk door een warmterecuperator met een balansventilatiesysteem. Deze combinatie heeft een onverdeelde impact op het comfort en de energiebalans.

De passiefstandaard garandeert zowel in de zomer als in de winter een comfortabel binnenklimaat en zorgt voor een aanzienlijke vermindering van het verwarmings- en koelingsverbruik. Door een juiste bewerking van de ruimte (oriëntatie, vorm, compactheid) en de materialen (isolatie, dichtheid) vermindert de passiefbouw de verwarmingsbehoefte tot een niveau dat zo laag is dat een conventionele infrastructuur niet langer nuttig is: voor eenzelfde comfort volstaat een eenvoudige installatie met een beperkt vermogen.

Dankzij de passiefbenadering kunnen prestatiecriteria geformuleerd worden, die van de passiefstandaard. Dat is een groot voordeel: de criteria kunnen geverifieerd worden aan de hand van een berekening (dankzij een geproefde software: PHPP) en op de werf (door een test die de luchtdichtheid van het gebouw meet), en dat geeft dan aanleiding tot een erkend certificaat. Sinds het Passivhaus Instituut (PHI) het certificaat in 1991 in het leven riep werden in Europa tienduizenden woningen, scholen, kinderdagverblijven, supermarkten, enz. gebouwd. Zij getuigen dat het ontwerp robuust is en de technische oplossingen haalbaar zijn. Ook in België werden en worden honderden passiefgebouwen en duizenden passiefwoningen gebouwd (en vaak gecertificeerd)¹¹. Ook hier zijn de bestemmingen even gevarieerd als hun architecturale vormen. Ook hier vinden we een overvloed aan voorbeelden van passief- of heel-lage-energieinnovatie¹².

> 5.1.1
p. 340

> 1.3.1
p. 44
> 1.3.1.1
p. 46

De gele highlights verwijzen naar andere delen in het boek, waar het onderwerp verder wordt uitgediept of gewoonweg om een extra invalshoek over het onderwerp te geven.



enz.) om bepaalde vormen van onrechtvaardigheid (hulpbehoevendheid, energiekwetsbaarheid) tegen te gaan. Het energieverbruik is een milieu- en economisch probleem, want het mobiliseert grote geldstromen. Het is ook een sociaal probleem, want "verwarming en verlichting zijn onverjaarbare rechten"¹⁷ in onze samenlevingen.

1.1.2. Een energiebenadering van de gebouwen?

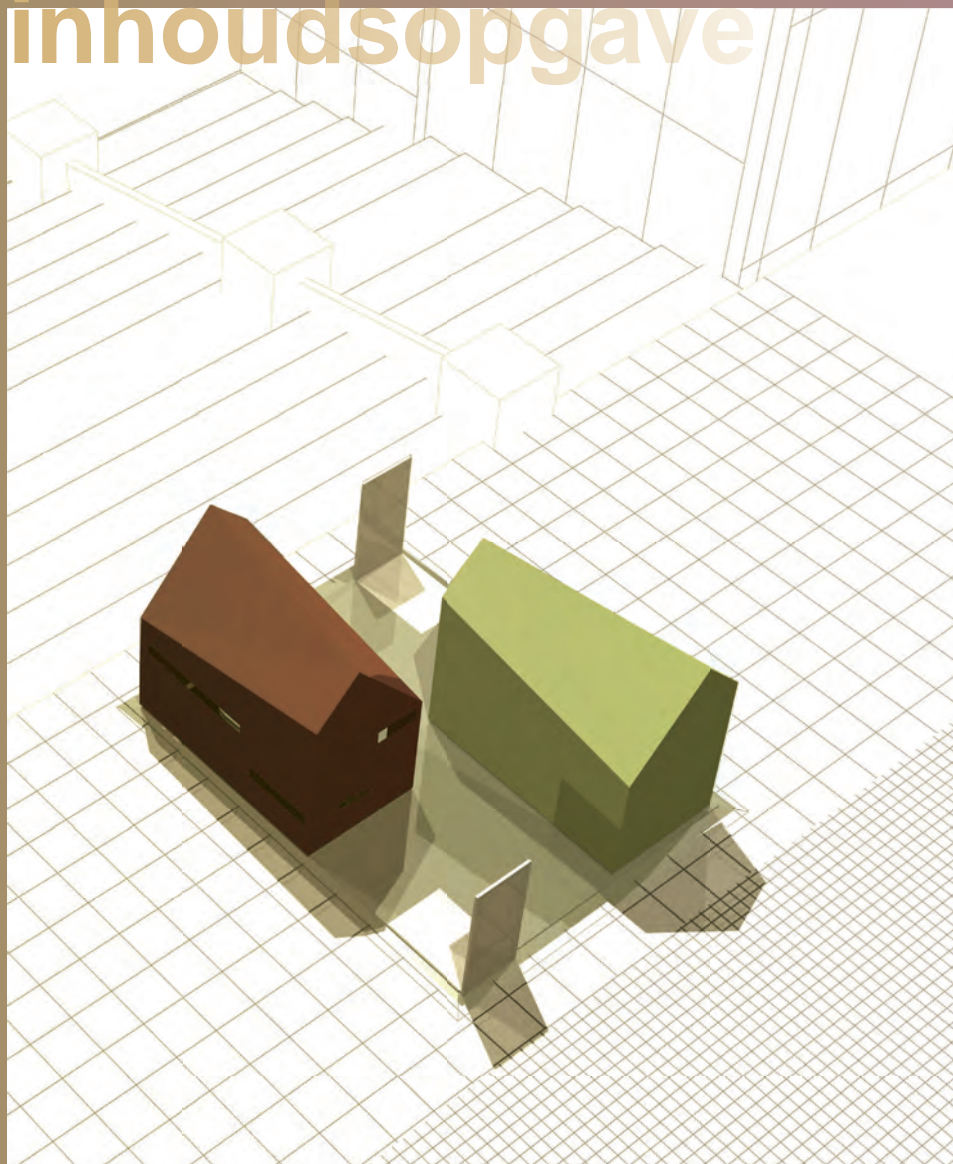
Laten we een onderscheid maken tussen de energie die "in rook opgaat" (de werkingsenergie van het gebouw) en de energie die wordt omgezet in materiaal en functionaliteit (de grijze energie). Pour réduire la Om het verbruik van de werkingsenergie van de gebouwen te verminderen bestaan er slechts drie basisprincipes die worden geformuleerd door de Trias Energetica¹⁷:

1. De behoeften verminderen en maatregelen invoeren die aanzetten tot soberheid om zo "minder te verbruiken";
2. Hernieuwbare energie gebruiken om "anders te verbruiken";
3. De technologieën efficiënter maken om het verlies te beperken en "beter



— De 'gps': in deze zone kunt u zich in het boek lokaliseren. Ieder hoofdstuk wordt onderscheiden door middel van een kleur en een woord (bv. hoofdstuk 01 = 'de-fine' en okerkleur).

inhoudsopgave





01	define van de passiefbenadering tot de passiefstandaard	15
02	design constructie, structuur, infrastructuren, besparing en controle	59
03	legal de wet juridische vraagstukken	263
04	reality de passiefbouw in de testbank	303
05	beyond verder dan de passiefstandaard	339



van de passiefbenadering tot de passiefstandaard

1.1.	Van energieverbruik naar energiecompetentie	18
1.1.1.	Meer dan een kwestie van kWh?	18
1.1.2.	Een energiebenadering van de gebouwen?	19
1.1.3.	Een kwestie van energiecompetentie !	24
1.1.4.	Enkele historische mijlpalen	25
1.1.5.	Een coherent concept	28
1.2.	Energieconcepten en gedrag van het gebouw	30
1.2.1.	Energie-evenwichten	30
1.2.2.	Welke rol speelt de isolatie?	37
1.2.3.	Wat is de impact van de inplanting?	39
1.2.4.	Het "temperament" van de passiefbouw	40
1.3.	Criteria passiefstandaard en "EPB Passief 2015"	44
1.3.1.	De passiefstandaard	44
1.3.2.	De "EPB Passief 2015" Binnen het Brussels hoofdstedelijk gewest	51

define

01

tout petit, tout petit la planète

(Plastic Bertrand)

Bernard Deprez

Laten we duidelijk zijn: het is geen architecturaal probleem, wel een energieprobleem. Kernenergie en fossiele energie zijn niet hernieuwbaar. De steenkool-, gas- en stookolievoorraden zijn nog steeds groot, maar de exploitatie wordt steeds duurder en gevaarlijker. Dit zorgt voor internationale spanningen, vervuiling en buitensporige kosten¹. De vervuilende stoffen die afkomstig zijn van de verbranding ervan leiden volgens de Europese Unie (EU) tot een oversterfte van 12 400 per jaar in België², en dat is in verhouding vier keer meer dan in China³! De fossiele energieën zijn verantwoordelijk voor 85% van de klimaatopwarming⁴. De wetenschappers zijn van mening dat de CO₂-uitstoot de “limieten van de planeet⁵” heeft overschreden. Het IPCC⁶ is van mening dat deze uitstoot tegen 2050 met 85% moet verminderen.

Elke status quo versterkt het vernietigende scenario, want in Europa verbruiken de gebouwen 40% van de primaire energie. Ze vormen een sleutelelement van de oplossing⁷. Wanneer er maar weinig gebeurt op het vlak van renovatie en nieuwbouw, dan kunnen enkel ambitieuze doelstellingen voldoen aan de voorschriften van het IPCC. Welnu, 2050 is de horizon van de gebouwen die vandaag ontworpen of gerenoveerd worden: het moet de horizon van onze ontwerpers zijn.

Welke zijn de energielogica's van deze wereld, die zelf niet onbeperkt is? Er zijn heel wat mogelijkheden, maar gewoon maar technologieën accumuleren volstaat niet! Een kritische benadering is noodzakelijk om fouten, gadgets en terugslageffecten⁸ te vermijden. Uit recente studies⁹ is gebleken dat Europa en België kunnen overschakelen op een economie die 100% wordt gevoed door hernieuwbare energie. Deze “energietransitie” zal onze industriële sectoren transformeren en onze ruimtelijke ordening, onze architecturale typologieën en onze bouwtradities veranderen. Volgens Rem Koolhaas zijn criteria voor de energiedoeltreffendheid van de gebouwen noodzakelijk voor de nieuwbouw. “Ze moeten streven naar een bijna-nulverbruik in navolging van de passiefstandaard.^{10a}”

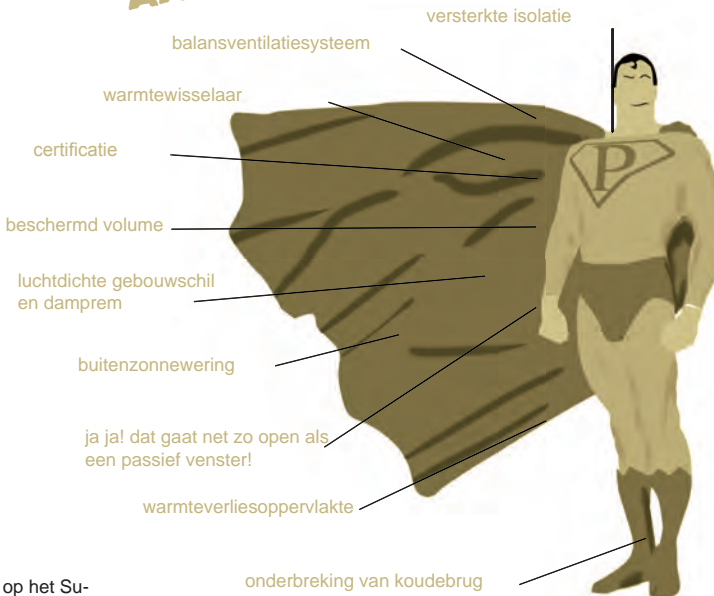
Welnu, de energiefunctie van een gebouw is niet die van een machine of een zonnepaneel. De passiefbenadering is niet gebaseerd op een geïmplementeerde technologie, maar wel op het intrinsieke potentieel van elke constructie die bestemd is voor wonen: het behoud van de energie. Ligging, wanden, materialen, ... het is de bedoeling dat de woordenschat van de bouwspecialist wordt uitgebreid met een nieuwe (energie)competentie als

aanvulling op de traditionele eigenschappen zoals stabiliteit, functionaliteit en ruimtelijkheid.

De “passiefbouw” gaat om meer dan een “standaard”, het is de natuurlijke energielogica van de gebouwen, de logica die het energiepotentieel van het gebouw laat zien en valoriseert. De doeltreffendheid is gebaseerd op het materiaalaspect van het gebouw, meer dan op de technieken. Daarom richt de passiefbouw zich zowel tot de nieuwbouw als de renovatie, en zowel tot het lage-energie- als het nulenergieontwerp: dezelfde principes leiden tot dezelfde resultaten, de effectieve prestatie zal afhangen van de specifieke kenmerken van elke situatie.

SUPERPASIEF

AAN MIJN MOEDER UITGELEGD



Variatie op het Superman thema van Jerry Siegel en Joe Shuster



1.1. Van energieverbruik naar energiecompetentie

1.1.1. Meer dan een kwestie van kWh?

Energie betekent voor de meeste mensen niet meer dan facturen die betaald moeten worden. De mens heeft altijd al robuuste gebouwen gebouwd en deze nadien zo goed en zo kwaad mogelijk bewoond, vaak in oncomfortabele en ongezonde omstandigheden. Gebouwen lijken van nature niet echt energiecompetent. Welnu, alle gebouwen volgen eenzelfde energielogica: ze verzetten zich van nature tegen warme-uitwisselingen en ze valoriseren de omgevingsenergie. Het gaat om de passiefbenadering van de zon waarvan de “passiefstandaard” de voltooiing is.

De verwarming is in België de **grootste energieverbruiker van de gebouwen**. Door een verbeterde isolatie en luchtdichtheid vermindert de passiefbenadering het warmteverlies en valoriseert de energietoevoer afkomstig van de zon of gegenereerd door het gebruik van het gebouw. Een bijkomende aanzienlijke vermindering wordt mogelijk door een warmterecuperator met een balansventilatiesysteem. Deze combinatie heeft een onverdeelde impact op het comfort en de energiebalans.

De passiefstandaard garandeert zowel in de zomer als in de winter een comfortabel binnenklimaat en zorgt voor een aanzienlijke vermindering van het verwarmings- en koelingsverbruik. Door een juiste bewerking van de ruimte (oriëntatie, vorm, compactheid) en de materialen (isolatie, dichtheid) vermindert de passiefbouw de verwarmingsbehoefte tot een niveau dat zo laag is dat een conventionele infrastructuur niet langer nuttig is: voor eenzelfde comfort volstaat een eenvoudige installatie met een beperkt vermogen.

Dankzij de passiefbenadering kunnen prestatiecriteria geformuleerd worden, die van de **passiefstandaard**. Dat is een groot voordeel: de criteria kunnen geverifieerd worden aan de hand van een berekening (dankzij een beproefde software: **PHPP**) en op de werf (door een test die de luchtdichtheid van het gebouw meet), en dat geeft dan aanleiding tot een erkend certificaat. Sinds het Passivhaus Instituut (PHI) het certificaat in 1991 in het leven riep werden in Europa tienduizenden woningen, scholen, kinderdagverblijven, supermarkten, enz. gebouwd. Zij getuigen dat het ontwerp robuust is en de technische oplossingen haalbaar zijn. Ook in België werden en worden honderden passiefgebouwen en duizenden passiefwoning gebouwd (en vaak gecertificeerd)¹¹. Ook hier zijn de bestemmingen even gevarieerd als hun

> 1.1.53
b. 29

> 1.3.2
b. 51

> 5.1.1
b. 340

> 1.3.1
b. 44

> 1.3.1.1
b. 46

> 5.1.1
b. 340

> 5.2.1
b. 344

architecturale vormen. Ook hier vinden we een overvloed aan voorbeelden van passief- of heel-lage-energieernovatie¹².

Er bestaan ook **afgeleide criteria** van de passiefstandaard: EnerPHit¹³ (dat de passieve energieernovatie van bestaande gebouwen in Duitsland certificeert) of de EPB-reglementering "**Passief 2015**"¹⁴ in Brussel-Hoofdstad.

Door zich te concentreren op de verwarming geeft de passiefstandaard geloofwaardigheid aan elke duurzame benadering wat comfort, welzijn en gezondheid, energieonafhankelijkheid, valorisatie van de omgevingsenergie, vermindering van het verbruik en van de vervuilende uitstoot betreft. In Brussel-Hoofdstad zijn meer dan 56% van de 243 laureaten van de oproep Voorbeeldgebouwen¹⁴ binnen het domein van het duurzaam bouwen passiefgebouwen.

De energie bevindt zich immers in het hart van wat leeft: het gaat om veel meer dan gewoon kWh. De energie structureert het volledige duurzame ontwerp van de gebouwen: ze is nauw verbonden met het planetaire evenwicht en is onontbeerlijk voor de goede gezondheid van de bewoners van de planeet. Ze bevindt zich in het hart van onze manier van leven (comfort, welzijn, mobiliteit) en maakt het voorwerp uit van een toenemende regeling (EPB¹⁵, fiscaliteit, enz.) om bepaalde vormen van onrechtvaardigheid (hulpbehoevendheid, energiekwetsbaarheid) tegen te gaan. Het energieverbruik is een milieu- en economisch probleem, want het mobiliseert grote geldstromen. Het is ook een sociaal probleem, want "verwarming en verlichting zijn onverjaarbare rechten"¹⁶ in onze samenlevingen.

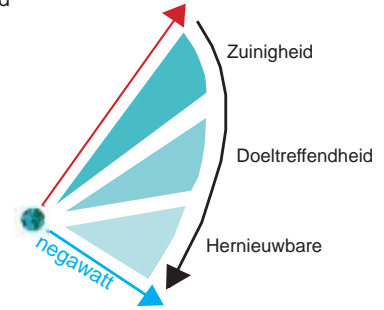
1.1.2. Een energiebenadering van de gebouwen?

Laten we een onderscheid maken tussen de energie die "in rook opgaat" (**de werkingsenergie van het gebouw**) en de energie die wordt omgezet in materiaal en functionaliteit (**de grijze energie**). Pour réduire la consommation de l'énergie, il faut réduire le gaspillage. Om het verbruik van de werkingsenergie van de gebouwen te verminderen bestaan er slechts drie basisprincipes die worden geformuleerd door de Trias Energetica¹⁷:

1. De behoeften verminderen en maatregelen invoeren die aanzetten tot soberheid om zo "minder te verbruiken";
2. Hernieuwbare energie gebruiken om "anders te verbruiken";



De duurzaamste energie is de energie die wordt bespaard



De Negawatt²¹-benadering schuift dezelfde principes naar voor.

3. De technologieën efficiënter maken om het verlies te beperken en “beter te verbruiken”

1.1.2.1. Energie behouden of produceren?

De huidige technologieën voor de productie van hernieuwbare energie volstaan niet om de fossiele energie te vervangen. Energie behouden is dus noodzakelijk. Dat gaat vrij gemakkelijk binnen de bouwsector, maar is moeilijker in andere sectoren (transport, industrie, enz.). Behoud en productie van hernieuwbare energie kunnen geassocieerd worden, maar de twee logica's zijn intrinsiek verschillend:

- Alle materialen vertonen van nature een thermische weerstand tegen de warmtestroom; vanaf een bepaald punt helpt het verbeteren van de **isolatie van een gebouw** niet meer echt. Het isolatievermogen (“negawatt”: $U_{\text{niet geïsoleerd}} - U_{\text{geïsoleerd}}$) van het isolatiemateriaal volgt een “stagnerende” curve.
- Het vermogen van een installatie voor hernieuwbare energie is echter lineair: om meer te produceren volstaat het meer technologie toe te voegen (collectoroppervlakte of –diepte, enz.). De kWh die worden geproduceerd door een technische installatie “plafonneren” niet (zolang er plaats is).

Moeten we dan de voorkeur geven aan isoleren en/of het produceren van hernieuwbare energie? Dat maakt vanuit het standpunt van de energie niets uit. Financieel hangt het af van de technologieën en de omstandigheden (premies, enz.). Maar de waarde van het gebouw, dat is een ander verhaal: een gebouw “maar half” isoleren zou als gevolg hebben dat het vast komt te zitten in een staat waarin al het besparingspotentieel (passief) niet gevaloriseerd wordt. Het kan nadien duurder zijn om het te verbeteren, want bepaalde fundamentele kenmerken die het “energievermogen” vormen zullen moeten worden veranderd. In het licht van **de toekomstige energievereisten**, kan isoleren onder het passiefniveau leiden tot situaties van “geprogrammeerde” slijtage¹⁹.

> 1.2.2
b. 37

> 1.3.1
b. 44

> 5.1
b. 340

1.1.2.2. De passiefbenadering: energie behouden

Het behoud van energie is een intrinsiek fenomeen van de gebouwen: elke architectuur is dus genetisch "passief". De evolutie van de thermische reglementeringen sluit trouwens op alle vlakken aan bij de Trias: het begon met de K70 (isolatie) in 1984 die werd uitgebreid met de BE500 (rekening houden met de gratis aanvoer) en die vervolgens verder ontwikkeld werd tot de EPB om de hernieuwbare energie, het verlies van de technieken en de primaire energie te integreren, ...

De passiefstandaard richt zich op het potentieel voor verwarmingsenergiebehoud van het gebouw. Het centrale criterium is een beperkte behoefte: **de beroemde 15 kWh/m².jaar**. En als dit "beperkt blijft" tot 15 (zonder te streven naar 0kWh), dan is dat omdat elke bijkomende vermindering zou leiden tot onredelijke bouwkeuzes (meerkost, overdreven dikte, enz.). De passiefstandaard drijft het soberheidsprincipe van de Trias energetica tot het uiterste. Om verder te gaan moeten we hernieuwbare energie produceren en het architecturale domein inruilen voor dat van de technieken. Wanneer een (passief)gebouw wordt uitgerust met een actieve technologie voor hernieuwbare energie, dan wordt het niet actief maar *hybride*.



"Da's pas geïsoleerd!"
"Draai die lamp eens uit; ik stik hier van de warmte"
Driedubbele beglazing

1.1.2.3. Een nieuwe kijk op bioklimatologie

De passiefbenadering is 100% bioklimatologisch. De principes ervan zijn overal toepasbaar. Uiteraard genieten de zomerstrategieën de voorkeur in de landen van het zuiden boven de winterstrategieën van de landen in het noorden. Ons gematigd klimaat kent echter een afwisseling tussen koud en warm: het vereist dus een dubbele bioklimatologische benadering. Vier winterstrategieën worden naar voor geschoven om comfort en energiebesparing te verzoenen:

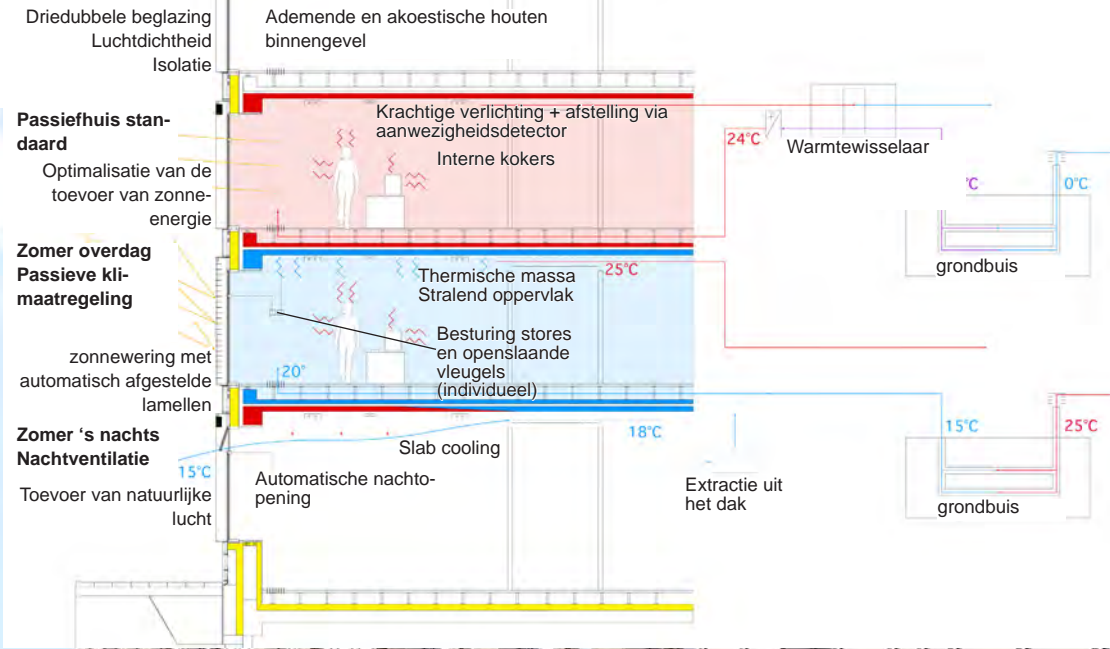
1. de warmte **behouden** door isolatie van de wanden, de luchtdichtheid, de compactheid en de thermische zonering; de warmte van de lucht wordt bewaard dankzij een wisselaar (eventueel in combinatie met een aardwarmtewisselaar); zodra een bescherming tegen de kou niet langer nodig is, kan deze afgeleid of gedeactiveerd worden om terug te keren naar een natuurlijke ventilatie.
2. de zonnestraling **opvangen** door de oriëntatie van het plan en de openingen, door de kwaliteit van de beglazing, enz. ;
3. de warmte **verspreiden** in de ruimte dankzij een gestroomlijnd ontwerp en in de winter dankzij de mechanische ventilatie met wisselaar;
4. de warmte **opslaan** door de keuze van materialen met een sterke thermische inertie en van technische installaties (warmwaterballon).

In de zomer gebruikt de bewoner zijn wisselaar (die kan losgekoppeld worden) en zijn ramen²⁰ (die kunnen geopend worden) in functie van zijn **behoefte en/of gewoonten**. De passiefoplossingen combineren vijf **zomerstrategieën** :

- warmte **beschermen** met dezelfde installaties als in de winter (isolatie, luchtdichtheid); een passiefgebouw heeft er soms belang bij de ramen te sluiten, zodat de isolatie en de dichtheid volledig kunnen dienen als thermische buffer;
- **Schaduw** voorzien voor de glaspartijen die blootgesteld worden aan de zon en de reële zonne-aanvoer afstellen in functie van de site en de zonneweringen (dakoversteken, zonneluiken, gebladerte, enz.);
- de interne warmte aanvoer **minimaliseren** door de nutteloze

> 4.3.1.3
b. 313

> 2.2.2.4.c
b. 188





Nebraska straw bale house, 19de eeuw



'Grastufwoningen' in IJsland



Het isothermische 'feuillettehuis' (1921) en de renovatie in 2011

> 1.2.2.2
b. 38

warmtebronnen te beperken (*dimming*, etc.);

- oververhitting vermijden door de opwarming van de lucht te absorberen (dankzij de thermische inertie). Dit kan door de wisselaar af te leiden, wat een intensieve natuurlijke ventilatie mogelijk maakt;
- **natuurlijk afkoelen** door gebruik te maken van de verdamping van water (adiabatische wisselaar), een aardwarmtewisselaar of verdamping door planten.

1.1.3. Een kwestie van energiecompetentie !

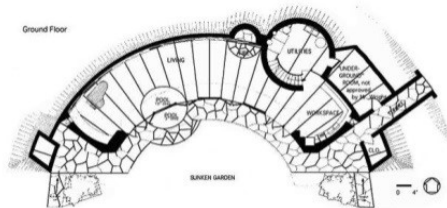
Een gebouw ontwerpen, dat is de competentie²¹ (structureel, functioneel, energetisch) ervan bepalen, veel meer dan de reële functionaliteit ervan (die evolueert met de tijd), het energieverbruik (dat afhangt van de gebruikers), de identiteit of de waarde (die afhangt van de geschiedenis of de markt). De competentie van het gebouw vormt de "genetische code"²² en die wordt onherroepelijk toegewezen bij het ontwerp door de kenmerken die voor eens en voor altijd worden bepaald: oriëntatie, compactheid, materialen, dimensies, isolatiedikte, draagvermogen, enz. Ze bepaalt de waaier aan mogelijkheden van het gebouw. Het is heel duur om de competentie a posteriori te wijzigen.

Welnu, de passiefbouw leidt tot een grotere investering in het gebouw om de energie te behouden: op die manier wordt de energiecompetentie van het gebouw ontwikkeld. Deze benadering levert gebouwen op die tegelijk doeltreffend zijn (want goed geïsoleerd) en veerkrachtig (**minder afhankelijk van technieken**). Energiedoeltreffendheid en –veerkracht raken hier aan het architecturale ontwerp, niet aan een probleem van technische installaties.

Welnu, de economische realiteit van de gebouwen is dat ze een lange levensduur hebben. Vandaag moet elk nieuw of gerenoveerd gebouw "competent" zijn of worden om tegen lagere kosten het hoofd te kunnen bieden aan een toekomst die ongetwijfeld bepaald zal worden door een strenger **energiebesparend beleid** en door de strijd tegen de klimaatopwarming. In de toekomst zal 100% van de energiecompetentie van de gebouwen (de energie behouden) en 100% van het beschikbare potentieel aan hernieuwbare energie (produceren) ingezet moeten kunnen worden. Zomaar licht omspringen met deze werkelijkheid zou leiden tot situaties van lock-in, waardoor de gebouwen verouderd geraken wat dan weer tot een waardevermindering kan leiden. A

> 2.2.1
b. 168

> 5.1
b. 340



Jacobs house II, Frank Lloyd Wright, 1944, Wisconsin, USA

posteriori opnieuw isoleren zal immers altijd minder rendabel zijn dan a priori goed isoleren, want de kostprijs kan slechts worden afgeschreven via de marginale energiebesparing die mogelijk gemaakt wordt door de **bijkomende isolatie**, ...

1.1.4. Enkele historische mijlpalen

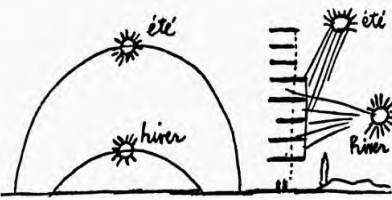
De verbetering van de energiecompetentie is een van de rode draden in de geschiedenis van de bouwsector. In de 18^{de} eeuw leidt de crisis binnen de sector van het brandhout in IJsland tot de eerste "passiefhuizen" in dennenhout, bedekt met aarde en gras. In de 19^{de} eeuw vinden de Amerikaanse pioniers in Nebraska het huis van stro uit. In 1921 wordt in Frankrijk het "Maison Feuillette²³" gebouwd, een "isotherm" huis waarbij een houten skelet wordt gecombineerd met een isolatie van stro. In 1935 maakt de uitvinding van de dubbele beglazing in de Verenigde Staten de *solar homes* populair.

De energiecrisis in 1973 herinnert aan de noodzaak van een minder energieverwendend woningpark. Het tijdperk van de "jacht op verspilling" leidt tot meer onderzoek naar isolerende materialen en tot een toename van de zonne-energie, passief (ramen) of actief (zonnepanelen). We proberen het grootste energieverbruik van het gezin te verminderen: de verwarming.

In 1982 werken Amory Lovins in de Verenigde Staten (Rocky Mountain Institute) en de professoren De Herde (UCL) en Hens (KUL) in België samen aan de best mogelijke verhouding tussen gebouw, klimaat en gebruikers. Er worden wetenschappelijke netwerken zoals PLEA (Passive and Low Energy Architecture) opgericht, voornamelijk om een oplossing te bieden voor het onverantwoorde ontwerp dat de postmodernistische architectuur van die tijd kenmerkt. In de loop der jaren stellen hun internationale symposia zich open voor vraagstukken rond architectuur en duurzame stedenbouw²⁴.

Het denkwerk evolueert verder in de richting van isolatie, koudebruggen, dichtheid, beglazing en gecontroleerde ventilatie. Experimenten met heel-lage-energie- en nulenergiewoningen worden opgestart in Europa en de Verenigde Staten. De eerste experimentele passiefwoning wordt in 1973 gebouwd in Kopenhagen²⁵. In Zweden en Denemarken wordt de lage-energiewoning in 1985 de standaard voor nieuwbouw. Het Pléiade-huis wordt in 1992 gebouwd in Louvain-la-Neuve.





"Coupe salvatrice" Le Corbusier



Het nulenergiehuis van de DTH op de campus van Kopenhagen



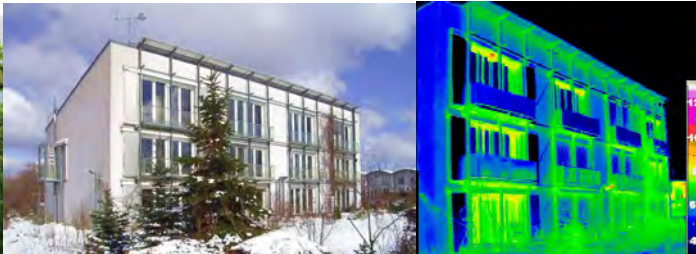
Passief op 2.164 m hoogte: het Rocky Mountains Institute d'Amory & Hunter Lovins



Polar station Prinses Elisabeth | Antarctic | The International Polar Foundation | architect: Samyn & partners



Pléiade huis, arch. Jaspard



Passivehouse Darmstadt-Kranichstein | Passive House Developers Society | architect: Bott- Ridder- Westermeyer



De eerste experimenten plaatsen het toen nog onderschatte belang van de luchtdichtheid en van efficiëntere ramen op de voorgrond. Projecten die ontworpen werden als “technologische kerstbomen” (te weinig betrouwbaar) worden terzijde geschoven en er wordt meer eenvoud opgelegd: Keep it Simple, Stupid (KISS) !

in 1988 werken de professoren Adamson en Feist aan een vernieuwend concept: het Passivhaus. Ze willen elk conventioneel verwarmingssysteem overbodig maken door de aanvoer van verwarming en koeling toe te vertrouwen aan het ventilatiesysteem: “Een passiefhuis is een gebouw waarin het thermisch comfort (zoals gedefinieerd door de norm ISO 7730) enkel gecreëerd wordt door de verwarming of de koeling van de verse lucht, die noodzakelijk is voor de kwaliteit van de binnenlucht (DIN 1946), zonder gebruik te maken van andere luchtcirculatie.²⁶ “ Deze definitie van de passiefbouw is functioneel, ze omvat geen enkele waarde en is geldig voor elk klimaat: het is een fundamenteel concept. Het werd gevalideerd in 1991 door de bouw van een experimenteel gebouw met 4 woningen in Darmstadt²⁷



> 1.3.1
b. 44

1.1.5. Een coherent concept

De passiefbouw is een concept: ze heeft haar eigen logica. Omdat het een duidelijke logica is, wordt deze vertaald in duidelijke criteria die de passiefstandaard vormen. Er bestaan andere benaderingen die leiden tot andere vormen van energiedoeltreffendheid: ze zijn niet “passief” en zijn eerder gericht op de technieken dan op de constructie²⁸.

1.1.5.1. Striktheid en kwaliteit

De methodologie van de passiefstandaard kan als streng ervaren worden door een sector die soms overgelaten wordt aan de softfocus wanneer het om prestatie gaat (comfort, energie, licht, luchtkwaliteit, prijs, enz.). Het energieprestatieniveau van een gebouw controleren en certificeren is een nieuwe praktijk. Deze overgang van een middelenverbintenis (“al het mogelijke doen”) naar een resultaatsverbintenis (“het doel bereiken”) stuit uiteraard op verzet. Toch is het door dergelijke criteria op te leggen dat heel wat industrieën de kwaliteit van hun producten hebben verbeterd, en dat kunnen we ook hopen binnen de vastgoedsector.

> 1.3.2
b. 51

1.1.5.2. Besparing toegankelijk maken

De passiefbouw is een fantastische beweging van empowerment geworden in België. Alleen al in Brussel werd en wordt meer dan 900 000 m² aan passieve gebouwen (nieuw of gerenoveerd) gebouwd²⁹. De dynamiek van de zes projectoproepen³⁰ voor Brusselse “Voorbeeldgebouwen” wordt grotendeels gedragen door de passiefbouw, met meer dan 56% van de laureaten en 66% van de openbare woningen. Deze dynamiek drijft de markt richting uitmuntendheid. Zelfs het kantoorvastgoed lijkt vandaag te gaan voor de passiefbouw met grote hoogbouwprojecten.

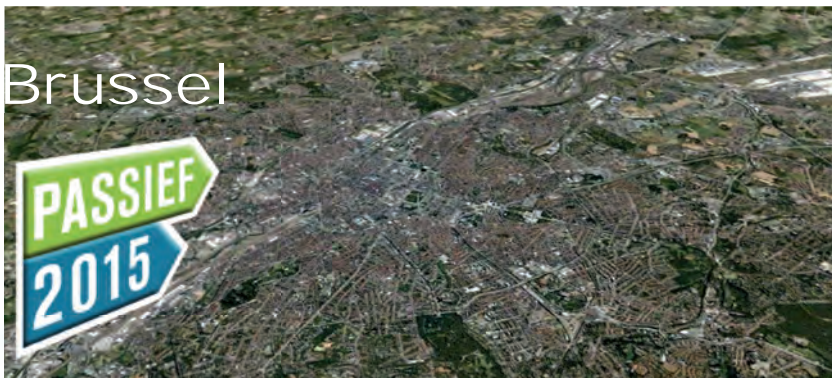
Opdrachtgevers, architecten, ingenieurs, aannemers: ze hebben zich allemaal de kennis en het vakmanschap eigen gemaakt die de universiteiten en de industriële van de bouwsector vroeger als niet haalbaar en te duur beschouwden. Dit sociale fenomeen van “kennisvergaring” heeft de passiefbouw sterk gemaakt en verklaart waarom deze wordt gezien als een creatief engagement dat de technische vraagstukken overstijgt. Daarom ook wordt verder onderzoek verricht naar materialen en installaties en ook binnen het

architecturale domein. Het gaat duidelijk om een open, nieuwsgierige en veeleisende aanpak. Ze houdt nieuwe evoluties in en stelt dingen opnieuw in vraag (wanneer passiefbouw zonder mechanische ventilatie³¹)?...

1.1.5.3. De standaard en de afgeleiden ervan

Op de achtergrond zijn de criteria, die door het PHI werden bepaald voor verschillende klimaten in Duitsland, coherent voor heel België, dat gelijkaardige weersomstandigheden vertoont. In tegenstelling tot de EPB gebruikt de software PHPP altijd bestanden die representatief zijn voor de lokale weersomstandigheden. Op internationaal niveau hebben het PHI en heel wat andere landen zich vragen gesteld over het universele karakter van de passiefcriteria. Sommige landen hebben de criteria aangepast (Finland) of aangevuld (VS)³², maar welke aanpassingen ook worden gedaan, de coherentie van de passiefbenadering heeft ervoor gezorgd dat deze werd aanvaard door verschillende internationale organisaties³³.

Hoewel de oorspronkelijke standaard de enige geldige referentie blijft voor certificering, werd hij aangepast door de overheid om rekening te kunnen houden met de lokale reglementeringen of situaties. In 2010 creëerde de stad Aken zijn eigen standaard³⁴, net zoals het Brussels Hoofdstedelijk Gewest zich erop inspireerde met de EPB-reglementering "Passief 2015"³⁵ of het Groothertogdom Luxemburg waar een aangepaste passiefstandaard de norm wordt in 2017.



www.brusselpassief.be



1.2. Energieconcepten en gedrag van het gebouw

1.2.1. Energie-evenwichten

Het thermische comfort in een gebouw vereist dat de aanvoer van warmte het verlies compenseert. Deze aanvoer is duur (de verwarming) of gratis (zonne- en interne aanvoer). Om de verwarmingsbehoefte te verminderen moet dus (1) het verlies beperkt worden en (2) de gratis aanvoer gevaloriseerd worden. Het is deze dubbele rol die de drie fundamentele principes van het passiefontwerp garandeert: verbeterde isolatie, luchtdichtheid en warmterecuperatie van de ventilatie. Deze principes gelden voor het hele gebouw, al dan niet met passiefcertificaat, residentieel of tertiair.

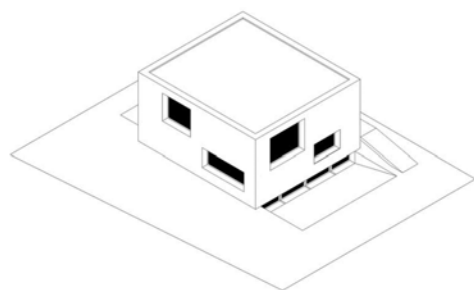
1.2.1.1. Het verlies beperken

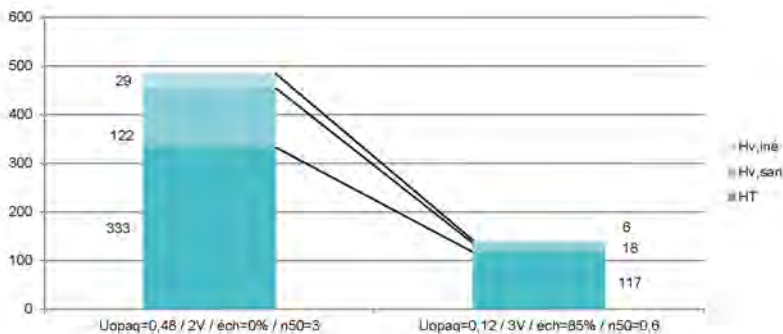
Het gebouw werkt als een “bioklimatologische transformator”: de warmteoverdrachten lijken natuurlijk, omdat het gebouwtemperatuurverschillen ΔT genereert tussen binnen en buiten. De bouwkenmerken bepalen het totale verliesvermogen P_B [W/K]: dat is de energie die elke seconde door het gebouw gaat [$W=J/s$] voor een ΔT van 1 K.

P_B hangt af van (1) de isolatie (U, koudebruggen), van luchtuitwisselingen gekoppeld aan (2) de ventilatie (waarvan een deel van de warmte gerecupereerd kan worden) en (3) gebreken in de luchtdichtheid van de gebouwschil. De isolatie en de luchtdichtheid verbeteren en een warmtewisselaar gebruiken, vermindert het verlies, zoals wordt geïllustreerd (grafiek b. 32) voor een klein referentiegebouw³⁶:

Om het effectieve verliesvermogen van het gebouw te berekenen moet vervolgens ΔT geëvalueerd worden en een vermogen [W] $P = P_B \cdot \Delta T$ bereikt worden. Nu moet nog worden geschat hoelang dit vermogen van toepassing is op het gebouw: dat is de betekenis van de Graaddagen







Vermindering krachtverlies P_B (W/K)

1.2.1.2. De graaddagen definiëren

De Graaddagen meten het dagtemperatuurverschil dat moet worden opgevuld tussen binnen en buiten. Deze waarde kenmerkt het klimaat van

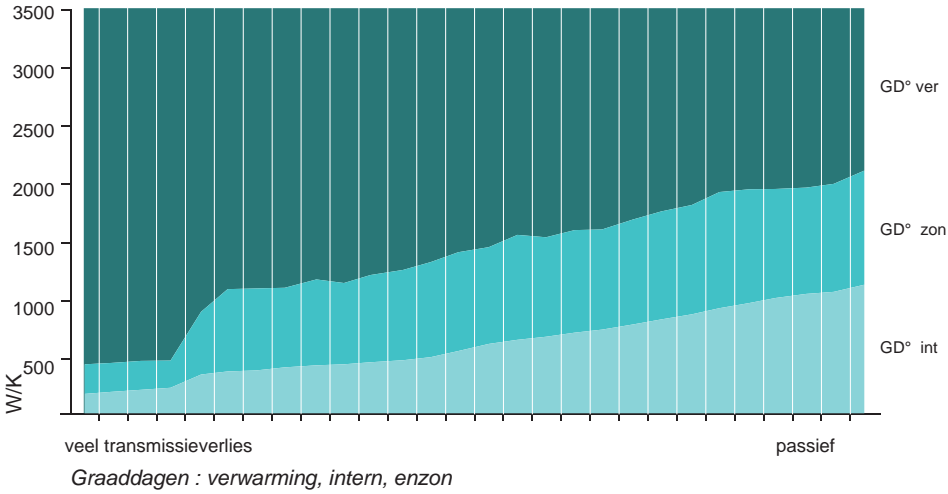
Maand	Sept	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Maart	Apr	Mei
T_{int}	20	20	20	20	20	20	20	20	20
$T_{buiten, gemiddeld}$	15	11.2	6.3	3.5	3.9	3.2	5.9	9.2	13.3
Ukkel									7.96
$\Delta T^{\circ} C$	5	8.8	13.7	16.5	16.8	16.1	14.1	10.8	6.7
J_{maand}	30	31	30	31	31	28	31	30	31
Graadden _{maand}	150	273	411	512	521	451	437	324	208
									3286

een plaats: In Ukkel gaat het bijvoorbeeld om 3 286 Graaddagen voor het verwarmingsseizoen (voor $T_{int}=20^{\circ}C$).

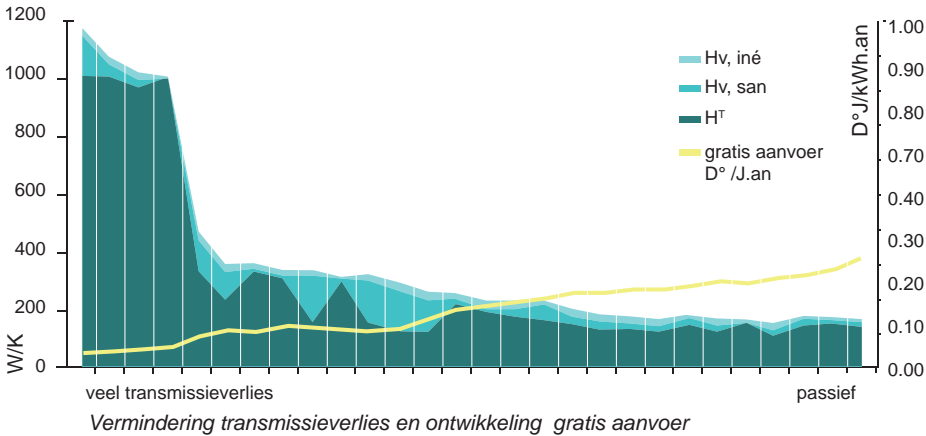
In de gebouwen wordt het temperatuurverschil opgevangen door 3 types warmtetoever: De **interne** winst die gegenereerd wordt door het gebruik (lichaamswarmte, elektrische apparaten, lichtarmaturen, enz.), de **passieve zonnwinst** die opgevangen wordt door de ramen en, als de twee eerste ontoereikend zijn, de **verwarming**. Er is dus altijd de gelijkheid:

$$\text{Graaddagen}_{\text{verwarmingsseizoen}} = \text{Graaddagen}_{\text{intern}} + \text{Graaddag}_{\text{enzen}} + \text{Graaddagen}_{\text{verwarming}}$$

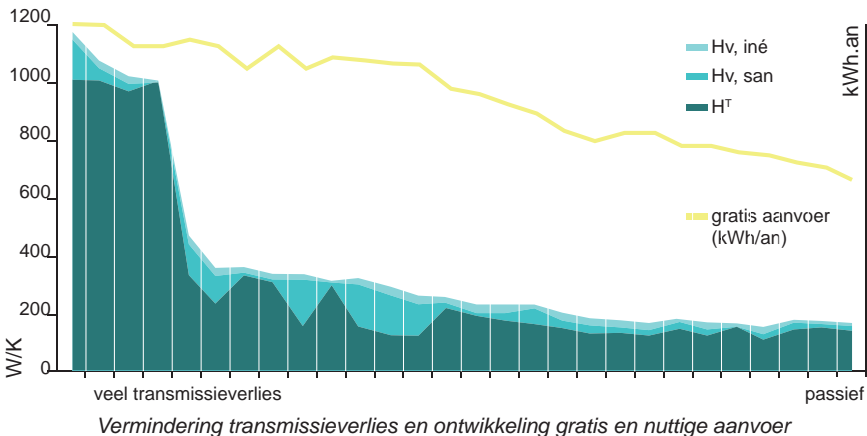
De isolatie, de luchtdichtheid en de warmterecuperatie verminderen het actieve verwarmingsaandeel (Graaddagen_{verwarming} in het rood) door de zonnen interne aanvoer te valoriseren: de verwarming neemt af dankzij de beter gevaloriseerde zonne- en interne aanvoer in functie van de bestemming (residentieel of tertiair³⁷) van het gebouw



Voor ons referentiegebouw verbetert het gebruik van de gratis aanvoer (Graaddagen_{zon+intern}/kWh) met een factor 10. Iedere gewonnen kWh draagt bij tot 0,3 graaddagen (ten opzichte van 0,03 in het sterk verlieslatende geval) dankzij de vermindering van het transmissieverlies tot het passiefniveau.



Wanneer de gratis graaddagen toenemen, vermindert de hoeveelheid gratis nuttige energie om $T_{int}=20^{\circ}\text{C}$ te bereiken tegelijk met de verliezen. Dit maakt het gebouw paradoxaal minder afhankelijk van een "ideale" zonneoriëntatie.



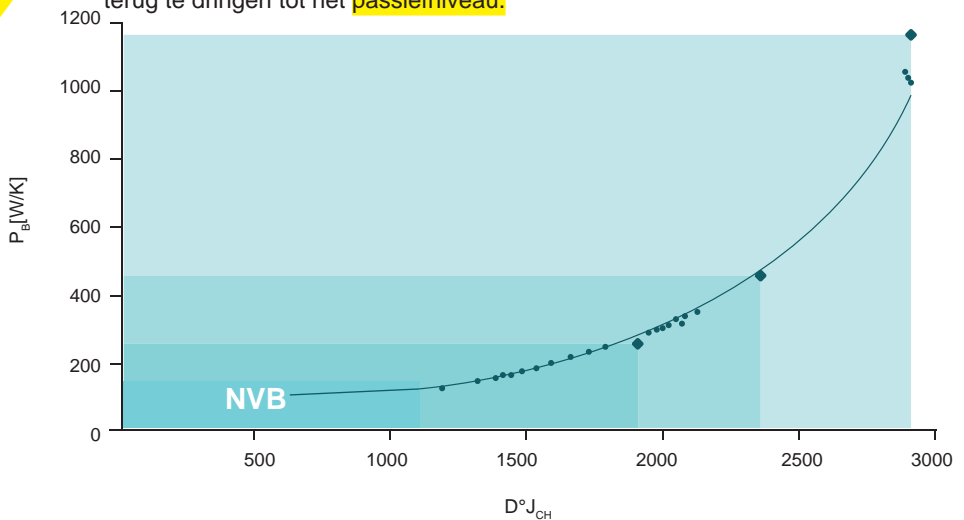
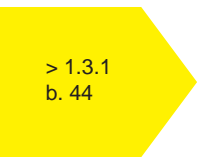
Aangezien de isolatie in een ruimte overmatig beschikbaar kan zijn, kunnen de “nutteloze” warmtewinsten het comfort boven de 20°C brengen halverwege het seizoen, maar deze moet gecontroleerd worden om oververhitting in de zomer³⁸ tegen te gaan.

1.2.1.3. Netto verwarmingsbehoefte

De netto verwarmingsbehoefte is de aanvoer van verwarming waarvan eerder sprake::

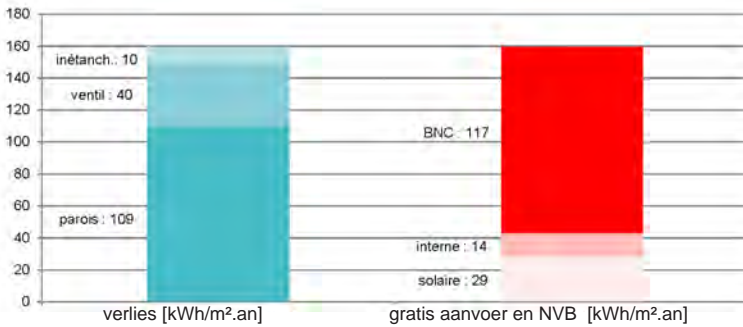
$$\text{Netto Verwarmingsbehoefte} = P_B * \text{Graaddagen}_{\text{verwarming}} * 24 \text{ h/dag} \text{ [Wh/jaar]}$$

Deze behoefte resulteert uit de vermenigvuldiging van een factor “gebouw” (P_B in W/K) en een factor “gebruiksomstandigheden” (klimaat en gebruik, in Graaddagen). De netto verwarmingsbehoefte wordt vertegenwoordigd door de rechthoek die gedefinieerd wordt door P_B en Graaddagenverwarming. Enkel een geheel van maatregelen laat toe de netto verwarmingsbehoefte terug te dringen tot het **passiefniveau**.

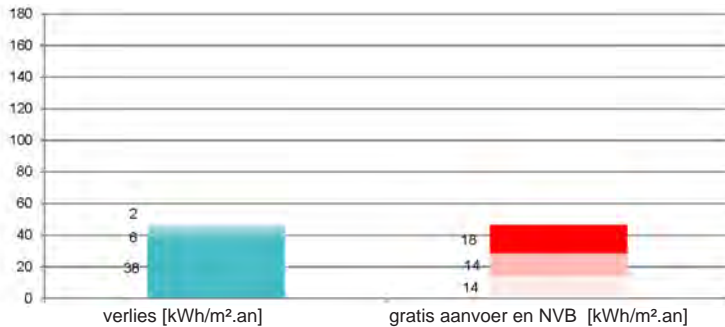


NVB ontwikkeling in verband met krachtverlies P_B en $G^{\circ}D_{CH}$

De curve is niet lineair, want we hebben gezien dat Graaddagen_{verwarming} afhangen van P_B . Het passiefontwerp vermindert dus de aanvoer van verwarming door de vermindering van het verlies te combineren met een beter gebruik van de gratis aanvoer (Graaddagen_{verwarming}). Het effect daarvan is een vermindering van de netto verwarmingsbehoefte per vierkante meter. Hier wordt met geen enkele technische installatie rekening gehouden (behalve de warmtewisselaar op de sanitaire ventilatie) en de netto verwarmingsbehoefte vertegenwoordigt dus voornamelijk het niveau van de energiekwaliteit van de gebouwschil.



$$U_{opaq} = 0,48 / 2V / n_{50} = 3 / h_{ech} = 0\%$$

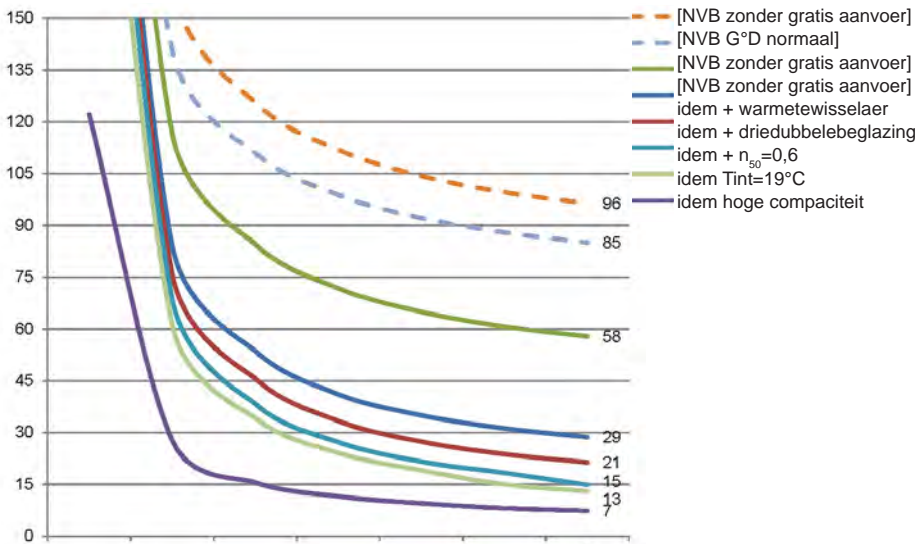


$$U_{opaq} = 0,12 / 3V / n_{50} = 0,6 / h_{ech} = 85\%$$





Voor ons referentiegebouw zou een simplistische berekening (zonder gratis aanvoer of met genormaliseerde Graaddagen) de netto verwarmingsbehoefte overschatten op resp. 96 of 85 kWh/m².jaar terwijl het in werkelijkheid gaat om 58 (U_{ondoorzichtige wanden}=0,10, dubbele beglazing, n₅₀=3 vol/h). De warmterecuperatie (η=85%), driedubbele beglazing (U_{ramen}=0,85) en de verbetering van de dichtheid (n₅₀=0,6) beperken de netto verwarmingsenergiebehoefte tot 29, 21 en 15 kWh/m².jaar. Inwerken op de comforttemperatuur of de compactheid vermindert de netto verwarmingsbehoefte (13 ; 7) nog meer.



NVB [kWh/(m².an)] in verband met isolatie andere passiefstrategieën

1.2.2. Welke rol speelt de isolatie?

Isolatie, dichtheid en warmterecuperatie werken samen om het verlies te verminderen. De isolatie is heel doeltreffend maar “plafonneert”, want elke bijkomende cm is minder “efficiënt” dan de vorige. Deze wet van een degressief rendement verhindert het bereiken van een “maximale” isolatie (0 W/K), wat een oneindige dikte zou vereisen. Moeten we dan wanhopen? Helemaal niet!



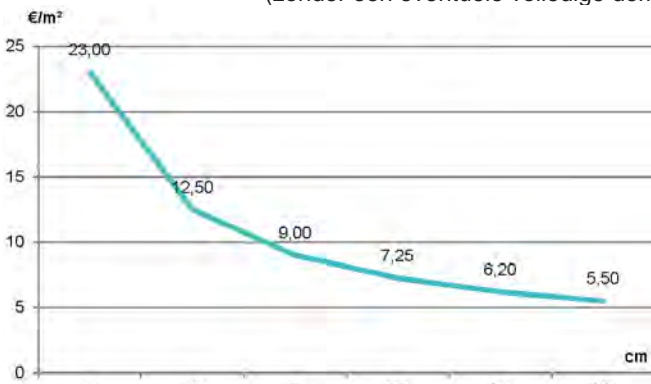
1.2.2.1. De isolatie bevordert ook de gratis aanvoer

In werkelijkheid is het onmogelijk om de optimale isolatiedikte van een eenvoudige wand³⁹ te definiëren: de berekening heeft enkel zin als er rekening wordt gehouden met de zonne- en interne aanvoer van het gebouw, want de isolatie beperkt het verlies via de wanden terwijl ze de gratis aanvoer verbetert. Deze energiebesparing (grafiek: de netto verwarmingsbehoefte gaat van 96 naar 58) wordt vaak verwaarloosd, maar ze verbetert de financiële return!

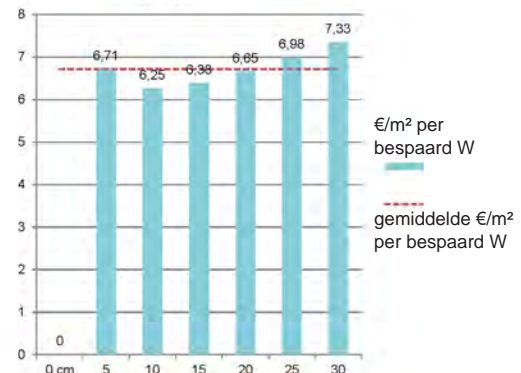
1.2.2.2. De Kost van de isolatie is ook degressief

De prijs van een constructie hangt af van heel wat parameters, waaronder de isolatie. De centimeters isolatie die het meest rendabel zijn wat energie betreft, zijn ook het duurst. De volgende centimeters zijn beduidend goedkoper. Door de kost per m² te vergelijken met de isolatiewinst (van U=2 tot 0,125 W/m²K) stellen we vast dat de prijstoeslag voor ons klimaat beperkt is ($\Delta T=12^{\circ}\text{C}$ in het verwarmingseizoen).

Voor een pleisterlaag op isolatie⁴⁰ bijvoorbeeld varieert de verhouding kost/winst met slechts 15% wanneer we van 15 naar 30 cm overgaan. Dit ondersteunt de oorspronkelijke keuze van een dikke isolatie die latere meerkosten voorkomt. A posteriori extra isolatie toevoegen aan een dunne laag isolatie kost immers twee keer de hoge prijs, die van de eerste centimeters (zonder een eventuele volledige demontering mee te tellen).



Prijs per cm [€/m²] - ETICS, bron : STO



Prijs [€/m²] in verband met isolatie prestatie [W/m²]

1.2.2.3. Een betere isolatie verbetert het comfort

Een wand zonder isolatie heeft een oppervlaktetemperatuur van 12,5°C in de winter ten opzichte van 19,5°C voor een sterk geïsoleerde wand. Zo kan de bewoner een hoog comfortniveau bereiken bij lagere omgevingstemperaturen. Aangezien het gevoel van comfort voor de helft bepaald wordt door de oppervlaktetemperaturen van de wanden (en voor de rest door de omgevingstemperatuur), is het mogelijk om de insteltemperatuur van de verwarming te verminderen met een gelijkwaardig comfort.

1.2.2.4. Het verminderde verlies verkleint het nodige vermogen van de technieken

Daar waar vroeger een grote verwarmingsketel nodig zou zijn geweest, volstaat nu een kleine ketel. De vermindering van het vermogen leidt ook tot een beperking van de kosten.

Zo doen de isolatie, de luchtdichtheid en de warmterecuperatie veel meer dan het verlies verminderen. De globale winst ervan berekenen veronderstelt dat er rekening wordt gehouden met al deze besparingen.

1.2.3. Wat is de impact van de inplanting?

1.2.3.1. Oriëntatie en dichtheid

Voordeel halen uit een plaats is een prioriteit bij het passiefontwerp. Zowel in een landelijke als een stedelijke omgeving maakt de site het vaak mogelijk om op een natuurlijke manier passiefstrategieën te integreren: patio's om kantoren te koelen, grote glaspartijen die uitgeven op het zuiden voor de woningen, transversale ventilatie voor het zomercomfort, ... In het geval van dichtbebouwde steden is het moeilijk om de oriëntatie te kiezen, maar de rijwoningen en de collectieve woonvormen vergemakkelijken de besparing van energie, materiaal en ruimte.



1.2.3.2. Compactheid

De compactheid van een gebouw meet de verhouding tussen het verwarmd volume en de thermische verliesoppervlakte. Een goede compactheid ($C > 2$) is een troef in de thermische berekeningen (de verlieslatende gebouwschil is beperkt) en voor de kosten (de isolatie en de dichtheid van deze gebouwschil zijn immers duur).

Maar hoewel een hoge compactheid het mogelijk maakt de netto verwarmingsbehoefte te verminderen, verlaagt ze de andere energieverbruiken niet, zoals verlichting of koeling. Een heel compact gebouw profiteert minder van natuurlijke verlichting (bijvoorbeeld omdat het minder gevels heeft) en dat kan soms onaangenaam zijn; het energieverbruik dat bespaard wordt op de verwarming zou teniet gedaan kunnen worden door elektrische verlichting. Het kan dus interessant zijn om een beetje compactheid op te offeren voor een betere bewoonbaarheid van het gebouw en een beperking van de andere types van verbruik.

1.2.3.3. Openingen

De openingen zijn de zwakke punten van de isolatie, maar ook de punten waar de zon binnenkomt. De energiebalans ervan kan positief zijn wanneer het verlies kleiner is dan de zonnwinst. Zo kunnen heel grote glaspartijen gunstig zijn voor het project, zolang ze in de zomer niet zorgen voor oververhitting.

Bij woningen is de netto verwarmingsbehoefte doorslaggevend: we bevorderen de aanvoer van de zon door grotere openingen naar het zuiden toe. Het gebruik (doorgaans meer 's avonds en 's nachts) levert een beperkte interne winst ob.

Voor de tertiaire sector, en dan in het bijzonder voor de kantoren, is de oververhitting vaak problematischer want ze worden voornamelijk overdag gebruikt en een grote interne aanvoer komt nog eens bij de eventuele aanvoer van zon. Een eenvoudige oplossing bestaat erin externe **zonneweringen** te voorzien.

> 1.1.2.3
b. 22





1.2.4. Het “temperament” van de passiefbouw

Er circuleren heel wat foute ideeën over passieve gebouwen. Het is niet juist dat de ramen niet mogen geopend worden. Men kan beter zeggen dat de ramen niet opengezet moeten worden! Ruimer gezien geeft de verbetering van de thermische kwaliteiten van de gebouwschil het gebouw een temperament dat op twee punten verschilt van dat van een traditionele constructie.

1.2.4.1. Minder gevoelig voor de temperatuurschommelingen

Aangezien het verliesvermogen P_B (gevoelig voor de factor ΔT) beperkt is, wordt de binnenomgeving van een passief gebouw (in het geel) minder beïnvloed door de temperatuurschommelingen buiten (in het blauw). De isolerende wand speelt de rol van bioklimatologische buffer.

Wanneer de buitentemperatuur progressief opwarmt, dan warmt ook de binnenomgeving op, maar wel gematigd. In het omgekeerde geval, wanneer in een passief gebouw de verwarming uitvalt in de winter, dan voelt de gebruiker de effecten daarvan slechts heel langzaam (want er wordt maar weinig ondersteunende verwarming gebruikt) terwijl het in een traditioneel gebouw al snel oncomfortabel aanvoelt. Dat is een voordeel (we hebben meer tijd om te reageren) en een nadeel (weer verwarmen duurt ook langer na een periode van afwezigheid).

1.2.4.2. Gevoeliger voor gratis aanvoer

Een passief gebouw is gevoeliger voor de schommelingen van de zonnen en interne **warmtewinsten**. Zonder verwarming koelt een leegstaand passief gebouw in de winter (vakantie, enz.) langzaam maar zeker af. En het warmt dus ook langzaam op⁴¹. Om de reactiviteit van het gebouw te verbeteren, kan het noodzakelijk zijn om de bijkomende verwarming groter te maken.

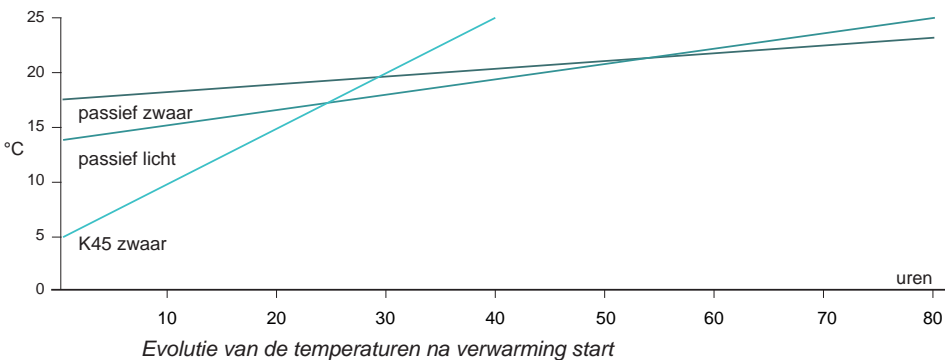
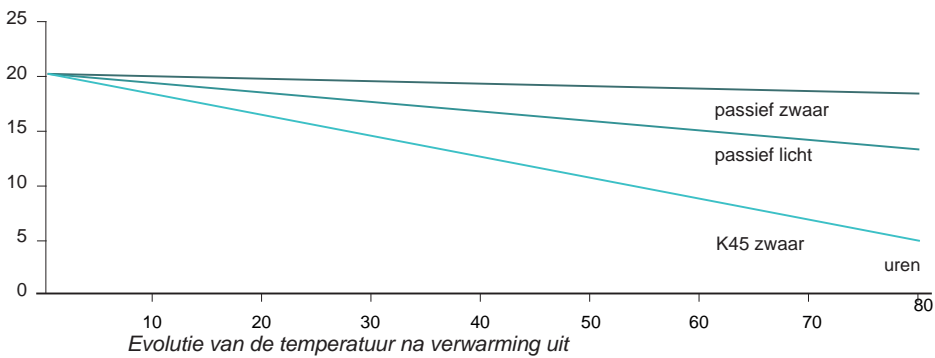
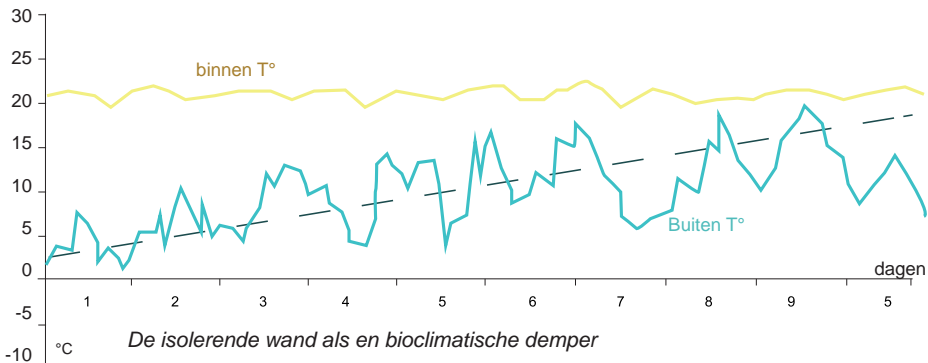
Hoewel de interne warmtewinst vrij voorspelbaar is, is de warmtewinst van de zon variabel. Daarom heeft de standaard een vereiste geïntegreerd dat bedoeld is om het risico op **oververhitting** te begrenzen op 5% van de **gebruikstijd**. Alle passieve gebouwen integreren dus dit specifieke kenmerk. In België, dat een gemiddelde bewolking van meer dan 50% kent, volstaat een normaal gebruik (beschaduwing, natuurlijke verluchting, enz.) doorgaans om een heel hoog comfort⁴² te behouden. Binnen de tertiaire sector vragen hogere interne lasten om een **dynamische studie** die kan leiden tot alternatieven voor de traditionele airconditioning⁴³.

> 2.2.2
b. 169

> 2.2.2.4
b. 182

> 1.3.1
b. 44

> 1.3.1.2
b. 46



1.3. Criteria passiefstandaard en “EPB Passief 2015”

Bernard Deprez
Marny Pietrantonio

De “passiefbouw” raakt aan de criteria die gekoppeld zijn aan de passiefstandaard in België, aan de Brusselse EPB-reglementering “Passief 2015” en aan de controle van de regionale premies.

Enkel de criteria van de certificering stemmen *stricto sensu* overeen met de passiefstandaard. De EPB-reglementering “Passief 2015” is een aanpassing die de criteria van de passiefstandaard wijzigt. Ten slotte ondersteunen de Gewesten het energiezuinig bouwen (waaronder de passiefbouw) met premies die regelmatig veranderen. De valideringscriteria evolueren snel en worden hier niet beschreven. Het is belangrijk de updates op de betreffende websites te raadplegen.

Brussel-hoofdstad : www.leefmilieubrussel.be

Wallonië : <http://energie.wallonie.be>

Vlaanderen : www.energiesparen.be

1.3.1. De passiefstandaard

Om de energiedoeltreffendheid van het project te garanderen valideert de ontwerper een geheel van criteria en krijgt hij een certificaat door gebruik te maken van:

- het PHPP-berekeningsblad, dat de energieparameters van het gebouw bepaalt;
- een luchtdichtheidscontrole van het gebouw: een test meet het luchtvernieuwingpercentage (n_{50}) via infiltratie door een drukverschil van 50 Pa tussen binnen en buiten toe te passen op het gebouw;
- eventueel een thermodynamische simulatie (groot tertiair gebouw).

Woningen Dubrucq |
Sint-Jan-Molenbeek |
Gemeente Sint-Jan-
Molenbeek | architect:
B-architecten



1.3.1.1. PHPP : Dimensionering en hulp bij het ontwerp

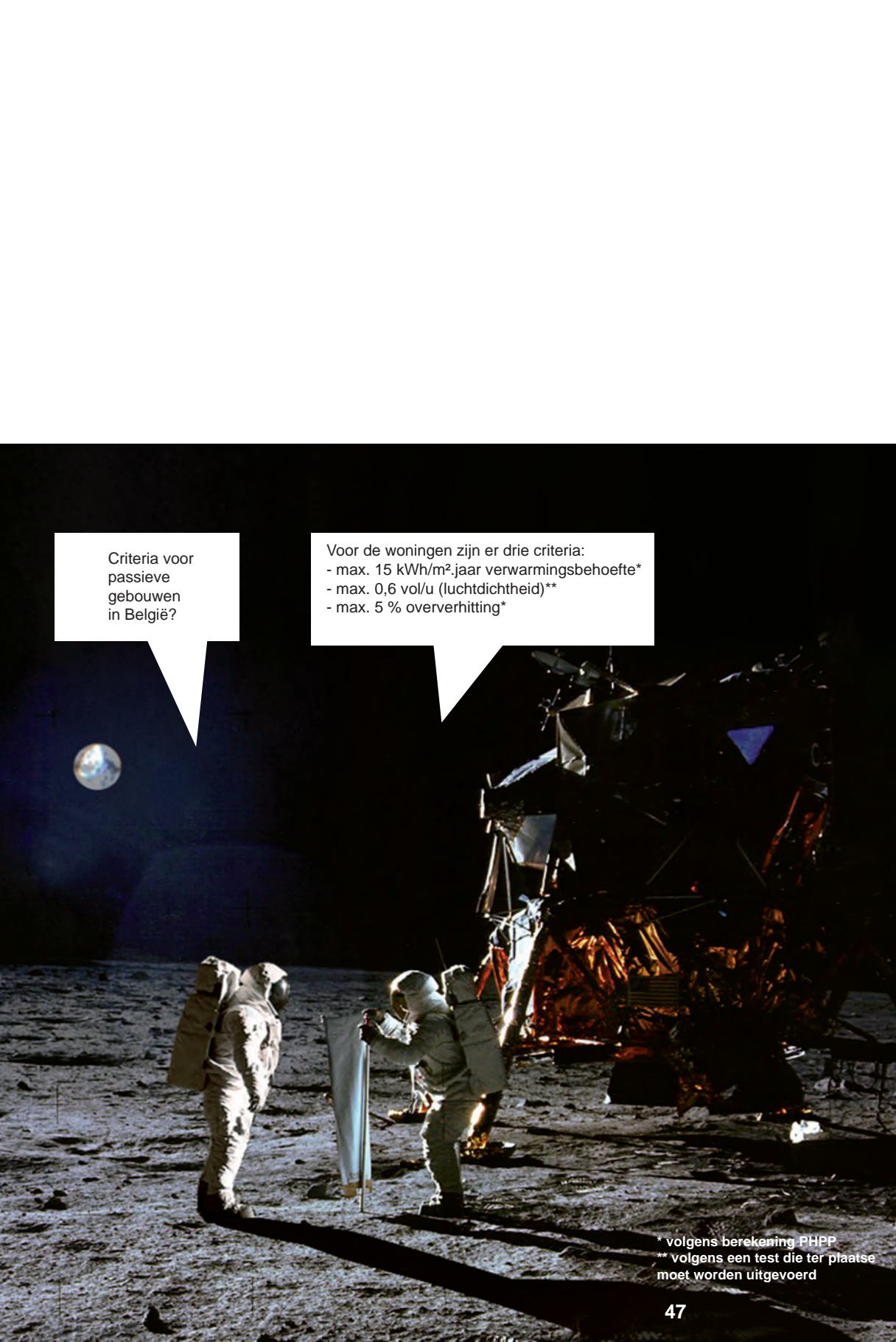
De PHPP-spreadsheet is het centrale valideringsinstrument van de standaard voor elk type gebouw. PHPP biedt een hulp bij het ontwerpen en dimensioneren van de passiefprojecten en is onontbeerlijk voor de certificering. PHPP ziet eruit als een Excel-bestand met verschillende tabbladen waarin u alle energiebehoeften van het gebouw kunt evalueren (verwarming, koeling, sanitair warm water, elektriciteit) en het totale verbruik van primaire energie. De software biedt ook een berekeningsmodule waarmee het risico op oververhitting ingeschat kan worden.

De berekening is van het maandelijks type en integreert een hele reeks Europese normen en resultaten van empirische aard. Vandaag bestaan er nieuwe versies van de software met een “3D”-module (Sketchup®) of “damp”-module (WUFI® Passive)⁴⁴.

Om de invoerregels voor de software PHPP, die nageleefd moeten worden voor het krijgen van een certificaat of een premie, te specificeren hebben de passiefplatformen een **Vademecum** opgesteld. Dit document garandeert de coherentie en de neutraliteit van het certificaat en is voor iedereen toegankelijk op de websites van de platformen⁴⁵. Dit Vademecum is gespecialiseerd in functie van de bestemming van het gebouw (Residentieel of Tertiair) om de vereiste referentiewaarden te geven, de berekeningsmethodes te definiëren en een overzicht te geven van de toepassingsnormen. Het is een instrument dat evolueert en rekening houdt met de expertise van de spelers van de bouwsector. Het Vademecum wordt vandaag beschouwd als een instrument ter ondersteuning van de invoer en de handleiding van PHPP geeft eigenlijk gewoon wat meer uitleg bij de verschillende tabbladen.

Ten slotte merken we op dat de verschillende versies van het Vademecum niet exhaustief zijn en niet altijd een antwoord bieden op alle vragen die zouden kunnen rijzen bij het invoeren. We raden de studie bureaus dan ook aan om één of meerdere technische gidsen te voorzien van de platformen.

Montage op basis van een foto van de database van de
© NASA



Criteria voor
passieve
gebouwen
in België?

Voor de woningen zijn er drie criteria:

- max. 15 kWh/m².jaar verwarmingsbehoefte*
- max. 0,6 vol/u (luchtdichtheid)**
- max. 5 % oververhitting*

* volgens berekening PHPP
** volgens een test die ter plaatse
moet worden uitgevoerd

Leefmilieu HQ | Brussel
| Project T&T | architect:
Cepezed



1.3.1.2. De criteria voor nieuwbouw en gebouwen gelijkgesteld met nieuwbouw

De PHPP-berekening volgt de aanbevelingen van het Vademecum dat geldt op het moment van de indiening van de stedenbouwkundige aanvraag of recenter.

De **residentiële sector** omvat de eengezinswoning, de appartementen en woongebouwen (niet inbegrepen zijn de rusthuizen, opvangtehuizen, residenties voor gehandicapten of koten voor studenten). Omvat een wooneenheid geen “primaire” leefruimtes (badkamer, keuken, slaapkamer), dan wordt ze als een tertiair gebouw beschouwd. Zijn al deze lokalen aanwezig in elke eenheid en is er ook een keuken en een gemeenschappelijke douche, dan gaat het om een collectieve woning en dan gelden de criteria van de residentiële sector. Het certificaat wordt afgeleverd per wooneenheid: een gebouw is “passief” als alle wooneenheden voldoen aan de criteria.

De **tertiaire sector** omvat alle tertiaire bestemmingen: kantoren, scholen, kinderdagverblijven, rusthuizen, sporthallen, hotels en, minder vaak: handelszaken, restaurants, laboratoria en ziekenhuizen. De criteria zijn identiek, maar andere berekeningshypotheses worden gedefinieerd in het Vademecum (interne aanvoer, interne referentietemperatuur, luchtdebiet, enz.). We raden de invoerder altijd aan om begeleiding te voorzien om de berekeningshypotheses en de meegerekende waarden te valideren.

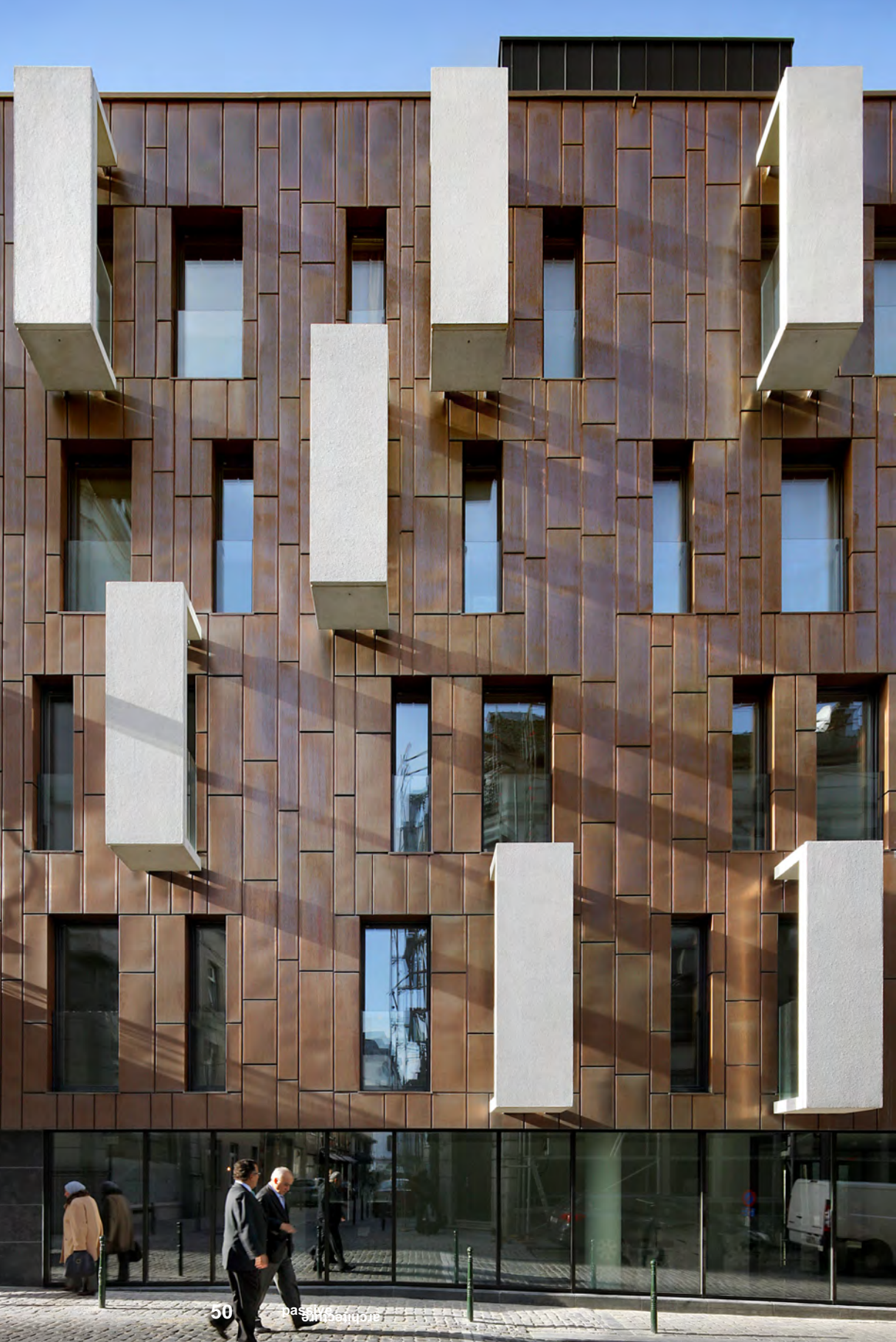
Rekening houdend met deze specificaties, moet elk passiefgebouw, om een certificaat te krijgen, beantwoorden aan de volgende criteria:

> 2.2.2.4
b. 182



	Waarden die moeten worden gerespecteerd binnen de residentiële sector (individueel/ collectief)	Waarden die moeten worden gerespecteerd binnen de tertiaire sector
Netto verwarmingsbehoefte \leq kWh/m ² .jaar, berekend met PHPP	15	15
Netto koelingsbehoefte \leq kWh/m ² .jaar, berekend met PHPP	-	15
Luchtvernieuingspercentage $n_{50} \leq$ vol/h gemeten bij een verschil van 50 Pa volgens NBN EN 13829	0,6	0,6
Oververhittingspercentage ($>25^{\circ}\text{C}$)% _{oververh} \leq	5% (berekend met PHPP voor een heel jaar)	5% (berekend via dynamische simulatie op basis van de werktijd volgens NBN 15251)
Primair energieverbruik kWhPE/m ² .jaar, berekend met PHPP C is de compactheid van het gebouw.	Het globale verbruik van primaire energie (zonder infrastructuur) wordt berekend en vermeld op de certificaten in alle gewesten.	Het specifieke primaire energieverbruik, berekend met de PHPP-software, moet kleiner zijn dan of gelijk aan $P_{EV} \leq 90 - 2,5 \times C$





1.3.2. De “EPB Passief 2015” Binnen het Brussels hoofdstedelijk gewest

De EPB-vereisten “Passief 2015”, die van kracht worden op 1 januari 2015 voor nieuwbouw en gebouwen gelijkgesteld met nieuwbouw⁴⁶, zijn geïnspireerd op de passiefstandaard, maar passen deze aan aan de dichtbebouwde Brusselse stedelijke context waar beperkingen door rijwoningen, compactheid of beschaduwing van aangrenzende gebouwen bepaalde vereisten van de standaard onmogelijk kunnen maken.

1.3.2.1. De EPB-software vervangt de PHPP

De berekening wordt uitgevoerd met de EPB-software. Heel wat berekeningshypoteses zijn verschillend van diegene die gebruikt worden door PHPP⁴⁷. De gebouwen die conform zijn met de “EPB Passief 2015” kunnen dus enkel een certificaat op basis van de passiefstandaard krijgen als ze opnieuw worden berekend met PHPB.

1.3.2.2. De aangepaste criteria

De criteria van de “EPB Passief 2015” stemmen niet volledig overeen met die van de passiefstandaard. Ze zijn het resultaat van een onderhandeling met de overheid, de passiefplatformen en alle betrokken beroepssectoren in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest⁴⁸. Het is belangrijk om deze criteria hier te specificeren door ons te beperken tot enkel de voorschriften die raken aan de standaard⁴⁹

A. Het criterium van de netto verwarmingsbehoefte

Om de vereiste van de netto verwarmingsbehoefte na te leven zijn twee pistes mogelijk:

- een “piste A” voor de situaties waarin het passiefcriterium van 15 kWh/m²*jaar als haalbaar wordt beschouwd;
- een “piste B” voor de andere situaties waarin een nieuwe doelstelling van X kWh/m²*jaar wordt berekend.

Om te beoordelen of de doelstelling van 15 kWh/m².jaar haalbaar is, wordt een drempel X berekend met de EPB-software. Deze houdt rekening met de ingevoerde architecturale parameters (wanden, ramen, oriëntatie, beschaduwing, volume, enz.) en maakt een vergelijking met de



hieronder beschreven hypothesen. Is de berekende X groter dan 15 kWh/m².jaar, dan wordt dit de nieuwe doelstelling die bereikt moet worden.

Hypothesen voor de berekening van de drempel X:

- $U_{\text{gewogen gemiddelde}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ voor de ondoorzichtige wanden;
- $U_{\text{gewogen gemiddelde}} = 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ voor de ramen en de deuren;
- de integratie van de bouwknopen volgens de methode “EPB-conforme bouwknopen”⁵⁰
- een luchtvernieuingspercentage n_{50} , op basis van het jaar van de indiening van de aanvraag voor de stedenbouwkundige vergunning, gelijk aan:

Jaar van indiening van de stedenbouwkundige vergunning	2015	2016	2017	2018
n_{50} [vol/h] genomen als hypothese voor de berekening van de drempel X voor nieuwbouw \leq	1,0	0,8	0,7	0,6
versoepeling van de criteria voor de renovaties gelijkgesteld met nieuwbouw	+20%			

Deze hypothesen zijn geen criteria die moeten worden gerespecteerd, maar waarden die bepaald worden door de EPB-software voor het berekenen van de drempel X. **Zolang hij de vereisten uit de tabel**, respecteert, staat het de ontwerper vrij om de middelen te kiezen die hij wil aanwenden om de drempel die wordt weergegeven door de software niet te overschrijden.

Ongeacht de bepaalde doelstelling (15 of X kWh/m².jaar) houdt de EPB-software bij de berekening van de netto verwarmingsbehoefte rekening met de plaatsing van een D-systeem met een rendement van warmterecuperatie uit de lucht van $\eta=80\%$ binnen de residentiële sector (75% in de tertiaire sector) voor de nieuwe eenheden en de eenheden gelijkgesteld aan nieuwbouw. Het staat de ontwerper vrij om te kiezen voor een performantere⁵¹ infrastructuur (de doelstelling zal dan ook gemakkelijker behaald worden) of om de voorkeur

te geven aan een ander type ventilatie.

In het geval van renovaties gelijkgesteld aan nieuwbouw wordt de vereiste van de netto verwarmingsbehoefte met 20% vermeerderd voor de individuele woningen en voor de bestemmingen als kantoren, diensten en onderwijs.

B. Het criterium van het primair energieverbruik (PEV)

De EPB introduceert **een criterium van primaire energie** binnen de nieuwbouw en de renovatie gelijkgesteld met nieuwbouw.

Binnen de **residentiële sector** heeft de berekening betrekking op de verwarming, het sanitair warm water en de hulpbronnen (pompen, ventilatoren, waakvlammen), minder op de energie die wordt geproduceerd door cogeneratie en/of fotovoltaïsche panelen en thermische zonne-energie (sanitair warm water).

Het criterium dat door de EPB werd weerhouden voor de nieuwbouw is **$PEV \leq 45 \text{ kWh}_{PE}/\text{m}^2 \cdot \text{jaar}$** voor de piste A; het wordt vermeerderd met $1,2 \cdot (X-15)$ voor de piste B. Het resultaat wordt vermeerderd met 20% voor renovaties gelijkgesteld met nieuwbouw.

Binnen de **tertiaire sector** heeft de berekening betrekking op de verwarming, de koeling, de verlichting en de hulpbronnen (pompen, ventilatoren, waakvlammen), minder op de energie die wordt geproduceerd door cogeneratie en/of fotovoltaïsche zonnepanelen.

Het criterium dat door de EPB werd weerhouden voor de nieuwbouw is **$PEV \leq (95-2,5 \cdot C) \text{ kWh}_{PE}/\text{m}^2 \cdot \text{jaar}$** voor de piste A; het wordt vermeerderd met $1,2 \cdot (X-15)$ voor de piste B. De compactheid wordt geplafonneerd op 4. Het resultaat wordt vermeerderd met 20% voor renovaties gelijkgesteld met nieuwbouw.

De berekening gebeurt hier op basis van reële technische keuzes.

C. Het criterium van de luchtdichtheid

De vereiste van een luchtvernieuingspercentage $n_{50} \leq 0,6$ vol/h wordt van toepassing in 2018. Tot dan blijft de parameter n_{50} gebruikt worden in de berekening van de netto verwarmingsbehoefte, de netto koelingsbehoefte en het PEV: de waarde die tijdens de luchtdichtheidstest op de werf wordt gemeten,





Huis van Tewerstelling
en kleuterschool | Voorst
| Gemeente Voorst |
architect: A2M

is de waarde die wordt toegepast. Hoewel de bouwbedrijven nog respijt krijgen tot 2018, blijft een goede n_{50} onontbeerlijk om te voldoen aan de andere criteria!

1.3.2.3. Samenvatting van de criteria

Vereisten	Habitation individuelle	Bureaux, services, enseignement
Netto verwarmingsbehoefte \leq kWh/m ² .jaar	15 ou X	15 ou X
Netto koelingsbehoefte \leq kWh/m ² .jaar	-	15
Primair energieverbruik PEV \leq C = compactheid (geplafonneerd op 4) kWhPE/m ² .jaar	45 ou 45+(1,2*(X-15))	95-(2.5°C) ou (95-(2.5°C))+(1,2*(X-15))
Luchtvernieuwingspercentage $n_{50} \leq$ [vol/h], gemeten bij een verschil van 50 Pa volgens NBN EN 13829	0,6 (vanaf 2018)	0,6 (vanaf 2018)
Oververhitting	Max 5% van de tijd > 25°C	(vanaf 2016)
U_{max}/R_{min}	delen 2 en 3 van de Bijlage XI	delen 2 en 3 van de Bijlage XI
Bouwknoppen	Bijlage V	Bijlage V
Ventilatie	Bijlage VI	Bijlage VII
Technische installaties	Bijlage VIII	Bijlage VIII

Bij een renovatie gelijkgesteld met nieuwbouw worden de vereisten voor netto verwarmingsbehoefte, netto koelingsbehoefte, PEV en luchtdichtheid met 20% vermeerderd. .





Referenties:

- 1 George **Monbiot**, The Impossibility of Growth, 27.05.2014, www.monbiot.com
- 2 Europese Commissie, DG Milieuzaken, www.cafe-cba.org/assets/baseline_analysis_2000-2020_05-05.pdf
- 3 **be.passive 18**, b.86.
- 4 www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains5-4.html
- 5 Johan Rockström en al, Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. Ecology and Society 14(2): 32, www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/
- 6 Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (Intergovernmental Panel on Climate Change, www.ipcc.ch)
- 7 **be.passive 01**, b.12.
- 8 Wanneer een technologie verbetert (bijvoorbeeld door zuiniger te zijn), dan hebben de gebruikers de neiging er meer van te gebruiken, wat een deel van de verwachte voordelen annuleert: dat is het terugslageffect.
- 9 OMA-AMO, EcoFYS, The Energy Report ; 100% Renewable Energy by 2050, World Wildlife Fund, février 2011, pb. 23, 47, 127. **be.passive 07**, b.12 ; Towards 100% renewable energy in Belgium by 2050, www.plan.be
- 10 **ibidem**.
- 11 **be.passive 18**, b.12.
- 12 **be.passive 01**→18 ; 04, Réhab.
- 13 www.passiv.de > EnerPHit
- 14 www.leefmilieubrussel.be > voorbeeldgebouwen.
- 15 Reglementering betreffende de Energieprestatie van de Gebouwen.
- 16 Regeerakkoord van het Waalse Gewest 2004-2009.
- 17 Ontwikkeld door StadsOntwerp en Milieu (SOM, TU Delft, 1979), werd in 1996 gepopulariseerd onder de naam Trias Energetica door de Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu (Novem) (wikipedia).
- 18 Concept van Amory **Lovins**, (néga-Watt) . Zie www.negawatt.org
- 19 **be.passive 07**, b.88.
- 20 **be.passive 07**, b.58 ; 11, b.20.
- 21 De Engelstaligen noemen dit "endowment" (dotatie).
- 22 **be.passive 07**, b.88.
- 23 **be.passive 15**, b.84 ; 17, b.78.
- 24 www.arct.cam.ac.uk/PLEA/Origins.aspx
- 25 Vandaag is dit het restaurant van de Universiteit; Korsgaard en al, DTH-Nul-Energihus, Technical University of Denmark, 1978.
- 26 http://passipedia.passiv.de/passipedia_de/grundlagen/anmerkungen_zur_geschichte
- 27 www.passivhaustagung.de/Kran/Passivhaus_Kranichstein.htm.
- 28 **be.passive 19**, Thema.
- 29 **be.passive 18**, b.12. Bijgewerkte cijfers (mei 2014).
- 30 www.bruxellesenvironnement.be > Dossier Voorbeeldgebouwen



- 31 be.passive 15, b.80 ; 17, b.84.
- 32 be.passive 11, b.44.
- 33 iPHA, The International Passive House Association,
www.passivehouse-international.org ; GPBC, Global
Passive Building Council, www.globalpassive.net
- 34 www.aachen.de > Aachener Standard 2010
- 35 www.leefmilieubrussel.be > Professionnelen > EPB
- 36 be.passive 07, woning in Lokeren, BLAF architecten; berekeningen
van de netto verwarmingsenergiebehoefte volgens NIT 155.
- 37 be.passive 02, b.84.
- 38 be.passive 03, b.54 ; 03, b.80 ; 05, b.56 ; 07, b.43 ; 10, b.60 ; 11, b.48
- 39 Preciezer, dit optimum zou enkel dat van het verlieslatend
vermogen vertegenwoordigen, niet dat van de isolatie, waarvan
de impact groter is. Het zou enkel kunnen overeenstemmen met
de patafysica van een onbewoonde en zonneloze planeet.
- 40 Verkoopprijs levering en plaatsing, STO (maart 2014).
- 41 be.passive 05, b.58.
- 42 be.passive 05, b.56.
- 43 be.passive 03, b.54.
- 44 www.passiv.de; www.ibb.fraunhofer.de
- 45 www.maisonpassive.be et www.passiefhuisplatform.be
- 46 De eenheden gelijkgeschakeld met nieuwbouw zijn die eenheden waar de
renovatie meer dan 75% van het verliesoppervlak betreft en waarbij alle
technische installaties vervangen worden; → www.leefmilieubrussel.be >
infocfiche EPB-vereisten 2015.
- 47 be.passive 04, b.53, b.56 ; 05, b.54.
- 48 be.passive 13, b.26.
- 49 Andere wijzigingen betreffen de interne logica van de EPB →
www.leefmilieubrussel.be > professionnels > PEB
- 50 Ibidem.
- 51 In dit geval houdt de EPB-software rekening met het reële rendement
van de installatie.





constructie, structuur, infrastructuren, besparing, controle

2.1.	Drie fundamentele principes	60
2.1.1.	De isolatie	62
2.1.2.	De luchtdichtheid	110
2.1.3.	De ventilatie	158
2.1.4.	Lastenboek	164
2.2.	Technische installaties	168
2.2.1.	De rol van advies-en studie bureaus	168
2.2.2.	Ventilatie, verwarming en koeling	169
2.2.3.	De inbedrijfstelling	190
2.3.	Structurele stabiliteit	202
2.3.1.	Nieuwbouw	202
2.3.2.	Renovatie	209
2.4.	Besparingen en kostenbeheer	214
2.4.1.	Kosten-optimaal of onherroepelijkheid ?	215
2.4.2.	De kostprijs van passiefbouw "in de praktijk"	220
2.4.3.	Bepalende factoren	234
2.4.4.	Comparer les prix et les matériaux	235
2.4.5.	Varianten	240
2.5.	Controle op de werf	242
2.5.1.	Luchtdichtheid	242
2.5.2.	Thermografie	250

design

02

2.1.

Drie fundamentele principes

Aline Branders
Julie Willem

De passiefstandaard houdt geen formele, materiële of esthetische verplichting in, en dat maakt deze standaard aantrekkelijk en heel flexibel. De passiefstandaard, die voornamelijk functioneert op basis van berekening, is aanzienlijk minder dwingend dan bijvoorbeeld bepaalde stedenbouwkundige regels die van kracht zijn. Een grote glaspartij die op het noorden is gericht zal weliswaar een nadelige impact hebben op de verwarmingsbehoeften, maar dat kan worden gecompenseerd door een beter isolerend materiaal, een dikkere isolatie van het dak of een balansventilatie met een wat hoger rendement....

Dit hoofdstuk geeft geen "recepten", maar verkent verschillende aandachtspunten en stelt strategieën voor voor een constructieve uitvoering van het project met als doelstelling een zo goed mogelijk **evenwicht** te vinden tussen de thermische, esthetische en economische aspecten en de realiteit van de uitvoering

Net als alle performante constructies vereist de passiefbouw een bijzondere aandacht voor de gebouwschil via drie onlosmakelijk verbonden aspecten: **de isolatie, de luchtdichtheid en de ventilatie**. En bij het ontwerpen van een passief gebouw dat streeft naar "lowtech" is het niet mogelijk om de vraagstukken rond comfort te verbannen naar de technieken. Het comfort van het gebouw is nauw verbonden met de fysieke samenstelling ervan. Zo staat de **goede coördinatie** tussen opdrachtgever, architect, studie bureau en aannemer garant voor het welslagen van het project.

Het gedeelte dat gewijd is aan de isolatie richt zich op de warmtestromen doorheen de gebouwschil, het stuk over de luchtdichtheid behandelt de ongecontroleerde lucht- en dampstromen en het laatste deel gaat over de architecturale implicaties van het ventilatiesysteem (voor de **technische aspecten**).

Jacques en Christine gaan bouwen. Ze hebben de plek van hun dromen gevonden voor hun toekomstige passiefhuis. Het terrein is schitterend en heeft een prachtig uitzicht ... volledig op het noorden gericht.

Damned! Betekent dit dat ze voor eeuwig gedoemd zijn uit te kijken op een dikke sterk geïsoleerde muur die hun paradijselijke uitzicht verpest? Uiteraard niet, net zoals het ook niet verboden is om de ramen van een passiefwoning open te zetten, is het ook mogelijk om grote glaspartijen te plaatsen die volledig op het noorden gericht zijn.

> 2.2.2.1
b. 172



Zoek de 7 fouten

Het huis bovenaan is passief.

Het huis onderaan is passief.

Wat is het verschil?

Antwoord: er is geen zichtbaar verschil. Het passiefhuis verbruikt 10 keer minder energie, maar dat ziet men niet.. behalve op de verwarmingsfactuur.



Zoek de 7 fouten [2]

Het huis bovenaan is passief.

Het huis onderaan is ook passief.

Wat is het verschil?

Antwoord: er zijn niet alleen verschillen. De passiefaard is een prestatie die moet worden bereikt, geen recept dat moet worden toegepast...





2.1.1. De isolatie

Bij een nieuwbouw wordt het niet gebruiken van een performante isolatie vandaag gezien als een onverantwoordelijke handeling. Aangezien de bouwschil één van de duurzaamste elementen is, is de kwaliteitsgarantie ervan een kwestie van gezond verstand. De principes die aangehaald worden in dit deel hebben betrekking op de **warmtestromen** doorheen de bouwschil.

2.1.1.1. Warmtestromen doorheen de constructie

Een temperatuurverschil (ΔT), bijvoorbeeld tussen binnen en buiten, leidt uiteraard tot warmtestromen die het thermisch evenwicht in het gedrang brengen. Dankzij de isolatie van de wanden kan weerstand geboden worden tegen deze transfers en kan de warmte (of de frisse lucht) binnen het gedefinieerde volume gehouden worden.

A. Principe

Het vermogen van een wand om een warmtestroom door te geven wordt gekenmerkt door de U-waarde, de thermische geleiding. De eenheden ervan [W/m^2K] drukken het thermische vermogen uit dat doorheen een oppervlakte van $1m^2$ gaat die twee omgevingen met een temperatuurverschil van 1K van elkaar scheidt. Hoe beter een wand geïsoleerd is, hoe lager de U-waarde is. Deze waarde hangt voornamelijk af van de dikte en van de thermische geleidingscoëfficiënt λ van de isolatie.

Bij passiefbouw schommelt de gemiddelde U-waarde van de ondoorzichtige wanden doorgaans rond $0,12 W/m^2K$. In het dak kan gemakkelijker een dikkere isolatie gestoken worden met U-waarden kleiner dan $0,10 W/m^2K$.

Voor de glazen of doorzichtige wanden onderscheiden we de waarde van de beglazing U_g ("glass", doorgaans tussen $0,5$ en $0,6 W/m^2K$ voor driedubbele beglazing) en de profielwaarde U_f ("frame", tussen $1,1$ en $0,66 W/m^2K$). De gemiddelde waarden U_w ("window") zijn niet heel nuttig, want ze hangen af van de vorm (dus van de verhouding tussen de oppervlakte van het profiel en van de beglazing) van het betreffende raam. Het is paradoxaal genoeg

> 5.2
b. 344

> 2.1.2.2
b. 114

U

thermisch geleidingsvermogen van een wand

eenheid W/m^2K

$$U = 1 / R$$

waarbij

$$R = \Sigma (d [m] / \lambda [W/mK]) + R_{si} + R_{se} + R_a$$

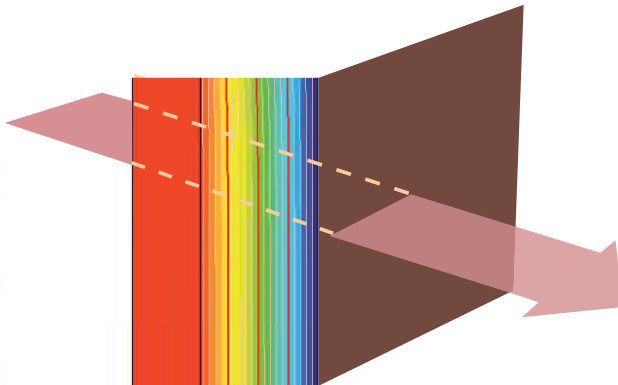
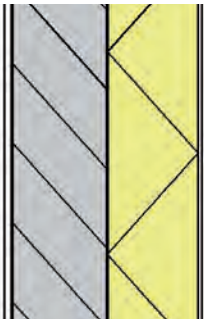
en

d : dikte van het isolatiemateriaal

λ : warmtegeleidend vermogen van het materiaal

R_{si} - R_{se} : oppervlakteweerstanden

(R_a : weerstand van de luchtspleet)



voordeliger om grote ramen te voorzien (die het aandeel van de profielen ten opzichte van de beglazing beperken) dan kleine ramen die de zwakkere punten vormen in de gebouwschil.

Er hebben heel wat soorten isolatie het levenslicht gezien: cellulose, stro¹, veren, houtwol, gerecycleerde kleding, ... De thermische prestatie van het materiaal is niet het enige criterium [→5.2](#) : de bestemming telt ook mee. Wanneer bijvoorbeeld gewicht wordt toegevoegd, dan moet de isolatie bestand zijn tegen samendrukking; als er damptransfers voorzien zijn in de wand, dan is deze bij voorkeur ademend [→2.1.2.2](#), enz.



> 2.1.1.3
b. 95



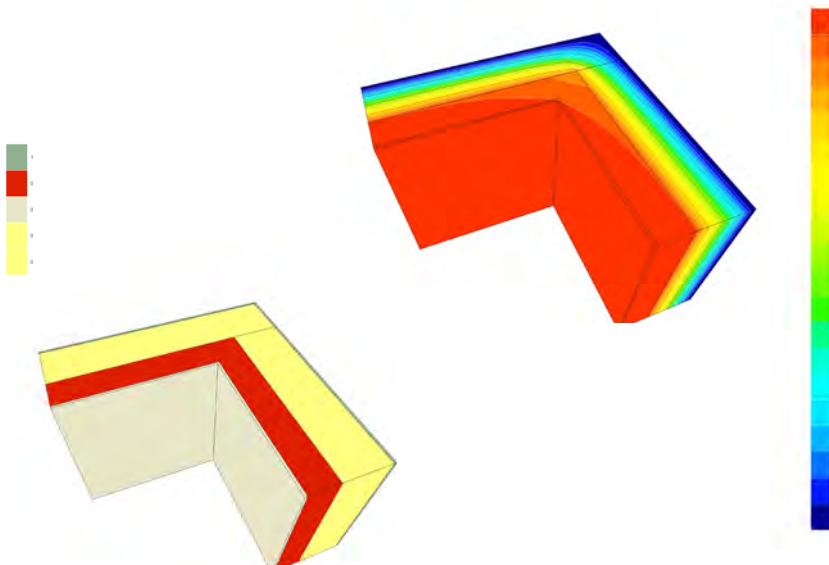
B. In de praktijk

Een doeltreffende isolatie berust op de continuïteit van de isolatie voor de hele gebouwschil, zowel van bovenaf als in de doorsnede. In functie van de structuur van het gebouw onderscheiden we drie belangrijke systemen in de buitenwand².

1) Isolatie langs de buitenkant

De isolatie, de "dikke trui" van een gebouw, is gemakkelijker aan te brengen langs de buitenkant, in het bijzonder bij massieve constructies. Met de huidige materialen varieert de dikte van 20 tot 30 cm. De isolatie kan gekleefd of mechanisch bevestigd worden (een grote isolatiedikte vereist vaak **mechanische bevestigingen**).

Het is ook mogelijk om een tweede buitenstructuur te maken van houten bekistingen waarin de isolatie dan geïntegreerd wordt.

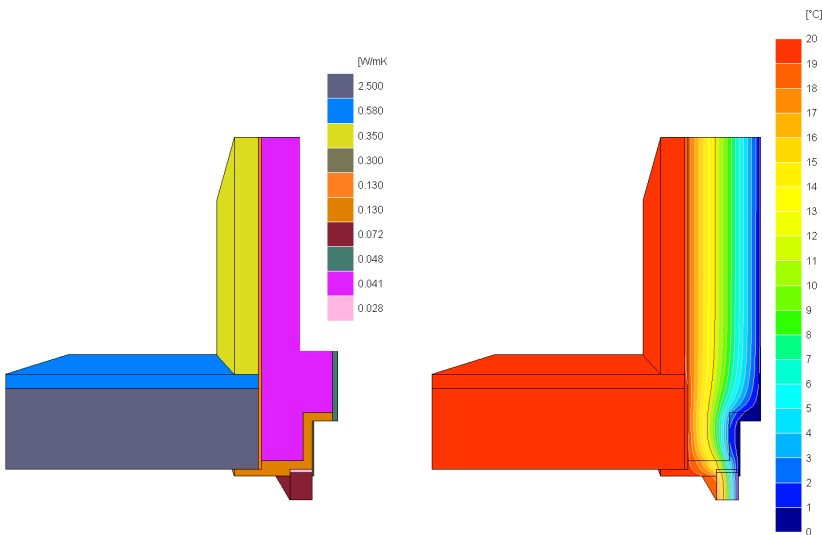






2) In de structuur geïntegreerde isolatie

Om de dikte van de wanden te verminderen kan de isolatie in de structuur worden geïntegreerd, bijvoorbeeld met een houten geraamte waar cellulose ingeblazen wordt. Deze "lichte" geraamtes vertonen structurele en akoestische beperkingen die overwonnen kunnen worden met een gemengde structuur (betonnen kolommen en vloeren, gevels uit houten prefabelementen).



In dit geval is de gebouwschil gevoeliger voor doorboringen en latere wijzigingen. Indien nodig moet een brandwerende laag aangebracht worden langs de binnenkant, wat de dikte van de gevel vergroot. De prefabelementen kunnen in het atelier of rechtstreeks op de werf gemaakt worden.

Bepaalde passieve projecten bestaan volledig uit een houten structuur, zoals het gebouw "l'Espoir" met 4 niveau's in Molenbeek (architect Damien Carnoy).



Gemengde Structuur : Kinderdagverblijf en woningen³
 Kinderdagverblijf Sint-Franciscus |
 Schaerbeek | Gemeente
 Sint-Joost-Ten-Node |
 architect: O2 architects³

Detail gevel van houten
 prefabelementen⁴
 IPC | Nijvel | Waals-Brabant
 Provincie | architect:
 A2M



*Woningen met houten skelet®
Woningen Finstraat | Sint-Jans-
Molenbeek | Woningfonds van
het Brussels hoofdstedelijk
Gewest |
architect : Carnoy-Crayon*



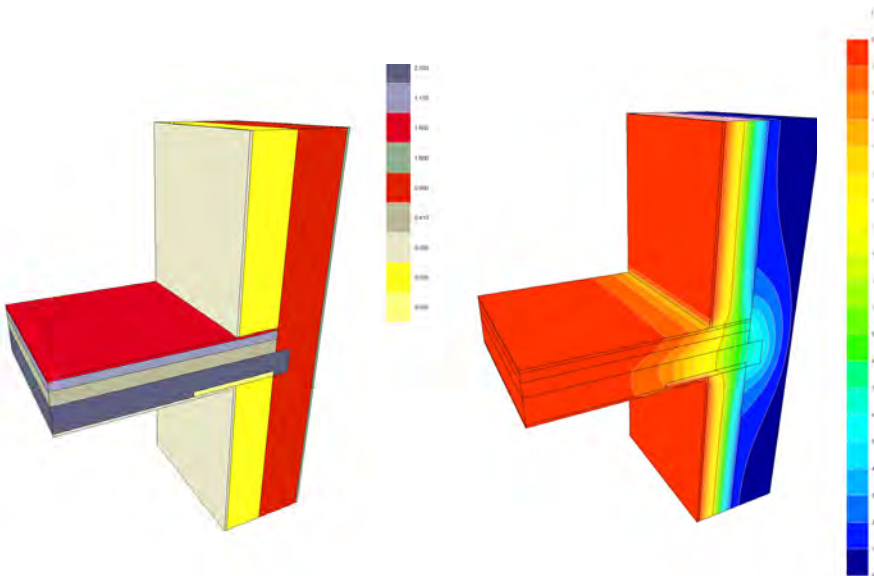


> 2.1.1.2
b. 72



3) Isolatie langs de binnenkant

Om de warmtestromen te controleren is de isolatie langs de binnenkant complexer, want ze wordt doorgaans onderbroken door de structurele elementen (vloer, draagmuur, enz.). Deze methode houdt hygrothermische en mechanische risico's in. Bij renovaties blijkt de isolatie langs de binnenkant om technische, economische, stedenbouwkundige of erfgoedredenen vaak de enige oplossing die kan worden overwogen.



2.1.1.2. Lineaire koudebruggen

De koudebrug, het zwarte schaap van de isolatie, heeft een zodanig slechte reputatie dat ze werd omgedoopt tot "bouwknop". Toch zijn ze onvermijdelijk. Elke isolerende laag – binnen, buiten of geïntegreerd in de structuur – ondergaat immers onderbrekingen en wijzigingen die de warmtetransfers veranderen. Of het nu gaat om een aanpassing van materialen, geometrie of aansluiting tussen verschillende elementen, de berekening van het globale verlies van het gebouw moet rekening houden met deze storingen. Het verlies in de bouwschil via thermische transmissie omvat dus de thermische stromen doorheen de wanden, maar ook de lineaire (raamwerk, verandering van dikte/materiaal, hoeken, borstweringen, funderingen, enz.) en punt (ankerpunten, zuilen, enz.) onderbrekingen.

A. Principe

Net zoals de U-waarde de thermische geleiding van een oppervlakte kenmerkt, kenmerkt de lineaire thermische transmissiecoëfficiënt Ψ (Psi) de warmteoverdracht doorheen een lineaire aansluiting. Deze coëfficiënt wordt uitgedrukt in W/mK en kenmerkt de warmte (thermisch vermogen) die door 1 m aansluiting tussen twee omgevingen gaat waarvan het temperatuurverschil 1 K bedraagt.

In bovenstaande illustratie wordt een raamwerk vorm gegeven in een berekeningssoftware (binnentemperatuur: 20°C; buitentemperatuur: 0°C). We stellen vast dat de curves van gelijkaardige temperaturen (isothermen) parallel blijven in de wand maar ombuigen wanneer ze de aansluiting benaderen. Om deze onderbreking te evalueren berekent de software de "reële" warmtestroom doorheen de aansluiting en leidt de "rekenkundige" stroom van de oppervlakken (fictief berekend alsof de curves parallel bleven). Deze berekening maakt het mogelijk om de onderbreking als gevolg van de lineaire aansluiting precies te kwantificeren.

Ψ

lineaire thermische brug

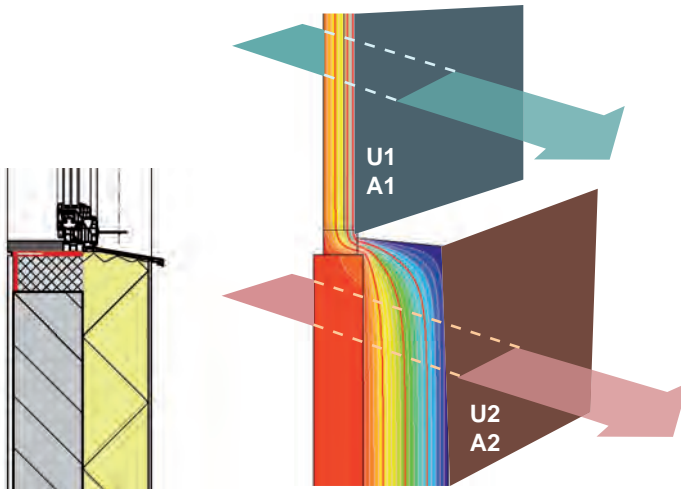
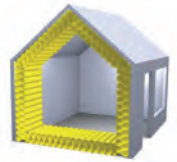
eenheid = W/mK

$$\Psi = \frac{Q_2 - Q_1}{L * (\theta_{int} - \theta_{ext})}$$

waarbij

Q2 = berekende thermische stroom

Q1 = $\sum (A_i * U_i * \theta_{int})$



In de ontwerpfase is het belangrijk de details te bestuderen om het verlies via de lineaire aansluitingen zoveel mogelijk te beperken. Maar, ook al is het gemakkelijker om te voldoen aan de criteria van de passiefstandaard met een constructie zonder koudebrug, toch is het niet ondenkbaar om te leven met een Psi ! Daarvoor moeten echter aan twee minimale voorwaarden worden voldaan:

- de specifieke netto verwarmingsbehoefte moet duidelijk lager zijn dan 15 kWh/m²jaar in de ontwerpfase om een veiligheidsmarge te behouden;
- de detailtekening mag geen wanorde creëren, zoals risico op **oppervlakkige condensatie**.

Een goede Ψ waarde volstaat niet om elk risico op oppervlakkige condensatie te elimineren⁶. Toch geeft de “temperatuurfactor” ft een goede indicatie van het risico op condensatie op basis van de warmtestromen. Deze methode vergelijkt de minimale temperaturen van de oppervlaktes binnen met de omgeving.



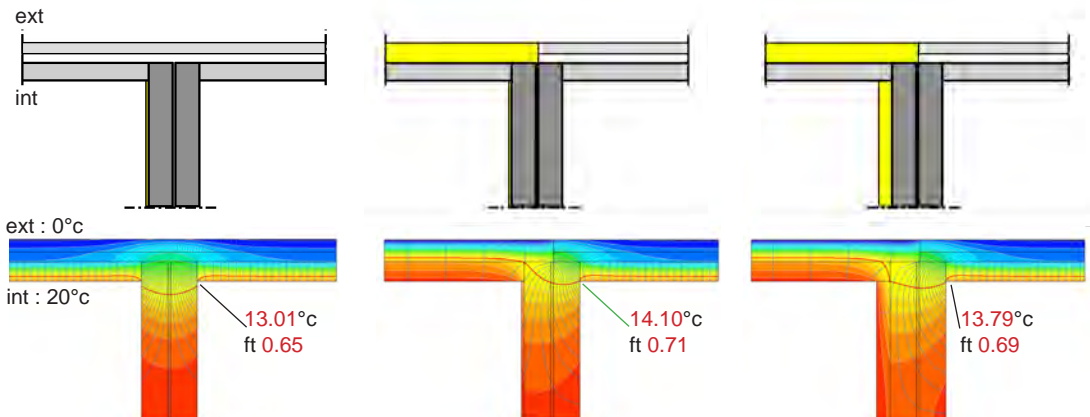
FT temperatuurfactor :

$$f_t = \frac{T_{surf \text{ int}} - T_{ext}}{T_{int} - T_{ext}} > 0,7$$

Verhouding tussen het verschil van de minimale temperaturen van de oppervlaktes binnen en buiten en het verschil van de maximale omgevingstemperatuur.

Deze factor mag niet lager liggen dan 0,7, wat overeenkomt met een minimale temperatuur van 12°C in omstandigheden van normale activiteit (woonkamer, kamer, kantoor) in Belgisch klimaat.

> 2.3.2.2
b. 210



Scheidingswand aansluiting

Hoewel deze beperking het mogelijk maakt om de belangrijkste problemen die te wijten zijn aan condensatie uit te sluiten, volstaat ze niet voor bijzondere omstandigheden, zoals vochtigere omgevingen (badkamer, keuken, zwembad, enz.).



B. In de praktijk

1) Funderingen

Van de gevoelige punten van de bouwschil vertonen de funderingen de meeste verplichtingen met betrekking tot de uitvoering en de algemene stabiliteit van het gebouw. Ook al is het verlies naar de bodem minder groot dan het verlies van het dak naar buiten toe, toch moeten sommige projecten die maar nipt werden berekend op het kleinste kWh besparen. En op dat moment wordt er gepraat over palen die worden geïsoleerd met polyurethaan of andere funderingen omhuld met polystyreen...

Deze oplossingen kunnen niet enkel de stabiliteit van het gebouw in **gevaar brengen**, maar ook een groot deel van het budget opslokken. Ook hier is een goede coördinatie van primordiaal belang: Is het niet verstandiger om het dak wat meer te isoleren, de kolommen van de benedenverdieping te isoleren of een doeltreffendere gevelisolatie te gebruiken? Wat is de reële impact van de gekozen oplossing op de balans van het gebouw?

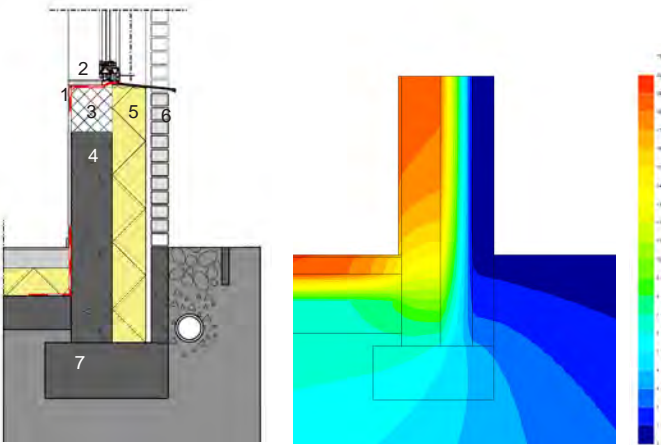
De funderingen van de langs de buitenkant geïsoleerde gevels doen vaak de volgende vraag rijzen: in welke mate moet de isolatie de diepte in gaan om de koudebrug te annuleren? Maar de diepte is niet alles, de impact moet geanalyseerd worden op het volledige project:

- wat is de in acht genomen lengte?
- wat is de globale balans van het project?
- is er geen enkel gezondheidsrisico?

Vervolgens neemt het praktische aspect altijd de bovenhand: indien de funderingen 60 cm diep zijn en er slechts 50 cm isolatie nodig is, blijft het eenvoudiger (en veiliger) om de blokken isolatie op deze funderingen te plaatsen.



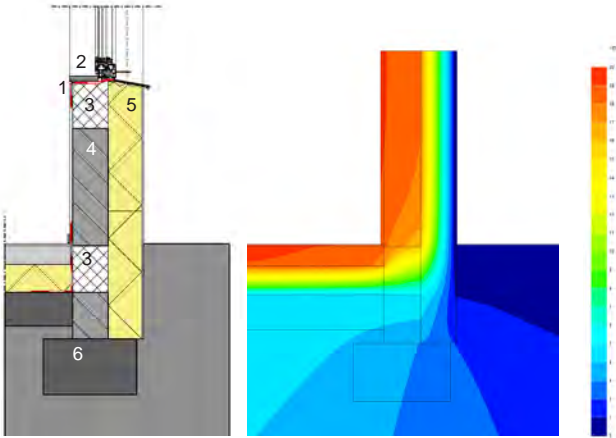
- 1 pleisterlaag
- 2 vensterbank boven luchtdichtheidsstrook
- 3 blok cellenbeton Xella©
- 4 betonwand
- 5 grafiethoudend EPS isolatiemateriaal Neo por©
- 6 parement blokken Betorex©
- 7 fundering TGB



Aansluiting zonder plaatsing van een blok isolerend materiaal in het metselwerk:
 $\Psi=0,27 \text{ W/m.K}$



- 1 pleisterlaag
- 2 vensterbank boven luchtdichtheidsstrook
- 3 blok cellenbeton Xella©
- 4 betonblokken
- 5 grafiethoudend EPS isolatiemateriaal Neopor©
- 6 fundering TGB



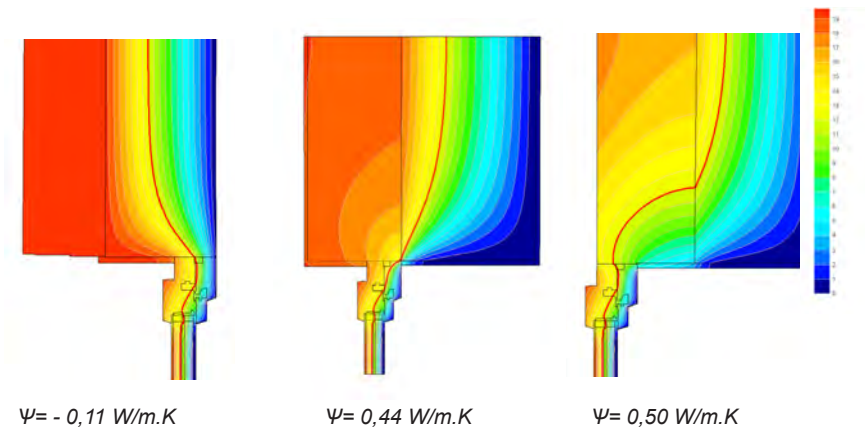
Aansluiting met plaatsing van een blok isolerend materiaal in het metselwerk: $\Psi = -0,02 \text{ W/m.K}$



2) Raamwerk

Door de verandering van materialen ontstaat een lineaire onderbreking ter hoogte van de verbindingen van de ramen met de wanden. Ook al lijkt deze aansluiting onschuldig, toch is ze belangrijk, want wanneer ze wordt herhaald over het geheel van het project, kan ze een impact hebben van verschillende kWh/m² per jaar op de globale balans.

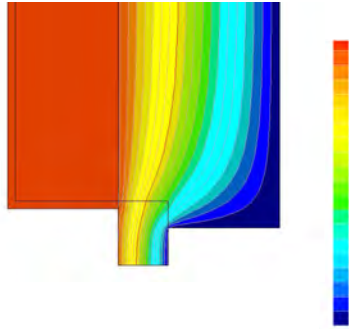
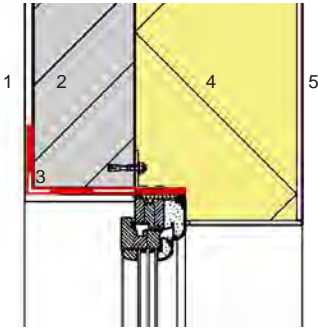
De positie van het raamwerk ten opzichte van de isolatie is ook bepalend. Laten we kijken naar twee extreme gevallen bij een buitenisolatie:



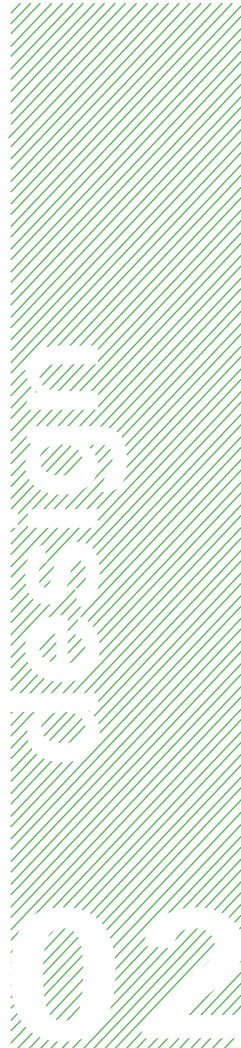
De isotherm van 12°C wordt in het rood weergegeven. In het tweede geval stellen we vast dat ze gevaarlijk dicht bij het binnoppervlak komt (de wand raakt de 13°C). Deze situatie is niet alleen oncomfortabel voor de bewoner, maar houdt ook een risico op condensatie in.

Vanuit strikt thermisch standpunt ligt de optimale positie van het raamwerk in lijn met de symmetrieas van de isolatie. Dit kan vrij eenvoudig in, bijvoorbeeld, het geval van een isolatie die geïntegreerd wordt in een houten structuur, maar soms is het wat complexer, zoals bij een massieve constructie waar dit zou leiden tot het plaatsen van de ramen in de overbouw van de buitenisolatie. Dit bemoeilijkt de uitvoering (hoekprofielen, doorsnedes, aansluitingen).

- 1 pleisterlaag
- 2 wand TGB
- 3 luchtdichtheid
- 4 grafiethoudend EPS isolatiemateriaal Neopor®
- 5 buitenbepleistering STO®

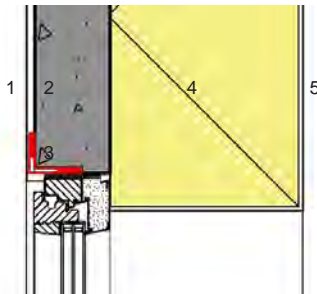


$\Psi = -0,11 \text{ W/m.K}$

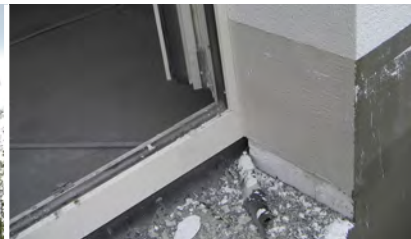
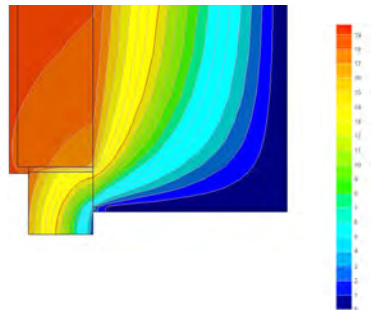


Vanuit praktisch en economisch standpunt, is het een goede oplossing om het vaste raamkader te bedekken met de buitenisolatie. De impact van de koudebrug wordt daardoor beperkt en er is geen dure uitvoering nodig. Deze techniek is thermisch gezien minder performant, maar vereist geen meerdere onderbrekingen in de isolatie en laat toe het raamwerk op een gladde ondergrond te plaatsen. De snelheid en doeltreffendheid van de uitvoering verbeteren aanzienlijk. En ten slotte is het continu doorlopen van de isolatie beter verzekerd.

- 1 pleisterlaag
- 2 wand TGB
- 3 luchtdichtheid
- 4 grafiethoudend EPS isolatiemateriaal Neopor®
- 5 buitenbepleistering STO®



$$\Psi = -0,12 \text{ W/m.K}$$



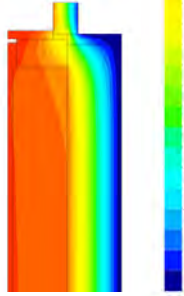
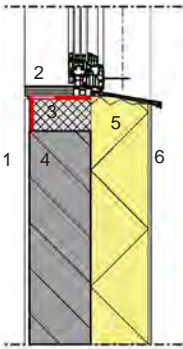


Deze methode werpt een bedenking op voor het onderste profiel van het raamkader, want de isolatie kan de vensterbank niet bedekken. Verschillende oplossingen garanderen de continuïteit van de isolatie:

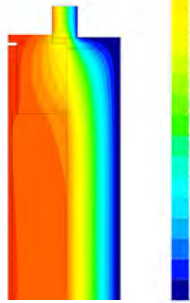
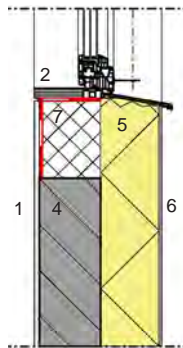
- het onderste profiel van het raamkader verlengen,



- 1 pleisterlaag
- 2 vensterbank boven luchtdichtheids trook
- 3 isolerend blok Perinsul
- 4 betonblokken
- 5 grafiethoudend EPS isolatiemateriaal Neopor®
- 6 buitenbepleistering STO®
- 7 blok cellenbeton Xella®



Verhoging onder raam met isolerend blok Perinsul
 $\Psi = 0,032 \text{ W/m.K}$
 ft 0,82



Verhoging onder raam met isolerend cellenblok
 $\Psi = 0,028 \text{ W/m.K}$
 ft 0,82





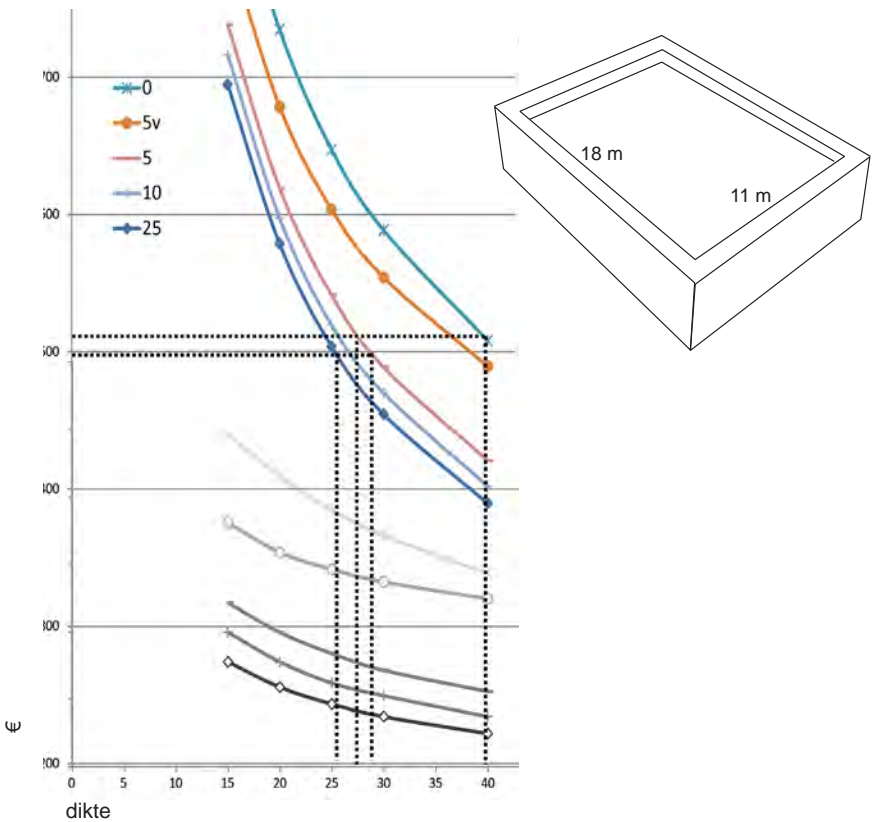
- in het geval van metselwerk, eindigen met een bed van cellenbetonblokken⁸.

Dit type aansluiting biedt een goed compromis tussen thermische balans en gebruiksgemak. Dergelijke oplossingen hangen vaak af van de kwaliteit van de samenwerking en de flexibiliteit van het ontwerpteam van het project en de uitvoerders.



3) Dakranden

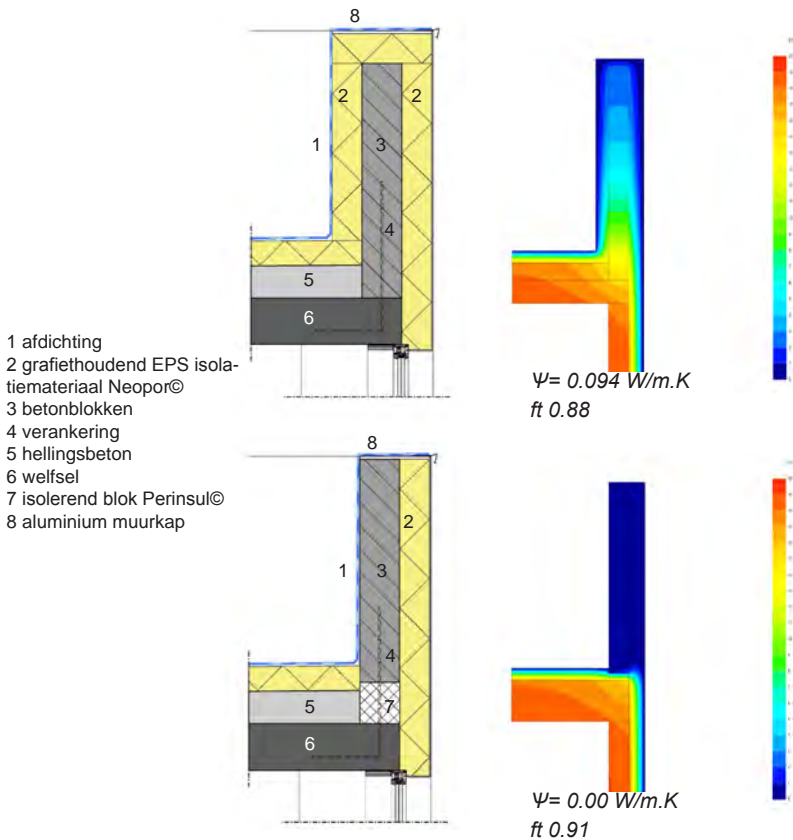
De aansluiting van een dakrand heeft naargelang de vorm en uitvoering een kapitale of absoluut verwaarloosbare invloed op het project. Het is belangrijk om de impact van een dergelijke aansluiting te bepalen op de globale balans van het gebouw om prioriteiten op te stellen.



Vergelijking van twee daktypes en de kost van de isolatie / borstwering.



Verschillende technieken beperken dezekoudebrug en de klassiekste bestaat erin de rand volledig in te pakken. Deze oplossing is thermisch interessant, maar leidt tot andere problemen, zoals de bevestiging van muurbedekkingen. Een andere oplossing is het gebruik van isolerende blokken voor de opstanden of de integratie van een thermische onderbreking.



Vergelijking tussen een dakrand verpakt in isolatie of met een thermische onderbreking.



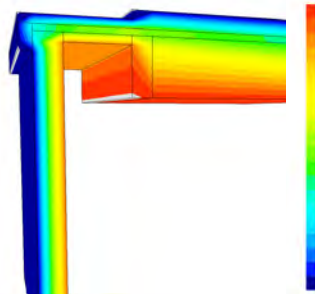
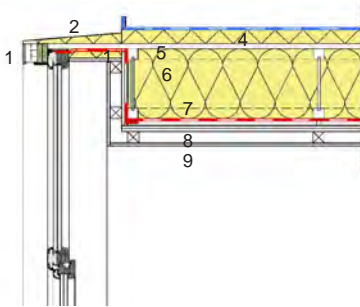
4) Architecturale details

Naast de strikt thermische, economische en structurele standpunten is het esthetische standpunt ook belangrijk voor bepaalde details. Waarom zouden we sommige conceptueel sterke punten tijdens deze jacht op de kWh niet bewaren, daar waar het esthetische aspect belangrijker lijkt? Hier en daar een detail aanvaarden waarvan de technische efficiëntie wat minder goed is, maar dit dan elders compenseren met een dikkere isolatie of een performanter materiaal.



Zo lijkt onderstaande detailtekening bijvoorbeeld thermisch ongeschikt: de dikte van de dakisolatie gaat van 30 naar slechts enkele centimeters. Toch wordt zo een zware kroonlijst vermeden. Een dergelijke keuze, bijvoorbeeld uit esthetische overwegingen, is mogelijk in een passiefproject voor zover de globale balans er niet te zwaar onder lijdt (onder de 15 kWh/m²jaar- blijven) en geen gezondheidsrisico met zich meebrengt (schimmel).

- 1 aluminium kap op raamprofiel
- 2 aluminiumplaat
- 3 afdichting
- 4 steenwol isolatie materiaal
- 5 hout paneel
- 6 cellulose-iso latiemateriaal in FJI-profiel
- 7 damprem
- 8 gipsplaat 2 x RF 30
- 9 gipsplaat



$$\Psi = 0,27 \text{ W/m.K}$$



In het geval van balkons kunnen, naast de beroemde ontdubbelde metalen structuren die de wijk Vauban in Freiburg-im-Breisgau in Duitsland kenmerken, ook producten worden gebruikt die in België al lang bekend zijn, zoals wapeningen met een geïntegreerde thermische onderbreking.



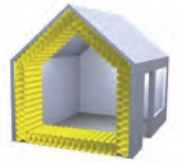
Aansluiting voor balkon, bron: Schock

Het is ook mogelijk om de isolatiedikte in de gevel te gebruiken om bijvoorbeeld metalen kolommen te verbergen.

5) Isolatie langs de binnenkant

Bij de isolatie langs de binnenkant vereist het ontwerp van de details doorgaans nog meer aandacht. Bij een renovatie gebeurt het vaak dat bepaalde koudebruggen niet volledig weggewerkt kunnen worden. De impact ervan moet geïntegreerd worden door het verifiëren van:

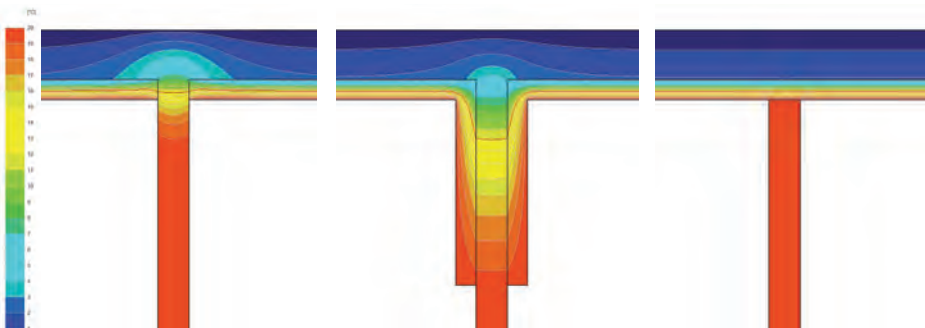
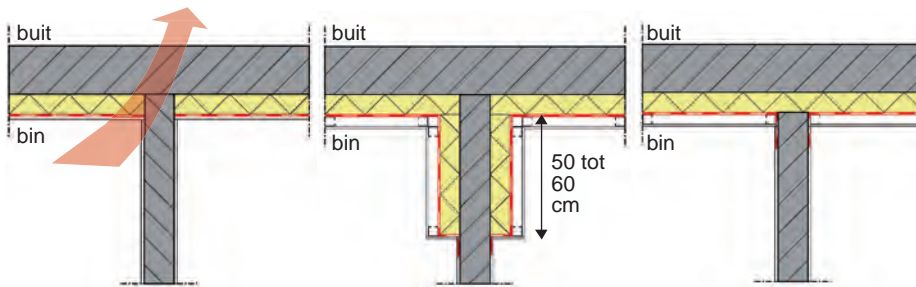
- hun invloed op de netto verwarmingsbehoefte van het gebouw,
- het risico op condensatie als gevolg van de oppervlaktetemperatuur binnen die lager is dan de temperatuur haaks op de koudebrug.



- *Draagmuur of betonnen vloer*

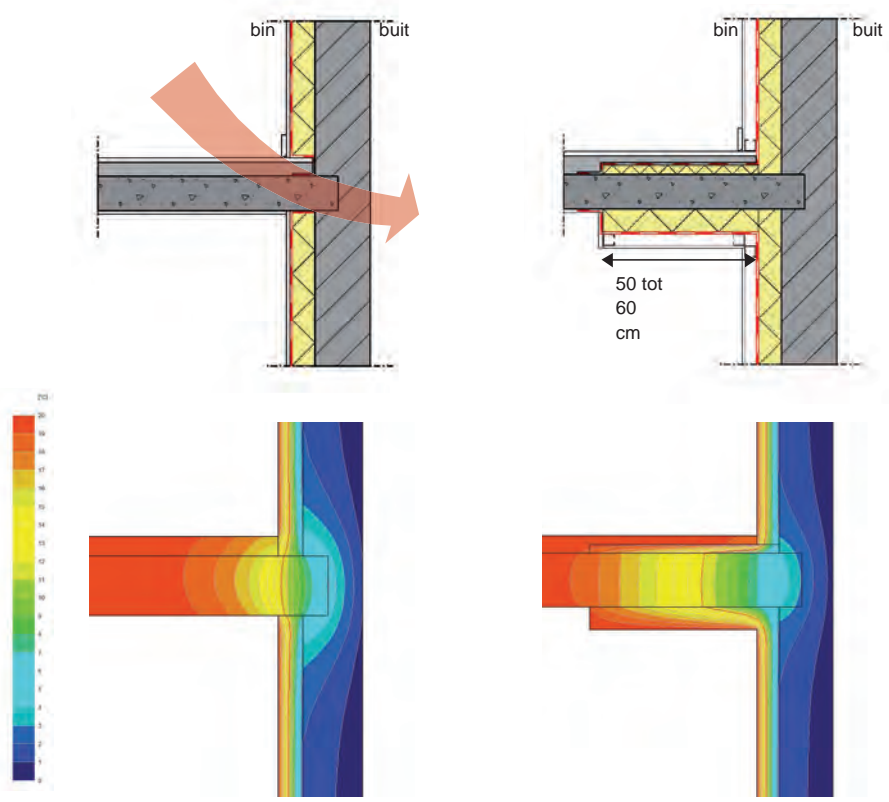
De verbinding tussen de binnenmuur of de -vloer en de gevels die langs binnen geïsoleerd worden vormt een koudebrug. Ideaal zou zijn om de draagmuur of de vloer te overlappen om de continuïteit van de isolatie te garanderen. In de praktijk is deze oplossing doorgaans vrij duur en veroorzaakt ze **stabiliteitsproblemen**. Doorgaans moeten puntverankerungen worden voorzien om de gevel te schoren.

Een eenvoudigere oplossing bestaat in het aanbrengen van een bijkomende isolatie over een bepaalde lengte. Hoewel de koudebrug niet wordt verwijderd, wordt de impact ervan sterk beperkt. Zolang de dauwtemperatuur niet wordt bereikt aan de oppervlakte, wordt condensatie vermeden.



Tussenmuur, plan

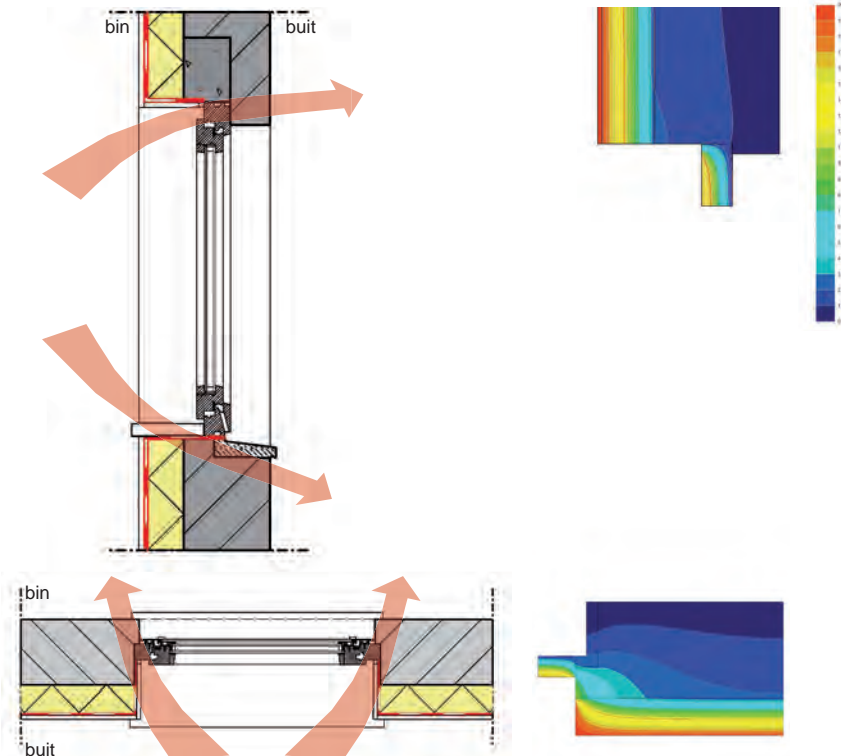




Vloer in buitenmuur, doorsnede

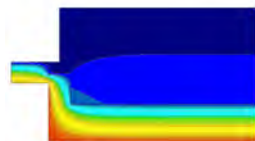
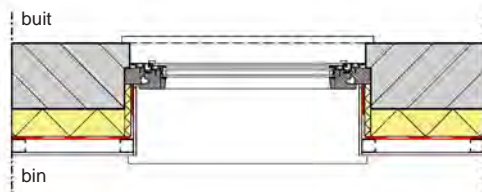
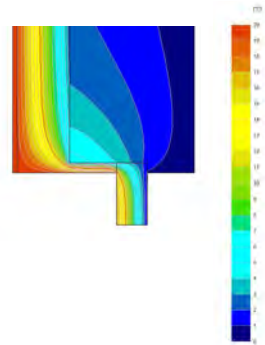
- Raamwerk

De continuïteit van de isolatie moet ook voorzien worden ter hoogte van het raamkader, zowel om de thermische prestatie te verbeteren als om condensatie aan de oppervlakte te voorkomen haaks op de koudebrug. Bij een renovatie leidt dit vaak tot een verkleining van de opening (naargelang de dikte van de toegevoegde isolatie). In bepaalde gevallen kan worden overwogen om de opening te vergroten om de zonnewinst te optimaliseren hoewel de impact op de stabiliteit en de kosten aanzienlijk kan zijn. Als de gevel geklasseerd is, dan moet het bestaande raamkader behouden blijven, zodat het uitzicht langs de buitenkant onveranderd blijft. Er moet dan een performanter raamwerk als aanvulling geplaatst worden langs de binnenkant



Niet-doorlopende aansluiting tussen het raam en de isolatie van binnenuit

Ongeacht de gekozen oplossing, de continuïteit tussen de isolatie en het raamwerk moet gegarandeerd blijven. De aansluitingen zullen een beetje variëren naargelang de ondergrond waarop het raamwerk rust.

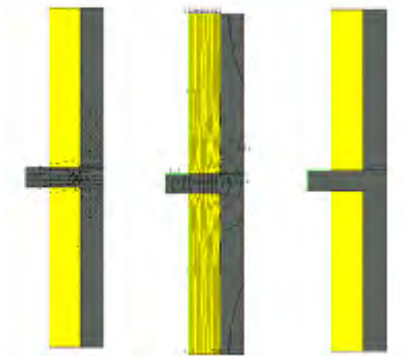


Doorlopende aansluiting tussen het raam en de isolatie van binnenuit

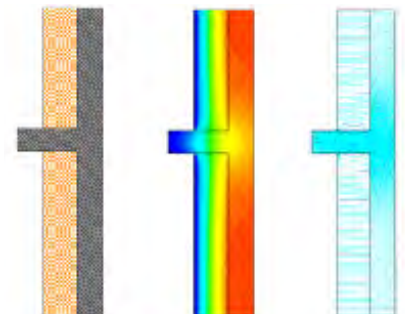


C. Ontwerptools

Verschillende programma's maken het mogelijk om de warmtestromen doorheen de lineaire aansluitingen te berekenen. Ze maken het ook mogelijk om de isothermen te visualiseren, zodat de temperaturen van de oppervlaktes binnen en het risico op condensatie geverifieerd kunnen worden.



Therm©: Een gratis software waarmee via een externe, Excel®-berekening de Ψ -waarden van de aansluitingen kunnen worden bepaald.



Bisco©: Een betalende software waarmee heel wat toepassingen mogelijk zijn, evenals de onmiddellijke bepaling van de Ψ -waarde van een lineaire aansluiting.

X_i

plaatselijke koudebrug

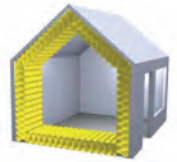
eenheid W/K

$$X_i = \frac{Q_2 - Q_1}{(\theta_{int} - \theta_{ext})}$$

waarbij

Q₂ = berekende thermische stroom

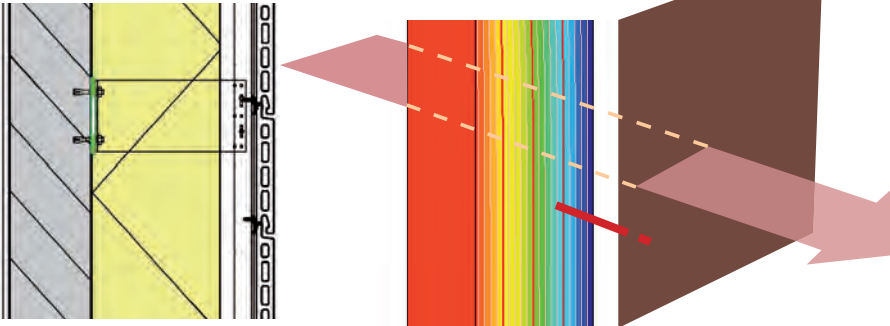
Q₁ = $\Sigma (A_1 \cdot U_i \cdot \theta_{int})$



2.1.1.3. Puntkoudebruggen

A. Principe

De thermische transmissiecoëfficiënt X (X_i) kenmerkt de onderbreking van een puntaansluiting (kolommen, verankeringen) in de warmteoverdracht. De Ψ-waarde, uitgedrukt in W/mK, vertaalt de lineaire onderbrekingen en X verwijst naar een punt en wordt dus uitgedrukt in W/K.



Dankzij de modellering kan de warmtestroom doorheen het geheel bepaald worden (punt koudebrug en wand) waarvan we dan de rekenkundige berekening van de warmtestroom doorheen de wand zonder onderbreking aftrekken.

B. In de praktijk: de verankeringen

Bepaalde verankeringen zoals bevestigingen van balustrades, trappen of terrassen creëren zwakke punten in de gebouwschil. Vaak kan de impact



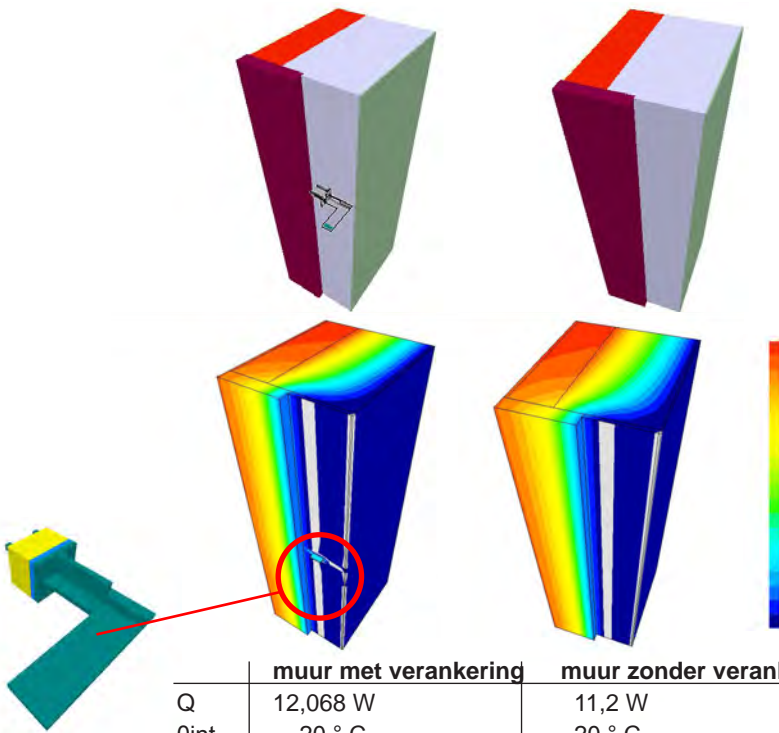
ervan beperkt worden:

- door het traject van de warmte van binnen naar buiten langer te maken,
- door niet samendrukbare thermische uitsnijdingen toe te voegen,
- door de contactpunten te minimaliseren.

Uit de berekening blijkt dat als de puntkoudebruggen aangepakt worden met één van deze maatregelen, ze het globale resultaat maar weinig beïnvloeden. Hoewel er in illustratie 4 verankeringen per raam zitten, is de impact ervan op de globale berekening slechts $0,6 \text{ kWh/m}^2\text{jaar}$.

*Woningen Loossens-
straat | Jette | Jetse
Haard | architect: A2M*



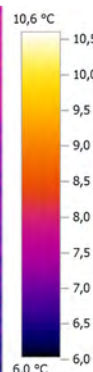
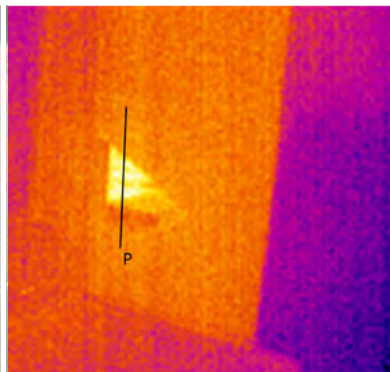
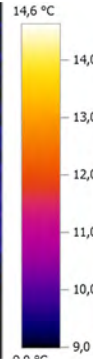
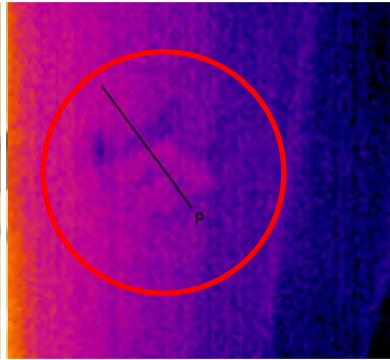
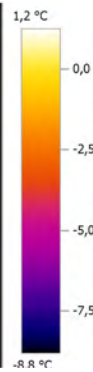
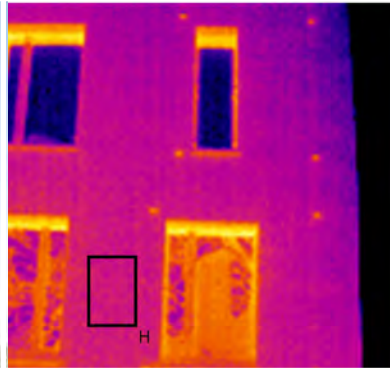


	<u>muur met verankering</u>	<u>muur zonder verankering</u>
Q	12,068 W	11,2 W
θ _{int}	20 ° C	20 ° C
θ _{ext}	0 ° C	0 ° C
U1	0,078 W/m ² .K	0,078 W/m ² .K

$X_i = (Q1 - Q2) / (\theta_{int} - \theta_{ext})$
 $X_i = (12,068 - 11,2) / (20 - 0)$
 $X_i = 0,043 \text{ W/K}$

De thermografie die op de bouwplaats werd uitgevoerd (foto's hiernaast), levert hetzelfde resultaat op als de simulatie van de koudebrug (weergave hierboven). U ziet dat de bevestiging dezelfde temperatuur heeft als het buitenvlak, wat betekent dat de warmte van binnen niet via de bevestiging naar buiten gaat.

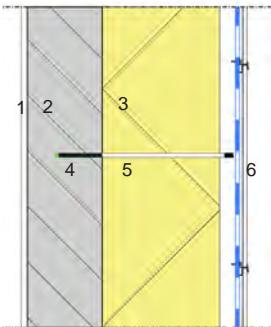
Integendeel, op de twee foto's onderaan ziet u dat de binnentemperatuur duidelijk zichtbaar is wegens het ontbreken van isolatiemateriaal rond de bevestiging.





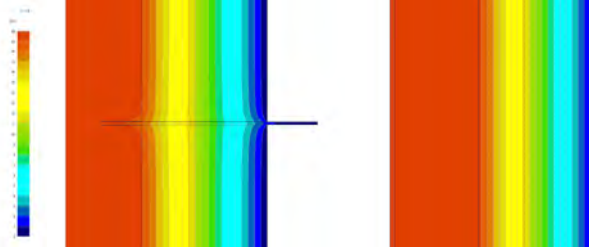
Een ander geval van verankeringsbeheer voor een project waarvan de totale kostprijs identiek is aan de kostprijs van een standaardgebouw.

In het geval van de gevels aan de straatkant wordt de thermische onderbreking gerealiseerd door de polyamidespie (Borgh Facafix®) waarin de schroef van de belatting van de gevelbekleding Eternit Equitone Tectiva® vastgemaakt is



- 1 pleisterlaag
- 2 blok van kalkzandsteen
- 3 grafiethoudend EPS Neopor®
- 4 polyamidespie Borgh Facafix®
- 5 schroef Borgh Facafix®
- 6 parement Eternit Equitone Tectiva®
op houten belatting



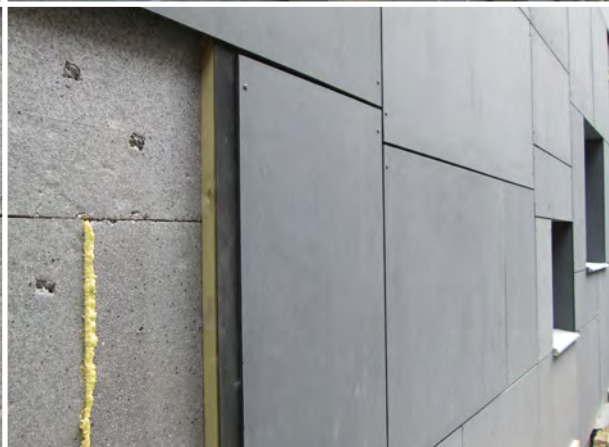
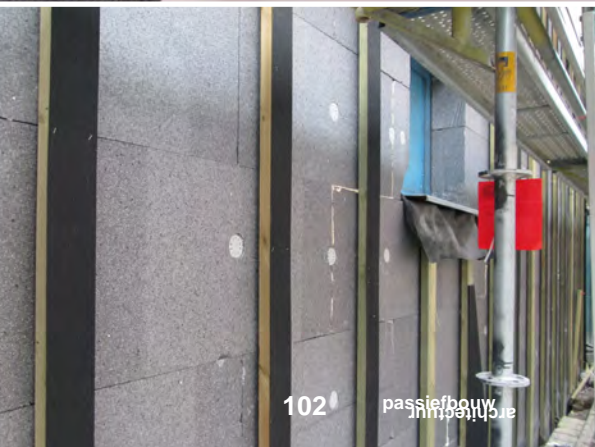


	muur met verankering	muur zonder verankering
Q	4,906 W	2,217 W
θ_{int}	20 ° C	20 ° C
θ_{ext}	0 ° C	0 ° C
U1	0,078 W/m ² .K	0,078 W/m ² .K

$$X_i = (Q1 - Q2) / (\theta_{int} - \theta_{ext})$$

$$X_i = (4.906 - 2.217) / (20 - 0)$$

$$X_i = 0,13 \text{ W/K}$$



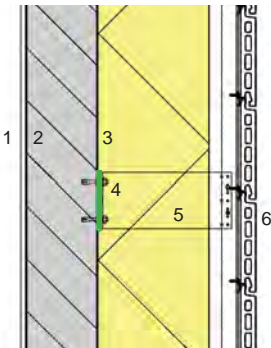
Uit ervaring blijkt dat vele bestaande producten en technieken aangepast kunnen worden om de impact van koudebruggen te beperken zonder daarom gebruik te maken van dure middelen. Zo wilde de opdrachtgever van het kantoorproject FBZ (Marlylaan, arch. A2M) bijvoorbeeld dat de wand gemaakt werd van relatief zware cassettes van terracotta (33 kg/m²).



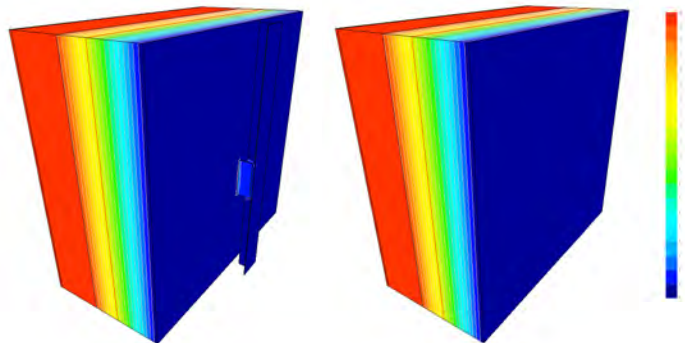
Wegens de isolatie werd de beplating in terracotta op ongeveer 30 cm van de draagmuur bevestigd. Er werden verschillende oplossingen overwogen: een structuur creëren vertrekkende van het dak om de cassettes op te bevestigen, kolommen toevoegen onder de uitkragende ligger, ... Geen enkele bleek esthetisch of economisch bevredigend. Door in team samen te werken werd echter een eenvoudige oplossing gevonden: bevestigingen die beschikbaar zijn op de markt¹⁰ dragen de beplating en worden aangevuld met een kleine thermische onderbreking tussen de bevestiging en de draagmuur.

FBZ HQ | Brussel | FBZ
| architect: A2M

Deze oplossing impliceert een bijkomend verlies waarvan de impact op het geheel van het project geschat wordt op 1,1 kWh/m²jaar. Dit had kunnen worden vermeden door een dure tweede structuur, maar in de balans van het project (energiebalans, besparing, uitvoeringsgemak, esthetiek) wordt dit zwakker punt gemakkelijk elders gecompenseerd en de oplossing biedt een enorme winst wat de uitvoering betreft.



- 1 pleisterlaag
- 2 betonblokken
- 3 glaswol isolatiemateriaal
- 4 thermische onderbreking
Thermostop©
- 5 profielstructuur Etanco©
- 6 parement baksteenpaneel
Terral©



	muur met verankering	muur zonder verankering
Q	5,013 W	2,636 W
θ _{int}	20 ° C	20 ° C
θ _{ext}	0 ° C	0 ° C
U ₁	0,132 W/m ² .K	0,132 W/m ² .K

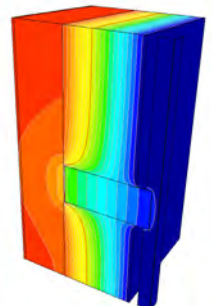
$$X_i = (Q_1 - Q_2) / (\theta_{int} - \theta_{ext})$$

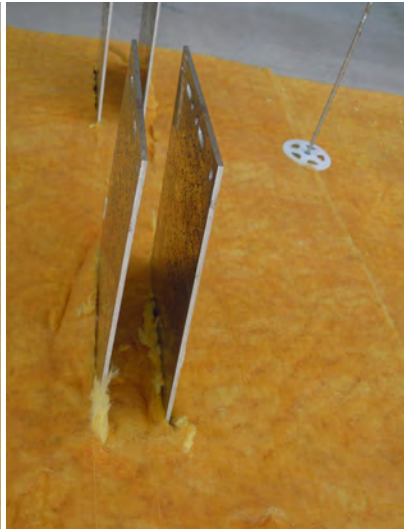
$$X_i = (5,013 - 2,636) / (20 - 0)$$

$$X_i = 0,119 \text{ W/K}$$

Het bijgevoegde gedetailleerde overzicht geeft een doorsnede weer recht tegenover de bevestiging. U stelt vast dat de thermische onderbreking thermostop© volstaat om de thermische brug te beperken.

De foto (volgende pagina) bovenaan links geeft weer hoe Thermostop© tussen de bevestiging en de betonwand wordt aangebracht.



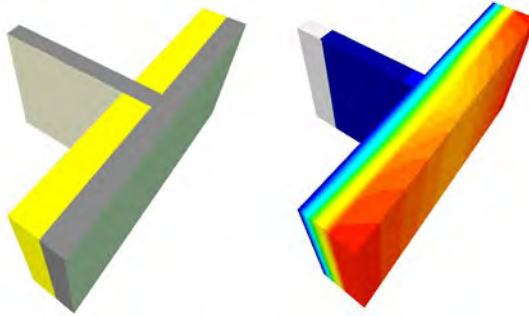
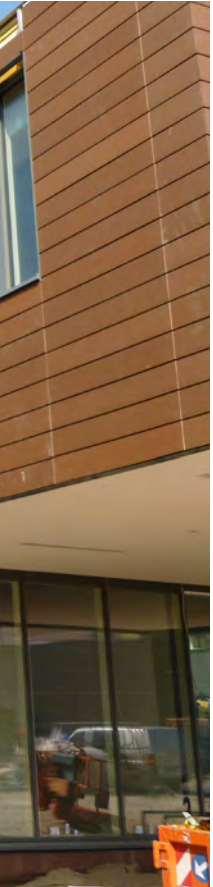




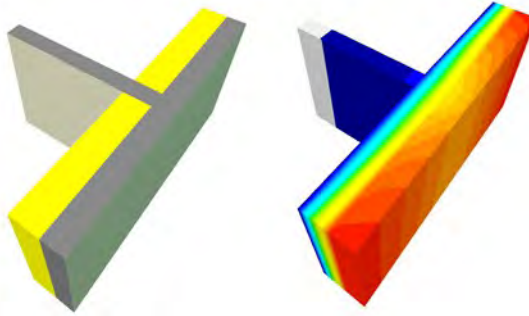
FBZ HQ | Brussel | FBZ
| architect: A2M

C. Ontwerptools

Om de warmtestromen doorheen de puntaansluitingen te berekenen zijn er verschillende programma's die het mogelijk maken om details in 3 dimensies in te voeren.



Eurokobra©: Een gratis bibliotheek waar de Ψ - en χ -waarden van standaard aansluitingen opgezocht kunnen worden.



Trisco©: De betalende versie van Eurokobra, die het mogelijk maakt om elk type detail en materiaal in te voeren om de Ψ - en χ -waarden te bepalen.









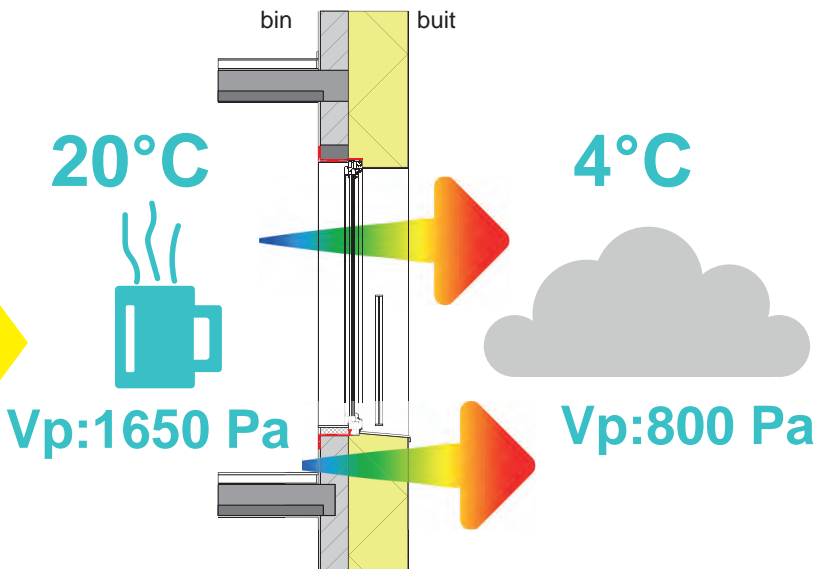
2.1.2. De luchtdichtheid

Wij hebben ons voornamelijk gericht op de **warmtestromen** in het deel dat gewijd is aan de isolatie. Dit deel betreft de luchtdichtheid en richt zich op de **lucht-en dampstromen** doorheen de gebouwschil.

2.1.2.1. Luchtstroom

Net zoals een temperatuurverschil tussen binnen en buiten (ΔT) leidt tot een warmtestroom, leidt een verschil in luchtdruk (Δp) tot luchtstromen doorheen de wand. Deze luchtstromen kunnen of gecontroleerd (via de ventilatie) of niet gecontroleerd gebeuren. Laten we eerst kijken naar de niet gecontroleerde luchtstromen doorheen de gebouwschil.

Twee fundamentele transfers: van warm naar koud + van hoge druk van waterdamp naar lage druk





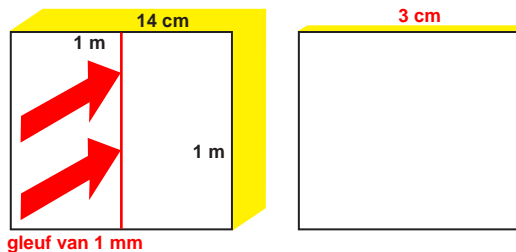
A. Principe

Het doel van luchtdichtheid is lekken en luchtinfiltraties te beperken aangezien deze een niet te verwaarlozen impact hebben op het comfort en de doeltreffendheid van de isolatie en de ventilatie.

1) Impact van de luchtdichtheid op de energiebalans

De isolatie is als het ware de "trui" van het project, maar een wandeling over de dijk in Oostende doet snel weer beseffen dat isolatie zonder windbreker niet doeltreffend is

Als we uitgaan van 1 m^2 wand, geïsoleerd met 14 cm rotswol, dan zal een spleet van 1 mm breed op 1 m lang evenveel verlies veroorzaken als wanneer de isolatiedikte slechts 3 cm zou zijn! Dit belachelijk klein lek vermindert de prestatie van de gebouwschil met een factor 5.



$$U = 0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Rightarrow U = 1,44 \text{ W/m}^2\text{K} !$$

Berekend met een wind met een kracht van 2-3 (20 Pa), $T_i = 20^\circ\text{C}$, $T_e = -10^\circ\text{C}$

De passiefstandaard legt een maximum voor ongecontroleerde luchtverversing van 0,6 vol/h vast bij een **drukverschil van 50 Pa** tussen binnen en buiten. Welnu, bij deze druk stemt een gat van 1 cm^2 ongeveer overeen met een lekdebiet van $2 \text{ m}^3/\text{h}$.

Een andere illustratie: laten we een voorbeeld nemen waarbij we enkel de parameter van de luchtdichtheid laten variëren en waarbij de isolatie, de technieken en het volume constant blijven. De netto verwarmingsbehoefte van een woning varieert van 15 kWh/m²jaar voor 0,6 vol/h (bij n50) naar 22 kWh/m²jaar voor 1,5 vol/h en naar 77 kWh/m²jaar voor 7,8 vol/h. Bij een identieke isolatie kan het verbruik variëren van enkel tot vijfdubbel!

Besoin de chaleur de chauffage annuel:	15	kWh/(m²a)
Résultat du test d'infiltrométrie:	0,6	h⁻¹
Besoin en énergie primaire (eau chaude sanitaire, chauffage, électricité auxiliaire et domestique):	85	kWh/(m²a)

Besoin de chaleur de chauffage annuel:	22	kWh/(m²a)
Résultat du test d'infiltrométrie:	1,5	h⁻¹
Besoin en énergie primaire (eau chaude sanitaire, chauffage, électricité auxiliaire et domestique):	93	kWh/(m²a)

Besoin de chaleur de chauffage annuel:	77	kWh/(m²a)
Résultat du test d'infiltrométrie:	7,8	h⁻¹
Besoin en énergie primaire (eau chaude sanitaire, chauffage, électricité auxiliaire et domestique):	156	kWh/(m²a)

Uittreksels van het blad 'verificatie' van het PHPP, dat de globale balans weergeeft

Gebrek aan luchtdichtheid onder de vensterbank

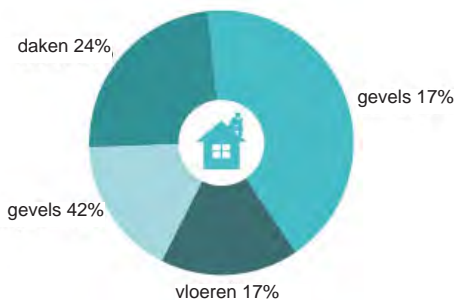




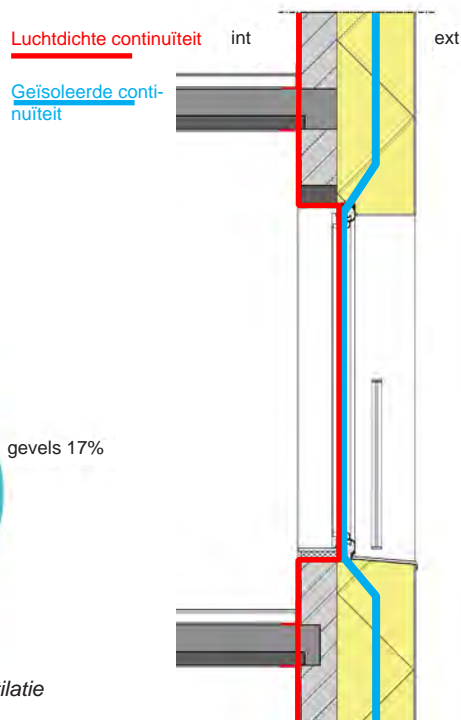
2) Strategie voor luchtdichtheid

Voor een huis bijvoorbeeld zijn de grootste bronnen van lekken de gevels, dan de aansluitingen van het buitenschrijnwerk en het dak. Om deze te beperken is het noodzakelijk geschikte en coherente details te voorzien: alle elementen van de gebouwschil dragen bij tot het globale resultaat.

Bij het ontwerp is het belangrijk om te bepalen waar de luchtdichte laag zich bevindt. Net als voor de isolatie moet deze lijn continu zijn. Een eenvoudig en doeltreffend nazicht bestaat erin alle detailtekeningen van het project te overlopen en daarbij met twee kleuren de isolatie en de luchtdichtheid te markeren. Dit benadrukt de gevoelige aansluitingen en maakt het vaak mogelijk om de uitvoering te vereenvoudigen door te anticiperen op de volgende stappen.



Verdeling van de verliezen door ventilatie



Voor daken of prefabelementen is het aangewezen om zowel een **luchtdichte laag** langs de binnenkant als een **winddichte laag** langs de buitenkant te voorzien, zodat de wind niet door de isolatie kan dringen. Luchtstromen in de isolatie zouden de thermische weerstand ervan immers kunnen verminderen.

Een materiaal wordt doorgaans beschouwd als **voldoende luchtdicht** wanneer de luchtdoorlaatbaarheid bij $\Delta p=50$ Pa, lager is dan $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ (bron : wtcb contact 2012/1, b.10). Op dit moment wordt deze waarde (nog) niet courant gebruikt. Toch kan dankzij andere kenmerken, die hierna verder uitgewerkt worden, de luchtdichtheid van een materiaal geëvalueerd worden.

2.1.2.2. Vocht-en dampstromen

Heel vaak wordt geen enkel onderscheid gemaakt tussen de luchtdichtheid en de waterdampdichtheid. En hoewel deze twee principes doorgaans complementair zijn, zijn ze echter gekoppeld aan verschillende fysieke fenomenen. Aangezien de lucht de eerste vector van damptransport is, spreekt het voor zich dat de luchtdichtheid bijdraagt tot de dampdichtheid. Maar aangezien de waterdampmoleculen heel fijn zijn, is een luchtdichte barrière niet noodzakelijk doeltreffend tegen waterdamptransfers door diffusie.

Een damp scherm kan dus zorgen voor luchtdichtheid, maar omgekeerd is een luchtdichte wand niet noodzakelijk waterdampdicht. Een windscherm dat geplaatst wordt langs de buitenkant van het dak zorgt er bijvoorbeeld voor dat de lucht niet in de isolatie infiltreert, maar blijft open voor waterdamp, zodat deze kan ontsnappen uit de wand. We hebben het in dit geval over *ademende* of *zwetende* materialen.

De waterdamptransfers, die vaak genegeerd worden, moeten geïntegreerd worden in het ontwerp van de gebouwschil, net als de waterdichtheid langs de buitenkant. Een grootteorde: een gezin van vier personen in een woning genereert 5 tot 15 kg waterdamp per dag . Condensatie, of die nu oppervlakkig of intern is, moet vermeden worden. Een teveel aan vocht kan leiden tot heel wat pathologieën en kan een invloed hebben op de thermische prestatie van de materialen, de thermische weerstand en de duurzaamheid van de bouwelementen en ook op de kwaliteit van de binnenlucht.



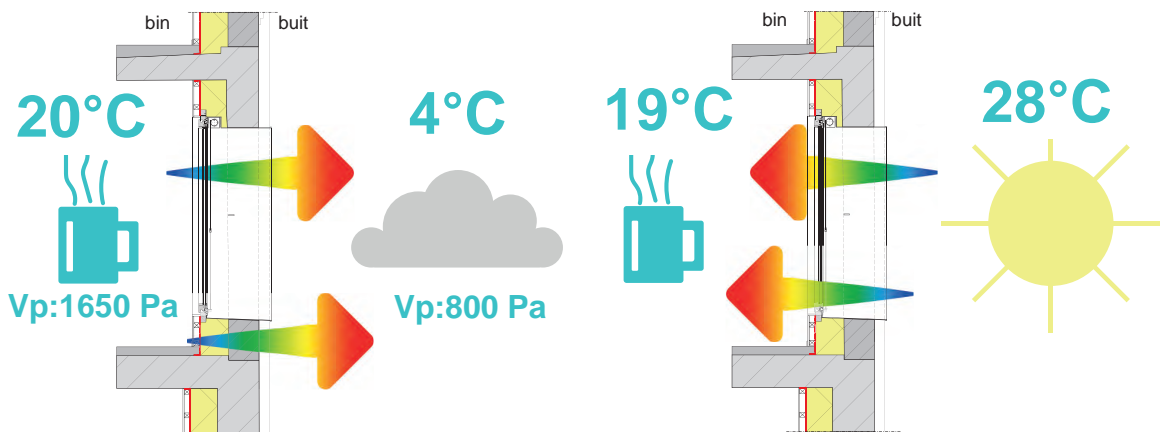
Onderwerp	Productiepercentage	Hoeveelheid	Totaal productiepercentage [kg/dag]
Bewoner	1,000 kg/dag.pers	4	4,000
Elektrisch kookfornuis	0,375 kg/dag.pers	4	1,500
Kookfornuis op gas	0,625 kg/dag.pers	0	0,000
Persoonlijke hygiëne (bad, douche,...)	0,350 kg/dag.pers	1	1,40
Drogen van wasgoed	1,750 kg/dag.pers	1/7	1,70
Schoonmaken	0,250 kg/dag.pers	5	0,035
Groene planten	0,030 kg/dag.pers		0,150
Total			9,150 kg/jour.pers

De problemen als gevolg van het transport van waterdamp worden vaak groter wanneer de dikte van de isolatie toeneemt. En bepaalde bouwtypologieën vertonen grotere risico's. Dat is onder andere het geval bij lichte structuren in hout en structuren die langs binnen geïsoleerd zijn.

A. Principe¹²

Gassen verplaatsen zich altijd van waar de druk het hoogst is naar waar de druk het laagst is, zodat ze in evenwicht komen. De waterdampmoleculen verplaatsen zich van de ene omgeving naar de andere om zich egaal te verspreiden.

In onze gematigde of koude klimaten is het vaak veel warmer binnen dan buiten. De warme lucht beschikt over een groter vermogen om waterdamp vast te houden en daarom is de dampdruk binnen doorgaans groter. Dit dampdrukverschil leidt tot transfers doorheen de gebouwschil. Om te voorkomen dat de lucht of de waterdamp in de gebouwschil dringt en de prestatie ervan vermindert, worden dus luchtwerende en dampwerende barrières geplaatst langs de binnenkant, d.w.z. langs de warme kant van de isolatie.



In de zomer en de lente kunnen de temperatuur en de dampdruk buiten groter zijn en de dampstroom kan zich dan omkeren.

Bovendien heeft het vocht in de materialen, ongeacht de bron (regen, opstijgend vocht, condensatie), de neiging om naar de oppervlakte te migreren. Dit transport van vloeibaar water binnen de materialen wordt voornamelijk veroorzaakt door het verschijnsel van de capillariteit¹³. Eenvoudig kunnen we stellen dat het vocht zich in een materiaal verplaatst van de vochtigere zones naar de drogere zones.

B. Dampscherm of damprem¹⁴ ?

Het transport binnen een wand hangt af van de eigenschappen van de materialen waaruit de wand bestaat. De dampdiffusieweerstandscoefficiënt μ (zonder eenheid) weerspiegelt de weerstandsgraad van een materiaal ten opzichte van de lucht op het moment van de doorgang van de waterdamp. Heeft een materiaal een coëfficiënt $\mu=2$, dan is het twee keer resistenter dan de lucht bij dampdiffusie. Hoe kleiner de waarde, hoe meer het materiaal openstaat voor de doorgang van de waterdamp

$$\mu d \text{ (of } S_d) \text{ [m]} = \mu \text{ [l]} \times d \text{ [m]}$$

μ_d

= μ * dikte materiaal

eenheid m

waarbij

μ = weerstandscoefficiënt waterdampdiffusie
(ten opzichte van een niet bewegende lucht-
laag)



Aangezien de weerstand ook afhangt van de dikte van het doorkruiste element, gebruiken we de waarde μ_d (of S_d) waarbij d de dikte van het materiaal in de wand vertegenwoordigt. Eén μ_d van 1 m is gelijk aan de dampverspreidingsweerstand die een golf immobiele lucht van 1 m dik zou uitoefenen.

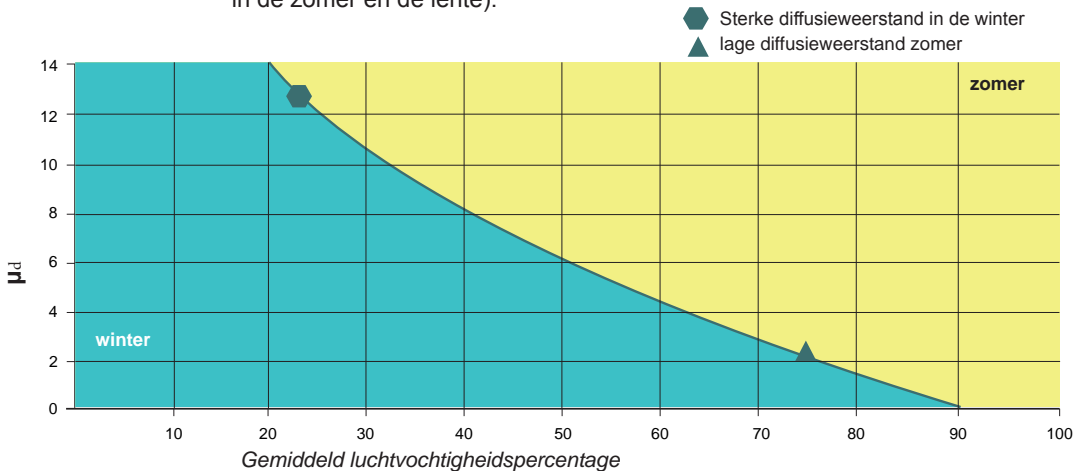
Ideaal zou zijn om de migratie van de waterdamp naar buiten toe te bevorderen door wanden te ontwerpen die bestaan uit lagen met degressieve μ_d -waarden van binnen naar buiten toe.

Een damp scherm stemt overeen met een relatief hoge vaste μ_d (doorgaans hoger dan 10 m). Als het fatsoenlijk geplaatst werd, kan een damp scherm de dampverspreiding sterk verminderen, ongeacht de toepassing.

Een damprem komt meestal overeen met een lagere μ_d (vaak kleiner of gelijk aan 10 m). Het gaat echter om een commerciële benaming en de grenswaarde van μ_d werd niet bepaald. We moeten dus ook letten op de waarden die op de technische fiche staan. Het gebruik van een damprem in plaats van een damp scherm maakt het mogelijk om, toch deels, het droogpotentieel van de binnenmuur te behouden in de zomer.

Materiaal	Dikte (e)	S_d -waarde ($\mu \times e$)
Lucht - referentiewaarde	1 m	1 m
Gips	0,015 m	0,06 à 0,015 m
Minerale wol	0,2 m	0,2 m
cellulosewatten	0,2 m	0,4 m
Isolerend houtvezelpaneel van dakbeschot	0,022 m	0,11 m
OSB-paneel	0,022 m	0,066 à 4,4 m
Damprem	0,001 m	4,5 m
Damprem met variabele S_d -waarde	0,0002 m	0,25 à 10 m
Damp scherm	0,0002 m	20 50 m
gewapend beton	0,2 m	10 m
Polyethyleen	0,00015 m	50 m
Aluminiumfolie	0,00005 m	1500 m
PE-folie (geniet)	0,00015 m	8 m
Glas	0,006 m	$+\infty$

De μ_d van een hygrovariabel damp scherm of damprem verandert naargelang de relatieve vochtigheid. Deze membranen zijn relatief dampbestendig wanneer de relatieve vochtigheid laag is en worden meer doorlaatbaar wanneer de relatieve vochtigheid hoger is. Dankzij deze eigenschap kan het damptransport naar buiten toe afgeremd worden wanneer de binnenlucht droger is (doorgaans in de winter) terwijl het drogen van de muur bevordert wordt wanneer de relatieve vochtigheid hoger is¹⁵ (doorgaans in de zomer en de lente).



C. Condensatie

Het waterdamptransport gebeurt via convectie en diffusie, en het houdt risico's op condensatie in bij de gebouwschil. Deze condensatie kan oppervlakkig zijn of zich voordoen binnenin. Interne condensatie is zelden zichtbaar, maar kan aanzienlijke gevolgen hebben voor de prestaties en de duurzaamheid van de bouwonderdelen. De vochtigheid kan ook een risico vormen voor de gezondheid van de bewoners, in het bijzonder door de vorming van schimmels.

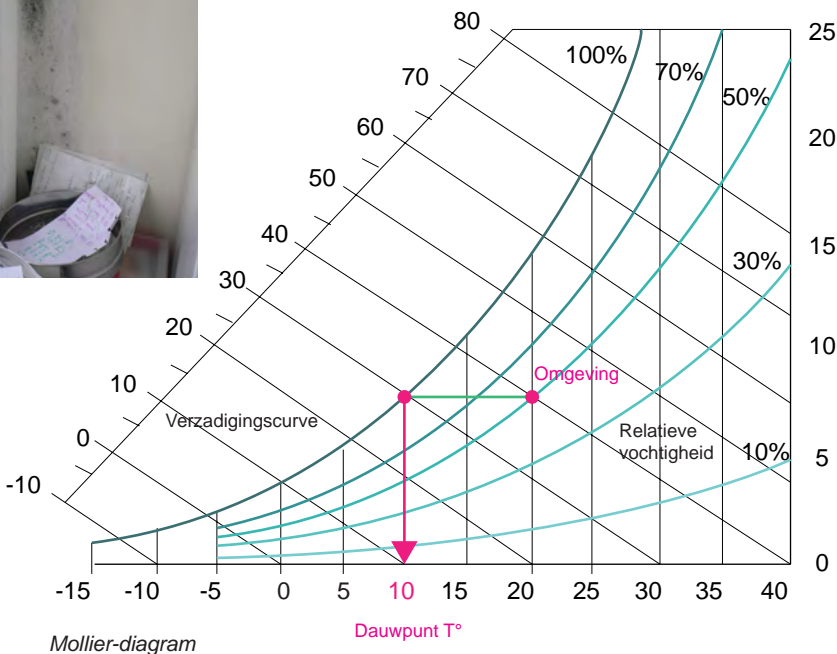


1) Oppervlakte condensatie

Wanneer de temperatuur van een binnenoppervlakte lager is dan die van het dauwpunt van de lucht, dan wordt er condensatie gevormd op die oppervlakte. Een lage oppervlaktetemperatuur is heel vaak het gevolg van een koudebrug (bijvoorbeeld een bovendorpel). Herhaalt dit fenomeen zich regelmatig, dan neemt de vochtigheid stilaan toe en, afhankelijk van het materiaal en de temperatuur, kan de oppervlakte een substraat worden dat gunstig is voor de vorming van schimmels.



*Schimmel-
vorming recht
tegenover een
koude zone*





Condensatie recht tegenover het dakbeschoot

(Illustratie Fraunhofer-Institut)

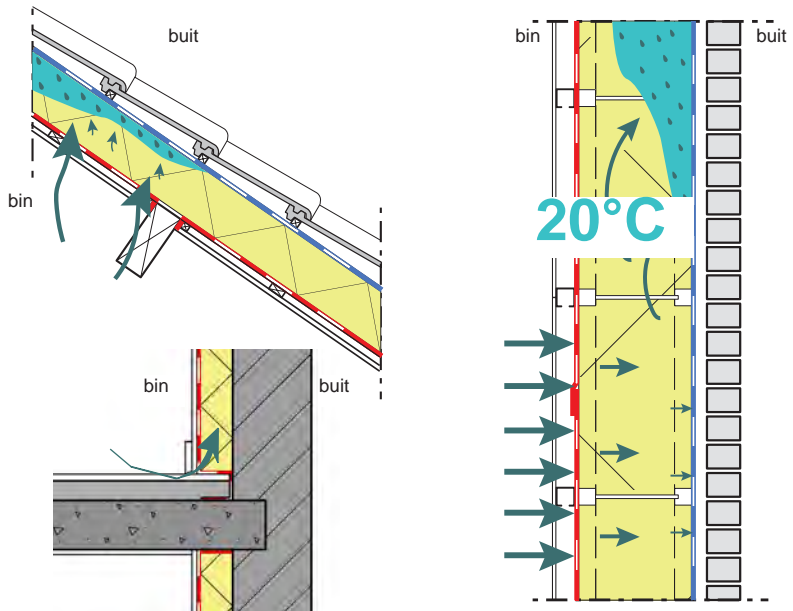


2) Interne condensatie door convectie

Gebreken in de luchtdichtheid ter hoogte van de oppervlakte aan de binnenkant van de gebouwschil kunnen leiden tot luchtinfiltraties in de wand. De warme lucht die door de wand gaat bevat een zekere hoeveelheid waterdamp. Wanneer deze in contact komt met een oppervlakte waarvan de temperatuur lager is dan die van het dauwpunt, dan verschijnt er condensatie. Vaak is de condensatie geconcentreerd haaks op de gebreken van de wand en dat kan leiden tot grote hoeveelheden condensatie.

De convectiestromen kunnen veroorzaakt worden door een verkeerd ontwerp, een slechte uitvoering, een latere doorboring, enz. Door te anticiperen op en te waken over de luchtdichtheid kunnen deze fenomenen in de meeste gevallen dus vermeden worden.

> 2.1.2.4
b. 127

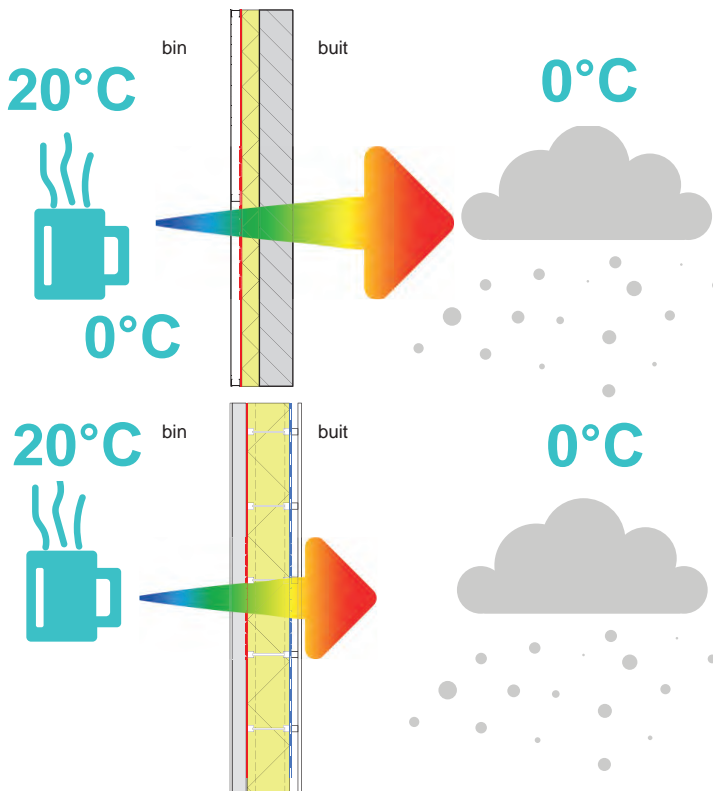


De transfers door convectie zijn vaak te wijten aan fouten in de uitvoering, die leiden tot een slechte luchtdichtheid van de gebouwschil.



3) Interne Condensatie door verspreiding

De met damp geladen lucht migreert in de wand door verspreiding binnen de materialen. Naarmate de lucht dichter bij de buitengevel komt, koelt deze af in functie van de hygrothermische kenmerken van de bestanddelen van de wand. Wanneer het dauwpunt ergens bereikt wordt, dan verschijnt condensatie. Dit fenomeen zien we vaak in wanden die langs binnen geïsoleerd zijn en bij houten skeletten met een isolatie die geïntegreerd werd in de **structuur**.



D. Strategieën

Drie grote principes garanderen een optimaal beheer van de vochtigheid in de gebouwen.

1) Het vocht verwijderen aan de bron

Om het vocht dat afkomstig is van buiten aan te pakken kunnen verschillende maatregelen genomen worden: luchtdichtheid en performante aansluitingen ter hoogte van het dak, waterdichtheid, winddichtheid, een **waterafstotende gevel**, injectie tegen opstijgend vocht, bekuijing van de wanden tegen de grond, dichtheid van de vloer op volle grond, enz.

Om het vocht dat afkomstig is van binnen aan te pakken, is ventileren de doeltreffendste oplossing: zo kan de dampdruk binnen verkleind worden en kunnen grote drukverschillen die leiden tot damptransporten via de wanden vermeden worden. Het is aangewezen om een binnenklimaat te behouden met een temperatuur rond de 20°C en een relatieve vochtigheid tussen 30 en 60%.

2) Condensatie voorkomen

Hoewel dankzij ventilatie de hoeveelheid waterdamp binnen het gebouw verminderd wordt, blijft er uiteraard altijd nog wat achter. We moeten er alles aan doen om ervoor te zorgen dat dit vocht in de damptoestand blijft, zodat de condensatie in de constructie beperkt blijft. Daarvoor moeten verschillende maatregelen genomen worden.

a. Koudebruggen beperken

Door de oppervlaktetemperatuur overal boven het dauwpunt te houden wordt condensatie aan de oppervlakte vermeden.

b. Gebreken in de luchtdichtheid beperken

Wanneer het transport door convectie verhinderd wordt, dan verdwijnt ook het risico op interne condensatie dat **daaruit voortvloeit**. We willen even herhalen dat, in dat geval, de hoeveelheid vocht doorgaans groter is en de schade ernstiger dan bij condensatie door verspreiding (een kleinere en beter verspreide hoeveelheid waterdamp)

> 2.1.2.4 /C.5
b. 147

> 2.1.2.2 /C.2
b. 118

> 2.1.2.3
b. 125



c. Het transport door diffusie

Een strategie die vaak naar voor geschoven wordt om de vochtigheid binnen de wanden te reguleren is het voorzien van bestanddelen waarvan de waterdampdiffusieweerstand μd afneemt van binnen naar buiten toe. Dat beperkt de hoeveelheid damp die doorheen de wanden gaat en maakt het voor de damp die toch in de wand gedrongen is mogelijk om verder te migreren naar buiten toe, waardoor het risico op interne condensatie beperkt wordt. Verschillende normen¹⁶ bevelen een verhouding van 5 aan voor de μd van de binnenlaag en van 1 voor de buitenlaag. Wat de houten structuren betreft, daar raadt het WTCB aan dat de dampdiffusieweerstand van de binnenlaag minstens 6 keer en bij voorkeur 15 keer groter is dan die van de buitenlaag¹⁷.

3) Het droogpotentieel van de wanden garanderen

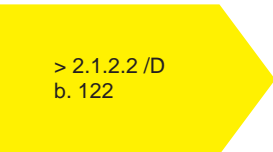
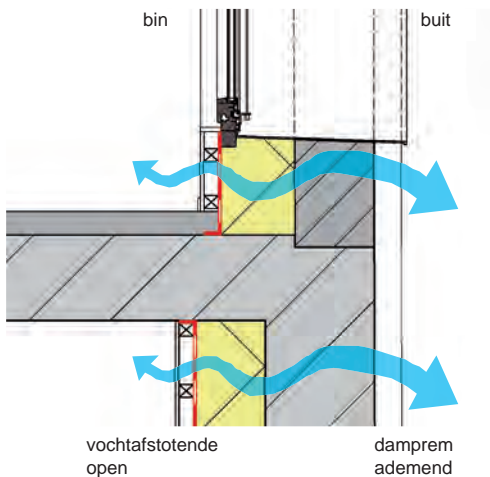
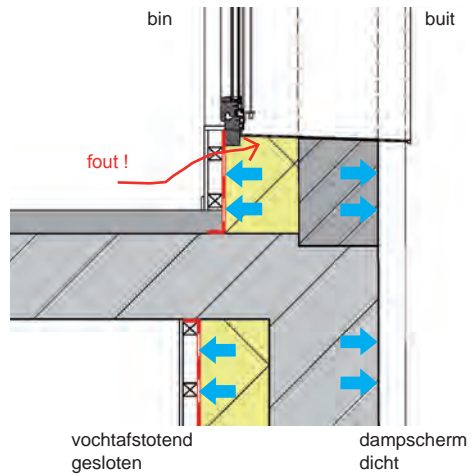
In de praktijk is het moeilijk om alle condensatie te vermijden (oppervlakkig en intern) en alle andere bronnen van vocht onder controle te houden. Ook al werd de gebouwschil met zorg ontworpen, ze kan nooit volledig gevrijwaard worden van een of ander gebrek in de uitvoering, het falen van het ventilatiesysteem of een onverwachte situatie. Het is dus van essentieel belang om het droogpotentieel van de muur zo veel mogelijk te bevorderen. Het vocht binnen de wanden kan onschuldig zijn zolang het vrij snel geëvacueerd wordt en het zich niet opstapelt in de loop der tijd.

Het principe van doorlaatbaarheid voor de toenemende waterdampdiffusie van binnen naar buiten toe is doorgaans gunstig. Toch moeten de empirische regels die een verhouding tussen de μd binnen en buiten opleggen met de nodige bedachtzaamheid toegepast worden.

De strikte naleving ervan kan, vooral voor de isolatie langs de binnenkant, leiden tot het toevoegen van een membraan dat volledig dicht is voor de waterdamp langs de binnenkant (een damp scherm met een heel hoge μd). Rekening houdend met het transport door diffusie dat zich in het tussenseizoen en in de zomer kan omdraaien (hogere dampdruk buiten) en met het transport van vloeibaar water dat in verschillende richtingen kan verlopen binnen de wand, is het doorgaans interessant om langs de binnenkant een bepaalde doorlaatbaarheid voor damp te behouden om het drogen van de muur te verbeteren. Daarom is het nuttig om de wand te controleren met behulp van een **dynamische software**.



Condensatie
recht tegenover
de achter-
zijde van het
dampscherm
(Illustratie Fraunhofer-
Institut)



> 2.1.2.2 /D
b. 122



Naargelang de toepassing kan het gebruik van een damprem met vaste of variabele μ d soms volstaan, omdat deze het drogen naar binnen toe deels in stand houdt door de dampstroom die van buiten naar binnen doorheen de wand gaat niet volledig te blokkeren. Deze dampwerende of dampremmende membranen spelen ook de rol van luchtdichtheidsscherm en beperken zo de risico's op condensatie door convectie. Daarom moet de uitvoering ervan heel nauwgezet gebeuren.

En wanneer een waterdicht element voorzien is langs de buitenkant (pleister, verf, een waterafstotende laag, windscherm), dan moet dit element open zijn voor waterdamp om het drogen van de wanden¹⁸ te bevorderen.

2.1.2.3. Ontwerptools

Heel wat aanbevelingen hebben betrekking op de aanpak van vocht in de wanden. Het is echter van essentieel belang om de samenstellingen van beoogde wanden te valideren. Daarvoor maken bepaalde tools gebruik van vereenvoudigde methodes en andere integreren het geheel van de hygrothermische parameters van de materialen en de klimaatfactoren. Hoewel het invoeren ervan complexer is en de kost hoger ligt, bieden deze laatste het voordeel dat ze resultaten opleveren die beter aansluiten bij de realiteit. In alle gevallen, ongeacht de gebruikte tool, wordt de uitvoering altijd als perfect beschouwd. Tenzij ze ingevoerd worden, houden de programma's immers geen rekening met mogelijke gebreken ter hoogte van de aansluitingen van de membranen, van de doorboringen, enz. Welnu, het transport door convectie kan aanzienlijke gevolgen hebben. Deze tools moeten dus met een kritische blik gebruikt worden en met toepassing van de **globale ontwerpstrategieën**.

Glasermethode

houdt rekening met een constante temperatuur en vochtigheid aan beide kanten van de wand. Er wordt enkel rekening gehouden met de thermische geleiding λ [W/mK] en de waterdampdiffusieweerstand μ [-] van de materialen van de wand. Het gaat dus om een vereenvoudigde methode die geen rekening houdt met het watergehalte van de materialen, het transport van vloeibaar water en de externe belastingen (regen, zon, wind) die toch wel een niet te verwaarlozen effect hebben op de hygrothermische uitwisselingen binnen de wanden.

Door deze vereenvoudiging blijkt de methode uiterst conservatief. Heel wat samenstellingen van wanden worden zo terzijde geschoven, ook al houden ze geen reëel risico in. Bovendien, en vooral bij isolatie langs de binnenkant, leidt de strikte toepassing van de resultaten die verkregen werden met de Glasermethode vaak tot de keuze van een heel luchtdicht membraan langs de binnenkant van de weg. Welnu, in de praktijk blijkt dat een minder dicht membraan soms interessanter is, want het bevordert het drogen van de muur.

Dynamische software die warmte en vochtigheid koppelt

Verschillende dynamische programma's evalueren het hygrothermische gedrag van de wanden nauwkeuriger. Om reële fysieke fenomenen te benaderen is het noodzakelijk om rekening te houden met het geheel van hygrothermische parameters van de materialen en ook de invloed van de externe omgeving (regen, wind, zonnestraling, beschaduwing, tegenstraling van het hemelgewelf, enz. te integreren). Het transport van warmte en vocht hangt af van bepaalde gemeenschappelijke parameters. Het is noodzakelijk om deze op een gekoppelde manier te evalueren om rekening te kunnen houden met hun onderlinge interacties. Zo varieert de thermische geleiding bijvoorbeeld naargelang de vochtigheid; de veranderingen in de toestand vereisen een zekere hoeveelheid energie (latente warmte), enz.

Het programma **WUFI®** is een van de meest gebruikte en gebruiksvriendelijke programma's. Er bestaan er nog andere, onder andere **DELPHIN, MOIST, MATCH**, enz.

Het gebruik ervan is complexer en vraagt meer tijd, maar de resultaten sluiten beter aan bij de realiteit dan met de statische tools.

De tool Isolin¹⁹

Deze tool, speciaal bedoeld voor de isolatie langs de binnenkant, groepeert de resultaten van bijna 7 000 dynamische simulaties die gedaan werden met behulp van WUFI®Pro op muren van volle baksteen die langs binnen werden geïsoleerd. Er worden heel wat configuraties voorgesteld en de tool is vrij gemakkelijk in gebruik. De gedetailleerde resultaten maken een diepgaandere analyse mogelijk voor wie dat wenst.



2.1.2.4. In de praktijk

Er bestaat nog geen Belgische databank voor de luchtdichtheid van bouwelementen en –technieken. Maar wij geven hier alvast een reeks observaties die afkomstig zijn van praktijkvoorbeelden. Een niet wetenschappelijke techniek bestaat erin een emmer water over het element te gieten: gaat het water erdoor, dan gaat ook de lucht erdoor. Op die manier zien we dat een betontegel vaker luchtdicht is dan een ondervloer of blokken terracotta.

A. Isolatie langs de buitenkant

1) Wanden

Doorgaans wordt de luchtdichtheid voor een constructie in gemetste blokken eenvoudig verwezenlijkt door een binnenbepleistering²¹. In een massieve structuur is de luchtdichtheid een post die geen doorgedreven kennis of technologieën vereist, maar eerder tijd en precisie.

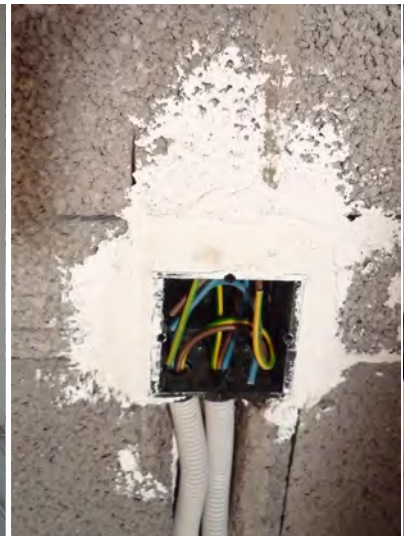
Beton- of snelbouwstenen zijn niet luchtdicht: er moet een luchtdichte barrière aangebracht worden. Ook blokken in kalkzandsteen volstaan niet: zelfs de dunpleister die erop wordt aangebracht garandeert de luchtdichtheid niet

Enkele specifieke aansluitingen vereisen wat aandacht:

- de aansluiting tussen het pleisterwerk en de draagvloer: deze onderbreekt de luchtdichte laag dat gecreëerd wordt door de bepleistering en, aangezien de chape doorgaans losstaat van de draagvloer (zwevende vloerafwerking), kunnen er lekken ontstaan tussen de draagvloer en het metselwerk;
- de doosjes van de stopcontacten in metselwerkmuren;
- wanneer ze de gebouwschil raken moeten bepaalde technische kokers of bepaalde lokalen bepleisterd worden. Dit moet gebeuren voor de bevestiging van de leidingen, kokers, enz.;
- de bepleistering achter trapbomen, als ze zich tegen een buitenmuur bevinden; of achter om het even welk technisch element (het triviale voorbeeld van de hangtoiletten: er moet gepleisterd worden achter de speelbakken);

- een dunpleister volstaat niet: er moet minstens 0,5 cm dikte voorzien worden voor een binnenpleister op gipsbasis²² ;
- de verticale voegen moeten verzorgd en verstevigd worden om barsten te voorkomen.

Als het niet mogelijk is om de binnenkant van de blokken te bepleisteren dan kan de luchtdichtheid gecreëerd worden tussen het metselwerk en de isolatie, altijd langs de warme kant. We gebruiken dan een specifieke



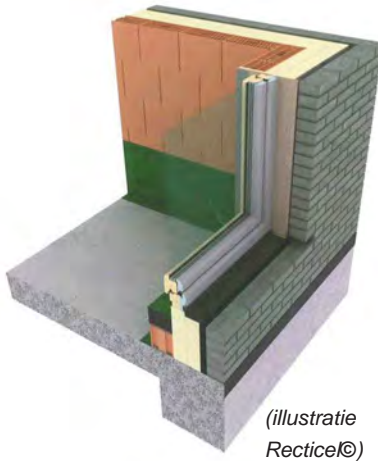
*Woningen in Brooklyn | New-York
USA | Ridgewood Bushwick Se-
nior Citizens Council | architect:
Chris Benedict R.A.*



luchtdichte lijm²³. In dat geval kan de aansluiting op het raamwerk ook langs de buitenkant gecreëerd worden.

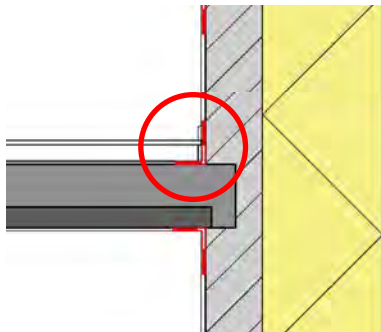
Wanneer het gaat om een betonnen constructie (geprefabriceerd of ter plaatse gegoten), dan wordt de wand luchtdicht vanaf een bepaalde dikte en door de correcte uitvoering van de voegen. In het geval van geprefabriceerde wanden moet de voeg perfect afgewerkt zijn.





2) Aansluiting met de draagvloer

Indien de binnenpleister niet verlengd wordt tot de draagvloer, dan moet een wachtmembraan voorzien worden voor het gieten van de chape (want deze is niet luchtdicht). Hoewel de wand een membraan tegen opstijgend vocht bevat, moet een wachtmembraan voorzien worden, omdat de bepleistering zou kunnen barsten haaks op de vochtwerende barrière of, erger, opstijgend vocht in de hand zou kunnen werken.



3) Aansluitingen op het raamkader

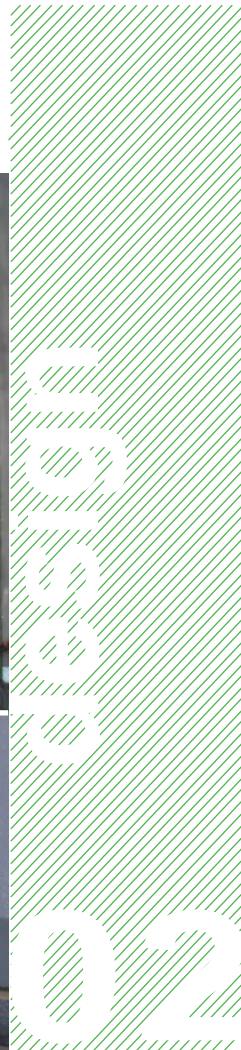
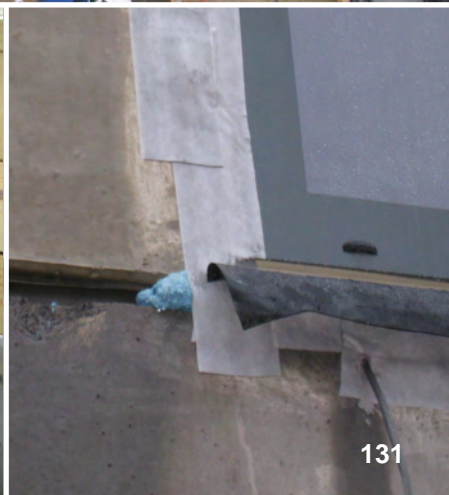
Voor metselwerkwanden maken bepaalde kleefstroken het mogelijk om de verbinding tussen de bepleistering en het raamkader te creëren. Deze zijn doorgaans voorzien van een gedeelte in gaas, dat in de pleisterlaag verzonken moet worden, en een zelfklevend gedeelte. Het aanbrengen in een atelier garandeert betere kleefomstandigheden (weinig stof, regen, vocht), maar de membranen kunnen scheuren tijdens het transport.

Aangezien wanden in beton luchtdicht zijn, kan de verbinding langs binnen of langs buiten gemaakt worden. De samenstelling van het raamkader is ook bepalend. De houten/aluminium kaders met een harde isolatiekern hebben aan de voorzijde onderaan bijvoorbeeld condensatieopeningen.

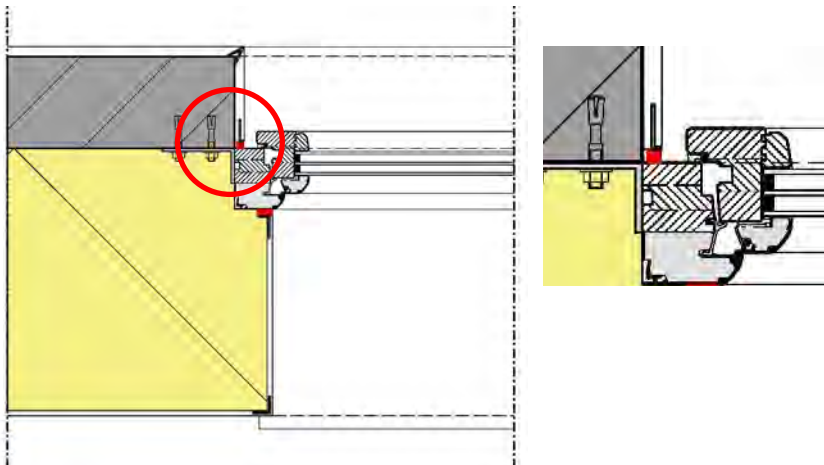


De lucht gaat door de isolatiekern en daarom is een verbinding langs de buitenkant niet aan te raden. In dat geval speelt het massieve hout immers de rol van luchtbarrière in plaats van het aluminium deksel.

In bepaalde gevallen kan een precies en zorgvuldig aangebrachte voeg in blijvend elastisch expansief schuim²⁴ voldoende zijn.



Het WTCB²⁵ bespreekt verschillende testen met betrekking tot de veroudering van aansluitingen die of met kleefstroken of met siliconen voegen verwezenlijkt werden. Daaruit blijkt dat er geen opmerkelijk verschil is tussen deze twee technieken: "De ervaring die werd opgedaan in het laboratorium toont aan dat een luchtdichte aansluiting verwezenlijkt kan worden volgens de aanbevelingen van de NIT 199 door gebruik te maken van stopprofielen voor pleisterwerk, aangevuld met een soepele voeg (en de bijhorende voegvulling), op voorwaarde dat de zorg die besteed wordt aan de uitvoering het behoud van de prestatie in de tijd mogelijk maakt.



De verwezenlijking van de luchtdichtheid vertoont niet altijd dezelfde moeilijkheidsgraad, deze hangt af van de gebruikte bouwtechnieken: het gebruik van soepele materialen en duurdere membranen zien we vaker bij houten constructies.

4) Oppervlaktecondensatie buiten

Oppervlaktecondensatie kan zich ook buiten voordoen (driedubbele beglazing, pleisterwerk op isolatie, metalen beplating, enz.). 's Nachts, bij open hemel, kan de oppervlaktetemperatuur van de wanden die blootgesteld



zijn aan het hemelgewelf 6 tot 8°C lager zijn dan de temperatuur van de buitenlucht . Is deze temperatuur lager dan de dauwpunttemperatuur van de buitenlucht, dan verschijnt er condensatie.

In gebouwen met weinig isolatie wordt deze overkoeling door uitstraling naar het hemelgewelf gecompenseerd door het thermische verlies dat leidt tot een oppervlaktetemperatuur die ongeveer gelijk is aan of hoger is dan de buitentemperatuur. In passieve gebouwen is het verlies van de wanden beperkt en daarom wordt deze overkoeling niet gecompenseerd. Vaak verschijnt er dus condensatie, bijvoorbeeld haaks op de mechanische bevestigingspunten van de isolatie onder een pleisterlaag. Om dit verschijnsel te voorkomen, moeten bevestigingen gekozen worden met een zo laag mogelijke thermische transmissiecoëfficiënt.



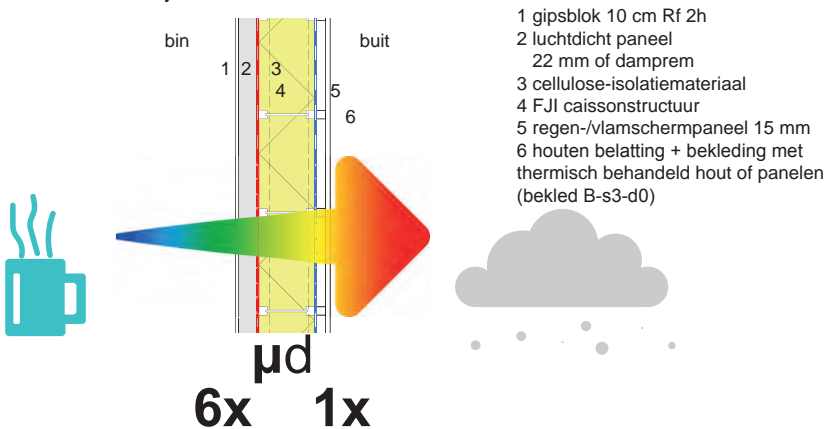
De oppervlaktecondensatie is egaal verspreid en veroorzaakt een donkere verkleuring van de pleisterlaag, vaak haaks op de bevestigingsrozetten van de thermische isolatiepanelen door een iets groter thermisch verlies (illustratie Fraunhofer-Institut)

B. In structuur geïntegreerde isolatie

1) Verticale wanden

De luchtdichtheid van geïsoleerde²⁷ houten structuren moet perfect uitgevoerd zijn en moet de volledige levensduur van het gebouw beschermd worden. Een dergelijke structuur is gevoeliger voor fouten in de uitvoering en het ontwerp.

In het geval van houten prefabelementen lijkt het vinden van materialen die voldoen aan heel wat criteria soms een echte hindernissentocht. Het is niet altijd eenvoudig om te jongleren met alle regels en de juiste uitvoering van de materialen. Verschillende barrières, binnen en buiten, sluiten de isolatie ob. Naar buiten toe speelt het paneel de rol van windscherm; naar binnen toe moet het paneel of het membraan ook een damprem vormen. Om te voorkomen dat het vocht stagneert in de isolatie, zijn de **opeenvolgende lagen steeds dampdoorlatend**. We beschouwen een factor 6 tussen de μd binnen en buiten als toereikend²⁸. Een controle met behulp van een dynamische tool kan interessant zijn.



Langs de binnenkant is het verstandig om de luchtdichte laag te beschermen met een voorzetwand (waarop de binnenafwerking aangebracht wordt) of gipsblokken, die ook kunnen dienen als bescherming tegen brandverspreiding.



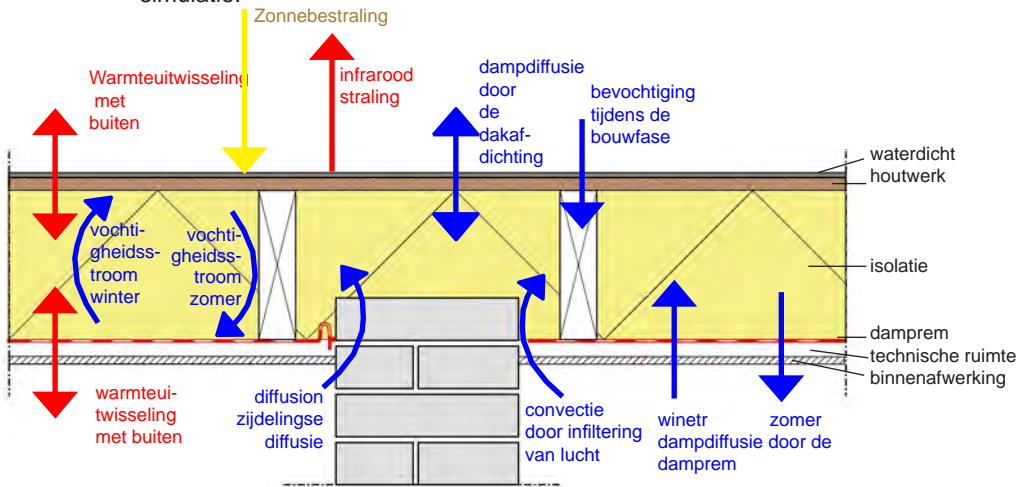
De buitenkant moet ook beschermd worden met een regenscherm of een beplating die de evacuatie van damp in de wand mogelijk maakt. Dit materiaal moet dus tegelijk dampdoorlatend zijn, structurele capaciteiten garanderen en, in bepaalde gevallen, onbrandbaar zijn. De nieuwe **brandwetgeving** voorziet voor middelhoge en hoge gebouwen immers dat de buitenbekleding van de categorie Bs3d0 (bijna onbrandbaar) is. Maximum 5% van de zichtbare oppervlakte van de gevels is niet onderworpen aan deze vereisten.

Binnen		μ	d	μd
Durelis vapour bloc	D1	243	0,01	2,43
	D2	243	0,012	2,92
	D3	243	0,015	3,65
OSB EGGER	O1	200	0,012	2,40
	O2	200	0,015	3,00
	O3	200	0,022	4,40
	O4	200	0,025	5,00
Buiten				
Hydroflam	H1	50	0,012	0,60
	H2	50	0,016	0,80
	H3	50	0,018	0,90
	H4	50	0,022	1,10
Celit	C1	5	0,018	0,09

Samenstelling	μdi	μde	Verhouding (min 6 !)
D3 15mm / H1 12mm	3,65	0,60	6,08
D3 15mm / H2 16mm	3,65	0,90	4,05
O3 22mm / H1 12mm	4,40	0,60	7,33
O3 22mm / H2 16mm	4,40	0,80	5,50
O4 25mm / H2 16mm	5,00	0,80	6,25
O1 12mm / C1 18mm	2,40	0,09	26,67

2) Platte en compacte daken

Voor platte daken zijn de principes gelijkaardig, maar de buitenlaag is doorgaans meer waterdicht en minder waterdampdoorlatend. Het drogen van het dakcomplex naar binnen toe moet dus een prioriteit zijn. Er kunnen verschillende strategieën²⁹ gebruikt worden en het is van essentieel belang om deze te controleren aan de hand van een dynamische simulatie.



Warmtestroom in een plat en compact dak (bron: Jonas Eyckens)

3) Uitvoering

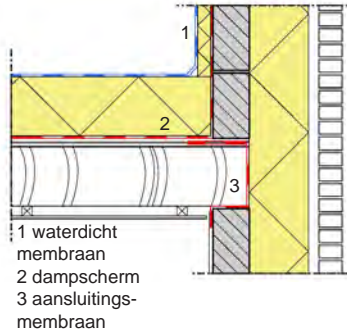
Bij een houten geraamte is het werk omvangrijker en preciezer. Van bij het ontwerp moeten wachtmembranen voorzien worden die dan tijdens de werken geplaatst moeten worden. Proberen om dit nadien nog te doen kan uiteindelijk resulteren in een episch avontuur. Anticiperen heeft vaak een veel serener verloop van het werk tot gevolg. Dit willen we illustreren aan de hand van enkele voorbeelden:



- membraan geplaatst rond de balken van een houten vloer die rust op metselwerk:



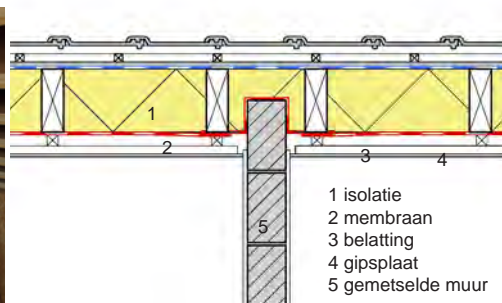
Plaatsing van een membraan in het geval van balken die op het metselwerk steunen (illustratie magazine WTCB-Contact n° 33, 2012)



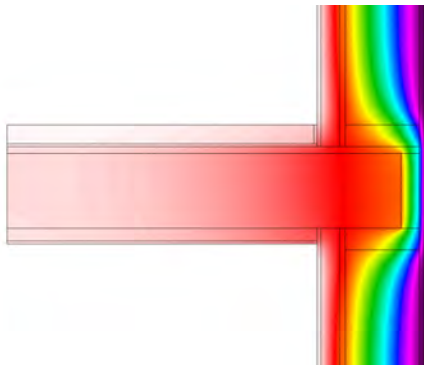
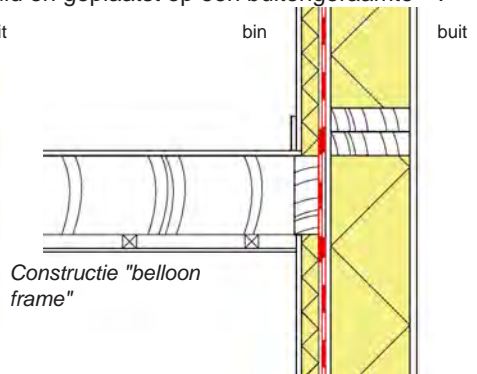
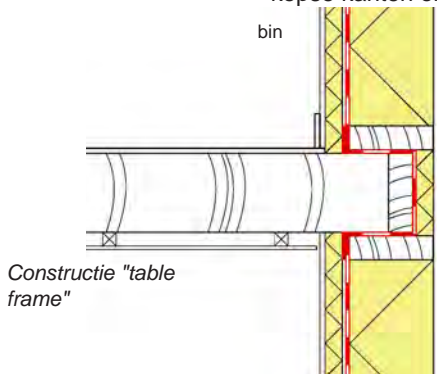
- membraan geplaatst op de nokken of wanden bij de uitvoering van het dak:



Aansluiting tussen wand en nok De continuïteit van de luchtbarrière wordt door een wachtmembraan verzekerd (illustratie magazine WTCB-Contact n° 33, 2012)



- kapse kanten omhuld en geplaatst op een buitengeramte³⁰ :





Voor dit type structuur is het heel belangrijk om de exacte positie van het membraan te bepalen. Als de dichtheid voor de twee bovenstaande detailtekeningen perfect continu is, dan stellen we vast (links) dat het membraan aan de koude kant van de isolatie terechtkomt: dit zou een condensatiepunt kunnen creëren in de structuur! Om dit detail te corrigeren is een toereikende laag isolatie noodzakelijk.

4) En wat met OSB ?

Niet iedereen is het eens over de luchtdichtheidskwaliteiten van OSB³¹. Enkele testen op de werf hebben aangetoond dat bepaalde OSB-panels hun rol van luchtbarrière niet opnemen. Dit werd vastgesteld voor panelen van uiteenlopende types, diktes of fabrikanten en soms zelfs voor eenzelfde merk, maar verschillende loten. Op dit moment certificeert geen enkele OSB-fabrikant de luchtdichtheid van zijn product.

Eén fabrikant (Egger) garandeert echter wel de μ -waarde van zijn product. Dit is een waarde voor de dampdoorlaatbaarheid, maar ze garandeert daarnaast ook een luchtdichtheidskwaliteit. Bovendien zijn er andere panelen op de markt die een luchtdichtheidswaarde garanderen.

5) Duurzaamheid van de kleefstroken ?

Het gebruik van luchtdichtheidselementen, zoals kleefstroken, zien we vaker bij houten constructies. Er werden al verschillende onderzoeken gevoerd naar de levensduur van de lijmen, hun weerstand, enz.



Wat er ook van zij, het is doorgaans niet daar dat het probleem zich voordoet, maar eerder bij de uitvoeringsomstandigheden: zelfs de beste lijm is niet doeltreffend op een stoffige ondergrond. Situaties zoals hieronder (oude houten balken die door een damp scherm gaan) moeten dus zoveel mogelijk vermeden worden:



> 2.1.2.2 /D
b. 122

> 2.1.2.2 /C.1
b. 118

Bij een lichte structuur moet een mechanische bescherming voorzien worden voor de luchtdichte laag om beschadiging door gebruik te voorkomen. Een technische spouw van 5 cm tussen de luchtbarrière en een afwerkingsplaat vervult deze taak en zorgt ervoor dat technische installaties gemakkelijk door kunnen. Voor woningen, en in het bijzonder huurwoningen, maken gipsblokken of -tegels het mogelijk om schade te voorkomen. Bovendien garanderen ze ook de brandveiligheid tussen appartementen.



C. Isolatie langs de binnenkant

De grootste risico's gekoppeld aan de isolatie langs de binnenkant zijn oppervlakte- en interne condensatie (door diffusie en convectie) en beschadiging te wijten aan vrieskou of aan openingen in het metselwerk. Secundaire risico's betreffen onder andere de zoutuitbloeiingen (die kunnen verschijnen op bepaalde types metselwerk) en de vermindering van de thermische inertie (de massa van de geïsoleerde wand is niet meer toegankelijk) ³³.

De continuïteit van de isolatie en de luchtdichtheid is essentieel. Over het algemeen moet al van bij het ontwerp en tot de uitvoering rekening gehouden worden met de regeling van het vocht. Aan de uitvoering moet veel aandacht besteed worden. De algemene principes die gerespecteerd moeten worden zijn pas echt zinvol in het geval van isolatie langs de binnenkant, waarbij de risico's doorgaans groter zijn.

1) Condensatie

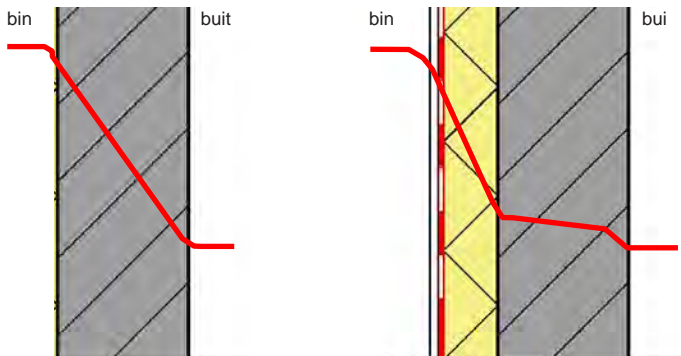
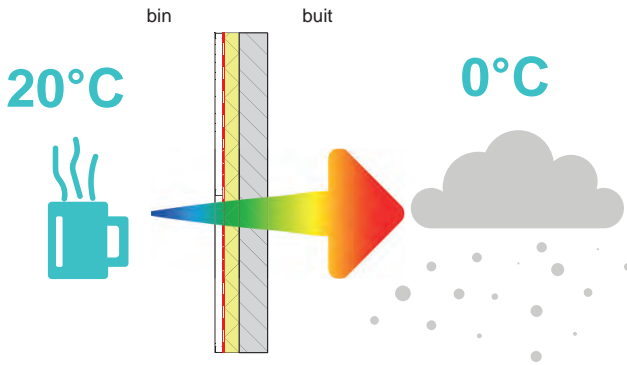
Deze problematiek komt heel vaak voor bij isolatie langs de binnenkant en is nog moeilijker aan te pakken wanneer de isolatie dik is.

Oppervlaktecondensatie: de koudebruggen zijn doorgaans moeilijker te vermijden bij isolatie langs de binnenkant, vooral bij renovaties. Als ze niet goed aangepakt worden, dan verschijnt er oppervlaktecondensatie.



Voorbeeld van schimmel als gevolg van een koudebrug (Rechtsanwalt Friedhelm Thome, Köln).

Interne condensatie: het risico op interne condensatie neemt ook toe bij isolatie langs de binnenkant door de samenstelling van de gebouwschil. De temperatuurval tussen binnen en buiten gebeurt voornamelijk binnen de isolatie. Aangezien deze langs de binnenkant werd geplaatst, is de muur veel kouder. Wanneer de waterdamp zich een weg baant (door convectie of diffusie), dan kan deze condenseren in of achter de isolatie, in de buurt van de koude muur.



$R_{isolat} > R_{metselw}$

> 2.3.2.1
b. 210



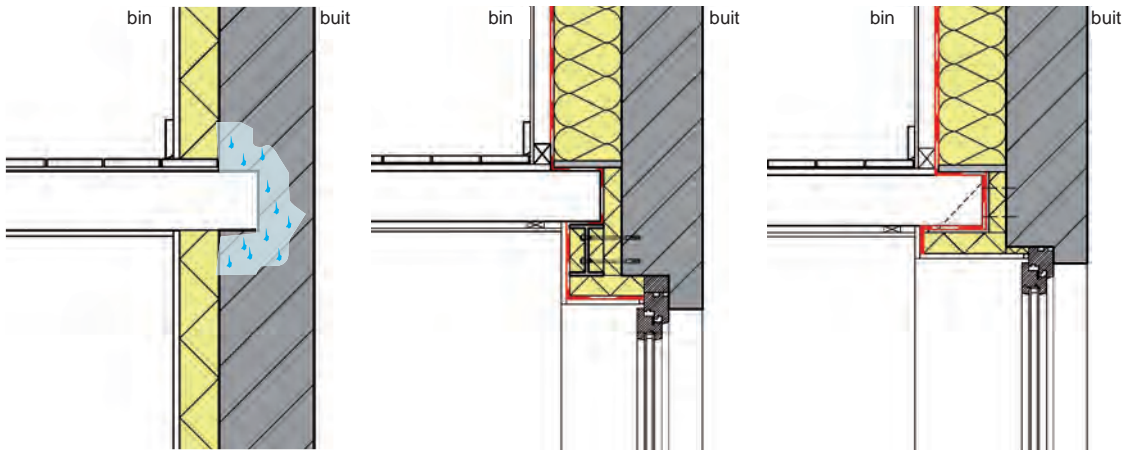
Voorbeeld van schimmel als gevolg van interne condensatie. (Joe Lstiburek).

2) Houten vloer

Het geval van een houten vloer is complexer dan dat van een betonnen vloer. Hoewel een isolatie tussen de balken een koudebrug verkleint, kan de lucht- en dampdichtheid doorgaans veel moeilijker gegarandeerd worden. Welnu, wanneer deze dichtheid slecht gepland of uitgevoerd wordt, dan vertoont de inklemming van de balken in de muur een groot risico op condensatie, wat kan leiden tot verrotting van het hout en stabiliteitsproblemen. Om dat te vermijden moet het watergehalte in het hout altijd kleiner zijn dan 20%.

Zelfs wanneer we zouden overwegen om elke balk te omhullen met een dampremmend of dampwerend membraan, dan zou het risico nog niet volledig verdwenen zijn, want hout is poreus en er kan nog een damptransport door diffusie plaatsvinden. Als de balken oud en gebarsten zijn, dan kan er ook transport door convectie plaatsvinden.

De meest doeltreffende oplossing bestaat erin de balken en de vloer door te **snijden en erachter een nieuwe draagstructuur** te voorzien die de continuïteit van de isolatie en de lucht- en dampdichtheid garandeert.



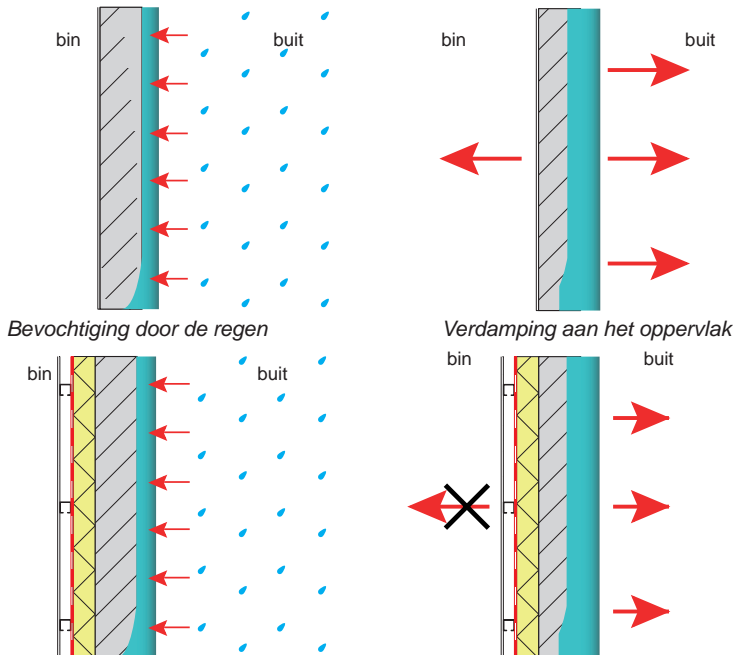
Woning in Eupen |
Eupen | Henz-Nof-
falise | architect:
FHW

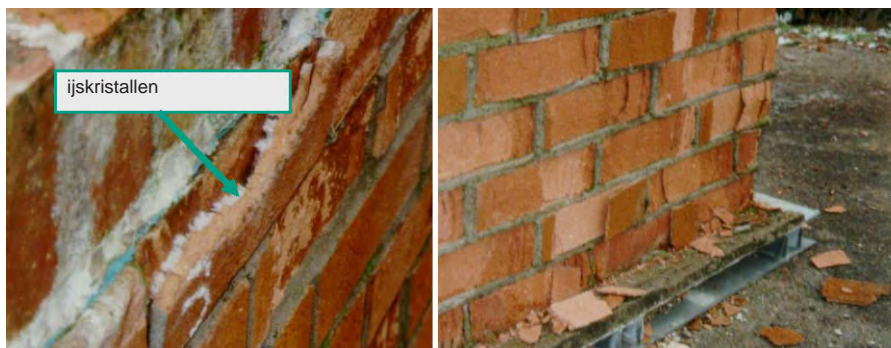


3) Vrieskou en uitzetting van het metselwerk

Isolatie langs de binnenkant leidt tot een afkoeling van de gevel. Welnu, wanneer de muur nat is van de regen, droogt hij moeilijker, omdat hij over het algemeen kouder is. Het aanbrengen van een complexe isolatie met damprem of dampscherm langs de binnenkant vermindert echter ook het droogpotentieel van de muur naar binnen toe.

De vermindering van het droogpotentieel van de muur naar binnen en naar buiten toe leidt tot een ophoping van vocht binnenin de muur. Bij koud weer bestaat het risico dat het water ter hoogte van de buitenkant van de muur bevriest en dat leidt dan tot een toename van het watervolume in de baksteen waardoor mechanische vervormingen kunnen ontstaan in de muur. Deze aantastingen hangen af van verschillende parameters (type baksteen, watergehalte, temperaturen, enz).





(illustratie Fraunhofer Institut)

> 2.1.2.3
b. 125

4) Materialen

Niet alle materialen hebben hetzelfde “hygroscopisch vermogen”. Sommige kunnen een hoeveelheid vocht opslaan en later weer vrijgeven. Deze eigenschap biedt een zekere hydrische inertie die het vocht binnenshuis reguleert door de effecten van te natte of te droge omgevingen te verminderen. Dit is kenmerkend voor bepaalde natuurlijke isolaties, materialen op basis van hout, ruwe steen, kalk, enz. Bij renovatie en isolatie langs de binnenkant, waar de uitvoering zelden perfect is (aansluitingen tussen bestanddelen, enz.), kan het gebruik van dit type materiaal bepaalde beschadigingen door condensatie voorkomen.





5) Vochtwerende lagen

Aangezien het droogpotentieel van de muren die langs de binnenkant geïsoleerd zijn sterk beperkt is, is het van essentieel belang om vochtbronnen te controleren. Binnen vervullen de lucht- en dampwerende membranen deze rol. Buiten blijkt het soms noodzakelijk om een vochtwerende laag aan te brengen op de volledige gevel om de penetratie van regenwater³⁴ te beperken.

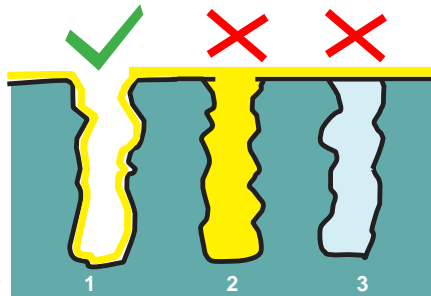
Het belang van deze oplossing hangt af van heel wat parameters: absorptiecoëfficiënt van het gevelmateriaal, dikte en type van de isolatie, type damprem of dampscherm, oriëntatie en blootstelling van de gevel, ... Het is noodzakelijk om de wand te controleren in een **dynamische software**.

Verder is het ook van primordiaal belang om een vochtwerende behandeling te voorzien die regenwaterdicht is en doorlatend voor damp om zo het droogpotentieel van de muur naar buiten toe in stand te houden.

Afsluiting met een film

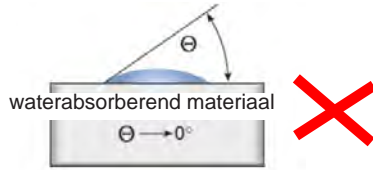
1. waterafstotende behandeling
2. vulling van de poriën
3. van het oppervlak van de wand

Vochtafstotende middelen op basis van organische siliciumverbindingen vormen een heel dunne film op de wanden van de poriën zonder ze te verstoppen, waardoor de waterdamp er toch nog door kan (EN 1504-2).



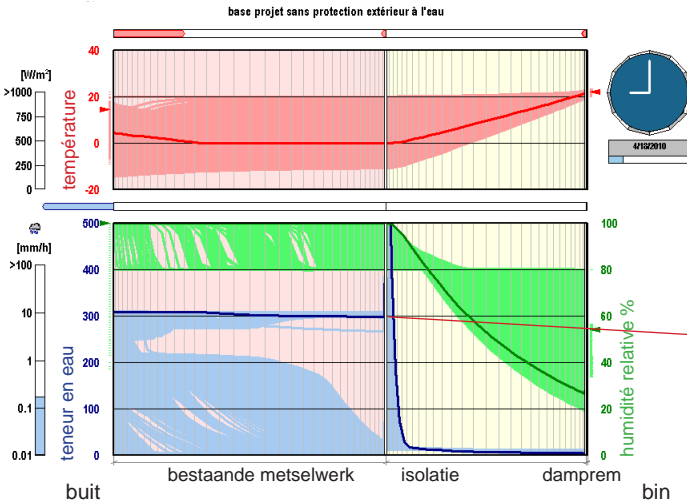
(illustratie Wacker Chemie AG)

Simulatie van een wand-constructie met binnenisolatie en zonder verdere behandeling

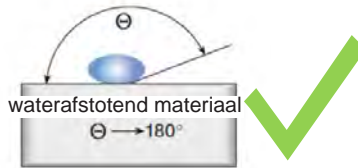


De in Wufi© uitgevoerde simulatie toont aan dat de binnenisolatie van ca. 20 cm een opbouw van vocht zou kunnen veroorzaken tussen de oude dragende muur en de nieuw aangebrachte binnenisolatie. Dit is te wijten aan het hoge niveau van vochtabsorptie van de gevel. Na het aanbrengen van de binnenisolatie is er meer kans dat het in de wand gebufferde vocht niet langer kan uitdrogen en het oppervlak van de nu vochtige wand bij de eerste koude zal bevriezen.

Na een jaar : hoeveelheid water « opgeslagen » in de wandconstructie tussen de muur en het isolatiemateriaal...



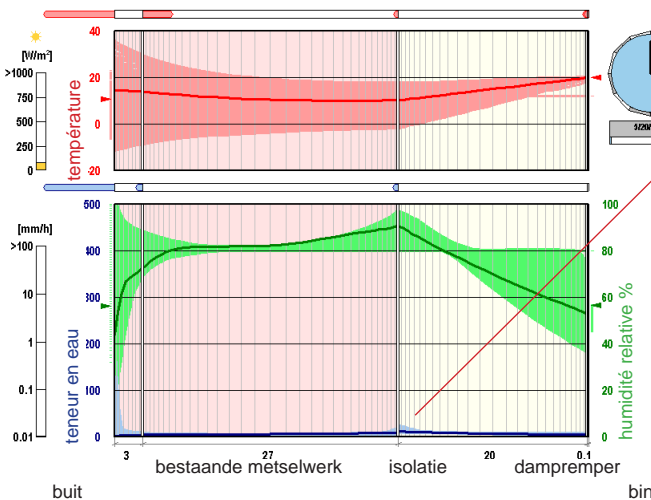
Simulatie van een wand met binnenisolatie MET DAMPOPEN waterafstotende behandeling



De afdoende waterafstotende behandeling van de gevel laat toe de constructie waterdicht en niet-absorberend te maken terwijl het 'ademend' karakter bewaard blijft.

Een jaar na de waterafstotende behandeling van de constructie blijft de wand "droog »

Bevochtigingsproef. Het water parelt op het oppervlak maar wordt niet geabsorbeerd.





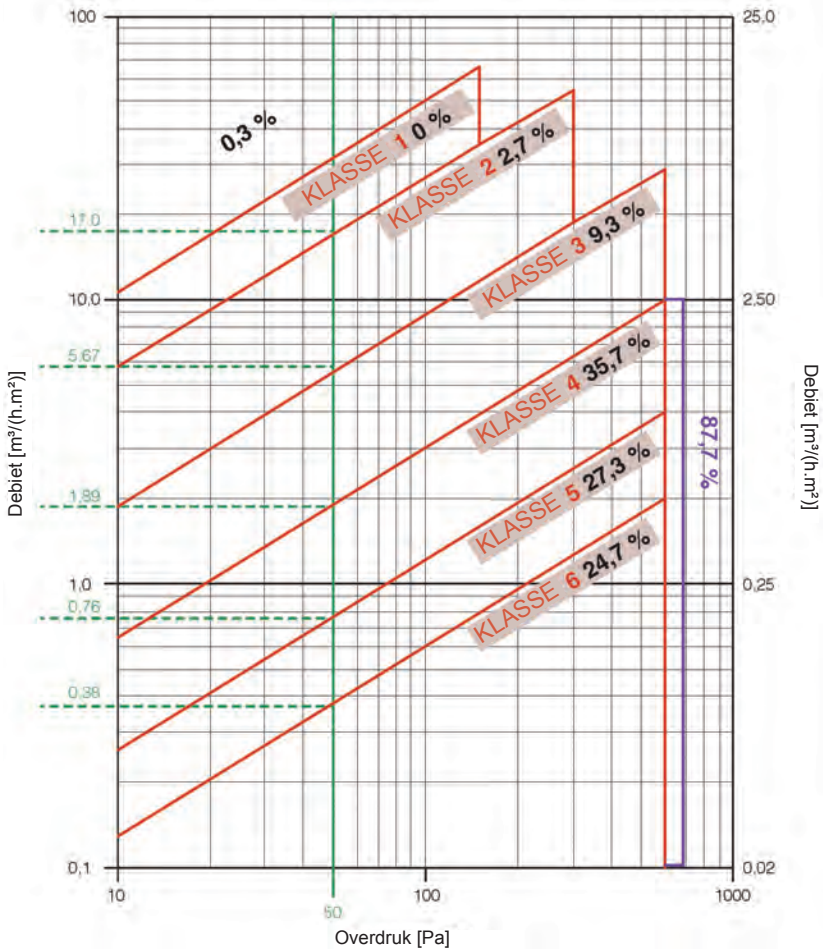
1) Raamkaders

Het gebeurt niet vaak, maar raamkaders zijn meestal performanter dan vereist wordt door de huidige normen in België! De NBN EN 1026 onderscheidt 4 dichtheidsniveaus voor de profielen van het raamwerk dat in het labo getest werd. Welnu, twee vaststellingen dringen zich op:

- klasse 4 (de beste winddichtheid) verplichten volstaat niet altijd voor een project dat streeft naar $n_{50} = 0,6$ vol/h;
- de meeste ramen die beschikbaar zijn op de Belgische markt zijn veel beter!

Daarom heeft het WTCB de klassen 5 en 6 voorgesteld.





Luchtdichtheidsprestaties van de 300 laatst beproefde schrijnwerkelementen. Voorstel voor de verdere onderverdeling van de klasse 4 (NBN EN 1026). Bron: Magazine WTCB-Contact n°33, 2012.



2) Technische doorboringen

Bepaalde traditionele elementen vormen een probleem in een passiefgebouw. Er zijn altijd oplossingen mogelijk, maar we moeten erop anticiperen.

- **brievenbus:** deze moet of buiten geplaatst worden of geïnstalleerd worden met een luchtdicht gedeelte dat open kan;
- **kachel:** een open haard is niet mogelijk in een passiefgebouw, maar met een afgedichte cassette (met aanvoer van buitenlucht) kan de omgeving snel verwarmd worden;
- **dampkap:** voor een kleine gezinsinstallatie volstaat een kleine dampkamp met luchtcirculatie; voor een grotere installatie kan een dampkap met luchtcompensatie het hygiënische ventilatiesysteem stopzetten terwijl er gekookt wordt; om afzetting van kookvetten te voorkomen moet de dampkap absoluut gescheiden zijn van het hygiënische ventilatiesysteem;
- **keuken op gas:** er moet een aanvoer van brandstof (verse lucht) voorzien worden;
- **elektriciteitsbord:** dit wordt best geïnstalleerd in het beschermde volume, want enkel de algemene voedingskabel moet erdoor getrokken worden; bevindt het elektriciteitsbord zich buiten dit volume, dan zijn er evenveel doorvoeringen nodig als er circuits zijn in het gebouw;
- **doosjes van stopcontacten:** om luchtlekken te voorkomen moet men voor de plaatsing ervan bepleisteren en moeten hermetische doosjes gebruikt worden;
- **elektrische aansluitingen** (geplaatst doorheen de luchtdichte laag): alle kabels van de buiteninstallaties (bel, verlichting, alarm, zonnewering) gaan door de luchtdichte laag van het gebouw. Er kunnen specifieke fittingen of flensen gebruikt worden;
- **deksels van een toezichtspuit:** indien ze zich bevinden binnen het beschermd volume, dan volstaan normaal gezien het gewicht en een gewone invetting van de voeg om lekken te voorkomen;
- **primaire ventilatieleidingen:** a priori zijn de sifons doeltreffend



genoeg om lekken via deze leidingen te voorkomen (in het ergste geval zal een drukverschil van 50 Pa de waterhoogte met enkele mm doen variëren);

- **regenwaterafvoeren:** de doorvoer van de leiding moet dicht zijn en de buis wordt best geïsoleerd om elke vorm van condensatie te voorkomen;
- **sectionaalpoorten / garage:** in de handel zijn garagepoorten te vinden die tegelijk geïsoleerd en luchtdicht zijn; de plaatsing ervan moet heel zorgvuldig gebeuren; vaak is het eenvoudiger deze ruimtes niet binnen het beschermde volume te plaatsen;
- **kattenluiken:** de poes kan gerust zijn, magnetische kattenluiken maken een relatieve dichtheid mogelijk (ook al vormen ze nog altijd een zwak punt in de isolatie van de gebouwschil);
- **brandwerende deuren:** brandbestendige en luchtdichte binnendeuren voor appartementen zijn vandaag verkrijgbaar in de handel; mochten ze ook nog geluidsdicht zijn, dan zouden ze absoluut perfect zijn, ...
- **Brandwerende afdichtingen van doorvoeren:** vaak zijn deze niet luchtdicht en moet nadien nog een luchtdichte laag aangebracht worden.

3) Verplichte verluchtingen

Bij verplichte verluchtingen behoren enkele beperkingen. Het is belangrijk om al tijdens de ontwerpfase goed na te denken over de plaatsing van deze verschillende elementen, want het is op dat moment dat de grens van het beschermde volume wordt bepaald. De plaatsing van bepaalde technische elementen binnen of buiten deze grens kan de verwezenlijking van de luchtdichtheid van het gebouw vergemakkelijken of in het gedrang brengen.

a. Technische kokers

In de meeste gevallen is het toegestaan dat de koker niet geventileerd wordt. De eenvoudigste oplossing bestaat erin de koker volledig te integreren in het beschermde volume, binnen de luchtdichte laag van het gebouw. Zo gaan alle doorvoeren van binnen naar buiten en dat voorkomt problemen met luchtdichtheid of isolatie (voor zover er geen risico bestaat op condensatie op

de leidingen).

Vanuit het standpunt van de brandpreventie voorziet het Koninklijk Besluit van 12 juli 2012³⁵, dat de normen wijzigt voor de nieuwe gebouwen, voor de lage gebouwen, de middelhoge gebouwen en de hoge gebouwen dat:

- •of een bouwelement geplaatst wordt ter hoogte van de doorvoer met minstens de brandweerstand die vereist is voor de horizontale wand (bv doorlopen van de draagvloer);
- •of de wanden van de verticale buizen een waarde EI 30 (laag gebouw en hoog gebouw) / EI 60 (hoog gebouw)³⁶ hebben en de toegansluiken en –deurtjes tot deze buizen een waarde EI 30; de verticale buizen worden gecompartmenteerd met horizontale schermen met de volgende kenmerken:
 - het moet een materiaal van klasse A1 zijn;
 - ze moeten alle vrije ruimte tussen de leidingen innemen;
 - ze moeten een waarde EI 30 (laag gebouw en middelhoog gebouw) / EI 60 (hoog gebouw) hebben

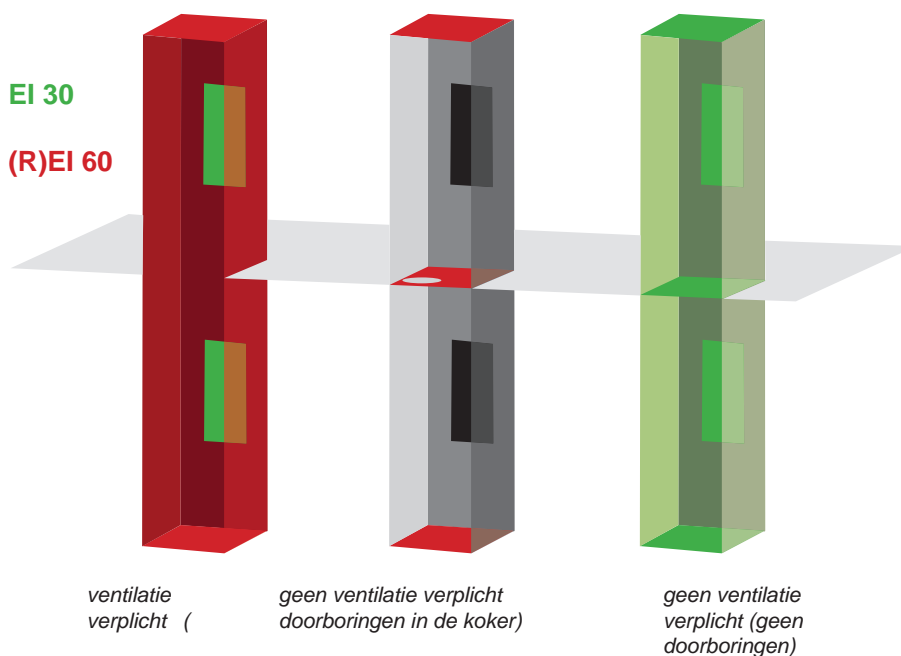
b. Lift

Voor de liftkokers biedt het KB een tegenstrijdige oplossing die de vereisten met betrekking tot de energiebesparingen en ventilatie tegenover elkaar plaatst. Het KB voorziet verschillende mogelijkheden waarbij de luchtdichtheid slechts in geval van nood moet worden doorboord.

Het geheel bestaande uit de schacht en het machinelokaal moet voorzien worden van een natuurlijke ventilatie met aanvoer van buitenlucht. Wanneer de koker en het machinelokaal apart geventileerd worden, dan vertonen de ventilatieopeningen elk een minimale doorsnede van 1% van de respectievelijke horizontale oppervlakken. Indien het geheel bestaande uit de schacht en de machinekamer wordt geventileerd bovenaan de schacht, dan heeft de ventilatieopening een minimale doorsnede van 4% van de horizontale oppervlakte van de schacht. De ventilatieopeningen kunnen voorzien worden van gemotoriseerde ventilatiekleppen waarvan de opening op de volgende manieren bestuurd kan worden:



- automatisch om een voldoende verluchting te garanderen voor de gebruikers van de lift, zelfs wanneer deze lange tijd stilstaat;
- automatisch in geval van een abnormale stijging van de temperatuur van de machine en/of van de controleorganen;
- automatisch in geval van branddetectie in de liftkoker en/of de machinekamer;
- automatisch in geval van branddetectie in het gebouw als het uitgerust is met een algemene branddetectie-installatie;
- automatisch in geval van panne van de energiebron, het voedingsapparaat of het besturingsapparaat (apparaat met positieve beveiliging);
- manueel via een besturing die zich ter hoogte van de evacuatie bevindt, op een plek die bepaald wordt in overeenstemming met de brandweer.



Om tegemoet te komen aan de toenemende vraag van passiefgebouwen waren er systemen die het mogelijk maakten om de ventilatie te garanderen in dergelijke scenario's, maar ze werden vroeger enkel aanvaard na overleg met de brandweer. De situatie kon dus verschillen van de ene tot de andere gemeente. De vankrachtwording van het KB maakt daar een einde aan.

c. Gasteller

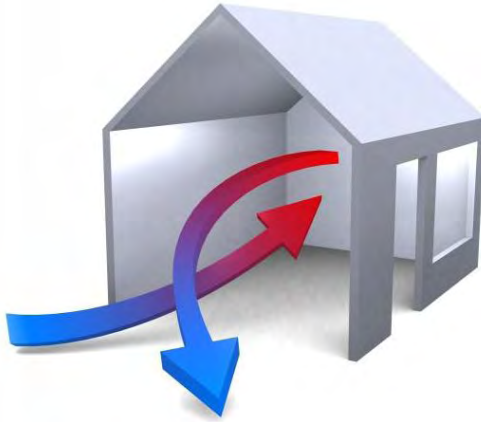
De lokalen met de gastellers moeten geventileerd worden met minstens een hoge en lage ventilatie met een diameter van 125 mm. A priori bestaat er hiervoor geen afwijking en de eenvoudigste oplossing bestaat erin ze uit het beschermde volume te halen.

d. Verwarmingsketel

Volgens de normen NBN B61-002 en NBN B61-001 moeten de lokalen waar de verwarmingsketels staan geventileerd worden. We onderscheiden twee types verwarmingsketels: met open verbrandingscircuit (type B) en met gesloten verbrandingssysteem (type C).

In het geval van een verwarmingsketel met gesloten verbrandingscircuit (type C) en een nominaal vermogen kleiner dan 70 kW is de ventilatie van het lokaal echter niet verplicht. Is een dergelijk vermogen niet vereist, dan mag de verwarmingsketel binnen het beschermde volume geplaatst worden voor zover het lokaal normaal geventileerd wordt en de aanvoer van verbrandingslucht correct wordt gegarandeerd door de installatie.





2.1.3. De ventilatie

2.1.3.1. Principe

Een passief gebouw is heel luchtdicht: het ventileren ervan is noodzakelijk om gezondheidsredenen, om het vocht te evacueren en om condensatie te vermijden. Welnu, de binnenkomende en uitgaande luchtstromen, zelfs de gecontroleerde, **veroorzaken aanzienlijke warmteverliezen**. Bij een passief ontwerp wordt het grootste deel van deze warmte gerecupereerd dankzij een warmtewisselaar die aangesloten is op een balansventilatie-installatie. Deze systemen zijn volumineus. Daarom is het noodzakelijk om op voorhand hierover na te denken, zodat men tijdens de werf niet voor verrassingen komt te staan.

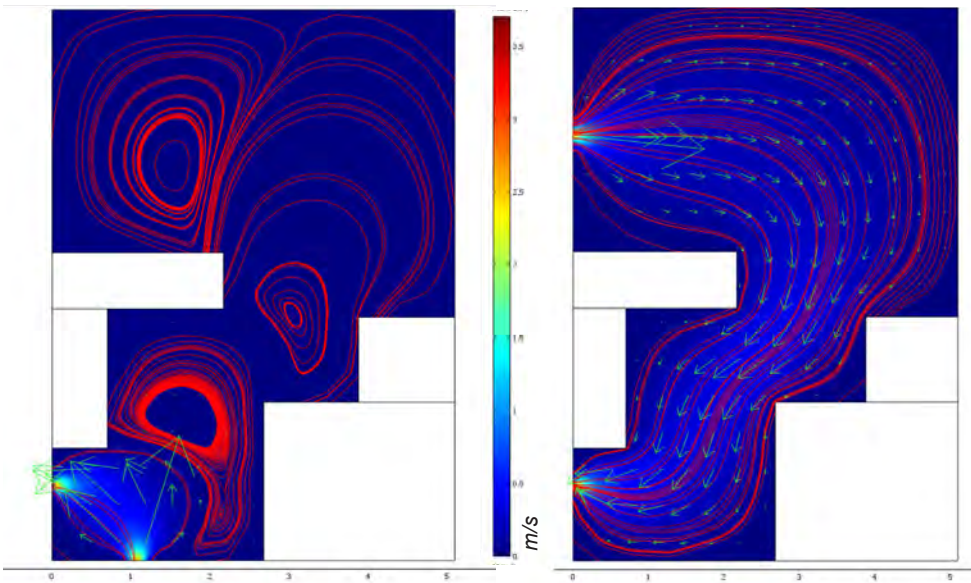
De luchtdichte scheiding tussen de binnenlucht en de buitenlucht is niet alleen belangrijk om warmteverlies te voorkomen, maar ook om een gezonde en comfortabele luchtvernieuwing te garanderen via een correct gedimensioneerd en onderhouden systeem.

2.1.3.2. Strategie en benodigde ruimte

Elke ventilatiekoker is in principe te smal voor de plaats, dat is een "universele waarheid". Voor de bouw van passiefgebouwen kunnen verschillende aandachtspunten de uitvoering echter vergemakkelijken:

- de warmtewisselaar in de buurt plaatsen van de buitendoorgangen: de leidingen tussen beide hebben de grootste diameters en moeten sterk geïsoleerd worden om door het beschermde volume te gaan (de lucht heeft de buitentemperatuur en daardoor hetzelfde effect als een "gat" in de isolatie);
- een centrale koker voorzien (in de buurt van een hal of een gang) om het luchtdistributienetwerk te vereenvoudigen en te beperken;
- controleren of het mogelijk is om het netwerk te verwezenlijken zonder kruising van kokers of ervoor zorgen dat de plafondhoogte een kruising³⁷ mogelijk maakt,;

> 1.2.1.1
b. 30



Simulatie van een kamer met pulsie en extractie. Het geval links toont een 'kortsluiting' tussen pulsie en extractie. Het geval rechts toont een oplossing waar de pulsie tegenover de extractie gesitueerd is.

- het traject van de lucht controleren: de aan- en afvoermonden kunnen niet functioneren wanneer de doorgang verhinderd wordt, bijvoorbeeld door deuren waarin geen opening is voorzien.



Om problemen te voorkomen is het ook belangrijk om deze installaties te bekijken op lange termijn: een technische toegang die een gemakkelijke reiniging mogelijk maakt is noodzakelijk. We moeten er op de werf ook voor zorgen dat de binnenkant van de kokers correct beschermd wordt (wat zelden het geval is). Zo voorkomen we dat het stof er zich opstapelt en jarenlang wordt verspreid in de lucht die de bewoners inademen.

Een doordachte plaatsing van de ventilatiemonden kan vaak problemen voorkomen: een ventilatiemond plaatsen boven de deur van een ruimte garandeert dat er nooit een meubel voor zal staan dat het ventilatiesysteem in het gedrang kan brengen. Een aan- en afvoer van één ruimte zo ver mogelijk uit elkaar plaatsen, zorgt ervoor dat verse lucht de volledige ruimte bedekt zonder hoeken over te slaan.

> 2.2.2.1 /D
b. 174

> 1.2.3.4
b. 42

> 2.2.3
b. 190





Een van de belangrijkste storingen in een ventilatiesysteem blijft een slechte controle van het lawaai. Dit kan ertoe leiden dat de bewoner zijn systeem gewoon uitschakelt. Het is dus van essentieel belang om de juiste materialen en geluidsfilters toe te passen en een aëraulische test voor te schrijven om de debieten bij elke mond te controleren, evenals een akoestische test in elke ruimte uit te voeren.

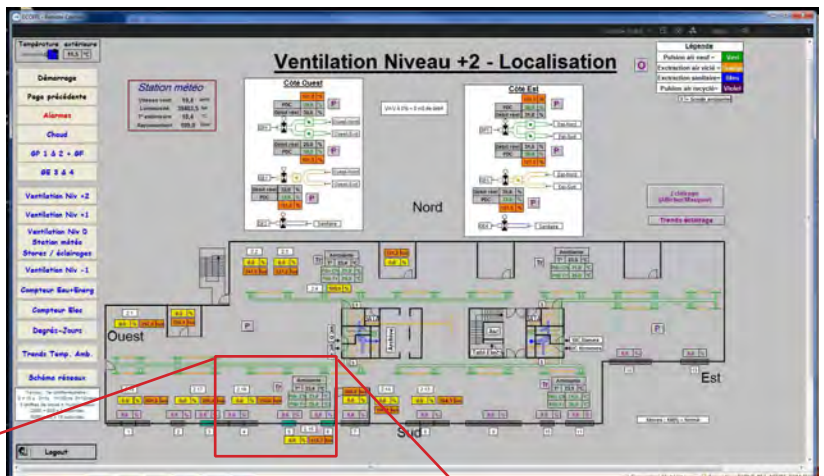
2.1.3.3. Gecentraliseerd technisch beheer (GTB)

In grote gebouwen worden de **ventilatie-installaties** automatisch gestuurd. Enkele kleine overwegingen maken het leven gemakkelijker:

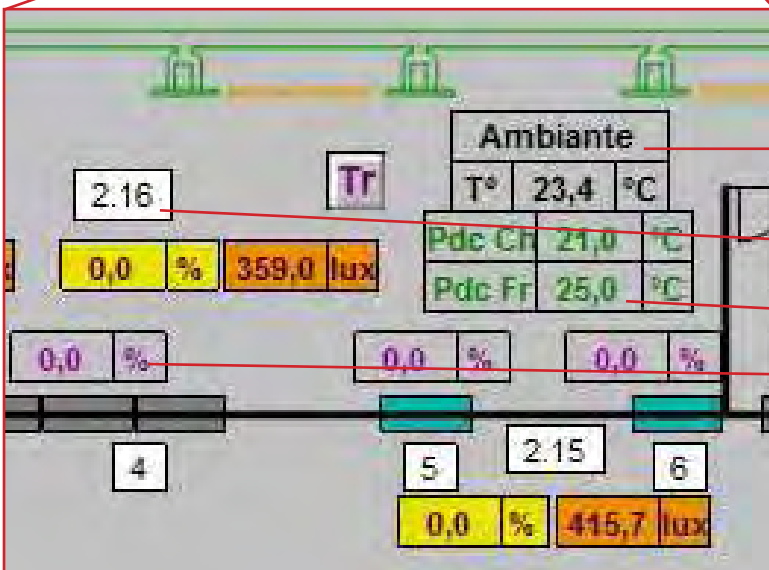
- de manuele controle van de omgeving door de bewoner toelaten; de mogelijkheid om te handelen is psychologisch gezien even belangrijk als de effectieve waarde van de temperatuur of de vochtigheid;
- de controle van het GTB vergemakkelijken via een duidelijke beeldvorming die een eenvoudige toegang tot de parameters mogelijk maakt;
- metingen bijhouden van de controlepunten die het mogelijk maken om wat subjectief ervaren wordt te vergelijken met de objectieve situatie en om de parameters te verfijnen in functie van de bewoners;
- aangezien **een passief gebouw langzaam reageert**, moeten de parameters vaak wat fijner afgesteld worden; we moeten dus minstens 2 à 3 **volledige jaren opvolging van het gebouw** voorzien.

Om de opvolging zo goed mogelijk te beheren is het belangrijk om een budget te voorzien voor de opleiding van de gebruikers, de wisselstukken (filters van de wisselaar), de uitwerking van een “gebruikshandleiding” van het gebouw en het overzicht van de werkingsparameters (temperaturen, verbruik).

De principes voor dimensionering en installatie van de infrastructuur worden uitgebreid ontwikkeld in het volgende onderdeel.



Illustratie van een BMS van het ECOoffice project in Nijvel



De omgevingstemperatuur op het plateau bedraagt 23,4 °C, tijdens de zomer gemeten bij een buitentemperatuur van 30 °C.

Kantoor 2.16 wordt niet gebruikt; voor de verlichting wordt een waarde van 0,0 % weergegeven.

Het koude instelpunt bedraagt 25 °C

Het zonnegordijn buiten op de gevel is naar boven; de indicator toont 0,0 %

Uitbreiding van een zone

*Holcim HQ | Nijvel |
Thomas et Piron |
architect A2M*





2.1.4. Lastenboek

Een precies en compleet **lastenboek** biedt de mogelijkheid om de onderneming die belast is met de werf de bedoelingen heel duidelijk te maken en om coherent te blijven met wat in de fase van het voorproject werd voorzien en berekend. Het is immers belangrijk om de coherentie na te gaan van de waarden die werden ingevoerd in PHPP en die werden beschreven in het lastenboek, onder andere:

- aan het lastenboek een lijst toevoegen met de U-waarden van de wanden en de λ -waarden van de isolerende materialen (bij een passief certificaat worden enkel de ATG's aanvaard, geen technische fiches);
- de U_f -waarden (raamkader) en U_g -waarden (beglazing) van de ramen onderscheiden (een U_w -waarde is niet voldoende);
- De U-waarden en de luchtdichtheidsprestaties van de buitendeuren en andere openingen (daklicht, enz.);
- de verbindingen van koudebruggen of andere specifieke punten in detail beschrijven;
- de aansluitingen van het raamkader in detail beschrijven (continuïteit van de isolatie en de luchtdichtheid);
- wat de luchtdichtheid betreft: één post moet melding maken van het maximale luchtinfiltratiepercentage en de meetomstandigheden;
- wat de ventilatie betreft: het vermelde rendement van de wisselaar moet identiek zijn aan het rendement dat ingevoerd werd in PHPP (certificaat volgens de EN 308).

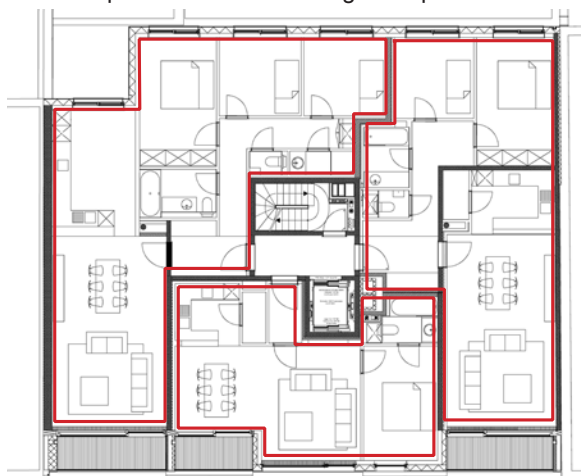
2.1.4.1. De luchtdichtheid

Voor de luchtdichtheid is het beter om een specifieke en goed gedocumenteerde post te creëren dan verschillende afzonderlijke kleine posten. In eerste instantie omdat het punt dan duidelijk zichtbaar is en vervolgens ook omdat het heel moeilijk is om de nodige hoeveelheden materiaal precies te kwantificeren (tape, bepleistering, enz.). De verschillende aansluitingen (raamkader/bouwschil, bepleistering/damprem, OSB-panelen, vensterbanken, drempels, enz.) moeten zo goed mogelijk beschreven worden en hetzelfde geldt voor andere specifieke punten (elektriciteit, doorboringen, enz.).

> 3.1.4.2
b. 283

> 3.1.6.2
b. 290

Het is nuttig om in de documenten die bij de offerteoproep gevoegd worden te specificeren welke de luchtdichte zones zijn. Dit kan bijvoorbeeld met behulp van specifieke detailtekeningen en plannen die de luchtdichte laag definiëren.



*Woningen « Les
Courses » | Elsene |
Prive | architect: MDW
architecture*

2.1.4.2. Infiltrometrietesten en thermografietesten

Voor de certificering volstaat een enkele **luchtdichtheidstest**. In de praktijk is het echter **belangrijk om er meerdere te voorzien**⁸: minstens één wanneer de ruwbouw, inclusief de luchtdichte laag afgewerkt is en een andere wanneer alle technieken geïnstalleerd zijn. Dankzij de test die wordt uitgevoerd na afwerking van de ruwbouw kan ingegrepen worden zonder de afwerkingen te moeten demonteren en kan de kwaliteit van de aansluitingen in die fase geëvalueerd worden. De test die wordt uitgevoerd eens het gebouw klaar is, maakt het mogelijk om te controleren of er geen fouten gemaakt werden op het moment van de afwerking.

Het is aangewezen om samen met de Blower-Door®-test een thermografische test uit te voeren, want deze kan helpen om de lekken heel gemakkelijk te lokaliseren. Hoewel een verschil van enkele graden tussen binnen en buiten volstaat om de problemen te identificeren, is het toch beter om het gebouw voor de test te verwarmen en deze uit te voeren wanneer de impact van de zon zo klein mogelijk is.





*Woning dnA | Asse | D
Van Ginderachter & N
De Ridder | architect:
BLAF architecten*

2.2. Technische installaties

Bram De Meester

2.2.1. De eol van advies-en studie bureaus

Bij het ontwerp van een passiefbouw ligt de focus op een doorgedreven bouwkundige performantie. Hoewel daardoor per definitie minder (krachtige) technische installaties nodig zijn, is het belangrijk van bij de start vast te leggen aan welke verwachtingen deze installaties moeten voldoen. Verschillende soorten randvoorwaarden zijn van toepassing:

- wettelijke vereisten (EPB, reglementering voor sociale huisvesting, enz.),
- comfortvereisten (oververhittingscriteria, regulering, enz.)³⁹,
- budgettaire beperkingen (startinvestering, subsidiemogelijkheden, enz.)

We kunnen van een opdrachtgever niet verwachten dat hij op de hoogte is van de hele waaier aan mogelijkheden en technische beperkingen. De rol van een studie bureau bestaat er dus in hem advies te geven met betrekking tot de gewenste prestaties, samen met hem de gevolgen te bekijken van de keuzes en dit te vertalen in een **coherent programma van eisen**.

Van bij het ontwerp moeten de studie bureaus de technische ontwerpen die geïnstalleerd moeten worden koppelen aan het **specifieke gedrag van passieve gebouwen**. Dit gaat verder dan de eenvoudige keuze van geschikte technologieën, want eerst moet de optimale verhouding tussen gebouwschil en systemen bepaald worden. Zo kiezen we bijvoorbeeld voor een technologie met langzame of snelle thermische afgifte in functie van de voorspelbare fluctuatie van de behoeften aan verwarming of koeling. De technologische keuze zal het resultaat zijn van de prioriteiten die worden toegekend aan de verschillende ontwerpvereisten (financiën, comfort, flexibiliteit, enz.) en die keuze moet uiteindelijk gemaakt worden door de opdrachtgever.

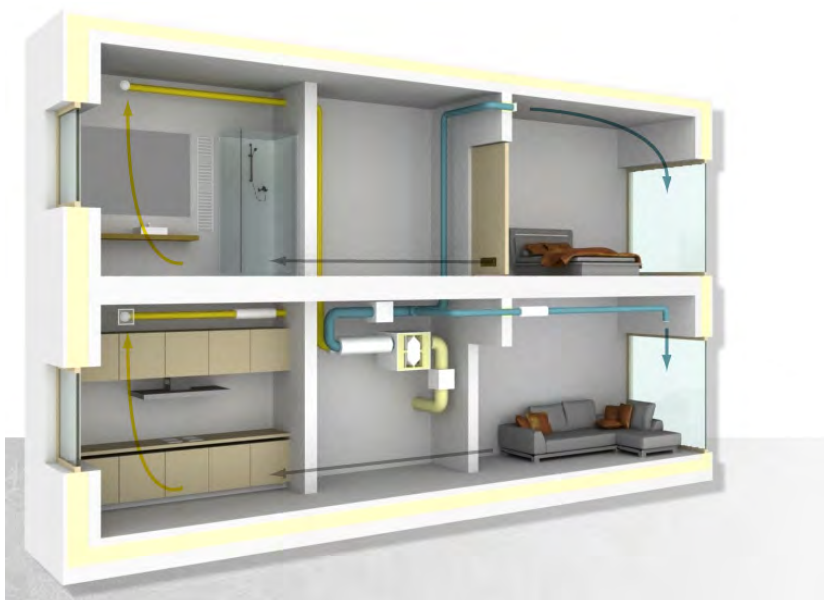
Ook wat de bouwfysica van het gebouw betreft, werken de studie bureaus al van bij de eerste schetsen mee aan het zoeken naar het optimale energie-evenwicht, en dit in overleg met de architect. De opdrachtgever, de architect en het studie bureau delen van bij het begin hun standpunten en expertises om samen te komen tot een optimaal en geïntegreerd bouw- en technisch ontwerp⁴⁰.

> 3.1.2.1
b. 269

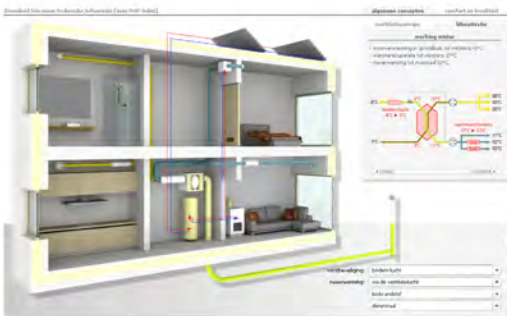
> 1.2.3.4
b. 42

2.2.2. Ventilatie, verwarming en koeling

Vaak wordt een passieve constructie vergeleken met een isotherme fles die alle warmte die ze bevat zolang mogelijk vasthoudt. We moeten echter beseffen dat de minimalisering van het warmteverlies dankzij de isolatie en de luchtdichtheid leidt tot een andere uitdaging. Het evenwicht tussen de energiewinst (verwarming, interne warmte en zonnewarmte) en het energieverlies (transmissie, infiltratie en ventilatie) wordt subtieler en vereist een sterke globale visie. Daarom kunnen de verschillende elementen die nodig zijn voor een gezond en comfortabel binnenklimaat niet meer van elkaar losgekoppeld worden.



Gehaald uit 39 combinaties voor een technische installatie, (<http://www.passiefhuisplatform.be/artikel/installatiewijzer-voor-ventilatie-en-klimatisatie-van-passiefhuizen>)



WERKINGSPRINCIPE BALANSVENTILATIE

KLIMATISATIEMOGELIJKHEDEN

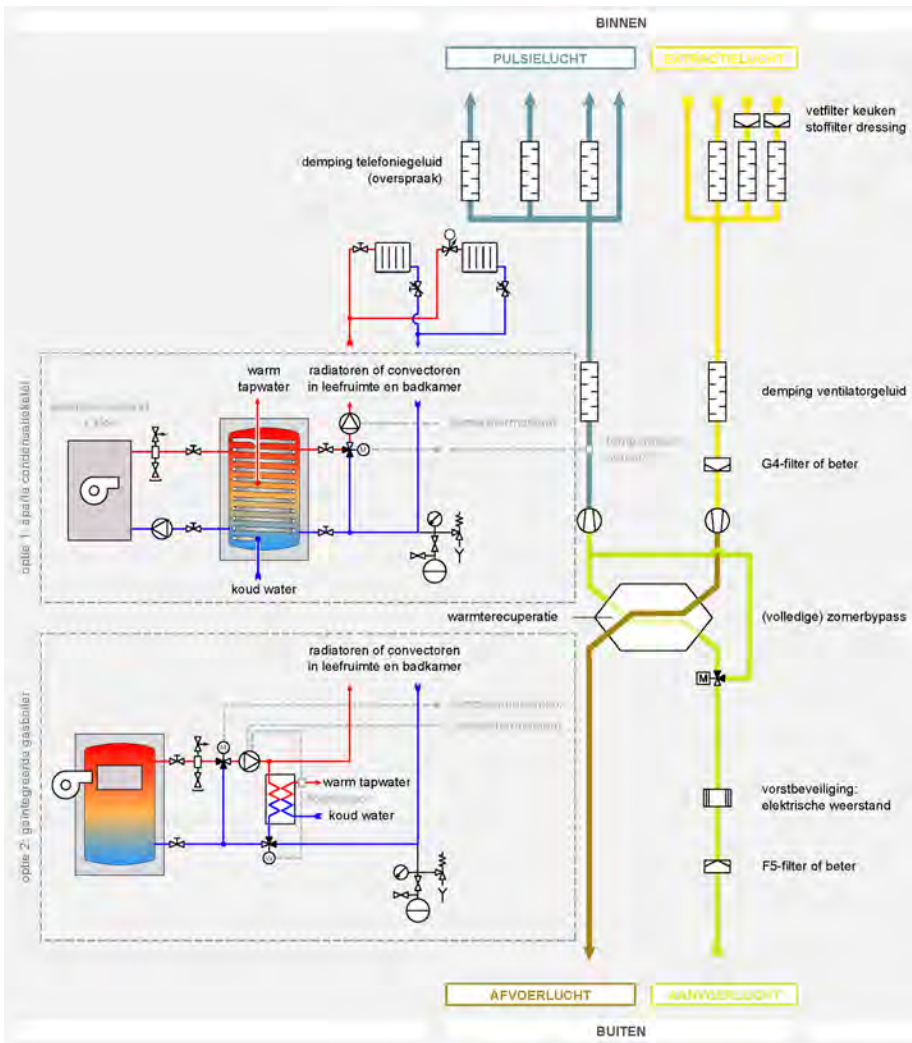
TECHNISCHE AANDACHTSPUNTEN

LEGENDE VENTILATIE

- aanvoer
- afvoer
- pulsie
- extractie
- filter
- ventilator
- akoestische demper
- elektrisch verwarmingselement
- vloeistof-lucht warmtewisselaar
- bodem-lucht warmtewisselaar

LEGENDE HYDRAULISCHE CIRCUITS

- koelmiddel
- vorstbestendige vloeistof
- koud water
- warm water
- pomp
- compressor
- expansieventiel
- veiligheidsgroep:
 - manometer
 - expansievat met kapventiel
 - overdrukventiel
- vloeistof-vloeistof warmtewisselaar
- afsluitkraan
- instelbare afsluitkraan
- Kv-instelbare thermostaatkraan
- thermostatische mengkraan
- wisselkraan - mengkraan
- terugslagklep
- microbellen- en vuilafscheider



2.2.2.1. Ventilatie

Een correcte ventilatie is essentieel en wordt duidelijk gedefinieerd door de wetgever (via de EPB-reglementering). Een goede ventilatie impliceert echter een aanzienlijk energieverbruik: de hoeveelheid buitenlucht die nodig is kan eerst verwarmd, gekoeld of bevochtigd worden om te voldoen aan de thermische comfortvereisten, en dan hebben we het nog niet over de energie die nodig is voor de eventuele ventilatoren. Een mechanische ventilatie brengt hierdoor een hoger elektriciteitsverbruik met zich mee.

Dit verbruik heeft vroeger vaak geleid tot een beperking van de debieten in het geval van energiezuinige constructies. Deze trend is ondertussen echter teruggeschroefd ten gevolge van een betere kennis van de effecten van de ventilatie op de gezondheid. Daarom moedigen bepaalde referenties aan om hogere ventilatiedebieten in te stellen, vooral voor niet-residentiële gebouwen. Dit maakt het probleem er uiteraard niet gemakkelijker op.

A. Ventilatiedebieten binnen de residentiële sector

De debieten hangen af van de bestemming van het gebouw. Voor residentiële gebouwen is de norm NBN D50-001 uit 1991 (!) nog altijd van toepassing; deze norm bepaalt de debieten voor de aanvoer van verse lucht in de leefruimtes en voor de afvoer van vervuilde lucht in de vochtige zones (badkamers, keukens, sanitaire ruimtes, enz). Het is duidelijk dat een kwalitatief hoogstaande mechanische ventilatie (systeem D) met warmterecuperatie aangewezen is voor een passieve constructie. Aangezien ze afgedicht is, is het ook aan te raden te waken over een goede afstelling van de debieten en daarbij een lokale over- of onderdruk te voorkomen dankzij voldoende doorstroomopeningen.

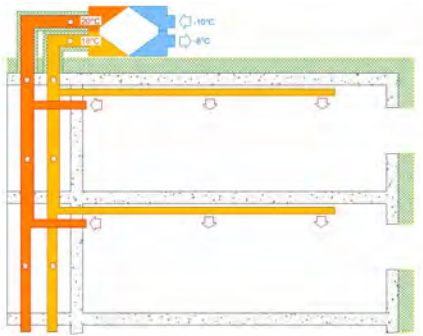
B. Ventilatiedebieten in de tertiaire sector

Voor niet-residentiële gebouwen is de norm NBN EN 13779 de referentie. In deze norm wordt de klasse "medium indoor air quality" (IDA2) steeds vaker verkozen boven de wettelijke minima die bepaald worden door de EPB- en ARAB-teksten. Dit komt neer op een debiet van ongeveer 40-45 m³/h per persoon, waardoor de CO₂-concentratie in de binnenlucht beperkt kan worden tot ongeveer 400 à 600 ppm boven de concentratie in de buitenlucht.

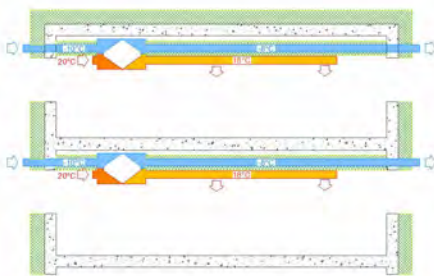
Bepaalde flexibele plannen, zoals kantoren die casco opgeleverd worden, hebben te maken met variabele bezettingendoorheen de dag (of de jaren). Het kan nuttig zijn om te kiezen voor een te grote installatie om de evolutiecapaciteit van het gebouw te garanderen.

C. Gecentraliseerde ventilatie of niet?

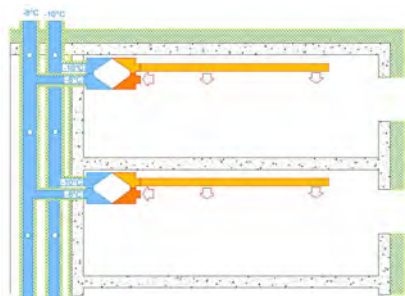
Wanneer de constructie van een passiefbouw verschillende eenheden omvat (al dan niet met dezelfde bestemming), moet er gekozen worden tussen een gecentraliseerde of gedecentraliseerde balansventilatiegroep⁴². Met gecentraliseerd wordt een groep bedoeld die alle eenheden van het gebouw bedient en met gedecentraliseerd een groep in elke eenheid.



Gecentraliseerde ventilatie



Gedecentraliseerde ventilatie met toevoer en afvoer per verdieping



Gedecentraliseerde ventilatie met centrale kolom voor de toevoer en de afvoer



Bij een gecentraliseerde installatie is de plaatsing minder duur, het onderhoud gemakkelijker, er wordt ruimte bespaard en de akoestische overlast wordt verminderd. De nadruk moet dan gelegd worden op een apparaat dat een lokale afstelling mogelijk maakt: woning per woning voor een residentieel gebouw, zone per zone voor een tertiair gebouw. Elke eenheid moet immers zelfstandig het comfort kunnen regelen om problemen van ontevredenheid te voorkomen. Doorgaans ligt het elektriciteitsverbruik voor de gecentraliseerde groep hoger dan de som van de gedecentraliseerde ventilatiegroepen. Wat het energieontwerp betreft is het gecentraliseerde systeem de beste keuze, omdat het al het bijkomende verlies beperkt (nabijheid van een buitenwand, doeltreffende warmte-isolatie). Elk geval moet afzonderlijk bestudeerd worden, maar het feit dat er geen huls of koude koker gecreëerd moet worden binnen het verwarmde volume blijft een basisprincipe van het ontwerp.

D. Sturing en onderhoud

Om de gewenste kwaliteit voor de binnenlucht te bekomen en tegelijk het energieverbruik te beperken, is het belangrijk om de debieten correct af te stellen en te waken over de luchtdichtheid van de buizen. Eens de installatie in dienst genomen is, is ook het onderhoud belangrijk (vervangen van de filters, reinigen van de buizen). Er moet van bij het ontwerp rekening gehouden worden met deze toekomstige interventies door de toegang tot alle vitale onderdelen van de installatie te vergemakkelijken. Het onderhoud van het gebouw moet zo eenvoudig mogelijk gemaakt worden, vooral daar waar weinig middelen en expertise beschikbaar zijn (sociale woningen, onderwijsinstellingen, enz.).

Het is interessant om een ventilatie op vraag te plaatsen waarbij het debiet geregeld wordt in functie van de reële bezetting. Bij afwezigheid van gebruikers zal de afgevoerde lucht niet of weinig vervuild zijn en dan kan het ventilatiedebiet verlaagd worden. In de niet-residentieële gebouwen wordt vaak een CO₂-sensor gebruikt. In een woning is vocht een betere indicator, want het is ook gekoppeld aan activiteiten zoals koken, de badkamer gebruiken of schoonmaken. Nog een voordeel is dat een hygrometer minder duur en resistenter is dan een CO₂-sensor.

De ventilatie op vraag is vooral nuttig in gebouwen of lokalen met een sterk variabele bezettingsgraad, want de potentiële besparingen nemen toe met het debiet. Voor dit type ventilatie moet echter altijd een minimaal

debiet behouden blijven (bijvoorbeeld 20% van het nominale debiet), wat de systematische evacuatie garandeert van onzuiverheden die niet werden gedetecteerd door de sensoren (geuren, uitstoot van VOS). Bovendien moeten de ventilator en het ventilatienetwerk zodanig ontwikkeld worden dat ze correct functioneren zelfs wanneer het debiet beperkt is. Ventilatoren met variabele snelheid zijn dus onontbeerlijk en roosters of kranen met een constant debiet moeten absoluut vermeden worden.

2.2.2.2. Aanvullende verwarming

Ook al is de verwarmingsinstallatie van een passiefbouw minimaal, toch moet het delicate, thermische evenwicht absoluut gerespecteerd worden. Het geïnstalleerde vermogen moet het mogelijk maken om eventueel aanwezige koudebruggen te dekken, net als de eventuele uitschakeling van de warmtewisselaar in geval van vrieskou. De gebruikelijke ontwerpregels⁴³ blijven van toepassing, ook al moet de berekening gedetailleerder zijn.

A. Inertie en warmteafgifte

De keuze van het warmteafgiftesysteem is van essentieel belang in de tijd – want de effecten van inertie kunnen een belangrijke rol spelen – en in de ruimte – want het temperatuursverschil in de verschillende lokalen moet goed bestudeerd worden.

Om correct rekening te kunnen houden met de tijdseffecten, is het van essentieel belang te weten dat het thermische evenwicht van een passiefbouw – precies door de beperking van het verlies – snel kan overslaan van een (kleine) behoefte aan warmte naar een **teveel aan warmte**. De interne winst (begin van de werkdag in een kantoorgebouw) en de externe winst (de zon) wijzigen het warmte-evenwicht. De mogelijkheid om te beschikken over thermische massa (betonnen plafond, zware wanden) biedt slechts een beperkt voordeel. De inertie zal de stijging van de temperatuur effectief vertragen en het maximale niveau verlagen, maar de absorptie van het teveel aan warmte kost wat tijd. Dit alles toont aan dat technieken met een snelle afgifte de voorkeur genieten. Een vloerverwarming of een geactiveerde vloer in beton reageert zo langzaam dat de referentietemperatuur overschreden wordt nog voor het systeem heeft kunnen reageren.



*ELIA kantoren | Brussels | ELIA
System Operator | architect:
Architects Associés*





B. Regeling en distributie

Verwarming via de ventilatielucht lijkt een evidente keuze als afgiftesysteem – bijna genetisch verwant aan de passiefstandaard. De ontwerper moet zich de volgende vraag stellen: voor welke zones van het gebouw willen we de temperatuur afzonderlijk kunnen instellen? In het geval van een huis lijkt een instelling per lokaal niet echt nodig. In de badkamer maakt een kleine handdoekdroger het mogelijk om lokaal een hogere comforttemperatuur te krijgen.

De modulariteit die de markt verwacht van kantoorgebouwen is veeleisender. Verschillende **duurzaamheidsreferenties** belonen de installatie van een individuele afstelling, want het is bewezen dat ze bijdraagt tot de indruk van comfort voor de gebruiker. Het is echter onmogelijk om elk aanvoerrooster te voorzien van een onafhankelijke verwarmingsbatterij (of met individuele controle). Daarom zijn er in passieve kantoren nog afgiftesystemen met een laag vermogen (actief klimaatplafond met een kleine oppervlakte, convectoren). Voor de andere types van gebouwen (ziekenhuizen of scholen, bijvoorbeeld) moet de ontwerper de regeling eerst correct analyseren (gebruiksuren van de verschillende zones, gewenste temperatuurvariatie) alvorens te kiezen voor verwarming via ventilatie.

Luchtverwarming verspreidt warmte door de ventilatiegroeb. Deze zal dus langer werken. Bovendien is het soms nodig om de ventilatiedebieten te vergroten in functie van het verwarmingsvermogen. Deze hogere debieten zijn enkel nodig wanneer er pieken zijn in de vraag naar verwarming en daarom is een variabele instelling van het debiet, of zelfs een mogelijkheid tot hercirculatie, aangewezen. Wordt de verwarming gegarandeerd via de lucht en functioneert de ventilatie op vraag, dan moet bij de debietinstelling voorrang verleend worden aan de verwarming. Het is dus belangrijk om veel aandacht te besteden aan de definiëring van de instelparameters en aan het evenwicht van het ventilatienetwerk.

2.2.2.3. Sanitair warm water

De vraag naar sanitair warm water varieert sterk in functie van de bestemming van het gebouw.

A. Kleine vraag naar SWW

Voor de gebouwen waar de vraag klein is (kantoren, handel), zal de voorkeur uitgaan naar een onmiddellijke productie van warm water. Zijn de verbruikspunten gegroepeerd binnen het gebouw (keuken, ruimte met douches), dan wordt bij voorkeur een productie met gasketel gebruikt. Wanneer de verbruikspunten verspreid zijn, dan zal de installatiekost bepalend zijn en kan een elektrische productie de voorkeur krijgen. Deze optie kan verdedigd worden ten opzichte van de alternatieven zoals circulatieleidingen of gedecentraliseerde (gas)geiser die leiden tot vrij aanzienlijke verliezen voor een beperkt verbruik. Een laag verbruik beperkt ook het belang van een hernieuwbare energieproductie, want de bijkomende investering is niet meer rendabel.

B. Grote vraag naar SWW

De situatie is anders voor gebouwen waar de vraag naar sanitair warm water groot is (huizen, appartementsgebouwen, hotels, sportcentra, voedingssector). Aangezien de verwarmingsbehoefte heel klein is in passieve constructies, neemt de vraag naar sanitair warm water een belangrijke post in, vaak zelfs belangrijker dan de verwarming.

Naast de maatregelen voor een beperking van de vraag (de douche vervangt het bad, mengkranen, enz.) en de beperking van het verlies via distributie (beperken van de lengte of sterk isoleren van de leidingen), is de keuze van een optimaal productiesysteem van essentieel belang. In traditionele gebouwen is de productie van warm water bijkomstig; voor een huis is de centrale verwarmingsketel vaak uitgerust met een warmtewisselaar die slechts een fractie van zijn totale vermogen gebruikt. Voor een passiefwoning kan de verhouding tussen de piekvermogens van de verwarming en de onmiddellijke productie van sanitair warm water gaan van 1 tot 8.



Een bijna-onmiddellijke productie – door opslag van een gedeelte van de nodige energie, gecombineerd met een bijkomende productie van warm water op het moment van het verbruik - is een goed compromis tussen kost (grootte van de waterverwarmer en het te installeren vermogen), energiebesparing (beperking van het verlies bij stilstand) en comfort (voldoende beschikbaar warm water). Het is belangrijk om de verbruikspunten bijeen te brengen, zodat de opslag van warmte en de productie gecentraliseerd kunnen worden, wat dan mogelijk maakt om het opslagverlies en het vermogen van de installatie te verminderen.

In appartementsgebouwen kan elk appartement uitgerust worden met een individuele distributieset (warmtewisselaar) die warm water en verwarming afneemt van een circulatieleiding. Ook in gebouwen waar de strijd tegen legionellabelangrijk is (rust- en verzorgingstehuizen, ziekenhuizen, sportcentra) zal het vaak noodzakelijk zijn om een circulatiecircuit te voorzien. Het is cruciaal om de lengte van dit circuit beperkt te houden en de leidingen te isoleren met isolatie van goede kwaliteit (ook voor de bevestigingspunten, kranen en accessoires).

Een gecentraliseerde productie van sanitair warm water zet de deur open voor hernieuwbare en doeltreffendere technologieën. Waterverwarmers op zonne-energie kunnen een belangrijk aandeel van warm water produceren: we kunnen een beroep doen op biomassa⁴⁴ of (micro-) warmtekrachtkoppeling overwegen. Grote behoeften en gecentraliseerde opslag- en productiecapaciteiten maken deze technologieën rendabel.



2.2.2.4. Oververhitting

Oververhitting is een grote en moeilijk te evalueren uitdaging voor de ontwerper. De ervaring met traditionele gebouwen moet als leidraad dienen. Verschillende oriëntaties vragen bijvoorbeeld om een verschillende regeling.

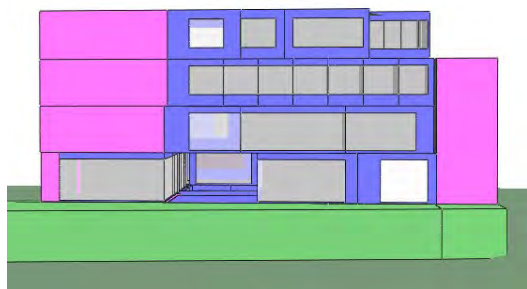
Het bioklimaat van de zomer moet systematisch onderzocht worden: zonweringen, thermische inertie, intensieve ventilatie, minimalisering van de interne warmtewinsten. Daarom is het noodzakelijk om de interne aanvoerzone per zone te analyseren. We moeten in eerste instantie de vrijkomende warmtevermogens beperken: zuinige verlichting, huishoudtoestellen van de beste energieklassen, doeltreffend kantoomateriaal.

Bovendien moet in elke zone het gewenste comfortniveau bepaald worden door als basis de norm NBN EN 15521 te gebruiken. De comfortgrenzen zullen sterk variëren in functie van de bestemming van het gebouw en zelfs van de ene tot de andere ruimte van hetzelfde gebouw (kantoor, sportzaal, ziekenhuiskamer, enz.) in functie van de activiteit die er wordt uitgevoerd en de kleding die de gebruikers dragen.

A. Dynamische simulaties

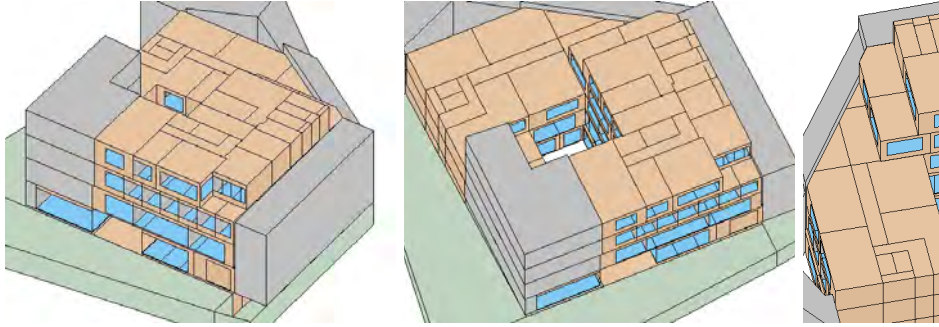
Een dynamische simulatie is de evaluatiemethode bij uitstek: voor een referentieklimaat kunnen de binnentemperaturen uur per uur berekend worden voor een volledig jaar. Aangezien deze waarden sterk beïnvloed worden door de basishypothesen, moeten de interne warmtewinsten en de systemen voor ventilatie, verwarming en koeling in detail ingesteld worden. Wanneer er onzekerheden blijven bestaan over bepaalde parameters, dan moet een berekeningsconventie toegepast worden of moet er uitgegaan worden van het nadeligste geval. Er kan ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd worden (bijvoorbeeld met betrekking tot de intensiteit en het uurrooster van de interne warmtewinsten) om de invloed van een problematische parameter te onderzoeken. Het is vooral belangrijk om een geschikte zone te simuleren: we moeten ons minstens baseren op het lokaal waarvoor de verhouding tussen de warmtebelasting (interne lasten en zonnepwinsten) en het grondoppervlak het hoogst is. Vaak gaat het om een kleine ruimte met veel glas en een zuidelijke of zuidwestelijke oriëntatie (hoekkantoor, leefruimte, enz.).

*Huis van Tewers-
telling | Elsene |
Gemeente Elsene
| architect: A2M*

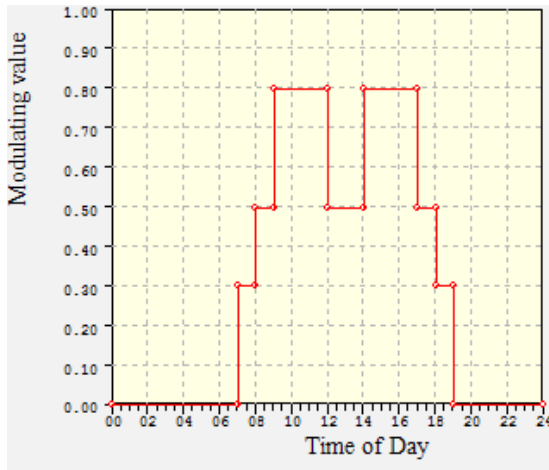


Dynamisch simulatiemodel (Bron CREA-TEC)



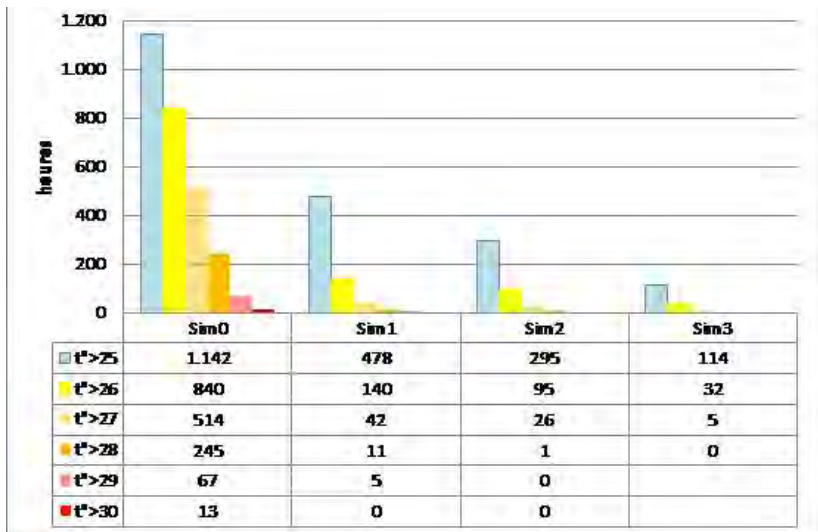


Bezinning Juni 9:00 12:00 15:00 18:00

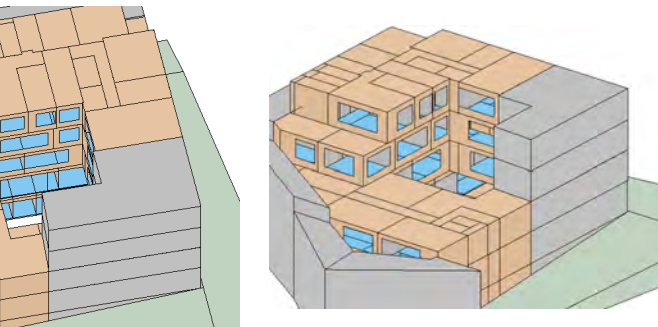


> 4.3
b. 313

Gebruiksprofiel van de kantoren



Resultaat van het comfort van een standaardverdieping: aantal uren boven 25 °C...



Voor kantoorgebouwen is de kleinste module (individueel kantoor) vaak bepalend. Geen rekening houden met de verdeling in lokalen en grotere zones simuleren (verdiepingen, volledig gebouw) heeft geen zin. De warmtebelasting wordt dan verdeeld over het volledige volume en suggereert een homogene verdeling van de resulterende temperatuur – wat in werkelijkheid zeker niet het geval is voor individuele kantoren. Een zone kan echter gesimuleerd worden als landschapskantoor als we de zekerheid hebben dat de gebruiker van het gebouw enkel deze configuratie beoogt.

B. Evaluatie van het comfort

De binnentemperaturen per uur die verkregen werden door simulatie kunnen geëvalueerd worden afgaand op de normen met betrekking tot het **thermische comfort**. Verschillende criteria kunnen worden opgelegd aan de temperaturen; in dit opzicht moeten we het idee laten varen van een temperatuur die binnen een heel korte interval perfect rond een voorafbepaalde comfortwaarde blijft schommelen, want dit is slechts relevant in bepaalde heel specifieke gevallen (laboratoria, operatiezalen). Een dergelijke benadering zou tot te grote technische installaties leiden.

Door het interpretatiegemak is de limiet van de overschrijdingsuren een vaak gebruikt criterium. We gaan hier uit van het principe dat de gebruikers van een gebouw temperaturen die lager of hoger liggen dan de comforttemperatuur kunnen verdragen als deze beperkt zijn in de tijd. Vaak worden waarden als 3% of 5% overschrijding op jaarbasis gebruikt⁴⁶.

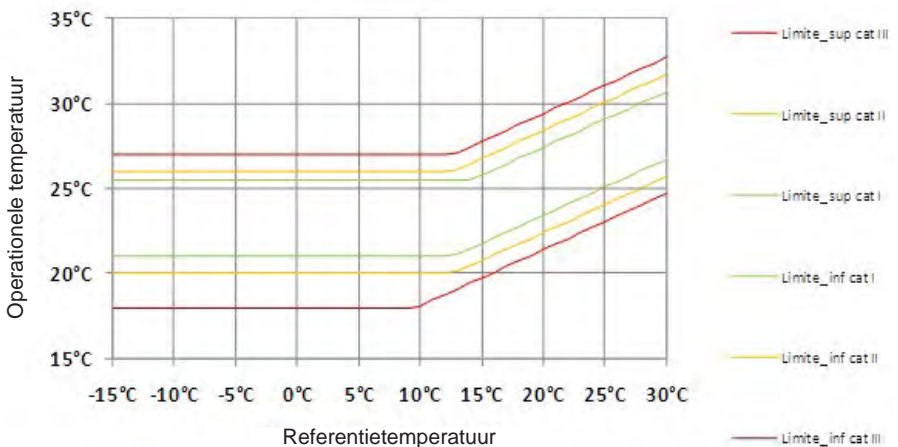
Vaak wordt een dubbele limiet opgelegd: 50% overschrijding van de temperatuurlimiet voor 90% tevreden mensen (in een huis of een kantoor is deze waarde ongeveer 25°C) en slechts 1% overschrijding van een temperatuurlimiet die door minder dan 80% van de gebruikers als aangenaam ervaren wordt (ongeveer 28°C). We kunnen de overschrijdingen ook afwegen op basis van de omvang van de variatie ten opzichte van de gewenste comforttemperatuur; we krijgen dan een gewogen overschrijdingsmethode voor de temperaturen, een criterium dat veel moeilijker gecommuniceerd kan worden.

Een groot nadeel van de eerder genoemde methodes is dat de limietwaarden altijd overeenstemmen met een referentieklimaat dat wordt gebruikt bij de simulatie. De reële klimaatomstandigheden variëren altijd van het ene tot het



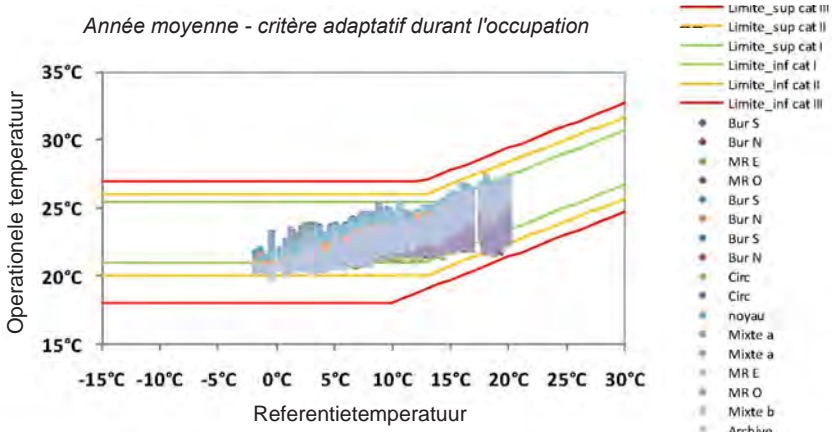
andere jaar en daarom is het onmogelijk om a posteriori te verifiëren of we de limiet van de overschrijdingsuren effectief kunnen respecteren.

Een andere benadering maakt dit echter mogelijk: de methode van de grenswaarden van de adaptieve temperaturen⁴⁷.

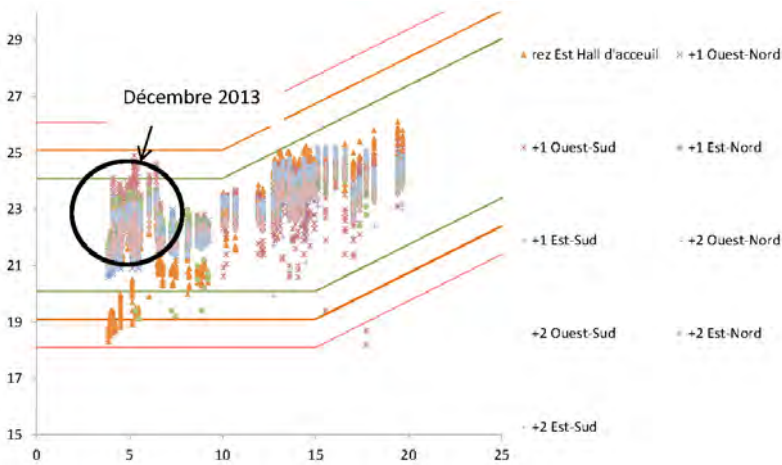


Gehaald uit "Thermisch comfort en temperatureisen binnen gebouwen"
 Comfortbereiken van de categorieën I tot III volgens de norm NBN EN 15251

Deze methode laat geen enkele overschrijding van de temperatuurgrenzen toe, maar past deze laatste aan aan een dynamisch gemiddelde van de buitentemperatuur. Deze methode baseert zich op studieresultaten waaruit blijkt dat de gebruikers van een gebouw zich aanpassen aan hogere buitentemperaturen door hun gedrag (aangepaste kleding, open ramen), door hun fysiologie (progressieve aanpassing van het lichaam) en ook psychologisch (perceptie, verwacht comfort), en dat stelt hen in staat om hogere temperaturen te aanvaarden dan de traditionele comforttheorie zou doen vermoeden. Dit effect wordt nog versterkt in gebouwen waar de gebruikers hun omgeving kunnen veranderen (ramen openen, thermische afstelling) en waar geen strikte kledingscode van toepassing is.



Voorbeeld van het resultaat van een dynamische simulatie die de temperaturen weergeeft per zone voor een standaardjaar



Voorbeeld van het resultaat van een monitoring van 8 zones van hetzelfde kantoorgebouw voor een periode van 4 maanden. De gemeten temperaturen worden vergeleken met de adaptieve comfortbereiken die door de norm NBN EN15251 worden bepaald

Indien bij het ontwerp geen enkele dynamische simulatie werd gemaakt, dan kunnen toch verschillende vereenvoudigde tools gebruikt worden om een risico op oververhitting te identificeren. Zo zijn er bijvoorbeeld de indicatoren van PHPP of EPB, die echter betrekking hebben op het volledige gebouw en dus niet in staat zijn om de risico's op oververhitting van individuele lokalen te identificeren. Er zijn verschillende vereenvoudigde simulatietools (zoals Alter-Clim⁴⁸) beschikbaar en die geven ons een idee zonder een gedetailleerde simulatie te maken. Voor elke tool is het belangrijk om altijd verschillende architecturale of geometrische parameters te simuleren (oriëntatie, beglazing, afdaken, zonweringen) om er de effecten van te evalueren. Indien het risico op oververhitting niet verdwijnt, dan moeten passieve koelingstechnieken overwogen worden.

C. Passieve koeling

We kunnen elke strategie die zich niet baseert op een traditionele koelcyclus (koelcyclus met compressie of absorptie) kwalificeren als een passieve koelingstechniek⁴⁹. "Passieve" producties van koude zijn enerzijds nachtventilatie, adiabatische koeling, ontvochtiging en aarde/luchtwisselaars die eerder gekoppeld zijn aan een ventilatieconcept, en anderzijds de free chilling via geothermische energie of oppervlaktewater en eventueel via een vochtige koeltoren.

Het is belangrijk dat we beseffen dat de hierboven vermelde strategieën steeds bijkomende energie zullen vereisen onder de vorm van een hoger verbruik door een ventilator of een circulator. Deze bijkomende energie wordt doorgaans niet opgenomen in de PHPP- of EPB-berekeningen, maar het blijft interessant om er al van bij het ontwerp een inschatting van te maken.

Andere koeltechnieken staan in principe los van het passiefontwerp en de gedetailleerde beschrijvingen kunnen elders geraadpleegd worden.

Intrinsiek is het vermogen van de passieve koeltechnieken eerder zwak. We zien dus vaak een combinatie van verschillende strategieën. We moeten ook goed begrijpen dat een koelingsinstallatie maar weinig zal werken in een passieve constructie – precies door de aanwezigheid van andere maatregelen, zoals zonweringen, thermische inertie en de beperking van de **interne warmtewinsten** – wat ervoor zorgt dat elke bijkomende investering moeilijker te rendabiliseren is. Een eenvoudige oplossing is dus vaak een

goede oplossing, zolang de normen met betrekking tot oververhitting gerespecteerd kunnen worden.



2.2.3. De inbedrijfstelling

2.2.3.1. Stand van zaken

De *inbedrijfstelling* van een gebouw is bedoeld om het te laten functioneren zoals voorzien door de ontwerpers. Welnu, zowel door de constructie als het gebruik verschilt het uiteindelijke gebouw bijna altijd van het oorspronkelijke project.

De praktijk van *inbedrijfstelling*⁶⁰ heeft het voorwerp uitgemaakt van een internationale studie, die van 2005 tot 2010 gefinancierd werd door het Internationaal Energieagentschap⁵¹ (IEA) en die een veertigtal partners samenbracht. De publicatie van de resultaten zou vele landen de kans moeten bieden om te evolueren in de richting van een betere formalisering en normalisering van het proces. Inbedrijfstelling staat al in het Referentiesysteem voor Duurzame gebouwen en in het **BREEAM-certificaat** en maakt het voorwerp uit van een specifiek aandachts- en quoteringspunt.

Voor de werken van het IEA beperkten de methodes zich tot de technische systemen en installaties en daarbij werden de geperfectioneerde systemen, of erger nog, de interacties tussen de onderdelen en de systemen, soms vergeten. Welnu, een geslaagd ontwerp van passieve gebouwen (of gebouwen in het algemeen) vereist een grote interactie tussen de bestanddelen en de belanghebbenden van het project, een “geïntegreerde interdisciplinariteit” van de opdracht van de ontwerpers⁵². Deze werken hebben het mogelijk gemaakt om de bestaande methodes en tools uit te breiden tot gebouwen met een laag verbruik, rekening houdend met de ontwerpgegevens en systemen die eigen zijn aan deze gebouwen.

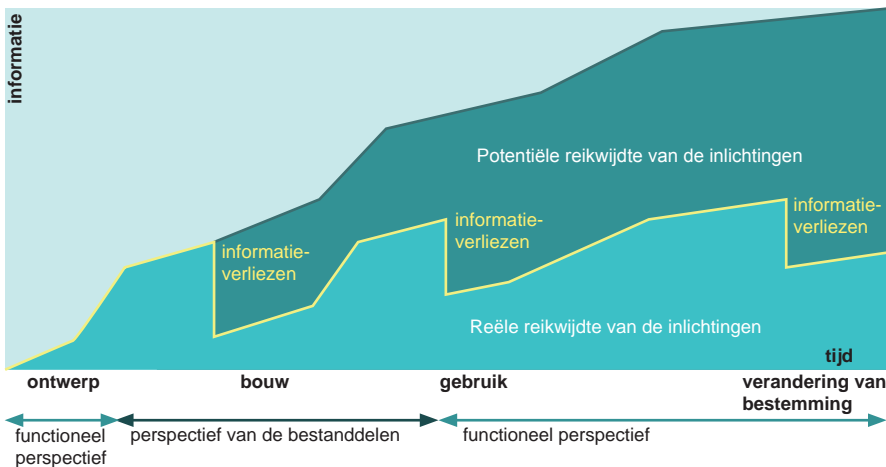
De praktijk van *inbedrijfstelling* staat weer op de agenda dankzij de opkomst van de passieve gebouwen. Dit heeft de ontwerpers erop gewezen dat hun projecten ook (en vooral!) bewoond en gebruikt worden na de oplevering. De passiefprojecten hebben een bijzondere aandacht gekregen, maar moeten vaak ook voldoen aan aanzienlijke verwachtingen wat betreft comfort, verbruik, milieuvoordelen, enz.

Het klopt dat een gebouw zonder *inbedrijfstelling* en dat niet fatsoenlijk onderhouden wordt, aanzienlijk meer verbruikt dan voorzien. Het biedt vaak een opmerkelijk middelmatige werk- of leefomgeving. Eens opgeleverd lijden

heel wat projecten ook onder een ongeschikte *inbedrijfstelling* door een gebrek aan duidelijkheid bij de toewijzing van de verantwoordelijkheden.

Hoewel ze maar zelden in staat zijn om de *inbedrijfstelling* te controleren, bevinden de professionals van het ontwerpteam zich in een ideale positie om eraan mee te werken en de kwaliteit van de informatie die de inbedrijfstelling relevant, robuust en doeltreffend maakt te verbeteren. Bij complexere projecten kan de aanwijzing van een "*inbedrijfstellingsagent*" een voordeel blijken om te garanderen dat de systemen goed samenwerken en daarbij nutteloze conflicten te vermijden die resulteren uit een slechte installatie en verkeerde regelingen.

Eens een gebouw in gebruik genomen is, maakt een regelmatige *inbedrijfstelling* het mogelijk om de werkingsparameters ervan te verfijnen om optimale gebruiksomstandigheden te kunnen bieden. Volgens de IEA zou de optimalisatie van de gebouwen op basis van hun reële gebruiks- en bezettingsparameters, in plaats van op basis van enkel de informatie die aan de ontwerper gegeven werd, het mogelijk maken om het energieverbruik met 5 tot 10% te verminderen.

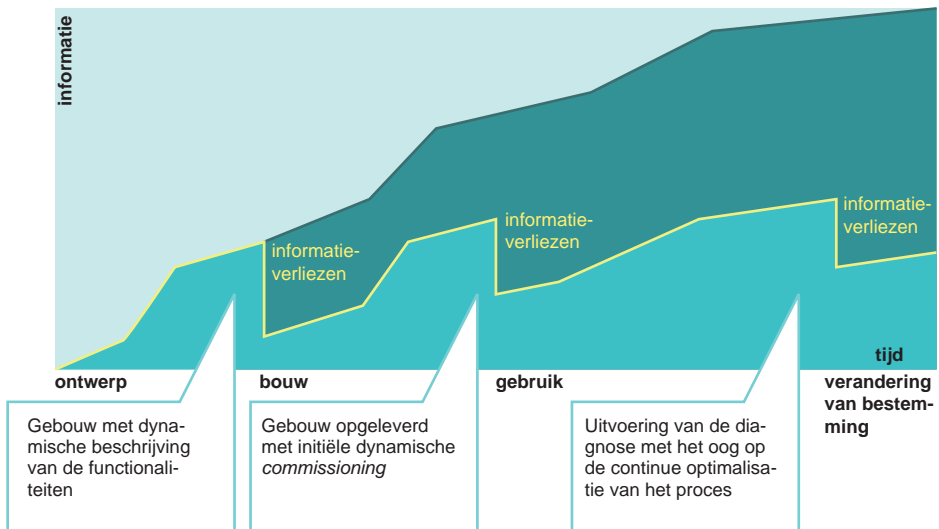


Schémas du processus de vie d'un projet (Source: Annexe 47 de l'AIE)

2.2.3.2. De informatie kapitaliseren

In een project leidt de opeenvolging van betrokken partijen vaak tot het verlies van kennis die belangrijk zou kunnen zijn voor latere activiteiten

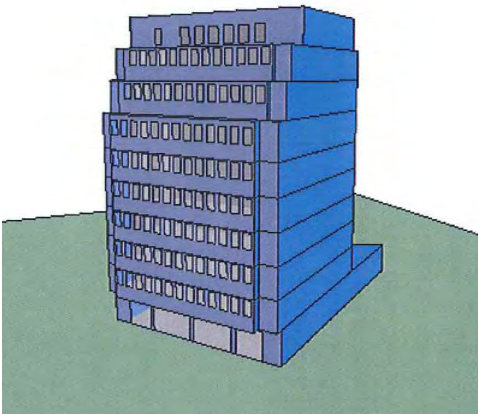
Daarom moet nadien vaak informatie gerecupereerd worden die verloren ging tijdens de levensloop van het project, in het bijzonder bij de overgang van de ene naar de andere fase. Hoeveel studiebureaus hebben al niet een dynamische simulatie gemaakt, die noodzakelijk was voor het certificaat van een tertiair passief gebouw, dat dan ergens onderin een lade terecht komt wanneer andere medewerkers het dossier overnemen om het uitvoeringsdossier op te stellen zonder dat ze weten dat er wel degelijk een dergelijke studie bestaat? Erger nog, soms maken ze de berekening opnieuw met het vereenvoudigde programma van een installateur: wat op de werf beschreven en geïnstalleerd heeft dan niets meer te maken met de hypothesen van de dynamische simulaties. En eens een dergelijk gebouw is opgeleverd, is het maar moeilijk te sturen, ...



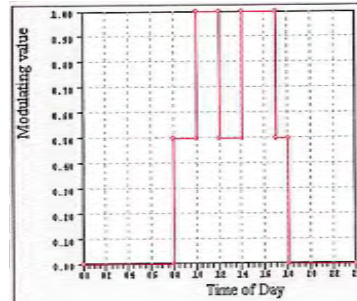
Schematische weergave van de problemen in de opvolging van een project zonder inbedrijfstelling

A. Een concreet geval: geen *inbedrijfstelling*

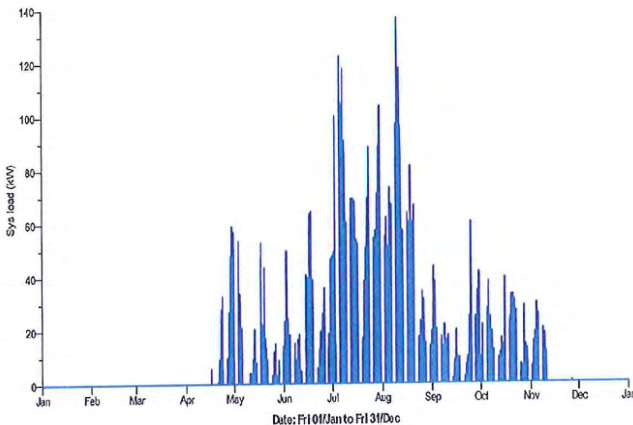
Het gaat om een kantoorgebouw van tien verdiepingen in Brussel, bedoeld voor vastgoedpromotie, dat gerenoveerd werd volgens de passiefstandaard en het BREEAM-label Very Good kreeg.



Dynamisch simulatiemodel (Bron: CES))

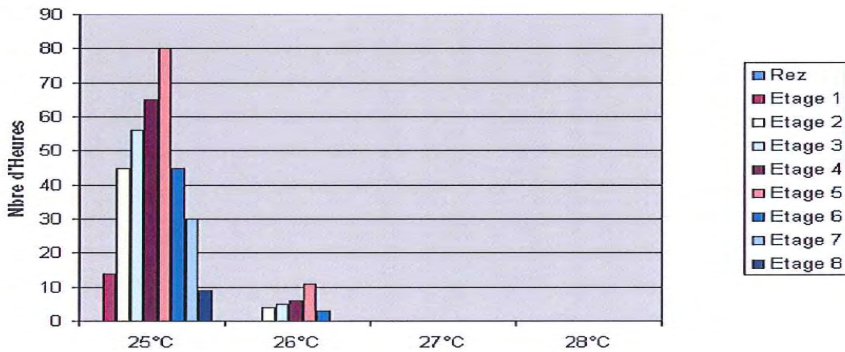


Gebruiksprofiel van de kantoren



Jaarlijkse spreiding van de koelingsbehoeften

Nbre d'heures de surchauffe façade avant



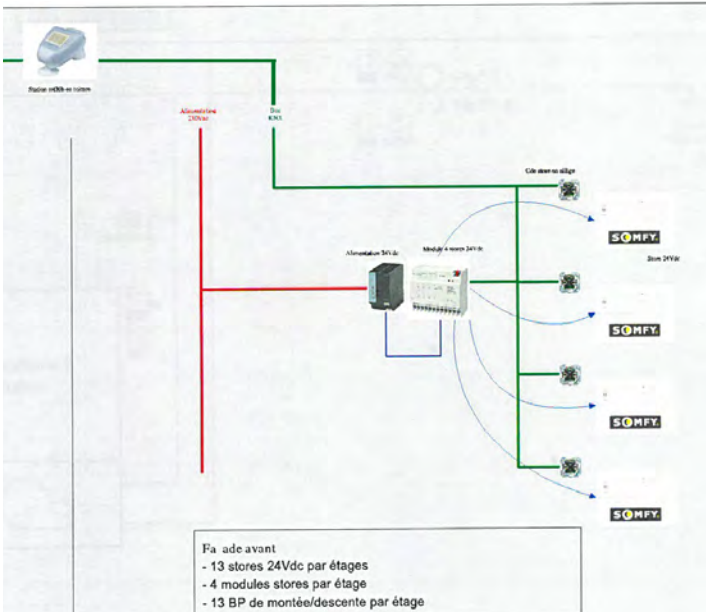
	Etages								
	Rez	1	2	3	4	5	6	7	8
Temp. sup à									
25°C	0	3	24	37	42	44	36	34	8
26°C	0	0	0	0	1	3	0	0	0
27°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Aantal uren oververhitting per jaar

Eens het uitvoeringsdossier klaar was, werd het verslag van de simulaties gewoon terzijde geschoven. Andere, meer "doorwinterde" betrokken partijen, hebben het dossier overgenomen voor de werffase en hebben in het lastenboek voor de speciale technieken een werkingmethode beschreven die volledig losstaat van de hypothesen die weerhouden werden voor de oorspronkelijke dynamische simulaties.

Zo wordt bijvoorbeeld het beheer van de zonweringen aan de voorgevel beschreven als gestuurd door een zonnensensor die de hele gevel controleert, d.w.z de 10 verdiepingen, terwijl de dynamische simulatie voorzag om de zonweringen verdieping per verdieping te besturen, ook rekening houdend met de interne omstandigheden. Het heeft immers geen zin om alle zonweringen van de gevel te laten zakken als enkel de bovenste verdieping zich in een situatie van oververhitting bevindt.

Het gebouw werd opgeleverd zonder inbedrijfstelling en daardoor is het niet gemakkelijk te beheren. Het onderhoudsbedrijf voert slechts basistaken uit en kan heel moeilijk de parameters van het GTB⁵³ aanpassen, die in werkelijkheid niet geïntegreerd werden in het ontwerp- en uitvoeringsproces.



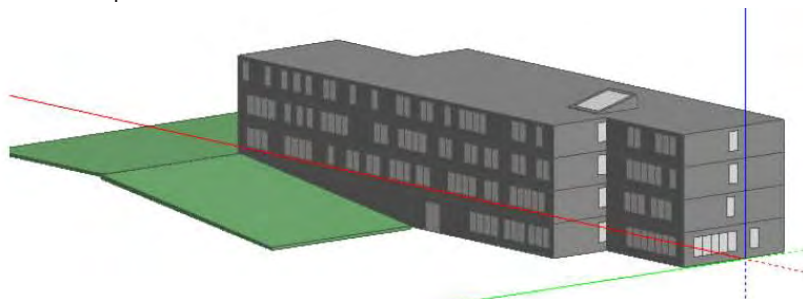
Het extract van het beheerschema van de zonweringen hierboven laat zien dat een zonnensensor de zonweringen per gevel stuurt. Er werd geen rekening gehouden met de toestand van de binnentemperaturen, verdieping per verdieping.

B. Een concreet geval: een "light" inbedrijfstelling

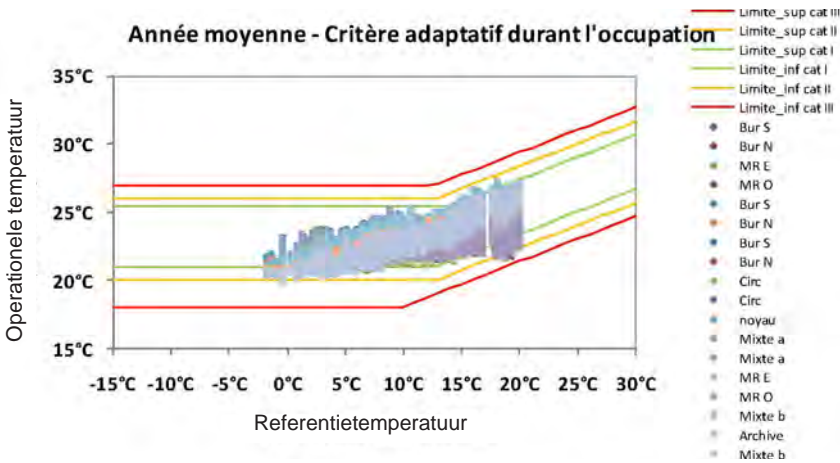
Het gaat om een passief kantoorgebouw met **BREEAM-label** *Very Good in Nijve*⁴.

De studie bureaus hebben de dynamische simulaties geïntegreerd in het lastenboek der werken. De opvolging van de installatie en de programmatie gebeurde op basis van deze parameters. Na enkele maanden van gebruik werden verschillende afwijkingen ten opzichte van de gesimuleerde resultaten vastgesteld. Over een periode van 4 maanden verhoogde de gebruiker de verwarmingsreferentie van 21°C tot 23°C⁵⁵. Dit heeft geleid tot een periode van finetuning na de oplevering waardoor de referenties lichtjes gecorrigeerd konden worden. De opvolging heeft ook andere relevante informatie aan het licht gebracht, zoals mogelijk verlies via het verwarmingsnetwerk, de waarschijnlijke panne van een van de naverwarmingsbatterijen, enz.

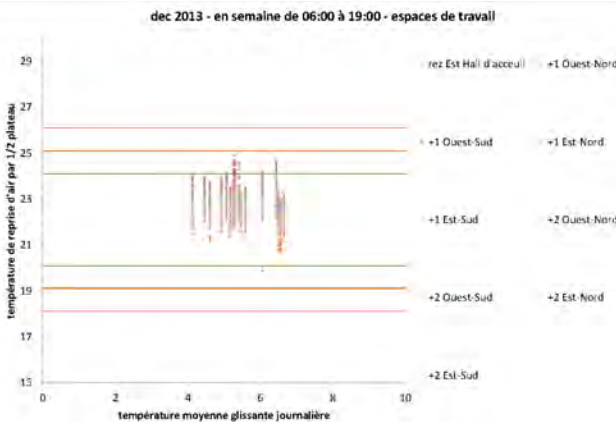
De ontwerpers blijven aanwezig gedurende deze periode, die 2 jaar kan duren. De overzichten en de feedback van de gebruikers worden regelmatig vergeleken met de simulaties en helpen het onderhoudsteam om het beheer van het gebouw nog nauwkeuriger af te stellen. Wanneer de gebruiker zijn gebruik van het gebouw aanzienlijk verandert, dan is het onderhoudsteam, dat al van bij het begin van het project betrokken is, in staat om het gedrag van het gebouw aan te passen. Deze *inbedrijfstelling*, ook al is het een "lichte" versie, toont aan dat een gebouw dat geoptimaliseerd wordt in functie van het reële gebruik en de werkelijke bezetting, de mogelijkheid biedt om tegemoet te komen aan de energiedoeltreffendheid en het comfort, zoals voorzien in het ontwerp.



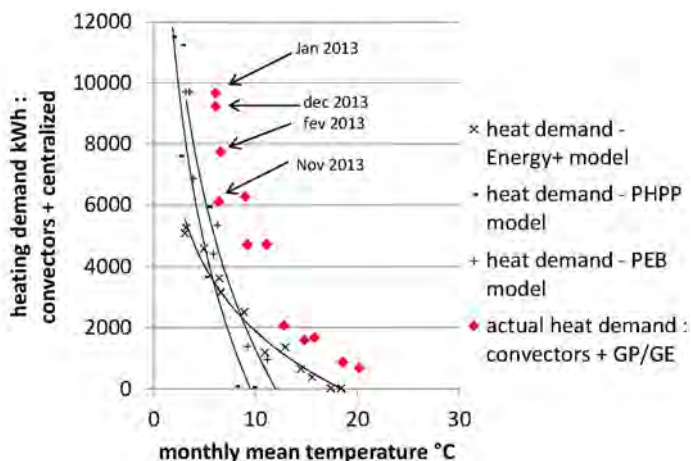
Dynamisch simulatiemodel (Bron: Matriciel et Architecture et Climat)



Gedrag van de zones voor de analyse van het comfort tijdens de zomer volgens EN 15 251. Resultaat van de dynamische simulatie (Bron: Architecture et Climat)



Overzicht van een maand door monitoring voor 9 werkzones. Men stelt vast dat het gebouw 'comfortabel' is volgens de bepalingen van NBN EN 15 251.



Dynamisch simulatiemodel, PHPP simulatie en monitoring warmtebehoefte (Bron: Architecture et Climat).

Over een periode van 4 maanden heeft de bewoner gevraagd om de instelwaarde voor de verwarming van 21 °C naar 23 °C te verhogen.

De specifieke warmtebehoefte die aanvankelijk door het PHPP voor 20 °C was berekend, bedraagt 10,9 kWh/m².jaar en 7,5 kWh/m².jaar met EnergyPlus (dynamische simulator).

Met een instelwaarde die naar 23 °C werd verhoogd, bracht de monitoring een lichte stijging van de specifieke warmtebehoefte aan het licht tussen 18,1 kWh/m².jaar en 19,1 kWh/m².jaar.

Als u deze instelwaarde in PHPP wijzigt, krijgt u... 18 kWh/m².jaar!

2.2.3.3. En daarna...

Het blijft verrassend dat de *inbedrijfstelling* opnieuw in vraag gesteld wordt en zelfs ronduit genegeerd wordt binnen de bouwsector, terwijl het toch wel een courante praktijk is binnen de industriële werktuigbouwkunde. Wanneer een machine geleverd wordt in de fabriek dan is de installateur verantwoordelijk voor de goede werking ervan. Bij projecten waar het proces fundamenteel is, overstijgt het engagement van de ontwerpers het engagement dat hen koppelt aan de opdrachtgever tot en met de definitieve oplevering van het werk. Vaak wordt geen rekening gehouden met deze belangen of worden ze enkel op een "curatieve" manier geïnterpreteerd wanneer er zich een probleem voordoet. Indien de opdracht van de ontwerpers niet noodzakelijk afliep bij de oplevering van de werken, maar hun verantwoordelijkheid uitbreidde tot de correcte werking van het gebouw, zou het verstandig zijn een bijkomend honorarium te voorzien of hun ventilatie opnieuw aan te passen in functie van de fases van de opdracht.

Zo maakt deze evolutie de ontwerpers wat verantwoordelijker. Aan de hand van *inbedrijfstelling* kan dit proces gestructureerd worden. Het gaat er voor de ontwerpers dan om om te kunnen anticiperen op het feit dat een deel van hun opdracht voortaan zal bestaan uit "ondersteuning" tijdens de "fase na de werken" of "na de oplevering" van het gebouw,





Woningen Dubrucqstraat | Sint-
Jans-Molenbeek | Gemeete
Sint-Jans-Molenbeek | archi-
tect : B-architecten

2.3. Structurele stabiliteit

Benoit Meersseman

2.3.1. Nieuwbouw

De passieve architectuur omvat een volledige en absolute scheiding van de structuur en de gebouwschil. Deze splitsing brengt bijna allespecifieke, structurele moeilijkheden samen.

2.3.1.1. Funderingen

A. Diepe funderingen

Deze worden gebruikt wanneer de ondergrond een heel laag dragend vermogen heeft of wanneer de lasten groot en geconcentreerd zijn. Het is heel moeilijk, zelfs onmogelijk, om de structuren die erop gaan steunen los te maken van deze funderingen. Het contact moet blijven bestaan tussen de blokken op de palen en de palen, en ook tussen de evenwichtsbalken en de blokken. Het is dus niet mogelijk om op die plaats een thermische onderbreking toe te voegen. De onderbreking moet erboven verwezenlijkt worden, tussen de draagvloer en de chape. De inspanningen moeten dus geleverd worden aan de voet van de draagstructuur..

B. De funderingsplaten

De logica ervan vertrekt van het omgekeerde principe: de lasten worden verdeeld over de volledige oppervlakte van het gebouw. Ze worden gebruikt wanneer de ondergrond een toereikend draagvermogen vertoont, wanneer de lasten van de structuur verspreid zijn en het risico op zetting onder controle gehouden kan worden. Het loskoppelen van de “binnenkant” en de “buitenkant” kan gebeuren onder of boven de funderingsplaat.

Om langs de onderkant te kunnen isoleren moet ervoor gezorgd worden dat de gebruikte isolatie een toelaatbaar compressiepercentage heeft dat groter is dan dat van de bodem onder het vlak van de funderingsplaat. Bovendien moet de funderingsplaat absoluut stabiel zijn in de tijd, ongevoelig voor vocht en bestand tegen knaagdieren – de verandering van de fysieke eigenschappen zou leiden tot een groot risico op verdichting, een progressieve verzakking en barsten in het gebouw. Het is dus absoluut noodzakelijk om van de fabrikant van de isolatie een totale garantie te krijgen over dit punt. En als we ten slotte isoleren langs de onderkant van de funderingsplaat, dan moeten

ook de perifere vorstbalken geïsoleerd worden

Besluiten we om te isoleren tussen de dekvloer en de funderingsplaat, dan moeten de inspanningen, net als eerder, geleverd worden aan de voet van de dragende structuren.

C. Geïsoleerde funderingen

Wanneer de ondergrond een goed dragend vermogen vertoont of wanneer de lasten laag en goed verdeeld zijn, dan gebruiken we een systeem van geïsoleerde zolen of strookfunderingen. De vereisten en oplossingen zijn dezelfde als voor de funderingsplaat.

2.3.1.2. De voet van een dragende structuur

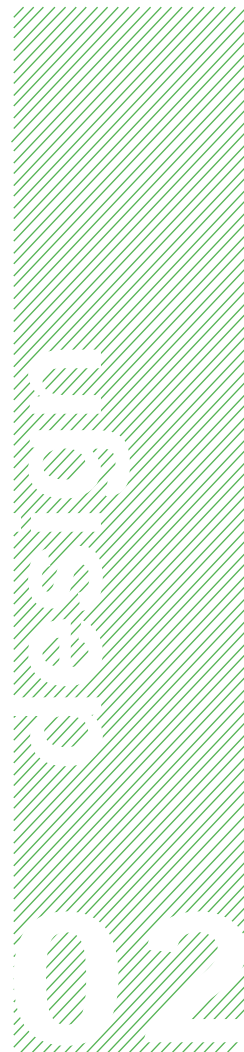
Dragende structuren bovenop funderingen kunnen lineair (muren, panelen) of puntvormig (kolommen) zijn. Wanneer een vloerisolatie bovenop de draagvloer aangebracht wordt, dan moeten de dragende structuren hun lasten doorgeven aan het funderingssysteem en tegelijk een ont koppeling mogelijk maken die de thermische onderbreking garandeert. Er moeten dus specifieke elementen toegepast worden.

A. Ontkoppeling onderkant muren en panelen

De lineaire lasten worden traditioneel ontkoppeld van de funderingen door de tussenplaatsing van een isolerend materiaal. Er worden drie materiaalcategorieën gebruikt: cellenbeton, cellenglas en speciale producten⁵⁶.

Cellenbeton moet met grote voorzichtigheid gebruikt worden en is voorbehouden voor de gevallen waar de lasten klein en perfect verdeeld zijn (bv woningen). De drukweerstand van cellenbeton is vrij klein en het kan geen enkele puntlast ondersteunen.

Voor zwaardere lasten gebruiken we cellenglas. Voor het gebruik moeten we aan de hand van een gedetailleerde analyse van de lasten nagaan of de drukweerstand van de isolatie compatibel is met de op te vangen lasten. Bij de uitvoeringen moeten we heel goed nagaan of de gebruikte isolatie wel degelijk beschikt over de kenmerken die tijdens de studie werden bepaald.



Worden de lasten te zwaar of te geconcentreerd, dan is de drukweerstand van de klassieke isolatie ontoereikend. Daarvoor werden composietproducten op de markt gebracht die kleine cilindervormige of parallellepipedumvormige betonnen elementen met een heel hoge weerstand en een stijve isolatie koppelen terwijl de overdracht van de lasten verzekerd wordt door het beton. Hoewel deze materialen heel interessante mechanische kenmerken vertonen, leiden ze tot aanzienlijke lastenconcentraties haaks op de betonelementen. Deze isolerende blokken moeten dus geplaatst worden op de betonnen vloerplaat of op een vol element dat bestand is tegen deze lastenconcentratie. Hetzelfde geldt voor de elementen die rusten op deze isolerende blokken. Gaat het om metselwerk, dan moeten de eerste lagen dus verplicht verwezenlijkt worden in volle blokken.

Zijn de muren of de panelen ontkoppeld van het funderingssysteem en onderworpen aan horizontale stuwkrachten (zoals bijvoorbeeld in het geval van keermuren), dan is het onontbeerlijk om verankeringen te plaatsen doorheen het isolerende element. Het aantal en de diameter van de verankeringen moeten bepaald worden door een studie bureau.

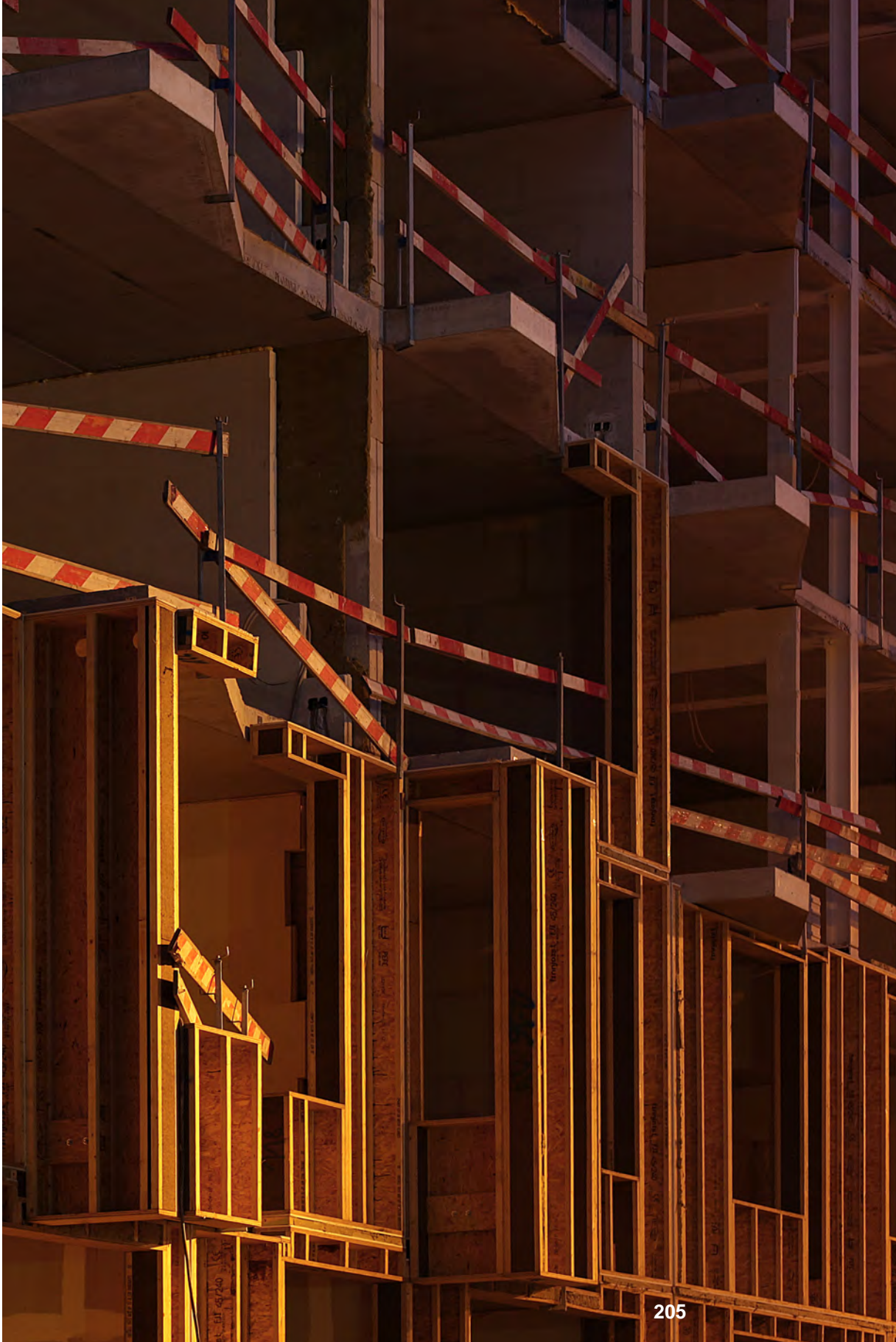
B. Ontkoppeling van de kolomvoeten

Omdat kolommen absoluut aangepakt moeten worden onderaan en de lasten er enorm geconcentreerd zijn, is het onmogelijk om ze volledig te ontkoppelen van het funderingssysteem. Sommige fabrikanten ontwikkelen op dit moment ontkoppelingssystemen die qua principe lijken op de thermische onderbrekingen die gebruikt worden voor balkons. Ze zijn beschikbaar voor verschillende types van kolommen (beton, staal), maar ze zijn nog experimenteel en dus zeldzaam.

2.3.1.3. Stabiliteitsvereisten gekoppeld aan de verschillende bouwmethodes

België kent op dit moment minstens drie verschillende bouwmethodes:

- de zware constructie (metselwerk, betonnen panelen, balken en kolommen) met zware bekleding;
- de zware constructie (idem) met lichte bekleding (pleister op isolatie of beplating);



- de lichte constructie (met dragende wand of geraamte), doorgaans met een lichte bekleding (pleister op isolatie of beplating) of zware bekleding (bakstenen).

Deze heel verschillende bouwmethodes moeten echter tegemoetkomen aan gelijkaardige vragen waarvoor in elke methode specifieke oplossingen worden geboden.

Elk geïsoleerd gebouw (of deel van een gebouw) moet zelfdragend zijn en bestand zijn tegen wind. Wanneer twee gebouwdelen ontkoppeld moeten worden, bijvoorbeeld om van een geïsoleerd volume over te gaan naar een niet-geïsoleerd volume, dan moet men erop letten dat elk deel perfect onafhankelijk kan functioneren. Dit kan leiden tot de ontubbeling van bepaalde structuren, de plaatsing van bijkomende windverbanden of het aanbrengen van verankeringen om de verschillende delen van het gebouw te verbinden doorheen de aanwezige thermische onderbreking.

Elk element dat aan de gevel moet worden vastgemaakt, moet grondig bestudeerd worden:

- we moeten vermijden om zware elementen te bevestigen op een lichte structuur of kwetsbare elementen op een soepele structuur. Deze voorzorgsmaatregel, die moet worden genomen op het moment van het ontwerp van het project, voorkomt problemen van overdreven vervorming en dus barsten.
- De verankeringen die bevestigd moeten worden in de dragende structuren moeten altijd aangepast zijn aan deze structuur: chemische verankeringen in betonnen structuren en in volle elementen, zeeferankeringen in hol metselwerk, verankeringen met bouten of houtschroeven in lichte structuren. Er moet bijzondere aandacht besteed worden aan verankeringen in lichte structuren die bestaan uit balken van het type STEICO of TJI, want het is gevaarlijk om verankeringen te bevestigen in de koppen van deze balken. De voorschriften van de fabrikant moeten nauwgezet nageleefd worden.
- Het raamkader, doorgaans bij passieve architectuur uitgerust met driedubbele beglazing, wordt heel zwaar. Het verankeringssysteem moet dan ook bestudeerd worden. Het gewicht moet meegerekend worden in de analyse van de belasting en de afmetingen van de structuurelementen moeten daarbij aansluiten.

- Verankeringsystemen voor zware gevelafwerkingen (traditioneel geprefabriceerde hoekijzers) moeten opnieuw bekeken worden: de isolatiedikte die we moeten gebruiken is zodanig dat de standaard systemen niet meer voldoende zijn.
- Balkons moeten voorzien zijn van verankeringen met thermische onderbreking. Ze worden vrij vaak gebruikt in geval van zware structuren, maar ze zijn zeldzaam en duur voor lichte structuren. Aannemers hebben maar weinig ervaring met de uitvoering ervan. Dit type element moet dus een uitzondering blijven en met de nodige voorzichtigheid voorgeschreven worden.
- Luifels, buitentrappen en alle andere elementen die tegen de gevels bevestigd moeten worden, moeten verankerd worden in de dragende structuren, d.w.z. doorheen de isolatie. Ze mogen in geen geval bevestigd worden in de bekledingen of beplatingen. Er moeten dus wachtconsoles geplaatst worden vóór de isolatie en uiteraard vóór de bekleding, de pleisterlaag of de beplating.
- Voorziet het project een plat dak met dakranden die niet worden geïsoleerd, dan moeten de dakranden ontkoppeld worden van de dakstructuur. De dakranden moeten echter horizontale krachten kunnen opvangen (rol van borstwering); daarom is het noodzakelijk om een dubbele rij verankeringen te voorzien doorheen de ontkoppelingisolatie.
- Worden er thermische of fotovoltaïsche zonnepanelen op het dak geplaatst, dan moeten ze bestand zijn tegen de kracht van de wind. Ze moeten dus voorzien zijn van horizontale blokkeringssystemen en verticale verankeringen. De detailtekening van deze blokkeringen en verankeringen moet zorgvuldig bestudeerd worden om de continuïteit van de isolatie niet te doorbreken en om de dichtheid van het dak niet in het gedrang te brengen.

2.3.1.4. Verplichtingen met betrekking tot de omgeving

Wanneer het project aansluit op een ander gebouw en de afbraak van een bestaand gebouw vereist, dan moet de stabiliteit van de aangrenzende muur gegarandeerd blijven. Tijdens de werffase vormt dit punt zelden een probleem aangezien er tijdelijke elementen – zoals stempels, stutten of





schoren – geplaatst kunnen worden. In de nieuwe situatie zijn het doorgaans de vloeren van het nieuwe gebouw die de aangrenzende muur blokkeren. Indien het nieuwe gebouw om thermische redenen ontkoppeld moet worden van dit aangrenzende gebouw, dan moeten de nodige maatregelen genomen worden om de stabiliteit ervan te garanderen. De isolatie loodrecht op de vloeren vervangen door een gelijkde niet-samendrukbare isolatie kan een oplossing zijn. We moeten er echter voor zorgen dat de toegelaten samendrukbaarheidspercentages van de isolatie toereikend zijn en dat deze isolatie loodrecht op de vloer blijft zitten en niet wegglijdt, want dat kan alle doeltreffendheid ervan teniet doen.

De punten die hierboven ontwikkeld werden omvatten de essentie van de zorgen van een studiebureau wanneer het te maken krijgt met de constructie van een nieuw passief gebouw. Toch kunnen door een of andere specifieke eigenschap van het project nog andere vragen rijzen. Voor sommige vragen kan misschien geen oplossing gevonden worden zonder een soms radicale verandering aan het project of zonder een grote budgettaire impact. Om een dergelijk type project tot een goed einde te brengen lijkt het aangewezen om een studiebureau ter hand te nemen van bij de uitwerking van het voorproject.

2.3.2. Renovatie

De vraag naar de noodzakelijke ont koppeling tussen structuur en gebouwschil brengt een heel specifieke gevoeligheid naar boven bij een renovatie. Bestaande gebouwen werden immers zelden ontworpen met het oog op een energiedoel treffendheid. Als het gebouw volledig geïsoleerd kan worden langs de buitenkant, dan kunnen de meeste koudebruggen snel verholpen worden. Enkel de kwestie van de funderingen kan wat ingewikkelder zijn.

Blijkt het onmogelijk om het gebouw volledig te isoleren langs de buitenkant, dan rijzen heel wat vragen. Binnenisolatie is dan zo goed als onvermijdelijk en het oplossen van de koudebruggen wordt een fundamentele uitdaging van het project.

Het is niet mogelijk om hier alle vragen die kunnen rijzen te bespreken en het detail van elke te bestuderen aansluiting te bekijken. Elk geval is immers



speciaal en vereist een eigen onderzoek. We kunnen echter wel een aantal basisprincipes behandelen. De bedoeling van wat nu volgt is te laten zien hoe moeilijk een dergelijke onderneming is en duidelijk te maken dat er grote voorzichtigheid aan de dag gelegd moet worden bij de aanvang van een dergelijk project. De aanwezigheid van alle spelers (opdrachtgever, architect, bureau speciale technieken en stabiliteitsbureau) rond de tafel is noodzakelijk om dit soort renovaties tot een goed einde te brengen.

2.3.2.1. De controle van het funderingssysteem

Het bestaande funderingssysteem moet het voorwerp uitmaken van een heel specifiek onderzoek: enerzijds omdat de spanningen die van toepassing zijn op dit systeem fundamenteel zouden kunnen veranderen (bijvoorbeeld door de ontdebbling van de structuur langs de gevels) en anderzijds omdat het soms noodzakelijk is om het niveau van de bestaande vloeren te laten zakken om een ondergrondse isolatie te integreren.

Er moet een volledig overzicht van deze funderingen gemaakt worden: afmetingen, diepte en aard. Eens dit overzicht gemaakt is, kunnen we de nieuwe lastenverdeling toepassen en bepalen welke eventuele verstevigingen toegevoegd moeten worden. In functie van de vermelde dieptes kunnen we ook de eventuele nodige beschoeiingswerken definiëren voor zover deze haalbaar zijn.

2.3.2.2. De controle van de bestaande structuren.

Eens het project gedefinieerd is moet een gedetailleerde lastenspreiding die overeenstemt met de nieuwe situatie opgesteld worden waaraan alle bestaande structuren moeten afgetoetst worden. De dakstructuren moeten het voorwerp uitmaken van een bijzonder nauwgezet onderzoek, want de lasten die erop toegepast worden bij de renovatie zijn sowieso groter: isolatie, afwerkingen, ramen met driedubbele beglazing en vooral eventuele zonnepanelen of fotovoltaïsche panelen. De hierboven **vermelde voorzorgsmaatregelen** voor nieuwbouw zijn uiteraard ook van toepassing.

2.3.2.3. De onderbreking van de koudebruggen door versnijding van de vloeren en draagmuren

Om de continuïteit van de isolatie te garanderen, kan het interessant zijn om, wanneer deze isolatie langs de binnenkant geplaatst wordt, de gevel volledig te ontkoppelen van de binnenstructuren (vloeren en draagmuren). Deze ontkoppeling heeft echter heel wat gevolgen.

De stabiliteit van de gevel op zich moet gegarandeerd worden: de gevel moet doorheen de nieuwe isolatie verankerd worden in de dragende structuren. Het type verankering hangt af van het type structuur waaraan deze zal worden bevestigd:

- wordt de verankering bevestigd aan een betonnen structuur (kolommen, balken, een prefab vloerplaat of ter plaatse gegoten vloer), dan moet het gaan om een chemische verankering. Is het beton heel oud of in slechte staat dan is het aangewezen om trekproeven uit te voeren om de treksterkte van de verankering te kennen. In functie van de resultaten kunnen het aantal, de diameter en de inplanting van de verankeringen bepaald worden door een studie bureau.
- Wordt de verankering bevestigd in betonwelfsels, dan is het aangewezen om over te gaan tot een gedeeltelijke wegkapping van de kanaalplaten loodrecht op de verankeringen om er uitsparingen te maken. In deze uitsparingen worden de verankeringsstaven geplaatst, die vervolgens gebetonneerd worden. We moeten ervoor zorgen dat de kanaalplaten onderling verbonden zijn met een gewapende druklaag om te kunnen functioneren als een stijf geheel.
- Wordt de verankering bevestigd in vloeren met potten en balken, dan is het noodzakelijk om een deel van de potten loodrecht op de verankeringen weg te kappen om er uitsparingen te maken en zoals hierboven tewerk te gaan.
- Wordt de verankering bevestigd in houten vloeren, dan gebeurt de hechting doorheen het gevelmetselwerk met spreidingsplaten langs de buitenkant en mechanische bevestigingen op de vloerbalken. Dit type hechting moet gepaard gaan met een controle van de vloer om te kunnen garanderen dat deze voldoende stijf is om te functioneren als een geheel.



- Wordt de verankering bevestigd in metselwerk, dan moeten trekproeven uitgevoerd worden om de treksterkte te kennen van de verankering. Het oude metselwerk werd immers heel vaak gemetst met kalkmortel of bastaardmortel, dat heel zwakke mechanische eigenschappen heeft. In functie van de resultaten kunnen het aantal, de diameter en de inplanting van de verankeringen bepaald worden door een studie bureau.

Alle verankeringen, ongeacht het type, moeten zodanig bevestigd worden dat ze slechts functioneren bij trek en nooit bij buiging. Ze moeten dus perfect vastgeklemd zitten tussen de structuren die moeten worden vastgezet. Bij oude gebouwen gebeurt het vaak dat de gevels de vloeren dragen en de ontkoppeling ervan verplicht om een nieuwe structuur te plaatsen om de gevel te ontdebelen. Om eventuele zettingsproblemen te voorkomen moet deze nieuwe structuur zodanig ontworpen worden dat de lastenspreiding in de fundering het oorspronkelijke zo dicht mogelijk benadert. Is dit onmogelijk, dan moet een nieuw funderingssysteem ontworpen en geplaatst worden.

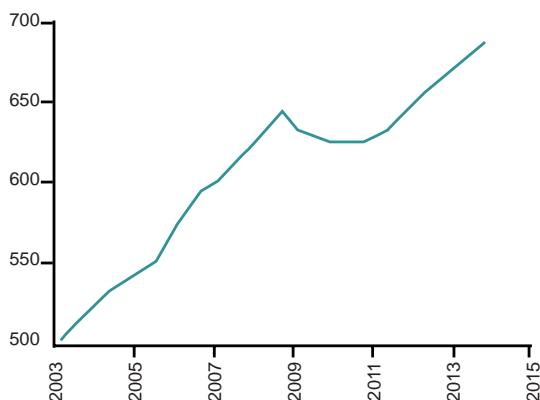
De gevels van oude gebouwen droegen heel vaak bij tot de algemene windweerstand van het gebouw. De ontkoppeling van de gevels vereist een volledig nieuw onderzoek van de windverbanden en de eventuele plaatsing van een nieuw onafhankelijk systeem.



2.4. Besparingen en kostenbeheer

Bernard Deprez

De constructiekost baart zorgen, zeker omdat kostprijzen moeilijk te voorspellen zijn. Sinds 1975 werd de gemiddelde verkoopprijs van een woning met meer dan 10 vermenigvuldigd terwijl dit voor het algemene prijsniveau met 3,5⁵⁷ was. Tussen 2004 en 2013 is de index van de constructiekost met 33% gestegen in Frankrijk en met 25% in België⁵⁹.



De sector kende een grote kostenstijging van bepaalde materialen en energie⁶⁰, om nog maar te zwijgen over de index van de grondprijs en de langzame verwerking van de stedenbouwkundige dossiers. Anderzijds draagt de verbetering van de energetische, gezondheids- en akoestische kwaliteit van de gebouwen ook bij tot deze toename.

Het kostenconcept op zich is complex: de “echte” prijs hangt niet alleen af van de constructie, maar ook van haar werking doorheen de jaren. Dit doet nadenken over de globale kost gedurende de levenscyclus van het gebouw en maakt het mogelijk de pure verliesposten te onderscheiden van de posten die besparingen (vooral energiebesparingen) en gebruiksvoordelen met zich meebrengen.

Aangezien een wetenschappelijke terreinstudie voor dit onderwerp niet bestaat, heeft **be.passive** verschillende artikels gewijd aan de kostenlogica's van duurzame projecten: een Amerikaanse peiling naar de financiële en niet-financiële voordelen van duurzame gebouwen, de benadering van het

Centrum Duurzaam Bouwen over de terugverdientijd en van Test-Aankoop over de financiering van passiefbouw door de energiebesparingen (waarmee sommige banken rekening beginnen te houden), het zelfde principieel model van de promotor Urbani, maar aangepast voor huurders⁶¹, enz.

Ook over de besparingen van passiefbouw wordt gedebatteerd. Heel wat verwezenlijkingen tonen aan dat het mogelijk is om passieve gebouwen te bouwen tegen een hogere of lagere prijs dan die van de standaardmarkt. Bovendien blijkt uit de traditionele besparingstools dat de passiefbouw nog niet het *kostenoptimum* is en ze roepen op tot geduld.

Dat is niet echt een verrassing: passiefbouw is een opkomende praktijk. Maar deze voorzichtigheid leidt tot de verwaarlozing van een fundamenteel bouwkenmerk: als de energiecompetentie van de projecten die vandaag ontwikkeld worden de klimaat- en energieagenda negeert – dat betekent eigenlijk als het er niet in slaagt om het “bijna-nulniveau” of nZEB⁶² te bereiken -, dan kan het nadien waarschijnlijk enkel nog tegen hoge kosten verbeterd worden of zal het tot de afbraak van het gebouw leiden. De energietransitie die begonnen is maant aan om halve maatregelen te vermijden. We stellen geen algemene regel voor (elk project heeft zijn eigen specifieke kenmerken), maar dit hoofdstuk biedt enkele denkpistes met betrekking tot budgetbeheer.

2.4.1. Kosten-optimaal of onherroepelijkheid ?

Door de doelstelling van nZEB vast te leggen wist de EU dat ze de bouwsector zou wakker schudden. Door de lidstaten hun eigen eisenniveau te laten definiëren, verplichtte ze er zo toe om na te gaan of deze eisen tot een geactualiseerde globale kost leiden die aansluit bij het economisch optimum voor de levenscyclus van het gebouw (30 jaar).

Waarover gaat het? Als we uitgaan van bepaalde hypothesen over verschillende financiële indicatoren (inflatie, discontopercentage, energiekost, enz., exclusief premies) en bouwkosten, dan identificeert de optimumberekening de keuzes die theoretisch het meest rendabel zijn op energetisch en financieel vlak. De investeringskosten, belastingen en onderhoudskosten worden globaal in rekening gebracht voor verschillende types van gebouwen die representatief zijn voor de vastgoedmarkt. Deze onderzoeken zijn dus algemeen en worden tegelijk bepaald door veronderstellingen (onzekerheden) en berekeningstools (foutenmarge).



De methode identificeert uit alle mogelijke configuraties diegenen die de “optimale” kost benaderen. Alle bouwonderdelen of -technieken die mee de energiebalans bepalen, hebben op een systematische manier een invloed op de globale prestatie: enkel deze kan geoptimaliseerd worden. Bij hetzelfde optimum komen dus heel wat technische combinaties voor.

In Brussel-Hoofdstad werden deze onderzoeken gevoerd in 2007, 2008 en 2013, op basis van 4 typologieën (eengezinswoning, collectieve woning, school, kantoor) en verschillende technische configuraties. Door gebruik te maken van de EPB-berekeningsmethode is uit het recentste onderzoek van 2013 gebleken dat de eenvoudige terugverdientijd van het kostenoptimum altijd meer dan 20 jaar⁶³ bedraagt en dat het verschil kleiner blijft dan 15% tussen het kostenoptimum, de EPB-eisen van 2012 en die van 2015⁶⁴.

Laten we echter het volgende onthouden: indien de EPB 2012 *vandaag* overeenstemt met het kostenoptimum, was dat niet het geval in 2007. De prijzen zijn gedaald, want de markt past zich aan. De kans is groot dat de passiefbouw het kostenoptimum zal benaderen naarmate de nZEB-eisen dichter in de buurt komen, ...

Deze economische benadering zet ontwerpers er vaak toe aan te wachten op het volgende kostenoptimum, zoals we wachten op de volgende trein. Hoewel deze benadering haar sporen al verdiende binnen de industrie⁶⁵, verdeelt ze de economen wanneer ze toegepast wordt op gebouwen: gebouwen hebben immers een veel langere levensduur dan consumptiegoederen en moeten dus kunnen evolueren. De benadering met het kostenoptimum zou kunnen leiden tot de productie van gebouwen waar, door vandaag te willen komen tot een optimum, elke verbetering naderhand misschien niet meer rendabel is. Een actueel kostenoptimum zou het gebouw dan vastzetten in een energieconfiguratie zonder toekomst. Dit *lock-in*-fenomeen komt vaak voor en voedt waardevermindering van het vastgoed.

Het is niet alleen een cijferoorlog, maar ook een methodologisch debat. De benadering via het kostenoptimum leidt tot een slechte en verkeerde beslissing⁶⁶ want ze negeert twee fundamentele termen: de onzekerheid van de toekomst versus de onherroepelijkheid van de bouwhandeling. Voor economieprofessor Aviel Verbruggen (Antwerpen) heeft dit onherroepelijke karakter voornamelijk betrekking op de definitie van de energiecompetentie van het gebouw: *“Wetende dat de energiecompetentie van zijn huis niet verbeterd zal kunnen worden als hij vandaag kiest voor een standaard*

*oplossing, maakt de kandidaat-bouwer die opteert voor passiefbouw vandaag de intelligentste keuze vanuit een puur financieel standpunt, want kiezen voor een standaardgebouw zal in de toekomst leiden tot heel wat kosten en zorgen terwijl passiefbouw geruststelling garandeert en minstens terugbetaald wordt.*⁶⁷

Een financiële analyse van beslissende aard houdt dus rekening met de onzekerheid en de onherroepelijkheid. Vooral wanneer een keuze niet tot later kan worden uitgesteld, zoals keuzes met betrekking tot de energiecompetenties, dan toont deze methodologie dat een beslissing geoptimaliseerd kan worden door afstand te nemen van een klassieke afwachtende houding (Wait and see!) en het standpunt in te nemen van *Choose or lose!* “Kies vanaf nu voor het hoogste rendement waar het kenmerken of onderdelen van onherroepelijke aard betreft. Anders doet u in de toekomst verlies. De energiecompetentie van een gebouw wordt bepaald aan de tekentafel, daarna is het te laat [om nog te verbeteren], ...”⁶⁸

In de praktijk vertrouwen heel wat promotoren op de logica van de onherroepelijkheid, wat verklaart waarom de passiefstandaard, ondanks de theorieën en onzekerheden, kan rekenen op een groot enthousiasme. De Stichting voor Toekomstige Generaties⁶⁵ kent de THE BLUE HOUSE-prijs toe aan de renovatie of de bouw van een Belgische privéwoning die het best aansluit bij de dubbele uitdaging van duurzaamheid en financiële haalbaarheid. Tijdens beide edities werd deze prijs uitgereikt aan ... twee passiefbouwen⁷⁰.

Grote sociale verhuurders bouwen passief om hun huurders te helpen de huurprijzen te verlagen. In Frankfurt⁷¹, is de meerinvestering (isolatie, dichtheid, warmtewisselaar, driedubbele beglazing, enz.) beperkt gebleven tot 5 a 7%. Deze beheersing van de kosten resulteert uit een optimalisatieproces, analoog aan het proces dat op punt gesteld werd door de partners van het kantoorproject **Ecoffice 72 (Nijvel) om een bouw prijs te bekomen van 1 000 €/m²**. In Europa wil het onderzoeksproject Buildtog⁷³ de bouwbenadering van passieve gebouwen in Frankrijk, Duitsland en Zweden optimaliseren. Een eerste gebouw met 37 woningen werd opgeleverd in Darmstadt (Duitsland) met een meerkost die beperkt bleef tot 1%.

Het is dus tijd om de reputatie van de passiefbouw eens te herbekijken en zo ook het vraagstuk van de kosten opnieuw te formuleren: welke factoren maken het mogelijk om aan goedkope passiefbouw te doen en welke factoren maken de passiefbouw ontoegankelijk?







BLUE HOUSE
awards 2013



2.4.2. De kostprijs van passiefbouw "in de praktijk"

Sommige mensen beweren dat passiefbouw minstens 25% meer kost dan een standaardgebouw. Ze hebben zeker en vast gelijk! Passiefbouw impliceert immers dikkere lagen isolatie, een betere luchtdichtheid en zelfs een balansventilatie (in plaats van eenvoudige roosters), dat moet dus wel meer kosten. En toch hebben steeds meer passieve projecten een uiteindelijke kostprijs die vergelijkbaar is met of lager is dan die van standaardprojecten. Sommigen verklaren dus dat passiefbouw niet duurder is dan standaard bouwen. En zij hebben ook gelijk!

Heel wat economische benaderingen plaatsen vaak partiële en beperkte visies tegenover elkaar: "passiefbouw is dikkere isolatie!" In werkelijkheid tonen de meer dan 900 000 m² passiefgebouwen die in 2014 in Brussel gebouwd werden of worden aan, dat de zaken niet zo karikaturaal zijn. De dagelijkse ervaring op het terrein laat echter zien dat "aan passiefbouw doen" niet samengevat kan worden tot het toevoegen van een paar cm isolatie en dan de rekening te vragen! Heel wat andere factoren spelen mee en beïnvloeden de uiteindelijke kostprijs. Tijdens de ontwerpfase wordt elk project voortdurend opnieuw onderhandeld om binnen een voor iedereen aanvaardbare budget te blijven.

Hoewel er geen absolute referentie bestaat met betrekking tot de kost van passiefbouw, hebben bepaalde factoren een gunstige invloed – en passiefbouw presteert dan tegen een prijs die vergelijkbaar is met de bouw van een traditioneel gebouw – terwijl andere het omgekeerde effect hebben.

Gemiddelde van de 'standaardkosten' (excl. btw) in het BHG = 1.200 €/m²

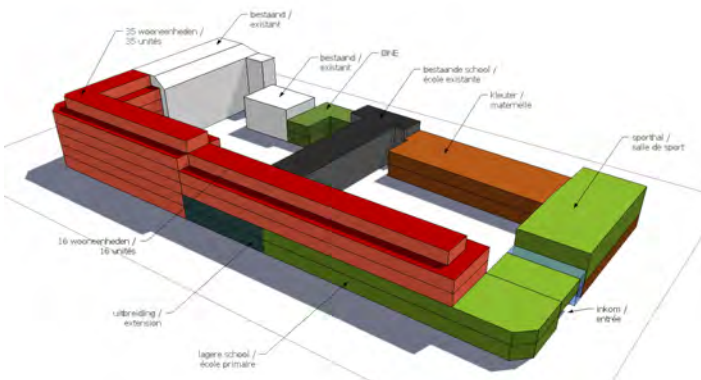


IPFC | Niivel | Waals-
Brabant Provincie|
architect: A2M

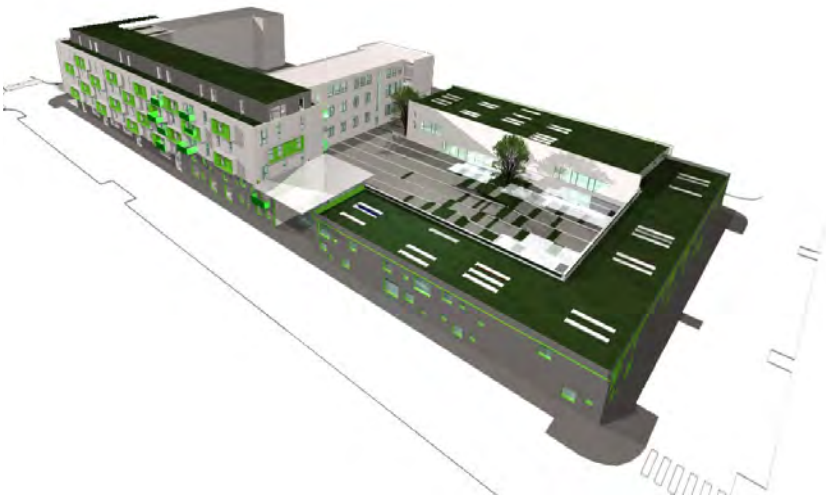
In 2005 stelde het agentschap A2M verbaasd vast dat van de reacties op de offerteaanvraag voor algemene aannemers voor haar eerste passiefproject^{74,7} op 9 offertes onder de schatting bleven. Dit project werd uiteindelijk verwezenlijkt met 90% van het voorziene budget met een marktconforme offerte, toegewezen aan de goedkoopste aannemer. Na de oplevering en afrekeningen eindigde dit project uiteindelijk op 95% van het standaard budget voor dit type gebouw.



In 2012 reageerde het agentschap op een projectoproep in Design, Build & Finance voor een geheel van 13 000 m² met een school, woningen en kantoren, gelanceerd door het Grondbedrijf van de Stad Brussel.



Het Bijzonder Bestemmingsplan en het project dat hieronder wordt vermeld



Woningen en de school rue
Simonsstraat-Anversstraat
| Brussels | Stad Brussels –
GrondRegie | architect: A2M

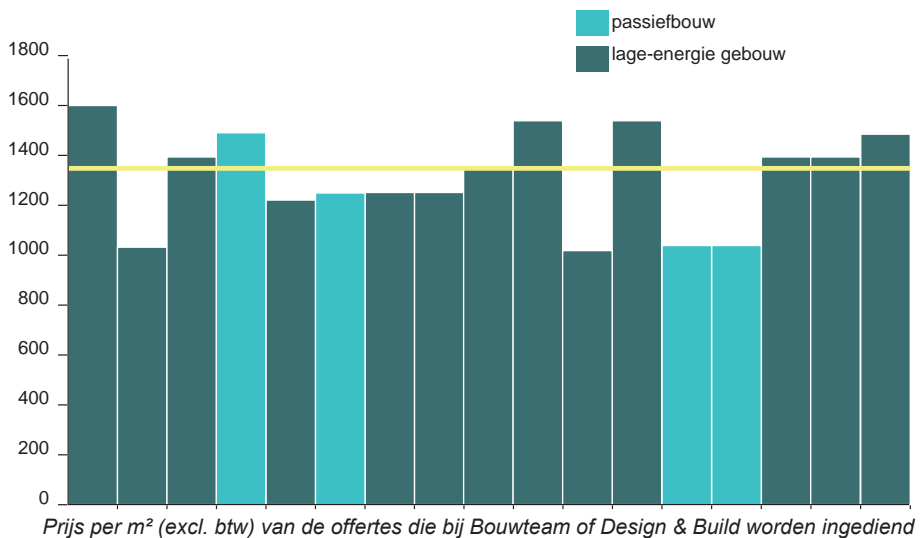


De globale markt situeerde zich tussen 12,7 en 19,4 m€ zonder BTW. Van de 17 ontvangen offertes stelden er 4 een passieve constructie voor (licht blauw, in de grafiek b. 226), de andere hielden het bij lage-energie (donker blauw) bladzijde 226-227. De goedkoopste offerte (1 053 €/m² BTW incl.) betrof een lage-energieproject, de twee volgende waren passieve projecten (1 087 €/m²) en duidelijk goedkoper dan het gemiddelde (1 339 €/m²), en



het duurste project (1 606 €/m²) stemde overeen met ... lage-energie. De opdracht werd dus uiteraard toegewezen aan de aannemer die passiefbouw voorstelde tegen de laagste prijs.



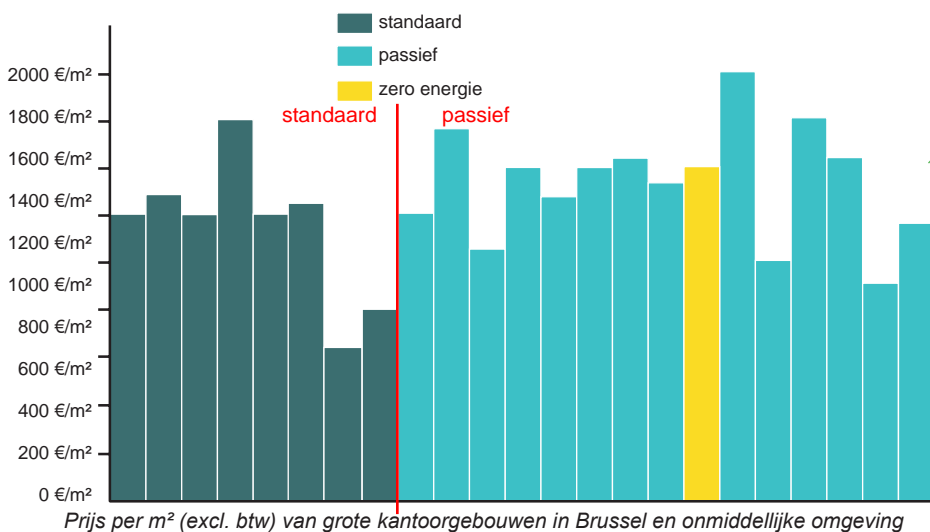


Andere gelijkaardige ervaringen uit de indrukwekkende voorraad passiefprojecten die op dit moment lopen in Brussel Hoofdstad leiden tot de identificatie van terugkerende gunstige factoren die de passiefbouw de mogelijkheid bieden om prijzen aan te bieden die equivalent zijn aan die van een standaardgebouw. Twee recente studies bevestigen dit nog.

2.4.2.1. Het “Fast”-onderzoek:

In 2013 maakte de *denktank* Fast een samenvattende studie⁷⁵ over de prijs van grote tertiaire passiefgebouwen. De steekproef verzamelde 23 grote passieve of traditionele kantoorgebouwen. Het gaat om gebouwen die tussen 2005 en 2013 voornamelijk in Brussel gebouwd of gerenoveerd werden. De gemiddelde oppervlakte van de projecten bedraagt 44 033 m². Sommige zijn bovendien gecertificeerd (BREEAM).

15 gebouwen halen de passiefstandaard (criteria 2013) en één ervan is zelfs een nulenergiegebouw; 5 projecten (waarvan 3 passiefprojecten) betreffen renovaties (dit toont ook aan dat het mogelijk is om tertiaire gebouwen te renoveren volgens de passiefstandaard- en 18 gebouwen zijn nieuwe gebouwen.

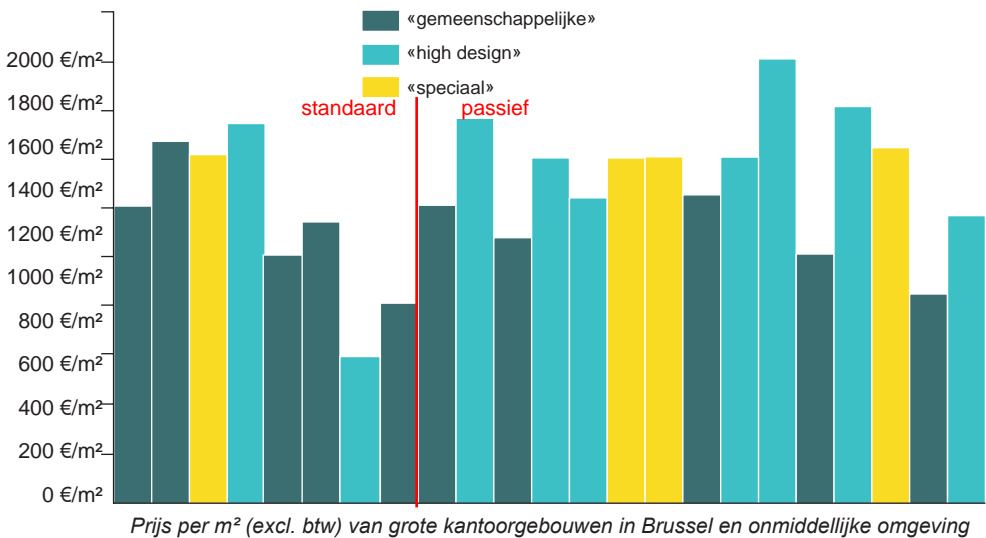


De kosten die in het verslag werden geanalyseerd zijn de bouwkosten per m², muren inbegrepen. De studiekosten zijn niet in de prijs inbegrepen. De investeringskosten voor de passiefgebouwen en de standaardgebouwen zijn vergelijkbaar. Op basis van de steekproef zouden we zelfs kunnen denken dat de passiefbouw (gemiddeld 1 266 €/m² ZBTW) goedkoper is dan een standaardgebouw (gemiddeld 1 324 €/m² ZBTW).

Verskillende factoren verklaren deze situatie:

- de steekproef is beperkt en niet representatief;
- de standaardprojecten zouden duurder zijn, omdat ze doorgaans meer geavanceerd zijn, en bijgevolg extra toeslagen geïntegreerd zouden hebben in de kosten die ze hebben doorgegeven;
- 6 projecten (allemaal passiefprojecten) van de 23 hebben een aanvraag voor een BREEAM-certificaat ingediend met ambitieuze doelstellingen (2 Very Good, 3 Excellent en 1 Outstanding). Dit bevestigt opnieuw dat de hoge energieprestatie vandaag van nature geïntegreerd wordt in een ruimere milieuvisie;

- de hoge energieprestatie van de recente projecten wordt steeds bekender en de marktprijzen zijn correcter;



- de duurdere projecten zijn de projecten met een heel hoge waarde aan design of specifieke kenmerken (atrium, nulenergie, enz.). Zo wordt het project van de architecten Baumschlager & Eberle + Styffhals voor de nieuwe zetel van BNP Paribas (95 000 m²) bijvoorbeeld geschat op een kostprijs van 1 800 €/m² BTW excl.; het justitiepaleis van de architecten J. MAYER, A2O arch en Lens°ass (24 808 m²) wordt geschat op een kostprijs van 1 752 €/m² BTW excl.

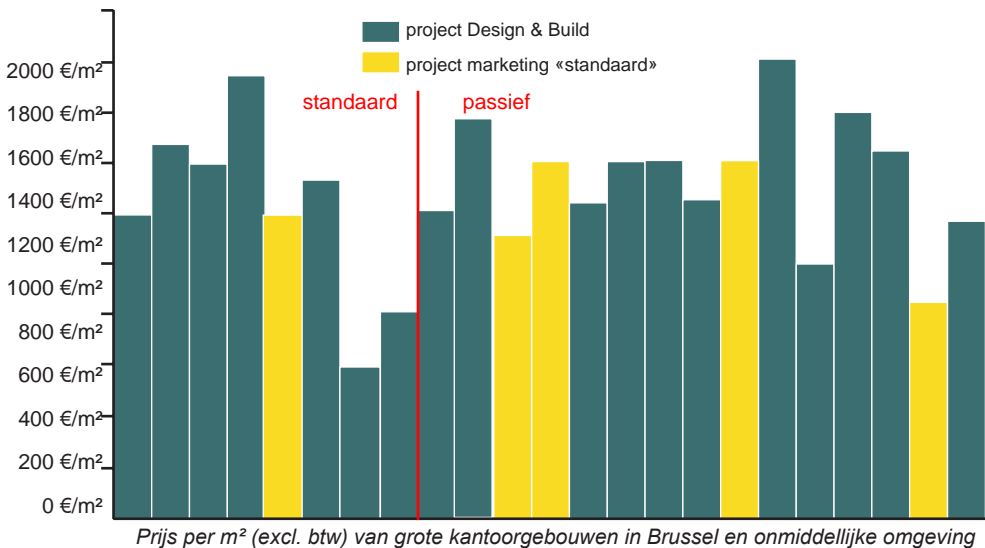
*BNP Paribas Fortis Bank
Headquarter | Brussels | BNP
Paribas Fortis | architect:
Baumschlager & Eberle et
Styhals & partners*



*Gerechtsgebouw van Hasselt |
Hasselt | n.v. SOHA | archi-
tect: J. MAYER H. Architects,
A20-architecten, Lens°ass
architecten*



- de projecten in Design & Build hebben vaak de minst hoge kostprijs, zowel voor passiefbouw (5) als standaard bouw (1); bijvoorbeeld de passiefrenovatie van kantoren in de Louizalaan door de architecten A2M (3 708 m²) tegen 890 €/m² BTW excl.

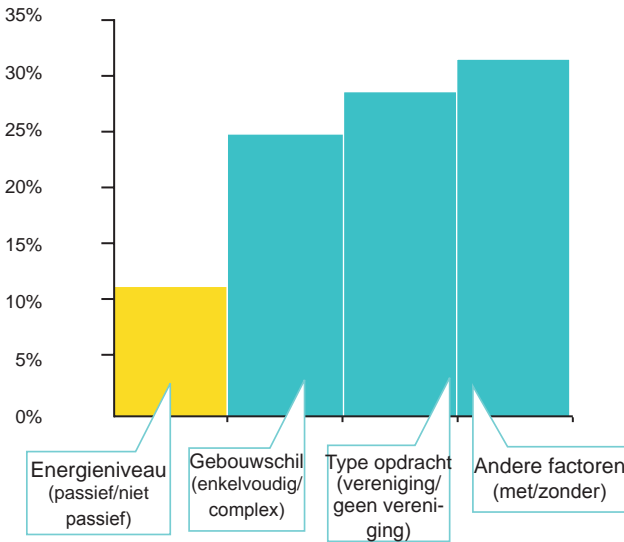


2.4.2.2. Het onderzoek van het pmp:

De vzw pmp heeft in 2014 een studie gemaakt rond de bouwkost van een openbare passiefwoning in Brussel Hoofdstad. De eerste fase had betrekking op een beperkte steekproef van 12 gebouwen die gebouwd werden tussen 2008 en 2013, waarvan er 5 voldoen aan de passiefstandaard (criteria 2013), 3 lage-energiegebouwen zijn en 4 gewoon traditionele gebouwen zijn. De oppervlaktes variëren van 3 284 m² tot 30 548 m².

De kosten die in het verslag werden voorgesteld zijn bouwkosten per m², muren inbegrepen, maar zonder de studiekosten. Het pmp merkt op dat voor deze steekproef het gemiddelde van de prijsverschillen tussen passiefbouw

en traditionele bouw 11,5% bedraagt. De prijzen variëren evenveel tussen de passiefgebouwen onderling (van 950 tot 1 468 €/m² BTW excl.) als tussen de anderen gebouwen onderling (van 860 tot 1 371€/m² BTW excl.).



Factoren die een invloed uitoefenen

Net als bij de “FAST”-studie voor de tertiaire sector merkt het pmp op dat kiezen voor een complexere architectuur de bouwkosten aanzienlijk doet stijgen, ongeacht de gebruikte energiestandaard: de complexiteit van de gebouwschil rechtvaardigt een gemiddeld verschil van 25%. Opdrachten van het type *Design & Build* en *Design, Build & Finance* helpen om het budget van het project beter onder controle te houden en meerkosten (+29%) te voorkomen. Andere criteria, onder andere architecturale criteria, hebben een nog grotere impact op de kosten en de meest kritieke (+31%) zijn gekoppeld aan de specifieke kenmerken van de site, de stabiliteit, de bijkomende infrastructuren, de keuze van bepaalde materialen, innovatie, enz. Op die manier lijkt de meerkostfactor gekoppeld aan de energiestandaard paradoxaal genoeg het best onder controle.

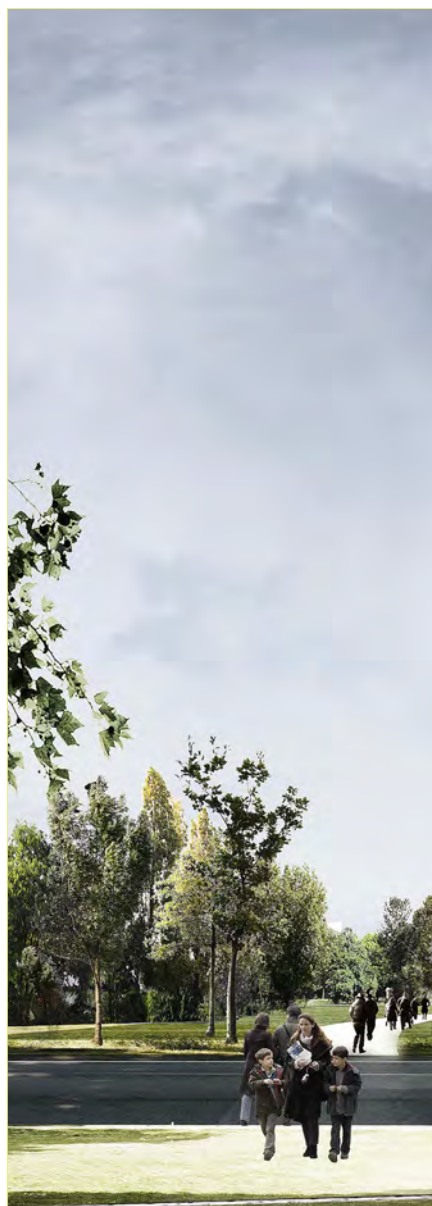


2.4.2.3. Besluit

Uit deze twee studies blijkt dat er effectief een kostenverschil wordt waargenomen tussen de passiefbouw en de traditionele bouw, maar dat dit verschil het minst belangrijk is in vergelijking met andere criteria, zoals de keuze van de architectuur, het type opdracht of de posten met meerkosten die blijken tijdens de werffase. De feedback toont ook aan dat het moeilijker is om stabiele prijzen te behouden voor kleine projecten waarvan de bruto oppervlakte kleiner is dan 1 000 m².

De projecten die erin slagen om de meerkost van de passiefbouw te beperken en een gebouw op te leveren tegen eenzelfde prijs als een standaard gebouw, zijn waarschijnlijk die projecten die er ook in slagen de andere factoren met meerkost beter te controleren.

Huis van de Provincie Antwerpen | Antwerpen | architect: XDGA





2.4.3. Bepalende factoren

Verschillende factoren blijken bepalend voor de prijsvorming:

- **de omvang van het project:** net als bij een standaardopdracht zijn de schaalearconomieën vaak bepalend.
- de **typologie** van het gebouw:
 - de renovaties zijn telkens uniek en vereisen een specifieke benadering en technieken die de prijs verhogen (vooral wanneer ze een erfgoedkarakter hebben);
 - het structureel concept van het gebouw (zwaar of licht) bepaalt of de opdracht al dan niet concurrentieel is: op dit moment is het aanbod aan zware constructies in België groter dan het aanbod aan houten structuren;
 - als het gebouw specifieke kenmerken vertoont (uitkragingen, innovaties, enz.), dan zal het duurder zijn, of het nu een passief gebouw of een traditioneel gebouw is.
- De **afwerkingen** zijn een van de sleutelpunten van een project: het is vaak mogelijk om vergelijkbare afwerkingen te vinden tegen een lagere prijs.
- De **compactheid:** in het geval van compacte gebouwen worden de prestaties gemakkelijker behaald; het is dan mogelijk om de isolatiediktes te verminderen of terug te keren naar dubbele beglazing.
- De beoogde **prestatie:** in het geval van een gebouw dat de passiefstandaard overschrijdt, wegen de technologieën voor hernieuwbare energie vaak zwaar op het budget.
- Het **type opdracht:** de openbare opdrachten van het type *Design & Build* bieden de mogelijkheid om alle spelers samen te brengen rond de tafel van bij de ontwerpfase van het project, en dit kan leiden tot oplossingen die alle aspecten van het project omvatten (architectuur, functionaliteit, kosten, enz.).

Ten slotte helpt ook de kennis van de tools (PHPP, berekening van koudebruggen, enz.) vaak om een project te analyseren vanuit thermisch standpunt en te spelen met verschillende parameters om de financiële impact te optimaliseren.

2.4.4. Comparer les prix et les matériaux

Isolatie, luchtdichtheid en gecontroleerde mechanische ventilatie zijn technologieën die voor sommigen nog wat abstract zijn. Het kan dus nuttig zijn om enkele grootteordes van prijzen op de markt te overlopen in functie van de specifieke kwaliteiten van deze producten.

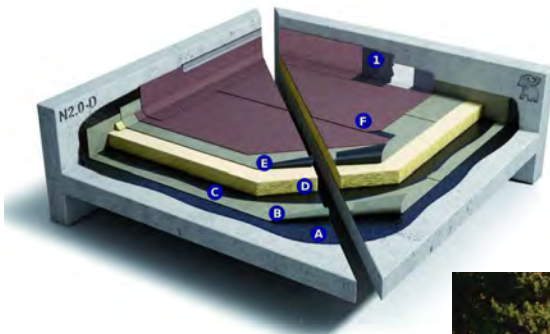
Bij isolatie maakt de controle van het totaalbeeld van de verliezen het mogelijk, indien nodig, om te spelen met een betere verdeling van het isolatievolume. Het is immers interessanter om de dikte te vergroten daar waar de isolatie weinig kost (in het dak) om dan elders de prestaties van duurere elementen (raamkaders) te verminderen.

Dit geldt ook voor de koudebruggen waarvan de impact op het totaalbeeld heel precies moet berekend worden. Wordt het project ontworpen met een manoeuvreerruimte van een paar kWh/m².jaar, dan is het mogelijk om al te complexe koudebruggen of koudebruggen die te duur zijn om op te lossen, gewoon te behouden (voor zover ze geen gezondheidsrisico vormen voor het gebouw) en de inspanningen te concentreren daar waar ze meer impact hebben (door te investeren in een betere gevelisolatie, bijvoorbeeld)

Onderstaande tabellen vergelijken verschillende types isolatie en vermelden de gemiddelde prijs bij een gelijke dikte of gelijke prestatie⁷⁶.



Plat dak

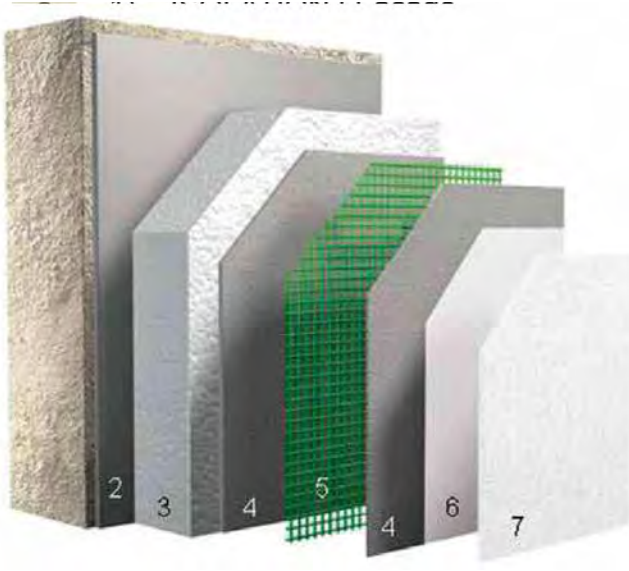


Prijs/m² met gelijke dikte
(mm)

Prijs/m² met gelijke prestaties
(0,12 W/m²K)

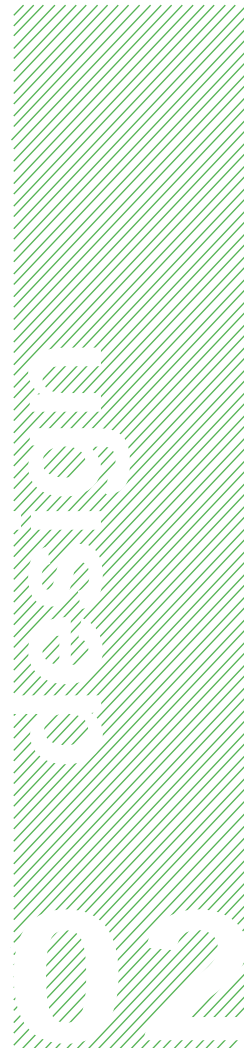
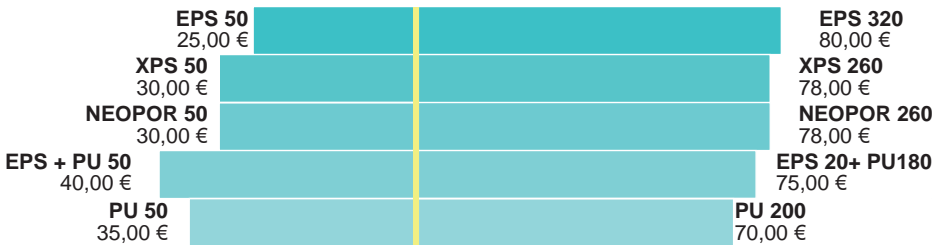
PIR 50 20,11 €	PIR 220 88,50 €
PU 50 24,13 €	PU 220 106,18 €
LAINÉ MIN. 50 18,27 €	LAINÉ MIN. 320 1176,93 €
VERRE CEL 50 32,21 €	CEL GLAS 360 233,51 €
EPS 50 12,00 €	EPS 320 76,80 €
XPS 50 15,60 €	XPS 260 81,12 €

Gevel (massief)



Prijs/m² met gelijke dikte
(mm)

Prijs/m² met gelijke prestaties
(0,12 W/m²K)

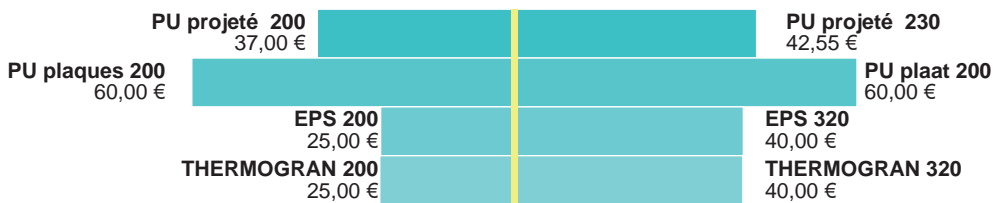


Vloerplaat



Prijs/m² met gelijke dikte
(mm)

Prijs/m² met gelijke prestaties
(0,12 W/m²K)



Het spreekt voor zich dat een vergelijking bij een equivalente prestatie veel interessanter is wanneer er in de ontwerpfase keuzes gemaakt moeten worden. Bovendien moet er rekening gehouden worden met alle parameters: wanneer een dikkere isolatie gebruikt moet worden om dezelfde prestatie te bekomen, dan brengt dat andere financiële gevolgen met zich mee:

- **daken en vloeren:** om te blijven aansluiten bij de binnenafmetingen impliceert deze bijkomende dikte dat de muren worden opgehoogd. lopende meters muur (kroonlijsten, enz.) moeten ook meegerekend worden.
- **Buitenmuren:** de bruikbare vloeroppervlakte wordt verkleind in functie van de verdikking van de isolatie. Dus vergroot de globale netto oppervlaktekost. Voor grote projecten is deze budgettaire impact vaak niet te verwaarlozen.
- Bij vensters blijkt dat het vaak het materiaal van het profiel is (en niet de energieprestatie) die de prijs bepaalt. Opnieuw is het interessant om rekening te houden met alle factoren: U_f , U_g , beglaasde oppervlakte, enz. Zo kan bijvoorbeeld een raamkader in aluminium met een minder performante U_f een globaal resultaat opleveren dat even interessant is dan andere, beter isolerende oplossingen, want de fijnere profielen maken een grotere beglaasde oppervlakte mogelijk en vergroten zo de zonnewinsten. Het optimum zal uiteraard verschillen in functie van de specifieke kenmerken van elk project.

hout-aluminium: $\pm 580 \text{ €/m}^2$

hout: $\pm 560 \text{ €/m}^2$

aluminium: $\pm 480 \text{ €/m}^2$

pvc: $\pm 400 \text{ €/m}^2$

- **Luchtdichtheid:** het is van essentieel belang om de juiste methode of het juiste product te bepalen in functie van de bouwmethode van het gebouw. Niet alleen de prijs van de materialen, maar ook de tijd en het gemak van de uitvoering zijn bepalend. De luchtdichtheidstechnieken met bepleistering zijn in België bekender en gemakkelijker toe te passen dan de meer veeleisende en nieuwe technieken met membranen en kleefstroken. De correcte planning van de werf, goede uitvoeringsdetails en luchtdichtheidstesten helpen om problemen gekoppeld aan de luchtdichtheid te beperken.



- **Ventilatie:** de plaats en de lengte van het ventilatienetwerk zijn bepalend. Een compact en gecentraliseerd netwerk beperkt de hoeveelheid buizen en valse plafonds (of andere afwerking). Een verstandige plaatsing van de ventilatiegroep kan ook de isolatie van de leidingen die buiten uitkomen beperken.

2.4.5. Varianten

Bij de gedetailleerde analyse van de buitenmuren kunnen bepaalde synergieën tussen bestanddelen tot stand gebracht worden. Een geprefabriceerde betonnen gevel kan a priori bijvoorbeeld duur lijken, maar omdat ze de toevoeging van een luchtdichte laag (bepleistering bijvoorbeeld) onnodig maakt, kan ze economisch heel interessant zijn.

De uitvoeringssnelheid is ook belangrijk: enkele dagen winnen op de algemene werfplanning is altijd interessant.

Ten slotte zijn bepaalde vragen met betrekking tot de tendenzen in de tijd (vooral met betrekking tot de opdrachten van *Design, Build, Finance & Maintain*) doorslaggevend: wat zijn de garanties van de producten? Zullen ze over enkele jaren nog beschikbaar zijn?

Elk project is een apart geval dat bestudeerd moet worden en er vallen heel wat pragmatische en economische oplossingen te ontdekken.



MIDDAGSLEN
www.middagslen.no

34

1-B JV-182

2.5.

Controle op de werf

Daniel De Vroey

2.5.1. Luchtdichtheid

2.5.1.1. Principe

De luchtdichtheidstest of Blower-Door® meet de kwaliteit van de luchtdichtheid van een gebouw.

Apparatuur uitgerust met een ventilator meet het ingeblazen of opgezogen luchtdebiet van het beschermde volume, evenals de druk buiten en binnen het gebouw. Het kwantificeert het luchtdebiet dat nodig is voor het behoud van een welbepaald drukverschil tussen binnen en buiten. Deze test meet de ongecontroleerde luchtstroom door de constructie elementen van de gebouwschil, buiten de ventilatiesystemen of andere bewust af te sluiten openingen.

De test wordt uitgevoerd bij overdruk door lucht in het gebouw te blazen en bij onderdruk door de ventilator om te schakelen om de lucht uit de gebouwschil op te zuigen. De meting wordt uitgevoerd bij verschillende drukwaarden, doorgaans van 10 tot 100 Pa. Het debiet in functie van de druk wordt weergegeven op een grafiek en er wordt een lineaire distributie bepaald. Op basis hiervan wordt het lekdebiet bij 50 Pa bepaald.

De test kan uitgevoerd worden om de uitvoering van elementen te verifiëren (methode B) of met het oog op een officieel attest (methode A). In dat geval moeten zowel de norm als de bijkomende uitvoeringsspecificaties van de test⁷⁷ gerespecteerd worden. Het is ten eerste aangewezen om een of meerdere voorbereidende testen uit te voeren wanneer de luchtdichte laag nog altijd toegankelijk is, alvorens over te gaan tot de officiële test.

Dankzij deze tests kunnen de uitvoeringen gevalideerd en de verwezenlijking verrijnd worden. Het is verstandig om de wanden die later bedekt zullen worden te controleren, zeker in geval van ongebruikelijke uitvoeringen of werken die toevertrouwd werden aan onervaren mensen. Deze voorafgaande tests zijn uitvoerbaar zodra het gebouw wind- en waterdicht is, waarbij tijdelijke afsluitingen kunnen overwogen worden.

Het gebeurt regelmatig dat de uitvoerder van de metingen deelneemt aan de herstelling van de lekken, want het behoud van de druk binnen het volume zorgt voor een vereenvoudigde opvolging van de correcties. De controle van de nog toegankelijke aansluitingen en een eventuele correctie zijn essentieel.

2.5.1.2. debietberekening van het luchtlek

Met de officiële test kan het gemiddelde lekdebiet gemeten worden. Op basis daarvan kunnen verschillende waarden afgeleid worden:

- V_{50} [m^3/h]: het gemiddelde lekdebiet doorheen de gebouwschil bij een drukverschil van 50 Pa. Dat is de som van alle lekken doorheen de verlieslatende gebouwschil.
- v_{50} (ou q_{50}) [$m^3/h.m^2$]: de doorlaatbaarheid van de gebouwschil bij een drukverschil van 50 Pa. Het lekdebiet⁷⁸ V_{50} wordt in verhouding gebracht tot de buitenoppervlakte van de gebouwschil.

$v_{50} = V_{50} / A_{\text{test}}$ waarbij A_{test} de totale oppervlakte van de verlieslatende gebouwschil is.

- n_{50} [vol/h of h^{-1}]: de luchtvernieuingsgraad. Het lekdebiet V_{50} wordt vermeld voor het volume binnenlucht van de eenheid. Deze waarde wordt gebruikt in het kader van de passiefcertificering: ze moet kleiner zijn dan 0,6 vol/h.

$n_{50} = V_{50} / V_i$ où V_i waarbij V_i het binnenvolume van het gebouw is, bepaald op basis van de norm, maar ook gespecificeerd in de **Vademecums**⁷⁹.

Dus :

$$V_{50} = n_{50} * V_i = v_{50} * A_{\text{test}}$$

Aangezien de compactheid $C = V_e / A_e$ kunnen we bij benadering⁸⁰, de volgende relaties tussen n_{50} et v_{50} bepalen :

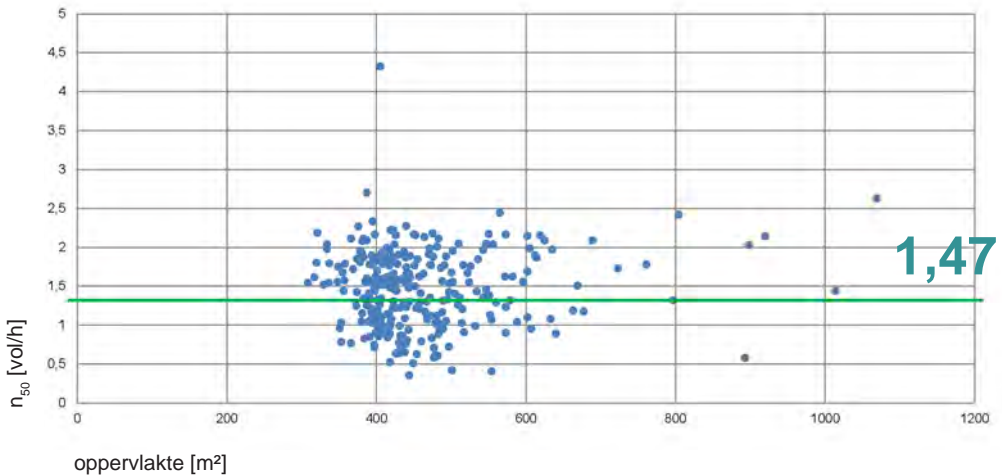
$$n_{50} = \frac{V_{50}}{C} \text{ et } v_{50} = n_{50} * C$$

In België worden de afgeleide waarden n_{50} et v_{50} vaak gebruikt.

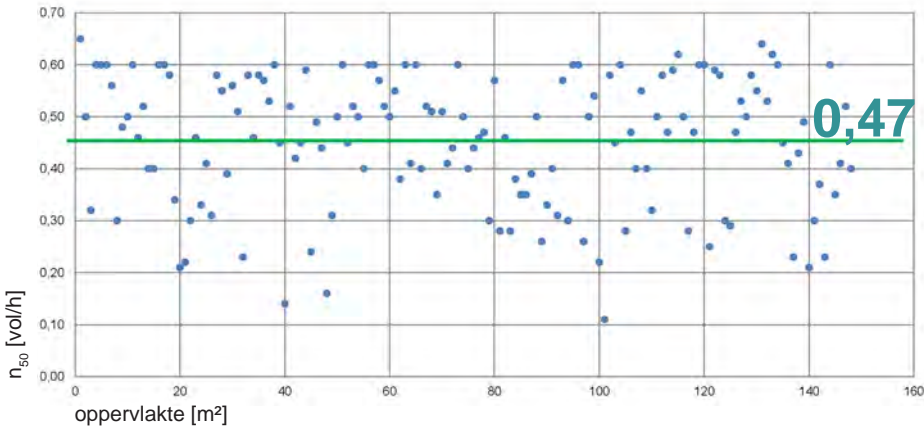
2.5.1.3. Een realistische doelstelling in België

De luchtdichtheidseis van 0,6 vol/h (à $\Delta P=50$ Pa) kan streng lijken⁸¹. Heel wat traditionele nieuwe gebouwen behalen nochtans heel goede luchtdichtheidsniveaus, omdat ze gebruik maken van bepaalde verbeterde technieken (vensters, bijvoorbeeld).

Voor een klassieke nieuwbouw publiceerde⁸² het aannemersbedrijf Hoffman en Dupont de resultaten van heel wat luchtdichtheidstests op alle constructietypes en daaruit blijkt een gemiddelde waarde n_{50} van 1,47 vol/h:



Uit de ervaring met certificaten blijkt dat het slaagpercentage van de n_{50} -test ongeveer 95% is voor gebouwen die streven naar het passiefcertificaat. De gemiddelde waarde die behaald wordt is 0,47 vol/h⁸³:



In Wallonië bedraagt nieuwbouw (niet passief) al gemiddeld n_{50} van **1.47** vol/u. Wat helemaal niet verkeerd is!

Roger Hoffman (Hoffman et Dupont)

3.996
Blower Door[®]

In de bouw van passiehuizen is n_{50} gemiddeld gelijk aan **0.50**. Wat ook niet slecht is!

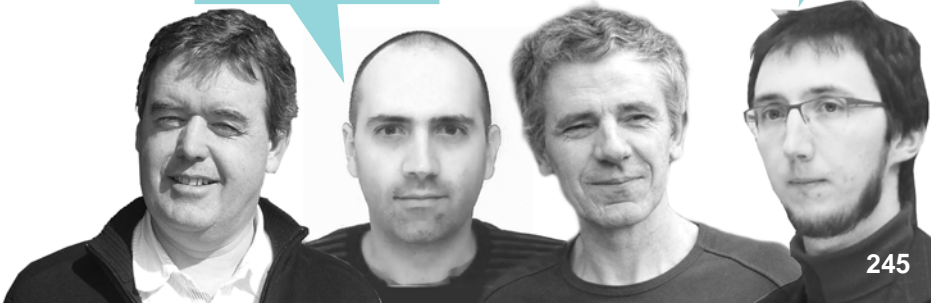
Paul Eyckens (Isoproc)

Voor de passieve certificatie stelt het pmp vast dat n_{50} gemiddeld gelijk is aan **0.47** vol/u met minder dan 5 % mislukkingen!

Benoit Quevrin (pmp)

Met al zijn certificatedossiers voor woningen komt het PHP uit bij een gemiddelde **0.43** vol/u bij n_{50} !

Christophe Marrecau (php in 2013)



De doelstelling van 0,6 vol/h is dus realistisch, rekening houdend met de Belgische bouwcontext waar verschillende gunstige factoren te vinden zijn, zoals de traditie van de bepleistering. Er wordt werk gemaakt van een grotere sensibilisering voor deze vraagstukken en er worden inspanningen geleverd wat opleidingen voor de sector betreft.

2.5.1.4. Certificatietest

De uiteindelijke certificatietest (methode A) vindt plaats wanneer de luchtdichte gebouwschil klaar is en de doorboringen gefinaliseerd werden. Aangezien op dit moment in België⁸⁴ geen enkel label vereist is voor een uitvoerder om tests te mogen uitvoeren en een verslag te mogen opmaken, moet de officiële test aan bepaalde voorwaarden voldoen om geldig te zijn.

In eerste instantie moet de te testen zone voorbereid worden volgens de strenge specificaties met betrekking tot de plaatsing van de apparatuur en tot de openingen die afgesloten kunnen worden en onder welke voorwaarden⁸⁵. Het is verleidelijk om de ventilator te installeren in de minst afgedichte opening. De referentiedocumenten vertellen echter dat we moeten kiezen voor de opening met *a priori* de grootste dichtheid en dat we de positie en beschrijving ervan moeten opnemen in het verslag.

De test moet uitgevoerd worden bij overdruk en onderdruk en de eindwaarde stemt overeen met het rekenkundige gemiddelde van de debieten. Het gebouw wordt onderworpen aan verschillende drukwaarden, van 10 tot 100 Pa, om resultaten te bekomen die redelijk los staan van de "natuurlijke" drukeffecten. De druk die van nature uitgeoefend wordt op het gebouw wordt gemeten aan het begin en op het einde van elke test (overdruk en onderdruk) en deze waarde moet kleiner zijn dan 5 Pa. De plaats van het capillair vocht en de blootstelling van het gebouw zijn dus doorslaggevende factoren.

2.5.1.5. Hoe moeten deze metingen geïnterpreteerd worden?

De druk van 50 Pa stemt ongeveer overeen met een wind van 30 km/h die inwerkt op het hele gebouw. In België gaat men uit van een gemiddeld luchtinfiltratiepercentage van tussen 1 en 2 Pa. Om daartoe te komen deelt men de n_{50} door 10, 20 of 30 naargelang men uitgaat van een gebouw dat respectievelijk sterk, gemiddeld of weinig blootgesteld is aan de wind.





2.5.1.6. In de praktijk

Voor een woning duurt een test ongeveer twee uur, zonder de voorbereiding van de te testen gebouwschil en het zoeken naar lekken mee te tellen. Het duurt regelmatig een hele dag om aansluitingen te corrigeren en over te gaan tot verschillende tests om de lekdebietwaarde te verbeteren.

Lucht is onzichtbaar maar rook kan luchtstromen zichtbaar maken. Thermische camera's vervolledigen de de nodige apparatuur. Vaak volstaat de tastzin, maar het gezond verstand kan ook bedriegen: alle zwakke punten kunnen niet intuïtief geïdentificeerd worden. Een zwaar blok is niet noodzakelijk luchtdicht, een wand opgebouwd uit vezelplaten laat wat lucht door, een membraan kan poreus blijken of er kunnen minuscule gaatjes aanwezig zijn. Een traditionele chape biedt een geruststellende aanblik, maar wat gebeurt er als we er een emmer water over gieten? De vloeistof sijpelt er onmiddellijk door! En gaat het water erdoor, dan gaat ook de lucht erdoor!

Lucht migreert en verspreidt zich. Gelijmde afwerkingsplaten bieden via verschillende openingen een groot aanbod aan uitwegen. Omgekeerd krijgen we een "trechtereffect" wanneer een wand die uit verschillende luchtdichte bouwlagen bestaat de doorgang verlengt.

Lucht passeert ook doorheen bakstenen en voegsel. We stellen vaak luchtverliezen vast achter een trapboom: aangezien de kant die tegen de aangrenzende wand werd aangebracht niet bepleisterd is, dringt de lucht door de aansluitingen met de muur en verspreidt zich doorheen de luchtdichte gebouwschil, namelijk via de bakstenen. Bij 50 Pa veroorzaakt een gat van 1 cm² een debiet van ongeveer 2 m³/h.

2.5.1.7. Bijkomende lessen

Naast het officiële verslag brengt de luchtdichtheidstest luchtlekken aan het licht die bijdragen tot andere overlast. Warme en vochtige binnenlucht die in de winter door de isolerende wand gaat, brengt vocht in de structuur en creëert zo een risico op condensatie. Tussen twee verwarmde lokalen kan de doorgang van lucht eventueel geluidsoverlast of geurhinder veroorzaken. De gebreken die vastgesteld worden loodrecht op het buitenschrijnwerk leiden tot warmteverlies en geluidsoverlast. Een gebrek in een brandwerende koker

duidt op een zwakke plek en een risico op overslag van vlammen en rook.

Het belang van deze lekken op de doeltreffendheid van het gebouw vereist dat erop moet worden geanticipeerd tijdens de ontwerpfase. Het gebouw moet ontwikkeld worden rond de definitie van de luchtdichte gebouwschil. De doorboringen en aansluitingen moeten geïdentificeerd en geanalyseerd worden. Technische kokers, kabeldoorvoeren, keuze van materialen, plaatsing van de apparaten (verdeelbord, verwarming) zijn doorslaggevende elementen, net zoals de keuze van het volume dat getest moet worden en de bijhorende beperkingen (trappenhal, liften, schachtdeuren, enz.).

Met deze test kunnen ook bepaalde elementen tot in het detail geanalyseerd worden. In combinatie met het in onderdruk brengen van het volume maakt het plaatsen van een scherm het mogelijk om een specifieke zone te meten. Het meest frequente geval bestaat uit de installatie van een scherm in een raamopening om het lekdebiëet van dit element te meten. Door delen van dit raamkader te bedekken kan bovendien een analyse worden gemaakt door specifieke elementen te vergelijken. Soms is het maken van een prototype interessant⁸⁶.

Buitenschrijnwerk moet voldoen aan luchtdichtheidsnormen die betrekking hebben op het element zelf en niet op de aansluiting met de ruwbouw. Studies tonen aan dat een verwaarloosde plaatsing een reëel lekdebiëet kan veroorzaken dat aanleiding geeft tot een veel ongunstigere gecorrigeerde luchtdoorlaatbaarheidsklasse. De zorg die wordt besteed aan de luchtdichtheid is ook een voorwaarde voor de duurzaamheid ervan.⁸⁷

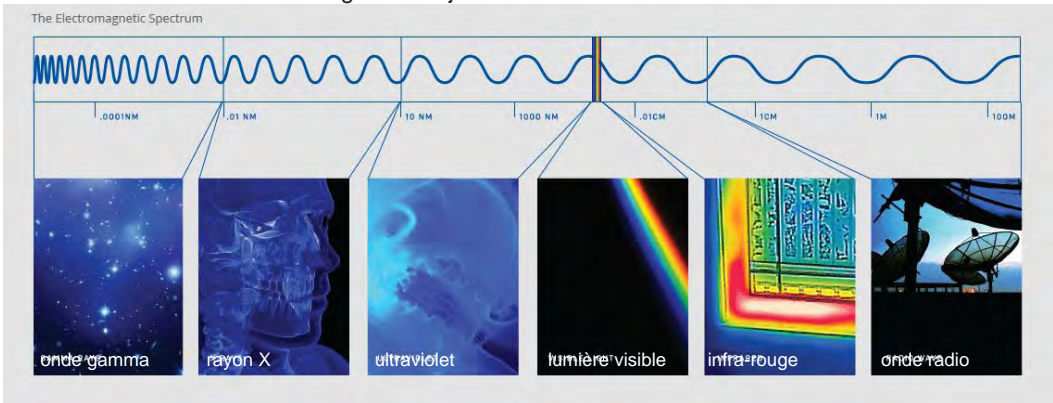
De installatie van verschillende deuren en het onder druk plaatsen van aangrenzende ruimtes maakt het ten slotte mogelijk om de lekken doorheen de doorgangen te analyseren.



2.5.2. Thermografie

Door het gebruik van een infraroodcamera kan precies nagegaan worden waar het energieverlies zich situeert, maar dan met het voordeel van een niet-destructieve controle.

Verduidelijking: een infraroodcamera “ziet” geen temperaturen: Het registreert een infraroodstraling. Dit wordt op beeld vastgelegd en weergegeven in een grijschaal of in verschillende kleurpaletten die het lezen ervan vergemakkelijken.



Elektromagnetisch spectrum.
Bron: FLIR©

2.5.2.1. De theorie

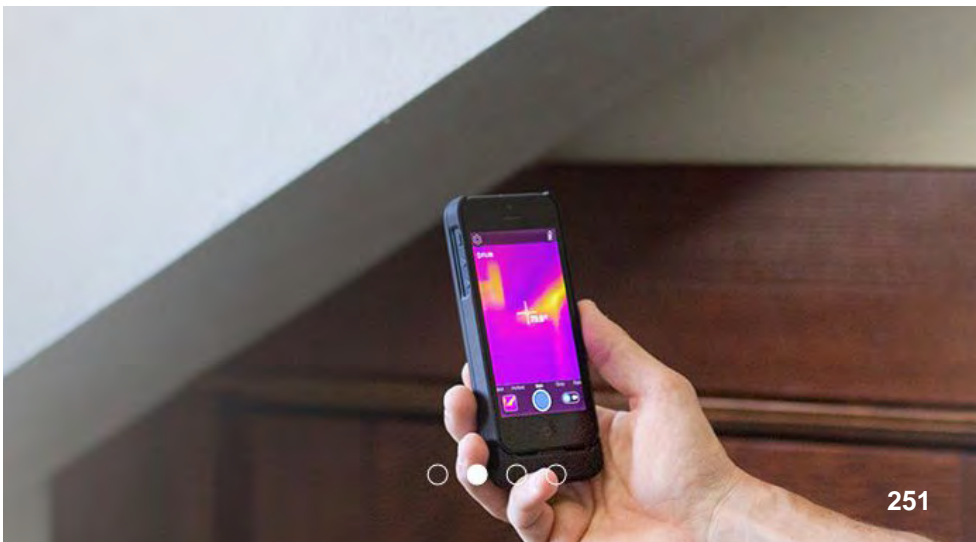
Het menselijk oog is blind voor het infraroodspectrum. Aangezien elektromagnetische straling gekoppeld is aan temperatuur, kan een camera de temperatuur van een oppervlakte berekenen op basis van de straling die ze afgeeft. Een infrarooddiagnose maakt het mogelijk om:

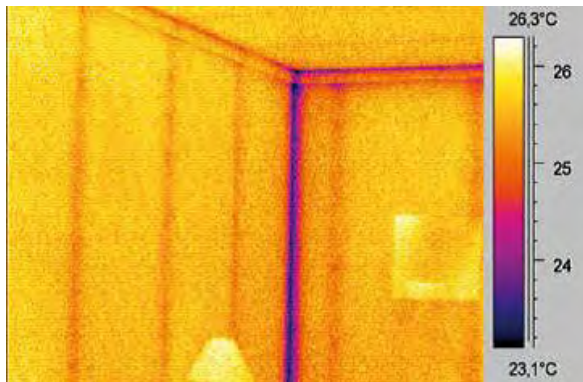
- het energieverlies te visualiseren,
- gebreken of het ontbreken van isolatie te detecteren,
- luchtlekken te detecteren,
- het vocht in de isolatie, het dak en de muren te detecteren, zowel binnen als buiten,

- schimmelvorming en slecht geïsoleerde zones te detecteren,
- koudebruggen te identificeren,
- lekken in een dakterras te identificeren,
- constructiefouten te visualiseren,
- de andere fouten of de toestand van de gebouwonderdelen te visualiseren (onder andere de installaties).

Hoewel de infraroodcamera een uitzonderlijke controletool is, vereist de interpretatie van de gemaakte beelden een begrip van de beeldvormingsomstandigheden, een kennis van het gebouw en de wetten van de fysica.

Bijvoorbeeld, sommige materialen, zoals beton, veranderen maar langzaam van temperatuur en bij andere materialen gaat dat sneller. Om de resultaten correct te interpreteren moet de gebruiker weten of er voor de inspectie binnen of buiten een grote temperatuurschommeling geweest is die de temperatuurmetingen zou kunnen beïnvloeden. Een buitenmuur kan een luchtspouw tussen de gevel en de rest van de bestanddelen omvatten. In dit geval is een inspectie buiten niet geschikt. In een muur lijkt een geraamte kouder wanneer het van binnenuit (normaal gezien verwarmd) bekeken wordt en het omgekeerde geldt wanneer het van buitenaf (waar het normaal kouder is) bekeken wordt.





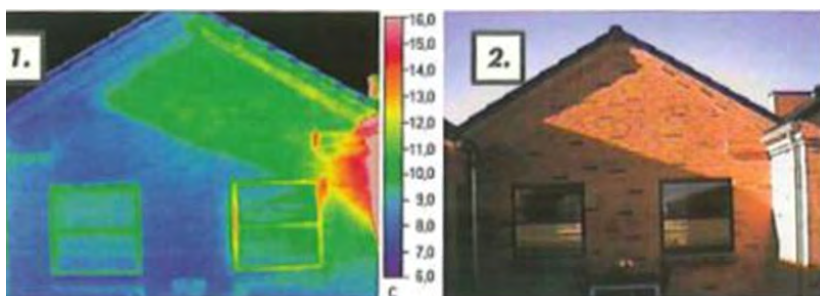
Afbeelding IR getrokken vanuit het interieur. De dragende structuur is zichtbaar, net zoals de schroeven ter bevestiging van de bekleding op de dragende structuur. De hoek is veel kouder. Dit 'hoeeffect' is normaal... Bron: FLIR.©

2.5.2.2. Aandachtspunten en advies

De referentienorm voor de thermografie is de EN 13187 (ISO 6781:1993), *Thermische eigenschappen van gebouwen - Kwalitatieve detectie van thermische onregelmatigheden in de gebouwschil – Infraroodmethode*.

De meeste actuele infraroodcamera's zijn operationeel vanaf een stabiel verschil van 10°C tussen de binnen- en buitentemperaturen. De gebruiker moet echter weten of er een grote temperatuurschommeling heeft plaatsgevonden tijdens de 24 uur die aan de diagnose voorafgingen.

De buitenomstandigheden kunnen infraroodmetingen beïnvloeden. Zonnestraling en beschaduwing kunnen verschillende motieven creëren op een oppervlakte en die blijven in infrarood verschillende uren na de zonneperiode zichtbaar. De duur van deze voortzetting hangt af van de bouwmaterialen (baksteen verandert bijvoorbeeld veel sneller van temperatuur dan hout). Neerslag maakt de oppervlakte nat en kouder: bij het drogen koelt de verdamping de oppervlakte nog meer af. Dit kan een misleidend motief opleveren.



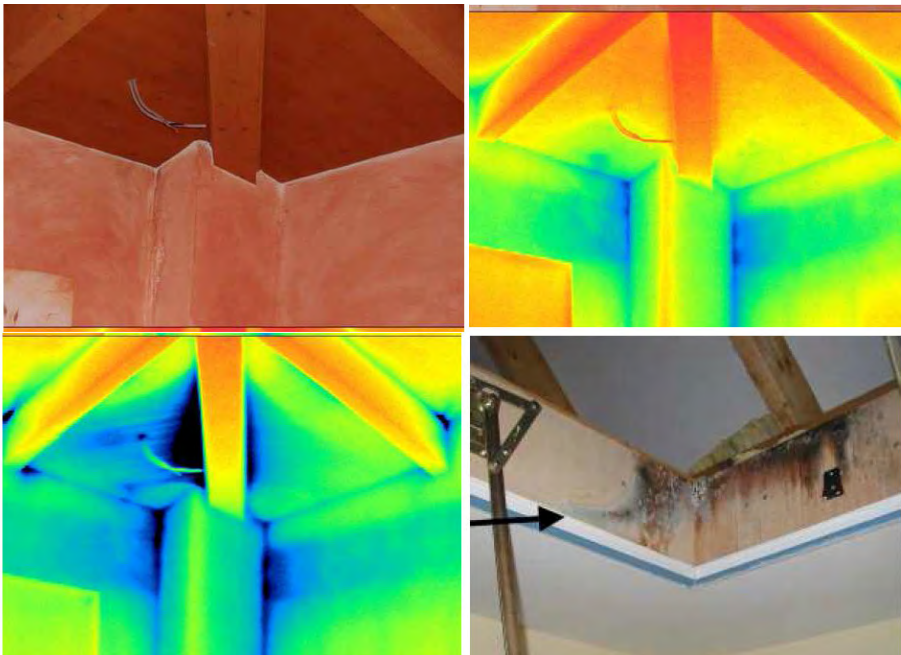
De temperatuurkloof is het gevolg van reflectie. De zon heeft het oppervlak opgewarmd. Het verschil in kleur van de baksteen geeft een verschil in emissiviteit aan en geen verlies!

De professionelere camera's bieden doorgaans een resolutie tussen 320 x 240 en 640 x 480 pixels. De gevoeligheid van de camera moet kleiner dan of gelijk zijn aan 0,07°C bij 30°C.

De combinatie van een infrarooddiagnose en een Blower-Door®test maakt het mogelijk om eventuele gebreken preciezer te detecteren. De infraroodcamera zelf ziet de lucht niet, maar maakt het mogelijk om de zones te visualiseren die worden afgekoeld door de luchtstroom. De kenmerkende vlekken (hieronder) verschijnen op de afbeelding en maken het mogelijk conclusies te trekken.



IR afname tegelijkertijd met een Blower-Door test: de afbeelding toont de luchtlekken aan de onderkant van de scheidingswanden.



1. Foto van het plafond
2. IR afname die enkele gebreken onthult ter hoogte van de aansluiting tussen de muren.
3. IR afname en een Blower-Door onthullen samen de verdere gebreken ten gevolge van een slechte aansluiting van de luchtdichtheid ter hoogte van het dak.
4. Deze afbeelding toont het risico op schimmels op de plaats van het timmerwerk.

Een succesfactor voor het bouwen en renoveren volgens de passiefstandaard is de frequente controle op de werf door middel van de infraroodcamera. We raden aan diagnoses te stellen op verschillende momenten in de werffase: op het moment van de wind- en waterdichte ruwbouw, bij het plaatsen van de technische uitrustingen en op het einde van de werf.

Vandaag bestaan er heel betaalbare professionele infraroodcamera's en er is zelfs een versie voor de smartphone!

*Woningen Neerstaal-
lesteenweg | Voorst | Gemeente
Voorst | architect:
B612 associates*



155

Referenties:

- 1 **be.passive 08**, b.82 ; 13, b.68 ; 14, b.86 ; 15, b.84 ; 17, b.78.
- 2 **be.passive 04**, b.70 ; 07, b.74.
- 3 **be.passive 08**, b.62.
- 4 **be.passive 03**, b.30.
- 5 **be.passive 05**, b.60 ; 06, b.72.
- 6 Andere factoren (relatieve vochtigheid, substraatype, risicovolle ligging) zijn bepalend voor het verschijnen van schimmels. .
- 7 Volgens de NIT 153 gepubliceerd door het WTCB, UYTTEBROECK, CARPENTIER, 1984
- 8 Ytong, Hebel, Foamglass, enz.
- 9 www.schock-belgique.be
- 10 www.etanco.be
- 11 WTCB, contact 2013/01.
- 12 Het beheer van waterdamp vereist het begrip van bepaalde fysieke principes, die hier niet in detail verklaard kunnen worden. zie www.energieplus-lesite.be.
- 13 Voor meer informatie, zie onder andere de gids Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines réalisé door Arnaud Evrard, Aline Branders en André De Herde (Architecture et Climat, 2010). Beschikbaar op de website: www.energie.wallonie.be
- 14 **be.passive 04**, b.53.
- 15 **be.passive 03**, b.80.
- 16 Duitsland (DIN 4108-3:2001), Engeland (BS 5250:2002).
- 17 WTCB contact 2013/01.
- 18 **be.passive 08**, b.73.
- 19 Te downloaden op de website www.energieplus-lesite.be.> Calculs > L'enveloppe du bâtiment > La condensation interne d'une paroi ; hier kan de analyse gemaakt worden voor wanden met 1 tot 5 lagen.
- 20 De tool ISOLIN kan besteld worden op de website : <http://energie.wallonie.be/fr/isolation-thermique-par-l-interieur-des-murs-existants-en-briques-pleines.html?IDC=6099&IDD=41922>
- 21 Opgelet: een cementering is niet dicht.
- 22 Volgens de testen van het WTCB met respect voor de norm NBN EN 12 114
- 23 Voorbeeld: Airgard (STO).
- 24 Bijvoorbeeld: M330 (Illbruck).
- 25 WTCB contact 2013/4, pp10-11.
- 26 WTCB Contact 41, Buitenpleisters op isolatie: nieuwe aandachtspunten, januari 2014, b. 21.
- 27 **be.passive 03**, b.70.
- 28 WTCB, Contact 2013/01.
- 29 **be.passive 08**, b.86; de dossiers van het WTCB 2012/2.6.
- 30 **be.passive 02**, b.70.
- 31 **be.passive 12**, b.56.

- 32 Bijvoorbeeld: Durelis (Spanotech).
- 33 Voor meer details: Isolation thermique par l'intérieur des murs existants en briques pleines, ob. citum.
- 34 **be.passive 08**, b.67.
- 35 www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2012/09/21_1.pdf#Page2 (verticale kokers Punt 5.1.5.1) ; be.passive 15, b.30.
- 36 Europees classificatiesysteem voor brandweerstand waarbij E wijst op de brandweerstand en de thermische isolatie. Een EI 30 vertegenwoordigt een brandweerstand van een half uur.
- 37 Is een kruising onvermijdelijk, dan kunnen echter platte aansluitingen met rechthoekige doorsnede gebruikt worden.
- 38 **be.passive 16**, b.86.
- 39 **be.passive 02**, b.52.
- 40 **be.passive 12**, b.58; 18, b.20.
- 41 Gidsen **BREEAM** (www.breeam.org); handleiding waardering van kantoorgebouwen. Op weg naar een duurzame huisvesting voor de Vlaamse overheid (www.lne.be).
- 42 **be.passive 05**, b.74.
- 43 NBN B 62-003 (1986) : Berekening van de warmteverliezen van gebouwen, gedeeltelijk vervangen door EN 12831 (2014), Verwarmingssystemen in gebouwen - Methode voor de berekening van de ontwerpwarmtebelasting. – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base.
- 44 De primaire conversiefactor van de biomassa wordt bepaald door de EPB-reglementering. In Vlaanderen en Wallonië staat deze voor $F_p=1$; In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest is dat $F_p=0,32$. De biomassa wordt minder gesubsidieerd dan andere hernieuwbare energieën, want de productie van (duurzame) biomassa is beperkt binnen de gewestelijke en nationale context.
- 45 De norm NBN EN ISO 13790:2008 kan bijvoorbeeld dienen als uitgangspunt (relevante aspecten van de gedetailleerde simulatiemethode, verwijzingen naar de toepasbare normen), net als de ietwat verouderde publicatie ISSO-32, Principes voor de berekening van thermische simulaties (1994).
- 46 Een benadering die overgenomen werd uit het tertiaire Vademecum.
- 47 Het thermische comfort en de temperatuurvereisten binnen gebouwen, Publicatie 74, ISSO, Rotterdam, Maart 2004.
- 48 http://apb.bruxellesenvironnement.be/alter_clim ; meer op www.cuepe.ch/html/plea2006/Vol1/PLEA2006_PAPER205.pdf
- 49 **be.passive 03**, b.54.
- 50 of commissioning
- 51 Internationaal Energieagentschap , www.iea-annex47.org
- 52 **be.passive 12**, b.58; 18, b.20.
- 53 Gecentraliseerd Technisch Beheer
- 54 **be.passive 09**, b.56 ; www.ecoffice-building.be;



- www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-2008/fr/A6-FR-beton-passif-internet.pdf
- 55 De specifieke warmtebehoefte die oorspronkelijk berekend werd door PHPP voor 20°C bedraagt 10,9 kWh/m².jaar en 7,5 kWh/m².jaar met de dynamische simulator EnergyPlus. Deze nieuwe referentie brengt de netto verwarmingsenergiebehoefte repectievelijk op 18,1 kWh/m².jaar en 19.1 kWh/m².jaar. De PHPP-berekening levert ... 18 kWh/m².jaar ob. Niet slecht!!
- 56 van het type MARMOX, etc.
- 57 http://statbel.fgov.be/fr/binaries/A5_FR_batibouw%202013_tcm326-213556.pdf
- 58 Institut national de la statistique, www.insee.fr/fr/themes/conjoncture/indice_icc.asp
- 59 Site van de Nationale Bank, www.nbb.be/belgostat/PresentationLinker?TableId=410000014&Lang=F
- 60 **Le Journal de l'architect**, n°279, februari 2014.
- 61 **be.passive 09**, pb.48-56 ; 16, b.56.
- 62 Nearly Zero Energy Building
- 63 Technum, Onderzoek naar het cost-optimum voor Leefmilieu Brussel, 2013, b.56.
- 64 ibidem, b.67.
- 65 Hoewel dit leidt tot het verschijnsel van geprogrammeerde slijtage
- 66 Dixit, A. K., & Pindyck, R. S. (1994). Investment under uncertainty, Princeton: Princeton University Press (cité par Verbruggen, Financial appraisal of efficiency investments: why the good may be the worst enemy of the best, Energy Efficiency (2012) 5:571–582
- 67 **be.passive 07**, b.88.
- 68 Jan Hoffman, Aviel Verbruggen: *Investeren in een passief concept loont altijd*, **Energymag 16**, 28.01.11.
- 69 www.fgt.be
- 70 L'Espoir (2012, **be.passive 05**, b.60 ; 06, b.72 ; 11, b.12 ; 14, b.32), Brutopia en (2013, **be.passive 08**, b.42 ; 17, b.28 ; 18, b.38).
- 71 **be.passive 16**, b.31.
- 72 **be.passive 09**, b.56 ; www.ecoffice-building.be
- 73 Uit het Engels "Building Together": samen bouwen, www.buildtog.eu
- 74 De school IPFC (Nijvel), **be.passive 03**, b.29.
- 75 Onderzoek gevoerd voor Brussel.
- 76 Deze prijzen zijn indicatief en stemmen overeen met gemiddelden uit verschillende projecten die in 2013 verwezenlijkt werden door Democo.
- 77 Het document dat dient als basis voor de metingen is de norm NBN EN 13829:2001, Thermische eigenschappen van gebouwen - Bepaling van de luchtdoorlatendheid van gebouwen – Overdrukmethode (iso 9972:1996, gewijzigd). In het kader van de EPB zijn er verplichtingen (bepaald door de drie gewesten) van toepassing die in de bijkomende

specificaties over de meting van de luchtdichtheid van de gebouwen in het kader van de EPB-reglementering, versie 3 van 28 mei 2013, terug te vinden zijn.

- 78 Deze waarde wordt gebruikt in de EPB-reglementering, de standaardwaarde is $12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$.
- 79 toekomstige publicatie van een STS 71-3-P, luchtdichtheid van de gebouwen – Overdrukttest.
- 80 Om precies te zijn is er een klein verschil tussen het buitenvolume en het binnenvolume bepaald in de berekening van de n_{50} .
Zodanig dat de exacte formule $n_{50} = \frac{v_{50}}{c} \cdot \frac{50}{V_i} = n_{50} \cdot C \cdot V_i / V_e$ wordt.
- 81 **be.passive 12**, b.82.
- 82 **be.passive 15**, b.90.79
- 83 Ibidem.
- 84 toekomstige publicatie (2015) van een kwaliteitskader en een certificering van de meters.
- 85 www.epbd.be/go/mesure-etancheite, bijkomende specificatie op luchtdichtheid volgens EPB, versie 3 van 28 mei 2013.
- 86 **be.passive 12**, b.67.
- 87 **be.passive 18**, b.60.





*Policiekantoor in Charleroi
| Charleroi | Stad Charleroi/
CFE groep | architect: Ate-
lier Jean Nouvel en MDW
architecture*





juridische vraagstukken

3.1.	Het vergrootglas van de jurist	264
3.1.1.	Het einde van vergevingsgezindheid?	264
3.1.2.	Het voorontwerp	269
3.1.3.	Het ontwerp van het project	276
3.1.4.	De offerteaanvraag	281
3.1.5.	De controle van de werken	285
3.1.6.	De oplevering en de certificering	289
3.1.7.	De tienjarige aansprakelijkheid	291
3.2.	Brandveiligheid	296
3.2.1.	Brand probleem	296
3.2.2.	Brandvoorschriften	298
3.2.3.	Aanbevelingen van de FOD Binnenlandse Zaken	299

legal

03

3.1. Het vergrootglas van de jurist

Frédéric Loumaye

We ontwikkelen hier de belangrijkste aandachtspunten die behandeld werden in de rubriek “recht” van het tijdschrift **be.passive**. Door plaatsgebrek verwijzen we voor sommige onderwerpen naar de originele artikels.

3.1.1. Het einde van vergevingsgezindheid?

Het tijdperk van de eerste passiefprojecten, geanimeerd door een pioniersgeest en goede wil bij alle spelers, is voorbij. Van de verdraagzaamheid van de opdrachtgevers ten opzichte van de probeersels die kunnen voortvloeien uit het vernieuwende karakter van deze constructies is duidelijk geen sprake meer.

De opkomst en het succes van de passiefstandaard leiden onvermijdelijk tot het einde van de wittebroodsweken die er waren tussen de opdrachtgevers, architecten en aannemers. Vooral de keuze van de politiek om eisen op te leggen voor elke nieuwe constructie die geïnspireerd zijn op de passiefstandaard heeft als gevolg dat deze laatste zijn uitzonderlijke karakter verliest en daaruit volgt dat de meeste opdrachtgevers de standaard gaan gebruiken uit verplichting en niet uit passie of verdraagzaamheid.

Promotoren, aannemers, architecten en studie bureaus zijn allemaal betrokken, maar sommigen zullen de filosofie van de passiefbouw ongetwijfeld willen ombuigen naar hun strakke logica van rentabiliteit en timing zonder zich echt aan te passen aan de methodologie die onontbeerlijk is om een passiefbouw tot een goed einde te brengen. Welnu, om de machine vast te laten lopen volstaat het vaak dat één van de spelers van de driehoek (ontwerper, opdrachtgever, aannemer) niet wordt gedreven door dezelfde goede wil, passie en vaardigheid als de anderen.

Achter deze zandkorrel profileert zich vaak de beste vriend/grootste vijand van de ontwerper en de aannemer, namelijk de advocaat en de eventuele gevolgen: het proces, ... Bijgevolg is het in het licht van de technische uitdaging van de passiefbouw noodzakelijk dat de professionals zich er bewust van zijn dat het avontuur ook een bron van geschillen en aansprakelijkheidsgedingen kan zijn, en dit in elke fase van het project. Elke stap van een passiefproject moet nauwgezet bestudeerd worden door - voor sommigen onaangenaam, maar toch nuttig - de jurist

3.1.1.1. Innovatie : de motor van de architectuur

Ons tijdperk wordt gekenmerkt door een belangrijke en boeiende evolutie van de bouwtechnieken en materialen. De tijdsgeest, die erop gericht is een verantwoordelijke te zoeken voor elk probleem, zou wel eens kunnen leiden tot een stagnatie en de ontwerpers ertoe kunnen brengen elk potentieel risico uit de weg te gaan.

De voorzichtigheid nodigt uit om vast te houden aan reeds bekende technieken en om geen enkel risico te nemen door te innoveren. Deze positie heeft niet alleen een weinig aantrekkelijk karakter vanuit creatief en intellectueel standpunt, maar stuit ook op de politieke wens om het gebruik van de passiefbouw op te leggen en dat houdt "nieuwigheid" en dus verandering in met een aandeel onzekerheid en bijkomende risico's ...

De nieuwigheid van de passiefbouw is echter heel relatief. Onder andere in Duitsland worden immers al sinds 1991 dergelijke gebouwen opgetrokken. De nodige kennis en technische expertise om een passiefgebouw te voltooien zijn dus beschikbaar en vormen op zich niet echt een nieuwigheid.

De enige echte innovatie is de voor nieuwbouw en met nieuwbouw gelijkgestelde renovaties. Wanneer de verandering opgelegd wordt en niet gewenst is, zijn de risico's op ontsporing en beroepsfouten helaas altijd groter. Daarom hebben de bouwers er alle belang bij deze "nieuwigheid" van de passiefbouw echt eigen te maken, of het nu is om te voldoen aan de voorschriften van de "EPB regelgeving vanaf 2015" in Brussel die geïnspireerd is op de passiefstandaard of om een passiefbouw certificaat te verkrijgen. In geval van mislukking kan elke "inhaalbeweging" zware financiële gevolgen hebben in termen van aansprakelijkheid: het demonteren van wat reeds werd uitgevoerd, vertraging van de werf, verlies van fiscale voordelen en andere premies, enz.

Ongeacht de verschillende meningen over de passiefbouw, laat het reglementaire karakter geen andere mogelijkheid dan er gewoon volledig voor te gaan.



*EcoPuur kantoren|
Nevelle | EcoPuur |
architect: denc !-studio*





> 1:3.1.1
Juridique
Comment faire
la répartition

3.1.1.2. Wie draagt de verantwoordelijkheid voor het bijkomende risico dat voortvloeit uit het gebruik van nieuwigheden?

Uitgaande van de hypothese van innovaties meent een bepaalde rechtspraak¹ dat de aansprakelijkheid van de ontwerpers en de betrokken partijen groter wordt. Andere spelers vinden dan weer dat *“enkel de opdrachtgever de gevolgen moet dragen van het gebruik van nieuwigheden als hij vooraf naar behoren geïnformeerd werd over de risico's die hij liep en hij toch besloot om het erop te wagen”*².

Deze adviezen zijn radicaal tegengesteld en dus een bron van onzekerheid in termen van aansprakelijkheid. De meningsverschillen ten opzichte van de isolatie zetten de deur duidelijk open voor een invraagstelling van de aansprakelijkheid van de professional die alleen maar kan proberen om zich te beschermen aan de hand van argumenten die hem de mogelijkheid bieden de risico's die voortvloeien uit de innovatie te laten dragen door de opdrachtgever.

Toch vrezen we dat deze laatste redenering niet kan worden toegepast op de werven waar men gebruik moet maken van nieuwe technieken om wettelijke redenen, zoals het geval is voor “EPB Passief 2015”. Deze innovaties worden uitgevoerd niet omdat de opdrachtgever dat met kennis van zake heeft gewenst, maar omdat hij ertoe verplicht wordt door de wet. Deze wettelijke verplichting impliceert ook een verplichting uit hoofde van de bouwers om de nodige maatregelen te nemen voor de verwezenlijking van een passiefgebouw met respect voor de regels van de kunst.

Gebruik maken van innovatie als gevolg van een reglementering van de overheid heeft helaas als gevolg voor de bouwprofessionals dat ze alleen de verantwoordelijkheid dragen in geval van een geschil. Ze hebben er dus alle belang bij om blijk te geven van de grootst mogelijke voorzichtigheid, onder andere door niet te aarzelen om een beroep te doen op de kennis van studie bureaus, facilitatordiensten die op punt gesteld werden door de overheid³ of op de passiefhuisplatformen. Deze kunnen de bouwers ondersteunen en laten profiteren van hun ervaring, vooral om hen ervan bewust te maken dat de nieuwigheid van de passiefbouw heel relatief is. De innovatie is niet de passiefbouw op zich, maar wel het reglementaire en veralgemeende gebruik ervan.

3.1.2. Het voorontwerp

De ontwerpers hebben een adviesplicht ten opzichte van de opdrachtgever en die blijft van kracht gedurende de volledige uitvoering van een gebouw, en dit vanaf het stadium van het voorontwerp en de eerste keuzes..

3.1.2.1. studiebureaus, onderaannemers en verzekeringen

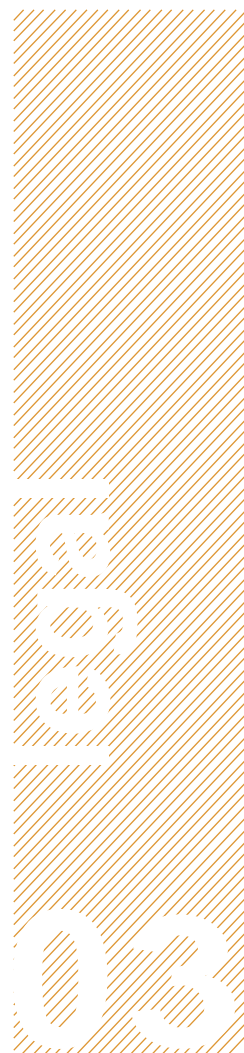
Voor een passiefbouw weegt het risico op een invraagstelling van de aansprakelijkheid als gevolg van een tekortkoming wat de adviesplicht betreft niet alleen zwaar op de architect, maar ook op de studiebureaus speciale technieken en de **adviesbedrijven voor energieontwerp**.

De specifieke kenmerken van de passiefbouw impliceren vaak de interventie van studiebureaus met betrekking tot het energieontwerp. Of op het initiatief van de opdrachtgever, of op aanraden van de architect, *met zekerheid* wanneer de passiefbouw deel uitmaakt van de EPB-reglementering.

De bureaus voor speciale technieken weten al lang dat ze in geval van een geschil dat raakt aan hun interventiezones onvermijdelijk het risico lopen om meegesleurd te worden in de gerechtelijke procedure. De studiebureaus voor energieontwerp, die vaak interveniëren voor de effectieve uitvoering van de werf en enkel in de projectfase, hebben de verkeerde indruk dat hun verantwoordelijkheid niet in vraag gesteld kan worden. Welnu, als er zich een geschil voordoet met betrekking tot de passiefkenmerken van een project, dan kunnen deze studiebureaus niet buiten het conflict blijven. Het is dus van vitaal belang dat ze door een verzekeringsmaatschappij gedekt worden voor beroepsaansprakelijkheid.

Het is aan de architect om na te gaan of de studiebureaus weldegelijk goed verzekerd zijn, met als bewijsmateriaal een verzekeringspolis in het kader van zijn project. De gerechtelijke logica zuigt elke professional die van ver of van dichtbij iets te maken heeft met het project mee in het geschil. Elk van de partijen zal immers proberen om de eventuele fouten en de financiële gevolgen die daaruit kunnen voortvloeien te verhalen op een andere partij.

De studiebureaus voor energieontwerp zijn niet vrijgesteld van dit gerechtelijk mechanisme. De andere bouwers zullen zich verschuilen achter





de studie en de eventuele fouten van dit bureau in energieontwerp om zo te proberen ontsnappen aan de gevolgen van de problemen als gevolg van een gerechtelijke procedure.

Doorgaans heeft de architect er belang bij ervoor te zorgen dat de opdrachtgever rechtstreeks en zonder onderaanneming een contract afsluit met betrekking tot de studiebureaus speciale technieken, stabiliteit en energieontwerp.

Sommige opdrachtgevers, in het bijzonder de overheid, verplichten de architect ertoe deze verschillende studiebureaus te laten interveniëren als onderaannemers. Daaruit volgt dat wanneer deze in gebreke blijven de architect op de eerste rij komt te staan en het dan aan hem is om zich tegen zijn onderaannemer te keren. Welnu, er bestaat altijd een risico dat de onderaannemer volledig in gebreke blijft, onder andere als gevolg van een faillissement. In het kader van zijn verantwoordelijkheden ten opzichte van de opdrachtgever en ook in zijn eigen belang moet de architect er dus over waken dat deze studiebureaus een verzekeringspolis hebben.

Het bestaan van een verzekering voor beroepsaansprakelijkheid, ook voor het energieontwerp, volstaat normaal om de gevolgen van een faillissement of van insolventie van deze studiebureaus te verhelpen

3.1.2.2. Specifieke kenmerken van de passiefbouw

De architect moet de aandacht van de opdrachtgever vestigen op de specifieke kenmerken van een passieve constructie. Deze laatste moet zich vanaf deze fase bewust zijn van de specifieke eigenschappen van een dergelijk project, van de verplichtingen en de voordelen die eruit voortvloeien. De architect moet schriftelijke bewijzen bijhouden ter staving van de uitvoering van deze adviesplicht.

De revolutie die een passiefgebouw vertegenwoordigt speelt zich niet enkel af op technisch vlak, maar raakt ook aan de leefgewoonten, de esthetische keuzen en zelfs de keuze van de planten in de tuin, ... De architect moet de aandacht van de opdrachtgever dus vestigen op het feit dat het passiefontwerp ook implicaties heeft op de werken en klussen die voorzien zijn voor de toekomst, zelfs op de binnendecoratie. Een doorboring op een strategische plaats kan immers ongelukkige gevolgen hebben voor de



duurzaamheid en de doeltreffendheid van het gebouw.

De opdrachtgever ziet zijn verantwoordelijkheid zelden in vraag gesteld worden in het kader van een traditioneel gebouw. Bij een passiefgebouw is dat wel anders. De opdrachtgever moet het gebouw immers gebruiken met respect voor de gebruiks- en onderhoudsvoorschriften. Uitgaande van de hypothese van een geschil na de oplevering van het gebouw bestaat de kans dat zijn verantwoordelijkheid in vraag wordt gesteld.

De ontevredenheid van het publiek met betrekking tot de passiefbouw en de soms zware gevolgen van het niet respecteren van de specifieke kenmerken ervan verplichten de architect ertoe bijzonder voorzichtig te zijn in zijn adviesplicht naar de opdrachtgever toe. Hij moet er blijven op wijzen dat het van vitaal belang is om regelmatig over te gaan tot het onderhoud van het gebouw (met inbegrip van de vervanging van sommige elementen, zoals silicone, enz.) en van de systemen die nodig zijn voor de goede werking van het passiefgebouw. Hij geeft ook uitleg bij de frequentie van deze interventies, die in voorkomend geval, uitgevoerd moeten worden door erkende organen. De architect moet proberen om hier zo veel mogelijk bij te zijn en een schriftelijk bewijs bij te houden.

3.1.2.3. Budget, premies en fiscale voordelen

De architect moet de aandacht van zijn klant vestigen op de eventuele meerkost die veroorzaakt wordt door het passiefontwerp van het gebouw, zowel voor de bouw als het onderhoud, die verschillen van traditionele gebouwen (filters, aardwarmtewisselaars, enz.) en hem informeren over de premies en de voordelen die er bestaan voor dit type vastgoed

3.1.2.4. Verschillen tussen theoretische en reële besparing

De ontwerpers moeten de aandacht van de opdrachtgever vestigen op de bestaande marge tussen de theoretische berekeningen van besparingen als gevolg van dit type gebouw en de reële besparingen die mogen verwacht worden bij het gebruik. Ze moeten erop wijzen dat het gaat om een raming en niet op een duidelijk engagement om het berekende verbruik te behalen, want dat verbruik kan naargelang de levenswijze van de toekomstige bewoners

> 2.1.3.2
b. 158

in werkelijkheid gelijk aan, hoger of lager zijn dan de technische berekening.

3.1.2.5. Uiteindelijke bestemming van het gebouw en verhuur

A. Bewoonbaarheid van het gebouw en respect voor de wettelijke normen inzake huurcontracten

Passieve gebouwen eisen dat hun gebruikers bepaalde dagelijkse leefregels in acht nemen en de nodige waakzaamheid aan de dag leggen wat het vereiste onderhoud betreft. Geen rekening houden met de regels die gevolgd moeten worden om de werking en het correcte onderhoud van het gebouw te garanderen kan vrij zware gevolgen hebben.

Een niet gemotiveerde en onbedachtzame gebruiker kan door verschillende klusjes of bij gebrek aan onderhoud schade toebrengen aan de passieve werking van zijn gebouw en zelfs gezondheidsproblemen veroorzaken.

Welnu, de wet van 20 februari 1991 en verschillende gewestelijke bepalingen verplichten de verhuurder ertoe om enkel vastgoed te verhuren dat vrij is van enige bewoonbaarheids- en gezondheidsproblemen. Een gebrek in het ventilatiesysteem zou er onder andere toe kunnen leiden dat het gebouw niet langer voldoet aan deze bepalingen. In dat geval voorzien de gewesten doorgaans de mogelijkheid om de verhuur van het goed te verbieden en extreem zware boetes uit te schrijven ten laste van de verhuurder. daaruit volgt dat wanneer een passief gebouw bestemd is voor verhuur, er sterk moet toegezien worden op de veiligheid en het onderhoud.

Het klassieke schoolvoorbeeld is bijvoorbeeld het voorzien van ventilatioosters die niet afgedicht kunnen worden door de gebruikers, niet per ongeluk, noch door onoplettendheid (bijvoorbeeld door meubels en objecten die erop staan en de **verluchtingsmond** verstoppen).





B. Huurcontract

De architect moet de aandacht van de eigenaar vestigen op het feit dat hij aangepaste huurcontracten moet opstellen waarin het passief karakter van het gebouw en de interventie van derde bedrijven voor het onderhoud van de ventilatieapparaten gespecificeerd worden.

Het is aangewezen om de huurder precieze plannen te geven om de zones aan te duiden waar geboord mag worden. Best wordt bij het huurcontract een onderhoudshandleiding van het gebouw gevoegd dat wordt ondertekend door de huurders en waarop gespecificeerd wordt dat het integraal deel uitmaakt van het contract. Dat contract moet clausules voorzien die de aandacht van de huurder vestigen op de verantwoordelijkheid ten opzichte van de gevolgen van het niet-naleven van het onderhoudsboekje.

C. Plaatsbeschrijving

De expert die belast is met de plaatsbeschrijving moet de specifieke kenmerken van de passieve gebouwen kennen om de huurschade te bepalen en te berekenen die het gevolg kan zijn van het niet-naleven van deze specifieke kenmerken. Zo kunnen eenvoudige gaten in een traditioneel gebouw een schade van een paar euro veroorzaken terwijl dezelfde gaten in een passief gebouw zware (en dure) gevolgen kunnen hebben in termen van isolatie of luchtdichtheid. Een expert die een plaatsbeschrijving maakt zonder rekening te houden met de passieve kenmerken van het gebouw loopt het risico dat zijn verantwoordelijkheid in vraag wordt gesteld door een eigenaar die te maken krijgt met aanzienlijke kosten die niet gedekt worden door de schadevergoeding.



3.1.3. Het ontwerp van het project

3.1.3.1. renovatie van een bestaand gebouw

De passieve renovatie van een traditioneel gebouw impliceert doorgaans zware en dure interventies die, wanneer ze noodzakelijk zijn voor de isolatie, gevolgen kunnen hebben op de eigenlijke structuur van het gebouw. Het is van vitaal belang dat deze keuzes gevalideerd worden door het studiebureau bevoegd voor de stabiliteit en gedeeld worden met het studiebureau speciale technieken.

In het kader van zijn adviesplicht moet de architect zich ervan vergewissen dat de opdrachtgever alle kaarten in handen heeft om zijn beslissing met kennis van zaken te nemen. Hij moet het bewijs bijhouden dat hij zijn klant duidelijk gewaarschuwd heeft voor de budgettaire impact van zijn keuzes en geanticipeerd heeft op de specifieke problemen van een dergelijke constructie, in het bijzonder met betrekking tot de mogelijke terugverdientijd in termen van energiebesparing. De architect moet zich ervan bewust zijn dat sommige oude gebouwen niet op een redelijke manier kunnen omgevormd worden tot passieve gebouwen, rekening houdend met de technische en financiële verplichtingen, om esthetische redenen en nog maar te zwijgen over de problematiek van de geklasseerde gebouwen. Indien de opdrachtgever op basis van principekwesties kiest voor een passieve renovatie, los van de economische overwegingen, dan kan de architect niet voorzichtig genoeg zijn en moet hij zich indekken met schriftelijke bewijzen.

3.1.3.2. Rekening houden met aangrenzende gebouwen

De architect zal van nature de reflex hebben om tijdens zijn ontwerp van het project rekening te houden met de aangrenzende gebouwen. Het ontwerp van een passief gebouw is uiteraard niet hetzelfde wanneer het aan andere gebouwen grenst of alleenstaand is. Uitgaande van de hypothese van een passief gebouw dat grenst aan andere, eerder bestaande gebouwen, moet de aandacht van de opdrachtgever gevestigd worden op het feit dat deze aangrenzende gebouwen en de eventuele evolutie ervan rechtstreekse gevolgen kunnen hebben op zijn eigen project.

Deze gebouwen kunnen immers afgebroken en niet onmiddellijk vervangen worden, bijvoorbeeld in afwachting van de voltooiing van een lang

en ingewikkeld vastgoedproject; ze kunnen ook op een andere manier weer opgebouwd worden. Welnu, de afbraak van de aangrenzende gebouwen of de eventuele aanpassing ervan kan een zekere impact hebben op de prestatie van het passief gebouw.

De eigenlijke structuur van de aangrenzende gebouwen of de leefwijze van de bewoners kan ook gevolgen hebben en dit zelfs uitgaande van de hypothese dat er geen transformatie of afbraak plaatsvindt. Zo zal de aanwezigheid van een aangrenzende en niet verwarmde trappenhal onvermijdelijk een impact hebben op de energieprestatie van het beoogde project. De aanwezigheid van aangrenzende kantoren die per definitie enkel overdag verwarmd worden, en 's avonds en in de weekends niet, zal ook een zekere impact hebben. Hetzelfde geldt voor aangrenzende gebouwen die volledig of gedeeltelijk leegstaan of niet verwarmd worden om diverse redenen die eigen zijn aan de eigenaars en de gebruikers.

De opdrachtgever kan de architect verwijten dat hij niet geanticipeerd heeft op dergelijke problemen. De architect heeft er dus belang bij om schriftelijk de aandacht van de opdrachtgever te vestigen op de keuzes die gemaakt kunnen worden in een dergelijk voorbeeld. De opdrachtgever moet dus voor deze keuze geplaatst worden: de veiligheid verkiezen, rekening houdend met de veranderlijke bijkomende kosten die daaruit voortvloeien, of het risico nemen zich te baseren op een situatie die hij niet onder controle heeft.

3.1.3.3. Inplanting van de buitenmuren van het nieuwe gebouw

Wanneer het passieve bouwproject niet wordt omringd door reeds aangrenzende gebouwen, of slechts gedeeltelijk, dan rijst de vraag over de inplanting van de toekomstige muren van dit gebouw. Artikel 663 van het burgerlijk wetboek en vooral de toepassing ervan door de rechtspraak regelen dergelijke kwesties van de inplanting van de betreffende muren.

In een stedelijke omgeving kan een toekomstige scheidingsmuur schrijlings ingeplant worden op de grond van de opdrachtgever en zijn buur. Deze laatste kan zich niet verzetten tegen de “verovering” van zijn terrein.



De principes die opgesteld worden door artikel 663 beogen met de tijd een gedeelde eigendom te creëren. Gezien de rechtspraak duidelijk het grondbelang op zich bevoordeeld ten opzichte van de tijdelijke mening van een huidige eigenaar-buur. Deze kan zich immers enkel beroepen op het feit dat hij de betreffende muur niet onmiddellijk zal gebruiken om de inplanting ervan, schrijlings op zijn terrein, te verhinderen. Hij kan nog van gedachte veranderen...

Nadien zouden zijn erfgenamen of andere toekomstige eigenaars andere projecten kunnen hebben die het gebruik vereisen van deze mandelige muur. De doelstelling bestaat er ook in dure en buitensporige vastgoedmutaties te voorkomen wanneer de buur de nieuwe muur gebruikt. Dit systeem biedt immers de mogelijkheid om enkel de bouwkost te betalen zonder een authentieke akte te moeten verlijden voor een strook terrein van ongeveer 15 cm breed.

Deze principes laten ook toe om een continuïteit van aangrenzende constructies te garanderen zonder leegtes te laten tussen twee gebouwen en dit om evidente redenen van esthetiek en openbare hygiëne. Door deze mechanismen op punt te stellen geeft de rechtspraak duidelijk de voorkeur aan een pragmatische oplossing in het belang van de grond en het openbaar goed.

Zonder rond de pot te draaien is het evident dat de meeste architecten de scheidingsmuur automatisch schrijlings op beide gronden zetten zonder zelfs maar te weten waarom ze zo op de aangrenzende eigendom mogen komen.

We hebben gezien dat deze overschrijding enkel kan bestaan als de muur, door zijn structuur, in desbetreffend geval later gebruikt kan worden door de eigenaar van de naburige grond. Deze "invasie" van het aangrenzende terrein (dat in werkelijkheid vaak heel negatief ervaren wordt) berust op een veronderstelling van toekomstig nut voor de betreffende muur.

Welnu, voor passieve gebouwen is het aangewezen om een isolatielaag van minstens 25 à 35 cm te voorzien. Met het oog op de kosten en de continue doeltreffendheid zal de architect geneigd zijn om te voorzien dat



de isolatielaag aangebracht wordt tegen de buitenkant van de toekomstige muur. En uitgaande van de hypothese dat een nieuwe muur, schrijlings gebouwd is op de twee gronden, bevindt die isolatielaag zich dan uiteindelijk op de aangrenzende eigendom. De “inname” van 15 cm (aanvaard door de rechtspraak en de doctrine) in het kader van een passief gebouw wordt gebruikt voor de plaatsing van de isolatie.

Deze keuze om de isolatie langs de buitenkant te plaatsen is volledig coherent vanuit economisch en technisch standpunt, maar kan helaas niet uitgevoerd worden vanuit juridisch standpunt. Wanneer de eigenaar van de aangrenzende grond op een dag zelf een gebouw wil optrekken, dan moet hij die isolatie verwijderen of ernaast bouwen en de 15 cm verliezen die zijn buur gebruikte voor de bouw van zijn passief gebouw. Deze inname van de aangrenzende eigendom heeft zo geen enkel nut voor hem. Hetzelfde probleem stelt zich bij een houten constructie die, uitgaande van de hypothese van een “inname”, ook geen toekomstig belang biedt voor de naburige eigenaar.

De architect moet dus uiterst voorzichtig zijn bij een keuze die betrekking heeft op de inplanting van de scheidingsmuur van zijn nieuwe gebouw.

Voorziet hij automatisch de schrijlingse inplanting op beide gronden, dan moet hij zich ervan bewust zijn dat hij dit enkel kan doen als deze constructie in desbetreffend geval gebruikt kan worden door de buur, wat niet het geval is als de isolatie op diens eigendom geplaatst wordt en in het geval van een houten constructie.

Heeft de muur van de nieuwe constructie vanuit technisch standpunt geen mogelijk nut voor het aangrenzende terrein, dat moet hij dus exclusief ingeplant worden op het terrein van het passief gebouw. Daarom moet de architect, wanneer hij zijn beslissing neemt over de schrijlingse inplanting op beide gronden hierover nadenken.

Een mogelijk gevolg is dat de naburige eigenaar, wanneer hij niet akkoord gaat met de keuze, een gerechtelijke procedure zou kunnen inspannen om de verderzetting van de werken te verbieden en in desbetreffend geval te vragen

om de afbraak van de reeds opgetrokken constructies, onder voorbehoud van de theorie van misbruik van recht. De gevolgen kunnen dan ook extreem zwaar zijn en leiden tot de aansprakelijkheid van de architect, die er dan de gevolgen van moet dragen. Daarom moet de architect dus heel voorzichtig en aandachtig zijn bij het plaatsen van de toekomstige muur.

3.1.4. De offerteaanvraag

3.1.4.1. Keuze van de aannemers

De specificiteit van de technieken die vereist zijn voor de bouw van een passief gebouw heeft als gevolg dat de architect heel voorzichtig moet zijn in de uiteindelijke keuze van de aannemers die moeten meewerken aan het vastgoedproject.

De architect moet zich omringen met een maximum aan voorzorgen en garanties ten opzichte van de geschiktheid van de aannemers. Uiteraard heeft de opdrachtgever het laatste woord wat de keuze van de aannemers betreft, aangezien de architect tijdens deze fase slechts een adviserende rol speelt. De opdrachtgever zou om verschillende redenen een beroep kunnen doen op een aannemer die, volgens de ontwerper, niet beschikt over de nodige vaardigheden om een dergelijk project tot een goed einde te brengen. In het licht van een dergelijke situatie moeten de ontwerpers echt uiterst voorzichtig zijn, zo snel mogelijk aan de alarmbel trekken en schriftelijke bewijzen bijhouden zodra er tijdens de uitvoering van de werf problemen worden vastgesteld.

Bovendien kunnen alle verkregen inlichtingen de opdrachtgever en de ontwerpers nooit behoeden voor een aannemer die uiteindelijk een slechte werkploeg afvaardigt of een beroep doet op een incompetent onderaannemer. Dergelijke problemen worden nog vergroot bij een opeenvolging van onderaannemer na onderaannemer die telkens onder de prijs werken om zo een marge over te laten voor de hoofdaannemer. Dit leidt vaak tot rampzalige situaties. De kwestie van de informatieoverdracht in het geval van verschillende onderaannemers is ook een groot probleem dat nefaste gevolgen kan hebben bij een passief gebouw (bijvoorbeeld bij interventiezones en zones die de



luchtdichtheid in het gedrang kunnen brengen, enz.).

Bij bepaalde opdrachten, in het bijzonder overheidsopdrachten, hebben bovendien, noch de ontwerpers, noch de opdrachtgevers echt de controle over de keuze van de aannemers die uiteindelijk de opdracht binnenhalen.

Het mode-effect rond de passiefbouw en de nieuwe reglementaire verplichtingen hebben als gevolg dat we helaas te maken krijgen met aannemers die willen profiteren van deze nieuwe “niche” zonder te beschikken over de reële vereiste competenties, noch over de wil om zich aan te passen en rekening te houden met de specifieke kenmerken van een dergelijk project. Of we er nu blij mee zijn of niet, de kring van de eerste koplopers, de echte pioniers van de sector, heeft zich onvermijdelijk uitgebreid tot andere aannemers die niet altijd even geschikt zijn, en dat zou wel eens kunnen leiden tot heel wat geschillen en vaak dramatische situaties voor de opdrachtgevers.

Deze waakzaamheid moet niet alleen aan de dag gelegd worden ten opzichte van de ondernemers die de technieken uitvoeren die vereist zijn voor passiefhuizen maar ook ten opzichte van de andere. Alle professioneel betrokken partijen voor dit type gebouw lopen immers het risico dat ze door ongelukkige tussenkomsten de doeltreffendheid van het passief gebouw in het gedrang brengen. De architect moet erover waken dat alle partijen, zelfs na de gesloten ruwbouw, precies weten hoe en waar ze mogen werken (bijvoorbeeld om te boren). Een elektricien, een loodgieter of zelfs een interieurarchitect zouden door een verkeerde handeling ernstige schade kunnen berokkenen aan de doeltreffendheid van het systeem.

En aangezien het de gewoonte is om de testen voor het behalen van het certificaat te laten uitvoeren tijdens de fase van de gesloten ruwbouw, kan het zijn dat we uiteindelijk met een gebouw zitten dat wel een certificaat van passiefgebouw heeft, maar dat in werkelijkheid niet langer de vereiste doeltreffendheid heeft als gevolg van een latere afwerking of zelfs als gevolg van een wat ongelukkige klus van de opdrachtgever. De architect moet er dus over waken dat alle partijen zich bewust zijn van de risico's van hun uit te voeren werk voor de doeltreffendheid van het gebouw.

We moeten ook beseffen dat de vermenigvuldiging van de betrokken partijen de bepaling van de verantwoordelijkheden in het geval van een probleem met de luchtdichtheid of de kwaliteiten van een passief gebouw

op zijn minst bemoeilijkt. Zo kunnen we geconfronteerd worden met een werf waarvoor geen certificaat kan worden toegekend als gevolg van een aaneenschakeling van kleine foutjes, die op zich onschadelijk zouden kunnen zijn, maar die samen leiden tot een catastrofe. De verdeling van de verantwoordelijkheden kan problematisch worden in een dergelijk voorbeeld. Hetzelfde geldt bij eventueel zwaardere fouten waarbij veel betrokken partijen een invloed kunnen gehad hebben op de oorsprong van de fout (aparte vakgroepen, hoofdaannemer en onderaannemers).

En te midden van al deze verwarring vrezen we dat de gerechtelijke expert en de rechtbank van mening zullen zijn dat al deze professionals aansprakelijk zijn, wat het risico inhoudt op een veroordeling *in solidum*.

3.1.4.2. Lastenboek

Het spreekt voor zich dat het lastenboek niet gewoon een klassiek document kan zijn dat ook van toepassing is op andere gebouwen. Het lastenboek en alle bepalingen moeten natuurlijk aangepast zijn aan de specifieke kenmerken van de passiefbouw. We moeten ons echter niet verschuilen: heel wat architecten stellen zich meestal tevreden, gewoon uit gemak, met het kopiëren en plakken van een standaard lastenboek, zowel voor de technische als de algemene clausules.

Hoewel het lastenboek in het kader van een klassiek vastgoedproject een belangrijk document is, is het nog veel belangrijker voor een passief project. De architect moet daarom heel waakzaam zijn bij het opstellen van het lastenboek en hij moet erover waken dat de aannemers zich er tijdens de uitvoering ook aan houden. Bij de minste twijfel kunnen we architecten en studie bureaus enkel aanraden zich te wenden tot de platformen om te kunnen profiteren van hun ervaring.

De architect moet dus voorzichtig zijn in het kader van de werfcontrole om zich te vergewissen van de strikte naleving van het lastenboek door de aannemers. En ten slotte, een te algemeen lastenboek is niet goed, maar hetzelfde geldt ook voor een lastenboek dat te ver verwijderd is van de werkelijkheid en dat enkel goed bedoelde maar onuitvoerbare wensen omvat.



3.1.4.3. Technische bureaus

De passiefbouw kondigt een mooie toekomst aan voor studiebureaus en ingenieurs. De architect, die te maken krijgt met een hele waaier technische verplichtingen en specifieke kenmerken van dit type gebouw, zal zich terecht wenden tot gespecialiseerde studiebureaus, zoals uiteraard ook al gebeurde voor de stabiliteit.

Zo is het opportuun dat de architect de interventie vraagt van een studiebureau speciale technieken en/of energieontwerp, in het bijzonder voor de ventilatie en thermische problemen. Uit voorzichtigheid kunnen best afzonderlijke en rechtstreekse contracten voorzien worden tussen de opdrachtgever en deze laatste. Vanuit juridisch standpunt en in termen van aansprakelijkheid is het immers altijd gemakkelijker om geen relatie van onderaanneming aan te gaan met om het even welke betrokken partij voor een vastgoedproject.

Een beroep doen op een studiebureau speciale technieken voor het energieontwerp en de stabiliteit, ontslaat de architect in geen geval van zijn aansprakelijkheid bij ongeval. Rekening houdend met zijn rol als “orkestleider” moet hij, ondanks de tussenkomst van de studiebureaus, blijf geven van een extreme waakzaamheid en zijn coördinerende rol met overtuiging vervullen. Het heeft immers geen zin dat elke betrokken partij en ontwerper aan de slag gaat op zijn eigen eiland zonder rekening te houden met eventuele wisselwerkingen. In het kader van een renovatie, bijvoorbeeld, kunnen de vereisten op het vlak van thermische isolatie soms zware gevolgen hebben voor de stabiliteit.

Het is dan ook noodzakelijk dat de architect, trouw aan zijn rol van orkestleider, zich vergewist van de perfecte coördinatie tussen alles wat bedacht wordt door de studiebureaus speciale technieken en/of energieontwerp en de studies van de stabiliteitsbureaus, zodat ze samen komen tot een project dat vanuit alle standpunten haalbaar is en waarbij de financiële aspecten niet uit het oog verloren worden.

De juridische ervaring toont aan dat de architect er in geval van een ongeluk maar zelden zonder kleerscheuren vanaf komt, zelfs wanneer de verantwoordelijkheid van de studiebureaus wordt aangetoond. De rechtbanken

menen dat hij ondanks alles een deel van de verantwoordelijkheid behoudt. Daarom moet de architect, en zeker in het kader van een passief project, erover waken dat de verschillende studiebureaus speciale technieken, stabiliteit en energieontwerp komen tot een haalbaar project, zowel technisch als financieel.

3.1.5. De controle van de werken

3.1.5.1. Rol van de architect: orkestleider of opzichter?

De architect moet een controle uitvoeren van de werf. Hij moet niet de rol spelen van de werfleider die bijna permanent op de werf verblijft. Die controleplicht wordt immers ondubbelzinnig gedefinieerd door de rechtspraak en de doctrine, en wel in deze bewoordingen: "De controle, uitgeoefend door de architect, heeft als voorwerp de verificatie van de conformiteit van de werken die uitgevoerd worden door de aannemer met de contractuele documenten, de regels van de kunst en de veiligheidsvoorschriften en -vereisten. Hij moet de werken controleren naarmate ze vorderen, zeker wanneer ze zich later niet meer lenen tot een onderzoek, zodanig dat er onmiddellijk een oplossing gezocht kan worden voor de vastgestelde fouten."

Volgens Y. Hannequart moet het "periodiek aanwezig zijn op de werf om de gebreken en fouten te ontdekken en er zo snel mogelijk iets aan te doen, om zo de uiteindelijke goede uitvoering te vrijwaren binnen de voorziene termijnen; preventief reageren indien hij een fout in de organisatie of in de uitvoering door de aannemer, of een defect aan het materiaal zou ontdekken; helpen tijdens de belangrijkste uitvoeringsfasen, met name in functie van de geschiktheid van de aannemer om problemen op te lossen die hij normaal gezien zou kunnen tegenkomen."⁴

Onder andere door de toepassing van dit concept van de controleplicht gaan we ervan uit dat de architect uiteraard niet permanent aanwezig moet zijn op de werf. Welnu, als we deze definitie van de controleplicht toepassen op een zogenaamd passief gebouw, dan kunnen we besluiten dat de architect veel vaker aanwezig moet zijn dan in het geval van een zogenaamd klassiek project. Er zijn immers veel meer delicate fasen die de goede werking van het





*School Bockstael | Brussel
| Stad Brussel | archi-
tect: Nimptsch Thüngen
Architekten*



passiefhuis in gevaar kunnen brengen dan bij een traditioneel gebouw.

De architect kan de arbeiders uiteraard niet voortdurend in de gaten houden om zich er bijvoorbeeld van te vergewissen dat de dichtheidsmembranen tussen de wanden aangebracht worden op een schone, stof- en vuilvrije ondergrond, op een vlakke en egale manier. Een dergelijke vereiste zou niet redelijk en bovendien niet haalbaar zijn. Er werken immers verschillende arbeiders op een werf en we kunnen moeilijk achter ieder van hen een architect zetten. De moeilijkheid bestaat erin dat tijdens de evolutie van de werf bepaalde, bijzonder belangrijke elementen voor de garantie van de dichtheid, verstopt zullen worden door wanden en andere bekledingen die eventuele problemen onzichtbaar maken.

In het geval van een ongeluk als gevolg van een slechte uitvoering of een ongelukkige interventie van een betrokken partij, vrezen we dat de opdrachtgever de architect zal verwijten dat hij tekort is geschoten in zijn controleplicht omdat hij niet aanwezig was of de problemen niet had gedetecteerd. Uit voorzichtigheid is in het kader van een dergelijke werf dus een veel grotere aanwezigheid vereist van de architect. Deze voorzichtigheid heeft echter gevolgen want we krijgen zo een verschuiving van de rol van coördinator naar die van opzichter. Welnu, na heel wat doctrinale en gerechtelijke controverses werd met grote meerderheid besloten dat de architect die rol van opzichter niet moet spelen.

De architect moet zich wel bewust zijn van deze problematiek en zijn honoraria (indien nodig) verhogen om zo rekening te houden met een veel frequentere aanwezigheid in het kader van dit type projecten, of hij moet de opdrachtgever aanraden een beroep te doen op een andere professional die dan belast wordt met deze taak. En opnieuw kan best elk contract in onderaanneming tussen de architect en die werfopzichter vermeden worden. Uiteraard moeten de vaardigheden van de opzichter om een dergelijke opdracht tot een goed einde te brengen, gecontroleerd worden.

3.1.5.2. Richtlijnen

De architect moet ook extreem duidelijke uitvoeringsdetails voorzien en het bewijs van overdracht ervan aan de verschillende betrokken partijen

bijhouden om onvrijwillige schade te voorkomen aan de elementen die noodzakelijk zijn voor de goede werking van het passiefhuis.

De architect en de studiebureaus moeten erover waken dat er geen informatie verloren gaat tussen de betrokken partijen en voornamelijk voor de verschillende fases. Meer dan ooit moet dit genre projecten ontwikkeld worden in het kader van een globale visie waarbij informatieverlies naar de opdrachtgever en de toekomstige eigenaars vermeden wordt, zowel tijdens als na de werf.

3.1.6. De oplevering en de certificering

3.1.6.1. Algemeen

In België wil de praktijk dat de oplevering van de werken opgesplitst wordt in twee stappen (het Burgerlijk Wetboek voorziet er nochtans maar één), namelijk een voorlopige oplevering, gevolgd door een definitieve oplevering, doorgaans na één jaar. Eenvoudig gezegd bestaat de voorlopige oplevering erin het einde van de werken vast te stellen en een lijst te maken van onvoltooidheden en gebreken die een nieuwe interventie van de aannemer rechtvaardigen. Na een proefperiode (met een doorloop van de 4 seizoenen) wordt overgegaan tot de definitieve oplevering van de werken. De definitieve oplevering (en in sommige gevallen, in functie van de contracten ondertekend met de opdrachtgevers, de voorlopige oplevering) vormt het uitgangspunt voor de tienjarige aansprakelijkheid. De gevolgen van een oplevering zijn heel belangrijk en talrijk. De architect van een passiefgebouw zal op het moment van de opleveringen uiteraard extreem waakzaam moeten zijn met betrekking tot de specifieke kenmerken van dit type constructie.

3.1.6.2. Het certificaat passiefbouw

De opdrachtgever zal terecht wensen dat de doeltreffendheid van het passief gebouw wordt gecontroleerd, onder andere om na te gaan of de beoogde doelstellingen werden bereikt. Wanneer we vandaag in België een passief gebouw neerzetten, dan kunnen gewestelijke en/of gemeentelijke premies ontvangen worden. De toekenning van deze premies is meestal onderworpen aan een certificaat dat gegarandeerd wordt door de passiefplatformen. Een



“passiefbouw-certificaat”, afgeleverd door deze passiefplatformen, is dus noodzakelijk om er recht op te hebben. Het certificaat wordt afgeleverd als het gebouw slaagt in de luchtdichtheidstest⁵ en ook beantwoordt aan een hele reeks criteria.

Het spreekt voor zich dat de opdrachtgevers graag willen profiteren van deze voordelen wanneer ze passieve gebouwen neerzetten. Bijgevolg worden de betreffende gebouwen systematisch onderworpen aan testen en controleberekeningen die vereist zijn voor het krijgen van het “passiefbouw”-certificaat. De opdrachtgever van een dergelijk gebouw zal uiteraard eisen dat het een certificaat krijgt. Daarom moeten de architecten hun tijd steken in deze testen en de aflevering van dit certificaat. We kunnen ervan uitgaan dat dergelijke prestaties niet aansluiten bij de klassieke opdracht van de architect en dat er dus honoraria aan gekoppeld kunnen worden. Het is maar normaal dat de architect bijkomende honoraria mag vragen met betrekking tot zijn prestaties voor de aflevering van het certificaat. Daarom is het verstandig om in het architectuurcontract te voorzien dat deze prestatie een toeslag vormt, en wel door duidelijk de berekeningsmethode van deze honoraria te vermelden (forfaitair of uurtarief).

Zelfs wanneer het certificaat en de interventie van de passiefplatformen in werkelijkheid gebruikt werden voor andere motieven (premies en vroeger de fiscale aftrekbaarheid), dan zullen ze zich onvermijdelijk vermengen met de problematiek van de oplevering van het gebouw. Hoewel het certificaat voor andere doeleinden werd gecreëerd, wordt het in de ogen van de opdrachtgever het bepalende criterium om de oplevering al dan niet te aanvaarden. Het certificaat bevestigt immers of de doelstellingen al dan niet werden bereikt. De opdrachtgever zal van de professionals die zijn belangen behartigen in het kader van zijn project verwachten dat zij al het nodige doen om deze stap met succes te zetten. De architect en de aannemer van het passiefhuis worden dus geconfronteerd met een resultaatsverplichting. Deze verplichting is op zijn minst dwingend en vergroot het risico op invraagstelling van de verantwoordelijkheid van de professionals die bij een project betrokken zijn.

Het gebruik wil dat dit certificaat afgeleverd wordt na de gesloten ruwbouw. Worden er in die fase problemen met de luchtdichtheid gedetecteerd, dan kan dat leiden tot het demonteren van wat net werd voltooid om te proberen de vastgestelde problemen op te lossen en de tests met succes te doorstaan. Voor

wie vaak te maken heeft met passief bouwen is het waarschijnlijk verstandig om de aankoop te overwegen van apparatuur die het mogelijk maken om preventief over te gaan tot een reeks controles zonder te wachten op de proef van de certificering. Door op die manier preventief te handelen, kunnen we nog tussenkomen zonder over te moeten gaan tot vaak dure afbraakwerken die de werf bovendien aanzienlijk vertragen.

3.1.7. De tienjarige aansprakelijkheid

Het burgerlijk wetboek voorziet in de artikels 1792 en 2270 de uitwerking van een zogenaamde tienjarige aansprakelijkheid van de professionals binnen de bouwsector, of heel concreet, van de architecten, de aannemers en de studie bureaus, en dit met betrekking tot alle zware gebreken die de stevigheid en de stabiliteit van het gebouw (ruwbouw) zouden kunnen ondermijnen. Deze aansprakelijkheid heeft, conform de naam, een duur van tien jaar en begint, behoudens anders overeengekomen, vanaf de definitieve oplevering.

Een bepaalde rechtspraak heeft geprobeerd om de tienjarige aansprakelijkheid uit te breiden tot alles wat een gebouw ongeschikt maakt voor gebruik en dit voornamelijk in termen van bewoonbaarheid, wat bijzonder gevaarlijk is met betrekking tot passieve gebouwen. Een gebrek aan een passief gebouw kan immers leiden tot situaties die de bewoonbaarheid van het gebouw in het gedrang kunnen brengen en we hebben het dan vooral over de ventilatie. In een dergelijk voorbeeld zou deze fout binnen de uitgebreide definitie van de tienjarige aansprakelijkheid vallen. De bouwers en ontwerpers hebben er dus alle belang bij extreem voorzichtig te zijn waar het deze problematiek betreft.

Onze rechtbanken lijken op dit moment echter een striktere definitie te volgen, die deze tienjarige aansprakelijkheid beperkt tot aanslagen op de stevigheid en de stabiliteit van het gebouw als gevolg van ernstige gebreken.

Dankzij dit beperkende concept van de tienjarige aansprakelijkheid zouden de problemen met thermische isolatie en ventilatie hieraan ontsnappen. We moeten echter heel voorzichtig zijn voor de mogelijke evolutie van onze rechtspraak en dan in het bijzonder met betrekking tot de "tijdsgeest" die erop gericht is de consument te beschermen.





3.1.7.1. Kleine verborgen gebreken

De rechtspraak heeft de theorie goedgekeurd voor de verantwoordelijkheid voor kleine verborgen gebreken .

De 10 jarige aansprakelijkheid impliceert dat de gebreken verborgen zijn. Ze is onderworpen aan een verjaringstermijn van tien jaar vanaf de definitieve oplevering van de werken. De rechtsvordering moet bovendien aangespannen worden binnen een "nuttige termijn", startend vanaf de ontdekking van het gebrek door de opdrachtgever. Deze termijn van tien jaar vormt uiteraard een probleem in het geval van een passief gebouw, in het bijzonder als we bedenken dat we niet over voldoende afstand beschikken om de doeltreffendheid in de tijd te controleren voor bepaalde materialen die gebruikt werden om de thermische isolatie te garanderen. Per definitie zijn de problemen met thermische isolatie doorgaans niet zichtbaar.

Deze garantie voor verborgen gebreken betreft niet de ernst ervan, een noodzakelijke voorwaarde voor de tienjarige aansprakelijkheid. Welnu, als er in de loop der jaren gebreken in de thermische isolatie blijken als gevolg van het ontbreken van duurzaamheid in de tijd van de gebruikte materialen, dan kan dit onvermijdelijk leiden tot een invraagstelling van de verantwoordelijkheid van de professionals die in het kader van de werf betrokken waren. Gelukkig meent de rechtspraak doorgaans dat de fout van de professional geanalyseerd moet worden, onder andere in functie van de wetenschappelijke kennis van die tijd. Er bestaat echter ook een bepaalde rechtspraak die meent dat de bouwers verantwoordelijk zijn van zodra ze de mogelijkheid hadden deze gebreken te detecteren, zelfs als dit impliceerde dat ze zouden moeten overgaan tot dure onderzoeken.

De aansprakelijkheid voor kleine verborgen gebreken is dus een soort zwaard van Damocles dat boven het hoofd hangt van alle professionals in de bouwsector, die er alle belang bij hebben om druk uit te oefenen bij de overheid en andere certificeringsorganen om producten te kunnen afleveren die een zekere garantie genieten, die dan ingeroepen kan worden om zich vrij te spreken van elke fout.



3.1.7.2. De adviesplicht na afloop van het project

We raden de architect aan om een gebruikshandleiding voor het gebouw te schrijven en het bewijs van overhandiging van een dergelijk document aan de opdrachtgever bij te houden. Hij moet ook, eveneens met bewijs van overhandiging, de *as-built* plannen overhandigen. Op deze plannen moeten duidelijk de zones vermeld staan waar men bijvoorbeeld mag: boren, onderhoud en herstellingen uitvoeren, enz. De architect moet, opnieuw schriftelijk, de aandacht van de opdrachtgever vestigen op het belang van de overdracht van deze *as-built* plannen en de gebruikshandleiding aan eventuele toekomstige eigenaars.

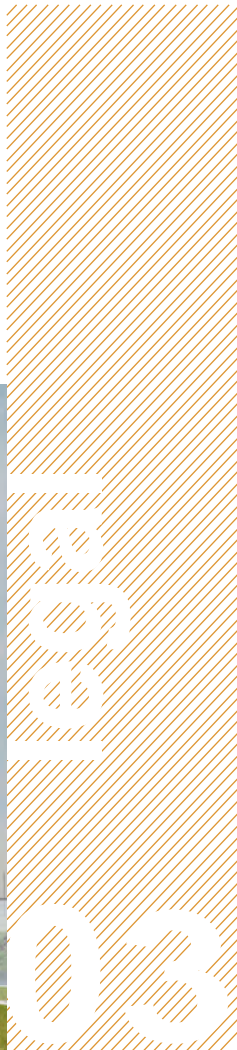
Het zou verstandig zijn om deze gebruikshandleiding en de *as-built* plannen toe te voegen aan het postinterventiedossier dat de verkoper, ter gelegenheid van een verandering van eigenaar, verplicht moet overhandigen aan de koper. We moeten van deze wettelijke verplichting profiteren om ervoor te zorgen dat een hele reeks informatie, die nuttig is voor de goede werking van een passief gebouw, voor de eventuele interventies en de uitbreiding ervan, gecommuniceerd kan worden aan alle opeenvolgende kopers van dit goed.

Door al deze informatie en documenten op te nemen in het postinterventiedossier (vergezeld van een inventaris om alle verlies tegen te gaan) beschikt de architect niet alleen over een bewijs van de overdracht van deze informatie maar zorgt hij ervoor dat het “geheugen” van het gebouw bewaard blijft, want dat mag niet verloren gaan voor dit type constructie.

Het is ook heel belangrijk om de opdrachtgever erop te wijzen dat het van vitaal belang is om de systemen die dit passiefhuis doen functioneren op tijd te laten onderhouden. Dit onderhoud moet uitgevoerd worden door erkende organismen. Schriftelijk moet ook duidelijk de frequentie van deze onderhoudsbeurten gespecificeerd worden. De ontwerpers moeten de aandacht van de opdrachtgever vestigen op het feit dat ze afzien van hun verantwoordelijkheid als deze onderhoudsbeurten en de eventuele herstellingen niet worden uitgevoerd. Een dergelijke vrijstellingsclausule is waarschijnlijk niet 100% doeltreffend, maar vormt toch minstens een verstandige voorzorgsmaatregel voor de professionals die betrokken zijn bij het project.

De aandacht van de opdrachtgever moet ook gevestigd worden op de elementen die op regelmatige tijdstippen het voorwerp moeten uitmaken van een onderhoud, of zelfs een vervanging (silicone, enz.). De vrijstellingsclausule moet ook betrekking hebben op de verplichtingen tot onderhoud en herstelling en daarbij moeten we proberen om zo exhaustief mogelijk te zijn.

De opdrachtgever moet ten slotte gesensibilieerd worden voor het feit dat zijn levenswijze gevolgen zou kunnen hebben op de prestaties van het passiefhuis, met name wat de keuze van de huishoudelijke en andere apparaten betreft



3.2.

Brandveiligheid

be.passive⁶

3.2.1. Brand probleem

In België overschrijdt het aantal ingeschreven woningen de 4 miljoen. Van die woningen vliegen er elk jaar ongeveer 10 000 in brand, goed voor ongeveer 0,2% van het vastgoedpark. De huidige “zeldzaamheid” van het passieve vastgoedpark wijst erop dat de waarschijnlijkheid dat er brand optreedt in een passiefgebouw heel klein is.

Wat de risico's betreft moeten we een onderscheid maken tussen de situatie van de gebruikers en die van de interventiediensten. De gebruikers bevinden zich immers in het gebouw van bij het ontstaan van de brand, terwijl de interventieteams later komen, wanneer de brand zich al ontwikkeld heeft.

De gebruikers kunnen dus blootgesteld worden aan een warmtestroom, aan irriterende en verstikkende gassen, en beperkte zichtbaarheid door de rook. Bij hun interventie kunnen brandweerlieden geconfronteerd worden met gewelddadige en tijdelijke fenomenen door een snelle verspreiding van het vuur. De bekendste zijn de *flashover* en de *backdraft*, een explosief fenomeen dat veroorzaakt wordt door de plotse aanvoer van zuurstof in een gesloten volume waar de rook vol onverbrande gassen is blijven hangen. Vooral dit laatste fenomeen zorgt voor ongerustheid bij de brandweer.

be.passive heeft dit nieuws opgevolgd en de Algemene Directie Veiligheid en Preventie Integraal Veiligheidsbeleid van de FOD Binnenlandse Zaken heeft een onderzoek⁷ gefinancierd naar de problematiek van het brandrisico en passiefhuizen.

Het onderzoek bestond voornamelijk uit de evaluatie van de impact van een passieve bouwmethode op de ontwikkeling van een brand. Daarvoor werden met behulp van engineeringtools voor brand simulaties uitgevoerd. Het idee was om op basis van een gegeven scenario (een zetelbrand) een passiefhuis te vergelijken met een “traditioneel” huis.

Eerst moeten we de nadruk leggen op het feit dat een passiefhuis enkel gedefinieerd wordt in termen van energieprestaties. Er is dus vrijheid wat de keuze van de bouwmaterialen betreft. Er bestaat echter geen enkele precieze definitie van een “traditionele” woning. Er werd een bestaand passiefhuis

gekozen en als “traditioneel” huis werd datzelfde passiefhuis genomen, maar dan gedenatureerd en getransformeerd om het niet-passief te maken: dezelfde structuur, maar minder goed geïsoleerd, minder dicht en zonder mechanische ventilatie.

Uit het onderzoek blijkt dat voor de gesimuleerde woning met eenzelfde binnenbekleding er geen gevoelig verschil is tussen het passiefhuis en het “traditioneel” huis wat de beschikbare evacuatie tijd betreft. *“traditioneel” huis wat de beschikbare evacuatie tijd betreft. “Voor eenzelfde binnenbekleding (bijvoorbeeld gips voor de muren) en eenzelfde type bemeubeling, hebben de isolatie en het oorspronkelijke luchtvernieuingspercentage weinig invloed op de temperatuur van de rook en de concentraties CO en HCN tijdens de fase van de ontwikkeling van de brand (zolang de concentratie zuurstof niet de beperkende factor wordt). We zien dus gelijkaardige evacuatie tijden voor de bewoners van passiefhuizen en traditionele huizen.”*

Hoewel er tijdens de eerste minuten geen opmerkelijk verschil is in de ontwikkeling van de brand in beide huizen, merken we wat later heel aparte regimes, met bijvoorbeeld een grotere productie van onverbrande gassen in het passiefhuis. *“Tijdens de fase van het pseudoregime zien we grotere concentraties CO en onverbrande gassen en minder hoge temperaturen voor het passiefhuis en dat komt door de verstikking van de brand. Het risico op een backdraft tijdens de interventie van de brandweerdiensten in een passiefhuis mag niet genegeerd worden. Het openen van een uitweg in het bovenste deel van het huis (dak) lijkt niet noodzakelijk voldoende om de veiligheid van de brandweerdiensten tijdens de interventie te garanderen.”*

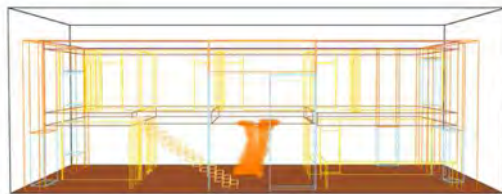
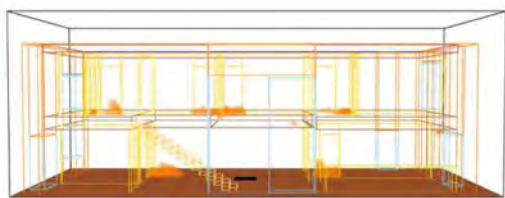
“De rook heeft de neiging om zich een weg te banen doorheen het luchtaanvoersysteem van de passiefhuizen wanneer de brand plaatsvindt in een leefruimte. Toch lijkt het erop dat de materiestroom die door het ventilatiesysteem gaat vrij beperkt is ten opzichte van het rookdebiet dat onder de deuren doorgaat (behalve in het geval van een kortsluiting die de ventilatoren uitschakelt).”

Wat er ook van zij, als we rekening houden met de relatief jonge leeftijd van de passiefsector en de vele mogelijke architecturale configuraties, dan is waakzaamheid toch wel geboden.



Smokeview 5.5.1 - Apr 9 2010

Smokeview 5.5.1 - Apr 9 2010



Frame 464

0.000 (0.000%)

Frame 233

Time: 277.2

0.000 (0.000%)

Brand simulatie in een passief huis, bron: Brohez S., Cornil N., Fourneau C., Breulet H., Desmet S.: "Passive House and fire = Inferno?"

3.2.2. Brandvoorschriften

Stéphane Desmet

In België werd naar aanleiding van de wet van 30 juli 1979 met betrekking tot de brand- en explosiepreventie een wettelijk kader gedefiniëerd. Dit kader bepaalt een geheel van minimale voorwaarden met betrekking tot de brandveiligheid waaraan de gebouwen moeten voldoen, met uitzondering van de eengezinswoningen en de woningen met maximum twee niveaus en een totale oppervlakte kleiner of gelijk aan 100 m². Deze "basisnormen"⁸ werden opgesteld op basis van verschillende decennia ervaring en ze zijn enkel voorschrijvend. In 2012 werden ze aangepast aan de Europese regelgeving, wat onder andere heeft geleid tot aanpassingen van de bepalingen met betrekking tot de ventilatie van liftschachten in "lage-energie"-gebouwen.

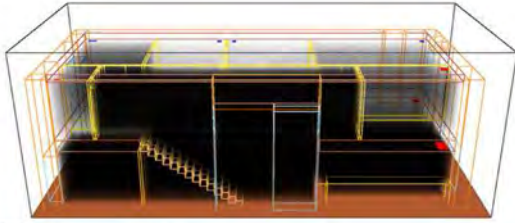
Aan deze minimale voorwaarden kunnen de gewestelijke overheden eventueel nog bijkomende voorschriften toevoegen voor de gebouwen die onder hun bevoegdheid vallen (rusthuizen, hotels, studentenkamers). Elk gewest heeft wetgevende macht.

Op dit moment vertegenwoordigen de eengezinswoningen de grote meerderheid van de passieve constructies in België, d.w.z. gebouwen die ontsnappen aan de "basisnormen". De enige reglementering voor dit type gebouw betreft de branddetectie waarvoor elk gewest een reglementering publiceerde.

Sinds 1 juli 2013 is het reglement EUR 305/2011⁹ van toepassing. Het is een Europees reglement, d.w.z. een verplichtend wettelijk kader voor de Lidstaten, dat integraal moet worden toegepast in de hele Europese Unie. Dit reglement omvat zeven fundamentele vereisten waaraan de bouwwerken moeten voldoen, en dan in het bijzonder de vereiste nr. 2: brandveiligheid. De FOD Economie heeft een verklarende brochure uitgegeven over de implicaties van dit reglement¹⁰.

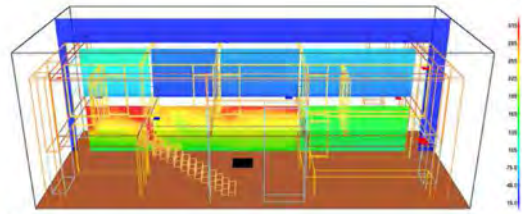
Het geheel van de teksten waarnaar we ons moeten conformeren lijkt heel dwingend en lijkt maar weinig ruimte te laten voor innovatie. In het geval van een innoverende oplossing die beter aansluit bij de realiteit van het terrein maar die buiten het voorgeschreven kader valt, kan echter altijd een aanvraag tot afwijking worden ingediend bij de Afwijdingscommissie¹¹ van de FOD Binnenlandse Zaken

Smekens 0.0.1 - Apr 9, 2010



Form 001
Type 001

Smekens 0.0.1 - Apr 9, 2010



Form 001
Type 001

3.2.3. Aanbevelingen van de FOD Binnenlandse Zaken

In de brochure bedoeld voor de FOD Binnenlandse Zaken bevelen de onderzoekers van de UMons-ISSeP de volgende acties aan¹² :

- Het beschikken over minstens één **detector per ruimte** en deze onderling verbinden of koppelen aan een centrale; elke kamer (cruciale ruimte want de mensen verblijven er lang in slaaptoestand) ermee uitrusten, maar niet de ruimtes met een heel klein volume waar men maar kort is (WC, douches).
- De voorkeur geven aan buitenisolatie.
- Het gebruik van een isolerende binnenbekleding voorkomen in het kader van de renovatie van de huizen; de isolatie zou “verstopt” moeten worden achter een brandveilige afwerkingslaag,.
- De nadruk leggen op een andere vluchtweg dan de toegangsdeur voor de gebouwen die niet gestuurd worden door de basisnormen. Zo moet er minstens één raam zijn dat gemakkelijk open kan en waarvan de afmetingen voldoende groot zijn om een individu door te laten.
- Terugslagventielen plaatsen in de leidingen voor luchtaanvoer, om te voorkomen dat rook opstijgt in het ventilatienetwerk.
- Tijdens de opleiding van de brandweer de nadruk leggen op de herkenning van voortekenen van een backdraft en op de interventiestrategieën in dergelijke situaties.





Referenties:

- 1 **D. Tomasin**, Innovations en responsabilité des constructeurs, rev. **Dr. Immob.**, 1990, b.281 ; Liège 16 mai 1988, jlmb, 1990, b.441.
- 2 **A. Delvaux** et **D. Dessard**, Le contrat d'entreprise de construction, répertoire notarial, 1990. b.201.
- 3 Zie bijvoorbeeld de website van Leefmilieu Brussel, Home> Professionelen > Loket Onze Adviseurs (facilitatoren)
- 4 **A. DELVAUX** et **D. DESSARD**, Le contrat d'entreprise de construction, répertoire notarial, 1991, page 140 ; voyez en ce sens Y. HANNEQUART, La responsabilité de l'architecte, Liège, 1985, b.57 ; B. RIGAUX, L'architecte, Bruxelles, 1975, b.332.
- 5 **be.passive 16**, b.86.
- 6 **be.passive 04**, b.30 ; 07, b.86 ; 10, b.72 ; 15, b.30.
- 7 **Brohez S., Cornil N., Fourneau C., Breulet H., Desmet S.**, Passive House and fire = Inferno?, Rapport final UMons / ISSeP, février 2011
- 8 Fixées dans l'Arrêté Royal du 7 juillet 1994, modifié par les Arrêtés Royaux du 19 décembre 1997, du 4 avril 2003, du 6 juin 2006, du 13 juin 2007, du 1^{er} mars 2009, et du 12 juillet 2012. Les textes sont disponibles sur le site du SPF justice www.ejustice.just.fgov.be/cgi/welcome.pl
- 9 Ce règlement abroge la Directive Produit de Construction (CPD - 89/106/EC). <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:FR:PDF>
- 10 "Quoi de neuf pour la commercialisation des produits de construction? – De la Directive 89/106/CEE au Règlement (UE) n° 305/2011" Service public fédéral Économie, B.M.E., Classes moyenne et Énergie 2012
- 11 www.ibz.be/download/QFP_Commission_derogation_fr_2009.pdf
- 12 **be.passive 10**, b.72.



passiefbouw op de proefbank

4.1.	Installatie en coördinatie	304
4.2.	Welk werkelijk verbruik ?	306
4.2.1.	Monitoring CEPHEUS (UE)	308
4.2.2.	Monitoring in Lodenareal (A)	311
4.3.	Enquêtes over het comfort	313
4.3.1.	Het CEPHEUS onderzoek (EU)	315
4.4.	De gezondheid van de bewoners	332
4.4.1.	De luchtkwaliteit in systeem D	332
4.4.2.	De kwaliteit van de lucht in de scholen	334

reality

01

1.1. Installatie en coördinatie

Bernard Deprez

Een passief gebouw is de volbloed van het energiebehoud die getemd moet worden. Technisch gezien is alles klaar, maar de culturele referenties moeten evolueren¹. Het werk van de vzw Bonnevie met de bewoners van het passiefgebouw L'Espoir in Molenbeek heeft aangetoond dat deze evolutie mogelijk is. Bovendien heeft dit project aanleiding gegeven tot de opstelling van een "gebruikshandleiding" en een onderzoek naar de twee eerste jaren van het leerproces².

>2.2.3
b. 190



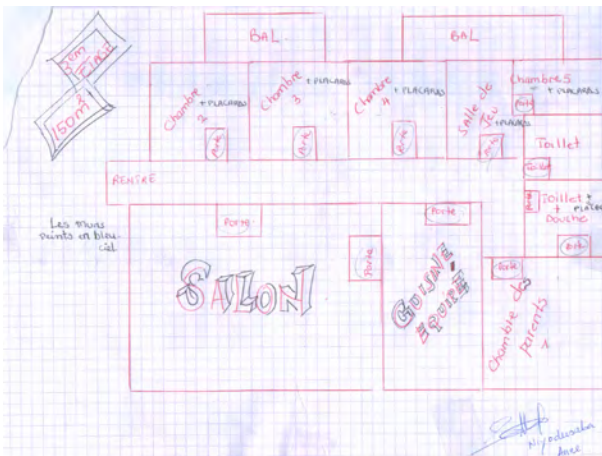
Verhuizen naar een nieuw gebouw is geen sinecure, vooral wanneer het gaat om een innoverend openbaar passiefgebouw. De gebruiker, die niet heeft meegewerkt aan het ontwerp, kan overrompeld worden. In 2013 heeft Leefmilieu Brussel aan het studiebureau 3E gevraagd om vijf energiedoeltreffende gebouwen te bestuderen die bewoond worden door een publiek met een doorsnee inkomen en waar de intrek voor problemen had gezorgd³.

Uit het onderzoek is gebleken dat deze problemen niet systematisch te maken hadden met de energieprestatie of de passiefbouw. De standaard

impliceert immers resultaatsvereisten en de gebruikers letten vaak heel goed op waardoor de minste storing soms een bron van protest vormt.

Heel wat betrokken partijen (opdrachtgever, ontwerper, beheerder, kandidaat-huurders, technische diensten, enz.) beïnvloeden de gebruiksomstandigheden van het gebouw. De goede samenwerking en communicatie tijdens alle fasen van het project zijn sleutelfactoren. De indienststelling moet al bestudeerd worden nog voor de start van de werf. Om te kunnen instaan voor het onderhoud en het beheer van dergelijke gebouwen moeten de technische diensten opgeleid worden voor de specifieke kenmerken ervan. De afstelling van de technische apparatuur zou aan het begin van elk verwarmingsseizoen gecontroleerd moeten worden, en dit minstens gedurende twee opeenvolgende jaren.

De begeleiding⁴ van de gebruikers tijdens de aanpassingsperiode (1 à 2 jaar) is de andere sleutel van een goed "energiegebruik" van het gebouw. Ten slotte moeten de gebruikers hun verwarmingstemperatuur lokaal kunnen regelen binnen een bereik van enkele graden. Anders zouden de technische diensten steeds weer klachten krijgen, ook al functioneert alles goed!



Schema van een ideaal appartement ontworpen door een van de bewoners van de residentie l'Espoir en informatiesessie



1.2. Welk werkelijk verbruik ?

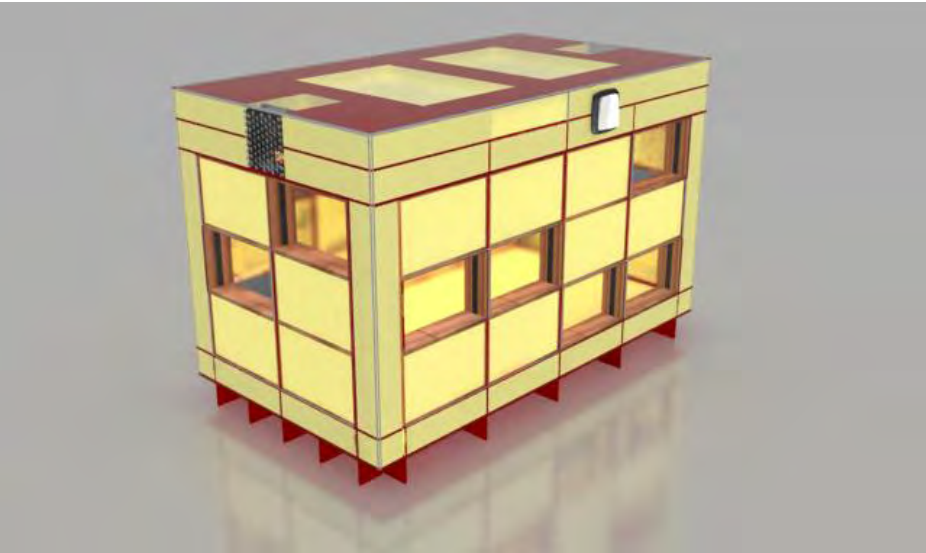
Het concept van een Rationeel Energieverbruik stelt voorop dat een rationele informatie leidt tot een rationeel energieverbruik. Dan wordt wel geen rekening gehouden met de persoonlijke gebruiken, de sociaal-culturele praktijken, de opportuniteiten, enz. Te meer daar energie slechts gemiddeld overeenkomt met 6% van de huishoudelijke kosten: het is geen prioriteit voor iedereen⁵, ook al hebben 715 000 Belgische gezinnen moeite om hun energiefacturen ⁶ te betalen.

Het energieverbruik is het resultaat van de combinatie van een klimaat, een technologische leefwereld en een levenswijze. Het energieontwerp van gebouwen beoogt de productie van de best mogelijke technologische leefwereld – een gebouw – en levert het dan over aan de gebruiksomstandigheden. Het effectieve verwarmingsverbruik van een gebouw hangt dus af van verschillende factoren:

- **Van de site:** het klimaat en het bioklimatologisch potentieel (zon, bewolking, bescherming, inplanting, enz.)
- **Van het gebouw:**
 - De **gebouwschil** bepaalt de netto verwarmingsbehoefte aan de hand van de energiecompetentie die door de architect gedefinieerd werd;
 - De **technische installaties hebben een bepaald rendement** en veroorzaken verliezen;
 - De **energiebron** (productie- en distributiekanaal, enz.) bepaalt de impact op het milieu (uitstoot van CO₂, vervuilende stoffen, enz.).
- **Van de gebruikers:**
 - De **gebruikers** gedragen zich volgens hun sociaaleconomische leefwereld en de opportuniteiten van de markt.
 - De **technische diensten** onderhouden de privé- en openbare gebouwen; hun organisatie, opleiding en competentie beïnvloeden in grote mate de doeltreffendheid van de verschillende installaties (verwarming, ventilatie, water, enz.).



"Passive Box" (Michael Arens, Tom Jonckheere, Lennart Luchtens, Toon Vermeir)



04

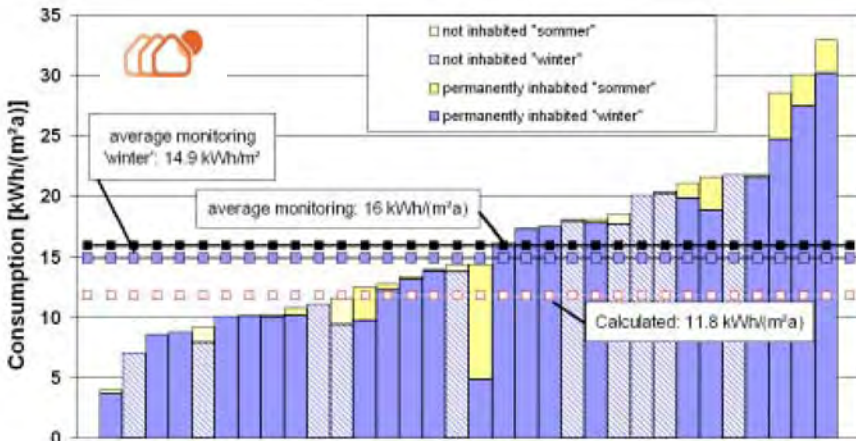
Bepaalde parameters zijn gemakkelijk te wijzigen, andere niet. Ze zijn allemaal onderling verbonden: het gedrag van de gebruikers hangt bijvoorbeeld af van hun kennis van de specifieke kenmerken van het gebouw. Het verbruik dat geschat werd door de berekening houdt rekening met de klimatologische referentieparameters, de bouwkenmerken van de gebouwen en een “normaal” gebruik van het gebouw. Het gebeurt vaak dat het effectieve verbruik verschilt van de berekende energiebehoeften. Er zijn heel wat oorzaken voor deze verschillen, maar ze zijn vooral te wijten aan het variabele karakter van het gedrag van de gebruikers.

De passiefstandaard is het energieconcept dat de beste wetenschappelijke opvolging ooit genoot, eerst via het PHI⁷ (spin-off van de Universiteit van Darmstadt), het Energie-instituut van Vorarlberg⁸ en ook aan de hand van internationale studies van hoog niveau (CEPHEUS , 2001 ; PassREG⁹, 2001 ; PassREG¹⁰ vandaag) voor het overgenomen werd door de internationale open *source*¹¹. Leefmilieu Brussel sluit zich aan bij deze wetenschappelijke en technische cultuur en plaatst op haar website heel wat tools voor particulieren en professionals.

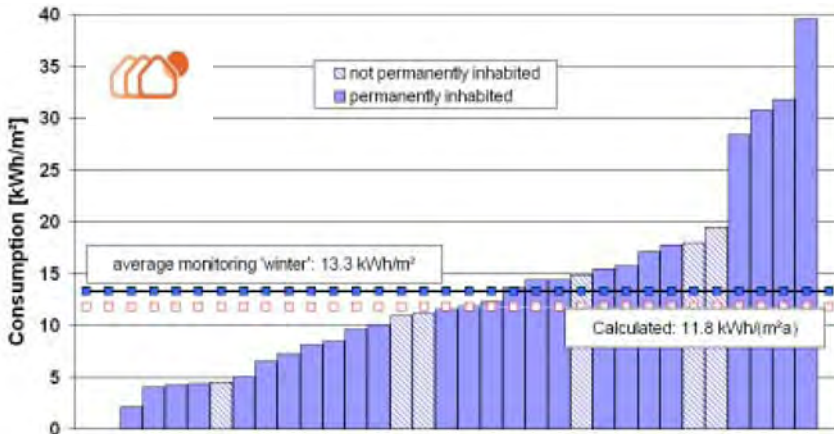
1.2.1. Monitoring CEPHEUS (UE)

Het CEPHEUS-onderzoek (Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standards, binnen het Europese THERMIE programma) had betrekking op de opvolging van 221 passiefwoningen in Duitsland, Zweden, Oostenrijk, Zwitserland en Frankrijk. De onderzoekers hebben aangehaald dat het gemiddelde verbruik van de passiefwoningen in overeenstemming was met de voorspellingen, hoewel er een grotere variatie kon optreden tussen de individuele resultaten.

Het reële verbruik van de 32 passieve woningen in Hannover bijvoorbeeld is van 4 naar bijna 32 kWh/m².jaar gegaan, maar het gemiddelde verbruik (over twee jaar van meting) stemt overeen met de PHPP-berekening, namelijk 13,4 kWh/m².jaar.



Vergelijking van de metingen van het verbruik voor verwarming (van 01/10/1999 tot 30/09/2000) en het verbruik dat met het PHPP werd berekend (bron CEPHEUS)



Vergelijking van de metingen van het verbruik voor verwarming (van 01/10/2000 tot 30/04/2001) en het verbruik dat met het PHPP werd berekend (bron CEPHEUS)





De sites van CEPHEUS

Woningen Lodernaal | Innsbruck | Neue Heimat Tirol, Gemeinnützige WohnungsGmbH, Innsbruck | architect: architekturwerkstatt din a4 en teamk2 [architects] ZT GMBH

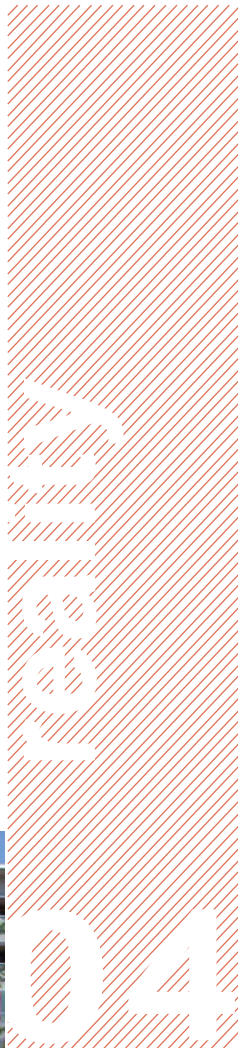
Hieruit blijkt de betrouwbaarheid van PHPB. Dit toont nog maar eens dat de standaard een grote vrijheid van levenswijze mogelijk maakt: de passiefbouw strijkt de verschillen glad tussen hij die graag leeft met alle ramen open (en die meer verbruikt) en hij die leeft als een monnik (en die minder verbruikt). Het gebouw betaalt de gevolgen van de levenswijzen af ten voordele van de vrijheid van de gebruikers.

1.2.2. Monitoring in Lodenareal (A)

De wijk Lodenareal¹² in Innsbruck (Oostenrijk) omvat twee residentiële passiefgebouwen die in 2009 werden gebouwd voor de sociale huurmaatschappij Neue Heimat Tirol. Met 354 woningen is dit het grootste gecertificeerde residentiële project. Het heeft ongeveer 11% meer gekost dan het basisvoorbeeld (equivalent van 35 kWh/m².jaar); 7% wordt gedekt door een overheidssubsidie en 4% wordt afgeschreven via de energiebesparingen.

Een monitoring¹³, uitgevoerd door verschillende universitaire instellingen heeft gedurende twee jaar (2010-2011) het energieverbruik van de 354 woningen (verwarming, netwerkverlies, elektriciteit, ventilatoren, enz.) geanalyseerd, evenals verschillende comfortparameters in 18 appartementen (omgevingstemperatuur, vochtigheid, CO₂ in de leefruimte en de kamer).

Het Energie-instituut van Vorarlberg heeft uit deze studie besloten dat "*de passiefbouw zijn beloften houdt!*"¹⁴ De reële netto verwarmingsbehoefte bedroeg 17,6 kWh/m² voor het eerste jaar en 16,3 voor het tweede jaar. Hierbij wordt rekening gehouden met de reële gemiddelde temperaturen binnen in de woningen, namelijk 23,6°C. Wanneer we de jaarlijkse verwarmingsverbruiksgegevens corrigeren voor 20°C, dan bedraagt de netto verwarmingsbehoefte 13,6 kWh/m² voor het eerste jaar en 14,6 voor het tweede jaar.







1.3. Enquêtes over het comfort

Er werd nog geen exhaustief onderzoek gevoerd naar het comfort in de Belgische passiehuizen. Andere Belgische of buitenlandse studies resulteren in aanzienlijk wat stof tot nadenken. Door zich te inspireren op het Duitse onderzoek "Wonen in een passiehuis¹⁵", heeft architecte Laurianne Hoet¹⁶ een twintigtal bewoners van passiehuizen ondervraagd.

*Ines Camacho
Brussel
twee passieve duplexen
architect: Ines Camacho*



Verstuurde vragenlijsten

Duitsland: 210 personen ondervraagd 160 antwoorden (76 %).
België: +/- 60 vragenlijsten verstuurd 20 antwoorden (33 %).



Involed om passief te bouwen/voorafgaande stappen

Duitsland: 50 % persoonlijke overtuiging/50 % advies van de architect.
België: 65 % persoonlijke overtuiging/20 % beroepsmilieu/15 % overige.



Comfort verwarmingsperiode

Duitsland: 92,7 % aangenaam.
België: 100 % aangenaam.



Comfort zomerperiode

Duitsland: 62,5 % zelden te warm/37,5 % vaak te warm.
Maar wie het ventilatiesysteem aanpaste, klaagt minder dan de anderen.
België: 50 % heel goed/50 % goed.



Belang van de beschutting tegen de zon

Duitsland: volgens 71 % onmisbaar/26,8 % belangrijk.
België: volgens 70 % onmisbaar/30 % belangrijk.



Ventilatie, aanpassingen?

Duitsland: 50 % goed vanaf het begin/35 % goed na aanpassingen.
België: 50 % goed vanaf het begin/50 % goed na enkele aanpassingen.



Ventilatie, gemakkelijk?

Duitsland: 58 % gemakkelijk/37 % gemakkelijk nadat je het systeem gewend bent geworden/5 % moeilijk.
België: 60 % gemakkelijk/40 % gemakkelijk nadat je het systeem gewend bent geworden.



Openen van de vensters?

Duitsland: 48,4 % nooit/43,3 % zelden.
België: 75 % zelden/25 % soms.



Luchtvochtigheid.

Duitsland: 73 % aangenaam/21 % te droog.
België: 100 % aangenaam.



Zonne-installatie

Duitsland: 82 % ja.
België: 80 % ja.



Involed op de gezondheid?

Duitsland: 45,7 % positieve evolutie/53,3 % status-quo.
België: 50 % positieve evolutie/50 % status-quo.



Globaal tevredenheidsniveau

Duitsland: 15,4 % heel goed/42 % goed/23 % tevreden.
België: 50 % heel goed/30 % goed/20 % tevreden

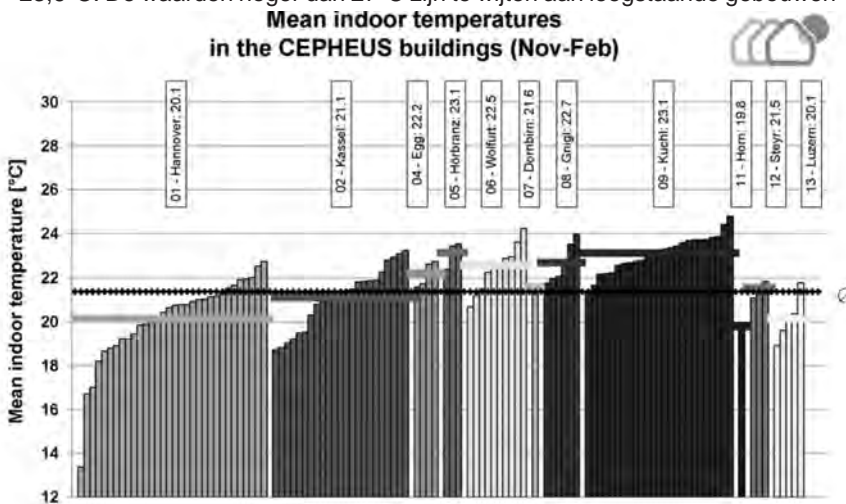


1.3.1. Het CEPHEUS onderzoek (EU)

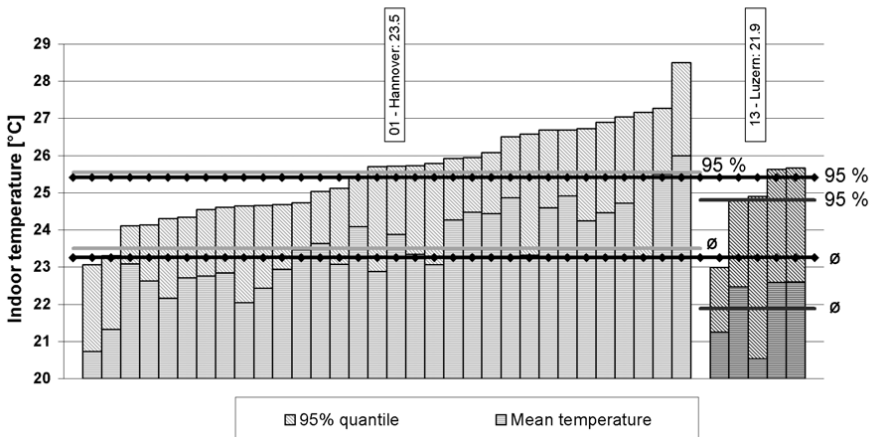
Het onderzoek CEPHEUS bestudeerde ook het comfort in passiefwoningen en het onthaal van passiefbouw door de gebruikers. 900 vragenlijsten werden geanalyseerd door de wetenschappers en sommige werden aangevuld met interviews.

1.3.1.1. De binnentemperaturen

Tijdens de eerste winter (links) bleek uit de monitoring een gemiddelde binnentemperatuur van tussen 21 en 22°C (temperaturen lager dan 17°C werden genoteerd in Hannover in leegstaande huizen). In de zomer¹⁷ (rechts Hannover en Luzern) worden de maximale temperaturen bereikt tussen 1 mei en 31 augustus. Ze liggen gedurende 95% van de tijd tussen 21,9 en 23,6°C. De waarden hoger dan 27°C zijn te wijten aan leegstaande gebouwen



Mean indoor temperatures and 95% quantiles in the CEPHEUS buildings (May-Aug)



Over de gebouwen is een temperatuurvermindering van 1,5°C tot 1,9°C aangetoond (vergelijk met een specifiek ontwerp op basis van de warmtebronnen in Hannover, Leden en een extreem energieverbruik)¹⁸.

Andere kwalitatieve onderzoeken tonen aan dat de lage ventilatiedebieten de luchtstromen onmerkbaar maken: de luchtstromen zijn onbestaand en de gelaagdheid van de temperaturen¹⁹ (van de orde van 1,1°C per m) is zwak, wat het comfortgevoel vergroot.

Het comfort wordt nog versterkt door een heel egale verspreiding van de oppervlaktetemperaturen en heel lage radiatieve asymmetrieën. Uit andere simulaties blijkt dat het comfort wordt verzekerd dankzij de hoge oppervlaktetemperaturen van de isolerende beglazingen ($U_w=0,85 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), wat niet het geval is bij een isolerende dubbele beglazing ($U_w=1,60 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)







1.3.1.2. De gewenning van de gebruikers

Een van de tevredenheidsenquêtes had betrekking op de passiefwoningen van de wijk Kronsberg (Hannover). Alle bewoners beweerden tevreden te zijn. In vergelijking met traditionele woningen wordt de hogere temperatuur van de binnenoppervlakken als “heel aangenaam” ervaren, met opmerkingen als “Ik heb eindelijk nooit meer koude voeten!”

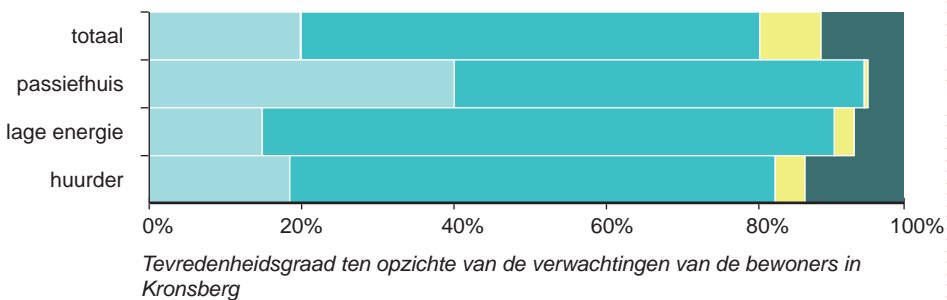
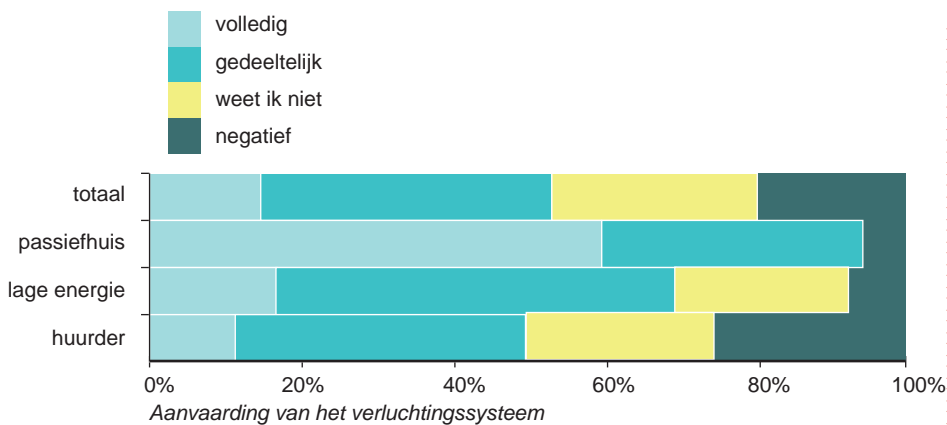
Nadat ze gewend waren aan hun passiefwoning verklaarde meer dan de helft van de bewoners ook tevreden te zijn over de temperatuur in hun slaapkamer. In de zomer is 88% van de bewoners tevreden of heel tevreden met de binnentemperatuur, in het bijzonder door de koelte die behouden blijft dankzij de gesloten ramen. 's nachts ventileren de meeste bewoners op de natuurlijke manier.

1.3.1.3. De ventilatie

De luchtkwaliteit wordt als “goed” tot “zeer goed” bestempeld door 95% van de bewoners. Er werd geen enkele negatieve evaluatie gegeven, ook al heeft de luchtverversing in passiefhuizen de reputatie lager te liggen dan wordt voorgeschreven door sommige gewestelijke reglementeringen (bijvoorbeeld de NBN D50-001). Dankzij de balansventilatie worden de vervuilende stoffen die afkomstig zijn van de bouwmaterialen binnen in de woningen continu geëvacueerd terwijl het stof dat binnenkomt met de verse lucht tegengehouden wordt door de filters. Het vernieuwingspercentage moet zodanig bepaald worden dat het overtollige vocht verwijderd wordt zonder de lucht uit te drogen.

Wat de ventilatie betreft maakt 85% van de bewoners volledig gebruik van het balansventilatiesysteem terwijl 7% de ramen een paar minuten per dag openzet, 4% 15 minuten en nog 7% meerdere uren per dag. In het totaal is 96% van de bewoners van passiefhuizen “tevreden” tot “heel tevreden” over de ventilatie-installatie²⁰.

We willen opmerken dat dit heel hoge tevredenheidspercentage heel representatief is voor passiefhuizen, want het daalt naar 55% zodra we de lage-energiewoningen uit de bestudeerde steekproef meetellen.



1.3.1.4. De Minergie®-enquêtes (ZW)

In Zwitserland betroffen de tevredenheidsenquêtes duurzame gebouwen met Minergie-certificaat²¹. Tot op heden onderscheidt dit label meer dan 31 633 gebouwen, goed voor ±37 miljoen verwarmde m² in nieuwbouw en renovatie. De passiefbouw wordt er ondersteund door het Minergie-P-label



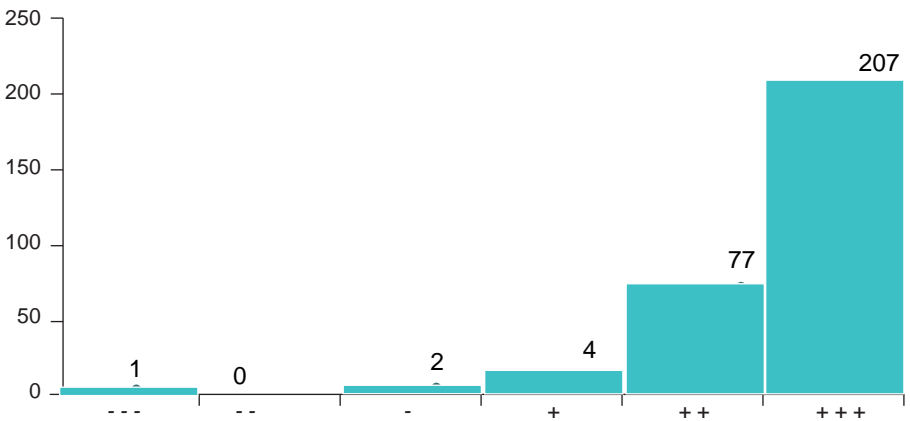


*Alex De Broe en Barbara
Oelbrandt
Asse
Individueel passiefhuis
Architect: Blaf architecten*



met meer dan 2 182 passieve gebouwen (residentieel, tertiair, nieuwbouw en renovatie) waaraan nog 553 ecologische passiefbouwen worden toegevoegd die verwezenlijkt werden volgens het label Minergie-P-Éco²².

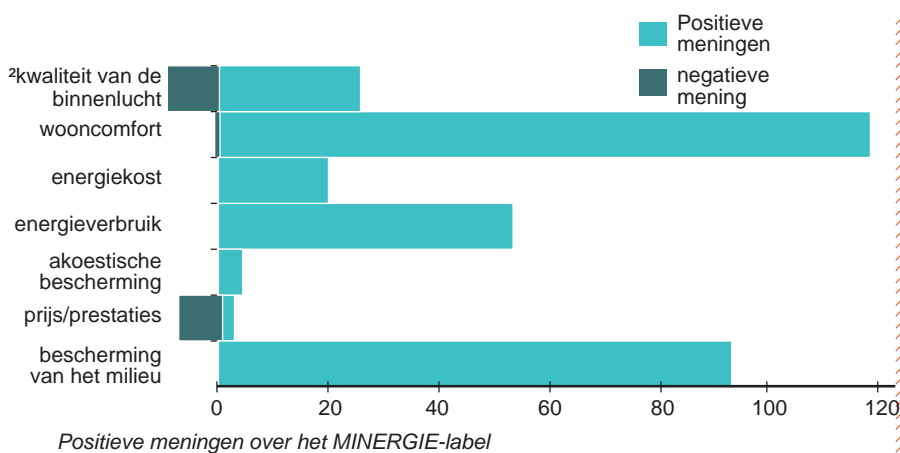
Een onderzoek²³ combineert de gedetailleerde analyse van 52 woongebouwen en de tevredenheids- en verbruiksresultaten van 506 woongebouwen. Voor een panel van 291 respondenten (waar de isolatie en de balansventilatie met warmterecuperatie standaard geïnstalleerd zijn, maar zonder daarom noodzakelijk te beantwoorden aan de passiefstandaard) toont het onderzoek aan dat 97% van de ondervraagde personen “tevreden” tot “heel tevreden” is over het ervaren comfort.



Bent u tevreden over het MINERGIE-comfort?

Het tevredenheidsniveau van de gebruikers over de luchtkwaliteit en de kosten/batenverhouding lijkt ook heel goed te zijn, want 94% van de ondervraagde personen verklaren “tevreden” of “heel tevreden” te zijn. Ten slotte bevelen bijna alle ondervraagde personen het label aan. Vooral het comfort (met 119 gunstige adviezen), meer dan de milieu-impact (93 gunstige adviezen) of de besparingen (53 gunstige adviezen), vormt het belangrijkste argument ten gunste van het label.

> 1.1.5.2
b. 28



1.3.1.5. Het micro-onderzoek van Leefmilieu Brussel

In 2012 voerde Leefmilieu Brussel een micro-enquête bij bewoners van 27 woningen van **Voorbeeldgebouwen**: 8 eengezinswoningen, 19 appartementen; 20 nieuwe woningen, 7 renovaties; 21 passiefwoningen, 4 heel-lage-energiewoningen en 2 lage-energiewoningen; 22 worden bewoond door hun eigenaar, 5 door huurders²⁴.

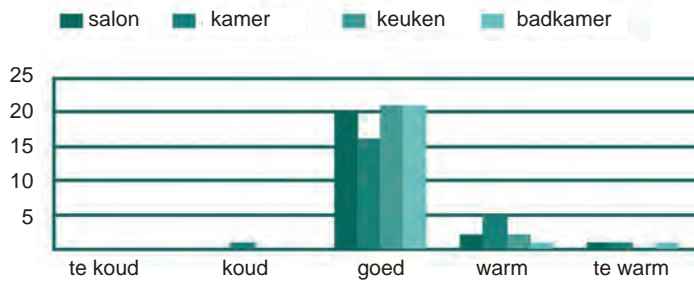
De temperaturen worden er grotendeels als comfortabel ervaren (niet te warm, niet te koud). De tevredenheid bedraagt 85% in de zomer en 77% in de winter, met een marginale neiging om het in de zomer “wat te warm” te hebben en soms wat koud in de winter. Dit draagt bij tot het idee van een standaard die niet “vastgeschroefd” zit op een uniforme temperatuur, maar een temperatuur die zachtjes schommelt naargelang het seizoen. De passiefbouw verandert de houdvast van de bewoners: *“het verschil met een normaal huis? Hier laten we ons beetnemen door het comfort! We kleden ons licht en eens buiten beseffen we dan dat het eigenlijk wel koud is.”*



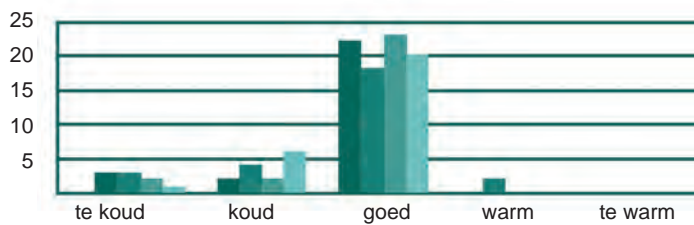


*Edwin Vanaeren
Schaarbeek
Kantoren ARCO
Architect: Architectes
Associés*



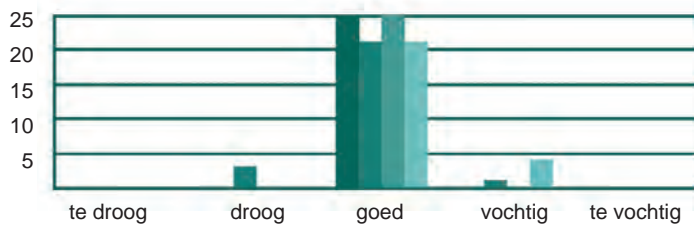


Binnentemperatuur tijdens de zomer

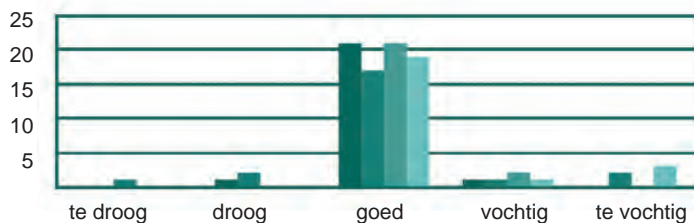


Binnentemperatuur tijdens de winter

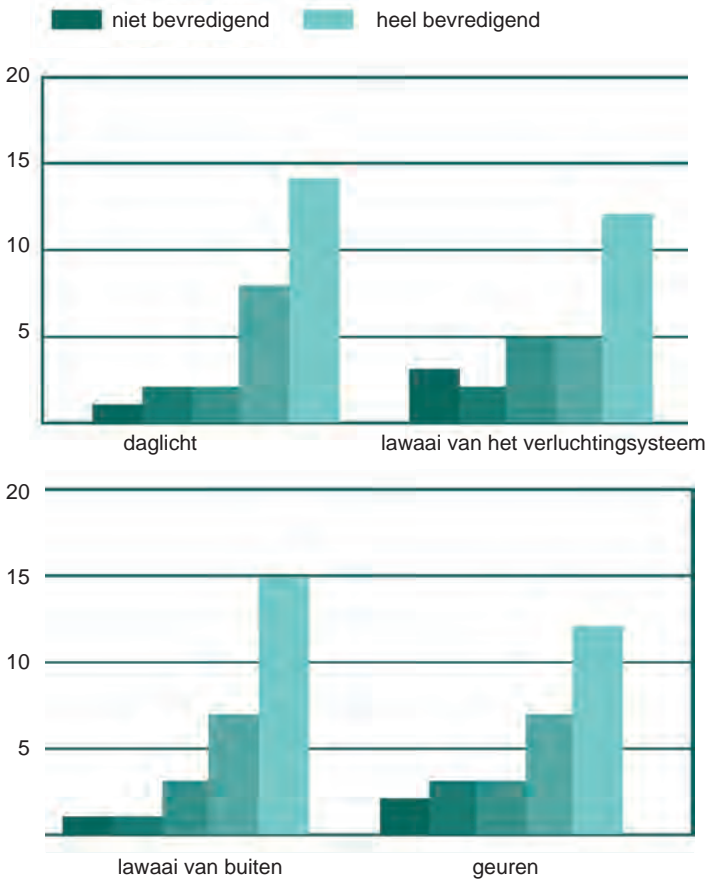
Ook de luchtvochtigheid lijkt als ruimschoots comfortabel ervaren te worden, zowel in de zomer (92%) als in de winter (85%). Het licht- en akoestisch comfort, de geurcontrole, enz. lijken heel bevredigend met scores tussen 80 en 90%.



Luchtvochtigheid tijdens de zomer



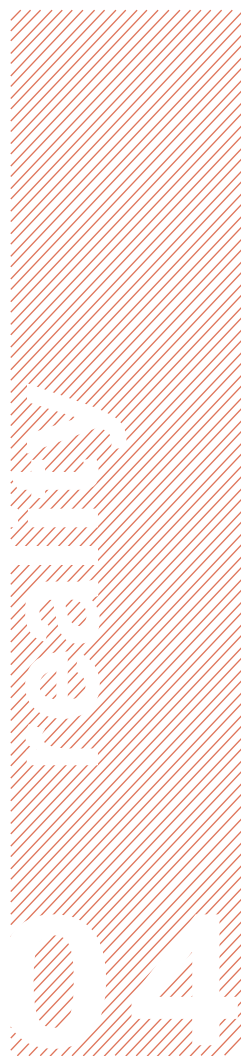
Luchtvochtigheid tijdens de winter







*Elin en Georges
Vorst
Renovatie gezinswoning
Architect: Gwenola Vilet*

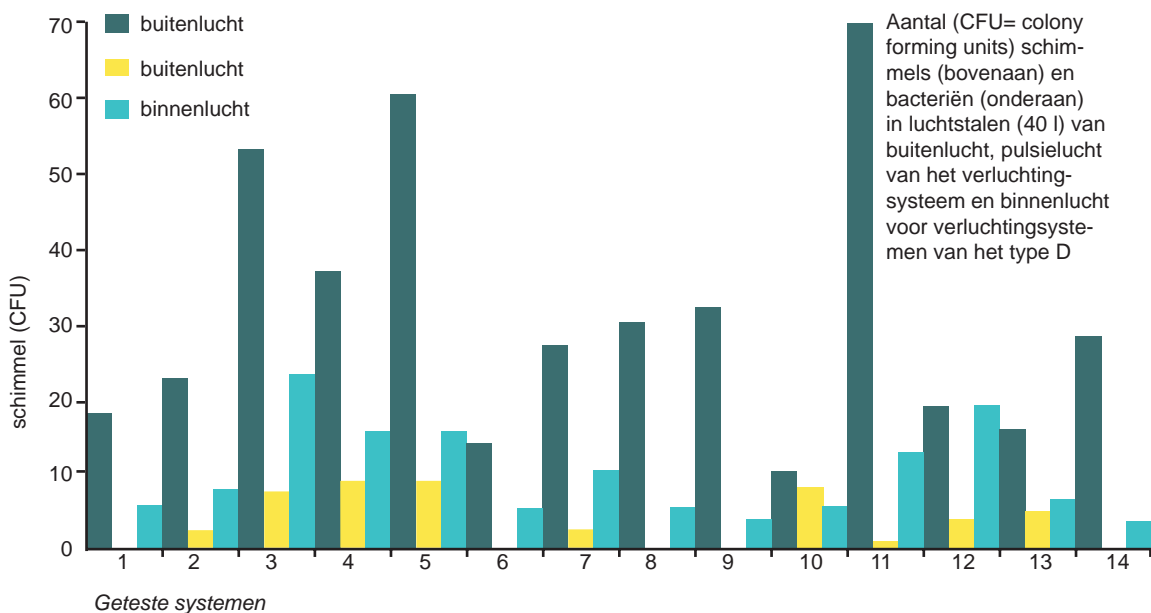


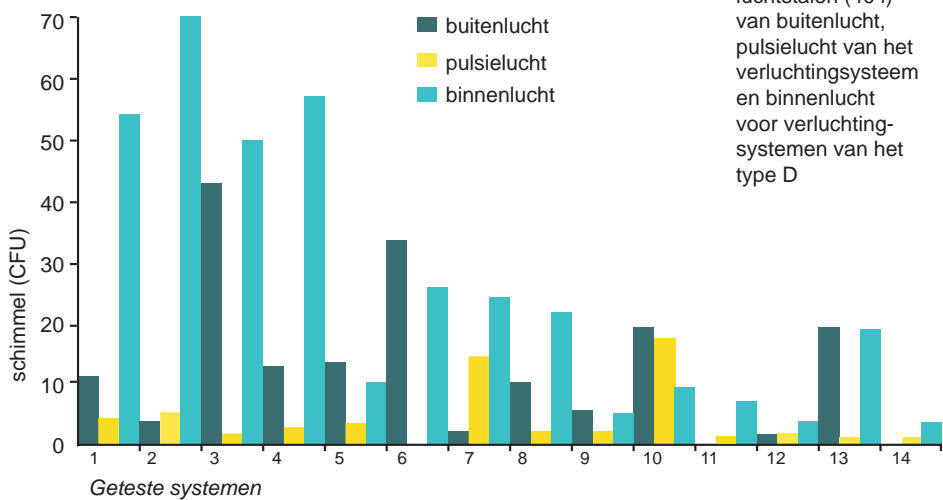
1.4. De gezondheid van de bewoners

De gezondheid in de gebouwen is nauw verbonden met de luchtkwaliteit. De ventilatie maakt het voorwerp uit van de grootste zorg. Uit een onderzoek²⁵ is gebleken dat de dichtheid van de passiefhuizen deze niet noodzakelijk beschermd tegen radon, een natuurlijk radioactief gas dat in de huizen infiltreert vanuit de bodem. Verder hebben de vragen vooral betrekking op de doeltreffendheid van de ventilatie-installaties en hun impact op de bewoners.

1.4.1. De luchtkwaliteit in systeem D

In 2011 onderzocht het WTCB (Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf) de luchtkwaliteit in 18 passief- of lage-energiegebouwen (15 geventileerd in systeem D, 3 in C) die voornamelijk nieuwbouw²⁶ waren om zo de reële debieten en de microbiologische kwaliteit van de lucht (schimmels en bacteriën) te verifiëren.





Aantal en bacteriën (onderaan) in luchtstalen (40 l) van buitenlucht, pulselucht van het ventilatiesysteem en binnenlucht voor ventilatiesystemen van het type D

Uit het onderzoek blijkt dat de schimmels voornamelijk aanwezig zijn in de buitenluchtstalen (beïnvloed door de ligging van de woning: bosrijke omgeving, platteland, enz.). Voor de systemen D vinden we in de aangevoerde lucht de laagste tellingen. Wat de bacteriën betreft, is hun aantal groter binnen dan buiten. Dat is logisch, want de hoeveelheid bacteriën hangt af van de aanwezigheid van de gebruikers (bewoners, huisdieren, planten, enz.). Ook zien we gelukkig in de aangevoerde lucht de kleinste tellingen.





*Kleuterschool KAE
| Etterbeek | GOI
Onderwijs van de
Vlaamse Gemeens-
chap | architect:
evr-architecten*

De filters werden onderzocht vanuit microbiologisch standpunt, zowel voor de aanvoer als de afvoer van de lucht. De micro-organismen bevinden zich altijd meer vooraan dan achteraan, waarschijnlijk omdat ze tegengehouden worden door de filters en zich ervoor opstapelen. Het microscopisch onderzoek van de filters meldt de aanwezigheid van pollen, vezels en andere niet-levende partikels, maar er werden geen sporen gevonden op het oppervlak. Uit het onderzoek is gebleken dat er geen ontwikkeling van micro-organismen was in de ventilatie-installaties in systeem D.

1.4.2. De kwaliteit van de lucht in de scholen

Een thesis²⁷ (UGent) onderzoekt de luchtkwaliteit in 12 scholen in Vlaanderen. Daarbij werden de temperatuur, het CO₂-gehalte en de relatieve vochtigheid in elke school gedurende een week gemeten. De nieuwe gebouwen behalen de beste scores (het verschil tussen de CO₂-concentraties binnen en buiten moet onder de 1000 ppm blijven).

	oude scholen	nieuwe scholen	passieve scholen
Δ CO ₂ < 1000 ppm	48,70%	62,82%	100,00%
Δ CO ₂ > 1000 ppm	51,73%	37,18%	0,00%



In de oude scholen is de CO₂-concentratie meer dan één keer op twee onaanvaardbaar. De recentere scholen scoren beter en de passiefschool heeft een onberispelijke luchtkwaliteit. De steekproef is echter ontoereikend om er algemene conclusies uit te trekken.

	pas de ventilation	systeme A	systeme D
Δ CO₂ < 1000 ppm	59,80%	36,84%	82,19%
Δ CO₂ > 1000 ppm	40,20%	63,16%	17,81%

Wat systemen betreft is het systeem A minder doeltreffend dan dat van de oude scholen (geen ventilatie). De aanvoerroosters zijn vaak gesloten in de winter om de verwarmingskosten te beperken. De ventilatie in systeem D (hier met name gebruikt in de passiefschool) leverde de beste resultaten op, ook al werd geen perfecte luchtkwaliteit bereikt. De onderzoekers hebben daarvoor verschillende verklaringen naar voor geschoven: in het eerste geval was het ventilatiedebiet ontoereikend voor het aantal aanwezige personen; in het tweede geval was het probleem misschien te wijten aan een te klein systeem of een slechte afstelling; in het derde geval werd de ventilatie geregeld met een klok en de luchtkwaliteit was 95,5% van de tijd heel goed.



Referenties:

- 1 **be.passive 01**, b.29.
- 2 www.bonnevie40.be > Vivre le passif
- 3 **be.passive 18**, b.51.
- 4 **be.passive 07**, b.46 ; 15, b.92.
- 5 **Grégoire Wallenborn** et al, Détermination de profils de ménages pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie, Plan d'appui scientifique à une politique de développement durable, 2006.
- 6 Agence Belga, 27.02.2014.
- 7 www.passiv.de
- 8 www.energieinstitut.at
- 9 Cost-Efficient Passive Houses as European Standards, www.passiv.de/old/07_eng/news/CEPHEUS_final_long.pdf
- 10 www.passreg.eu
- 11 http://passipedia.passiv.de/passipedia_en
- 12 **be.passive 13**, b.51. www.neueheimattiro.at
- 13 Waldemar Wagner et al, Forschungsprojekt Passivhauswohnanlage Lodenareal, Enderbericht, Energie Tirol, 2012
- 14 www.oekonews.at/index.php?mdoc_id=10813
- 15 R. Danielzyk, Institut für Landes und Stadtentwicklungsforschung – NordRhein Westfalen), www.ils-forschung.de
- 16 **be.passive 01**, b.89.
- 17 **be.passive 05**, b.56.
- 18 CEPHEUS, pb.76-77.
- 19 **CEPHEUS**, b.78.
- 20 **CEPHEUS**, ibidem, b.79.
- 21 www.minergie.ch (15.05.2014)+
- 22 www.minergie.ch/tl_files/download_fr/Statistik_2010_fr.pdf
- 23 Silvia Gemperme, Severin Lenel, FHS, Hochschule für Technik, Wirtschaft und Soziale Arbeit St. Gallen (2005) ; les résultats principaux sont repris dans la brochure éditée par l'association Minergie www.minergie.ch/tl_files/download_fr/Flyer_Minergie_en_question.pdf
- 24 Bernard Deprez, Jean Cech, Brussel, het verhaal achter de voorbeeldgebouwen, éditions Racine, 2012
- 25 **be.passive 13**, b.82.
- 26 Samuel Caillou, Paul Van Den Bossche, Ventilation systems : monitoring of performances on site, Passivehouse Symposium 2011, Bruxelles. Actes, pp 206-217. **be.passive 11**, b.78.
- 27 **be.passive 03**, b.49.





verder dan de passiefstandaard

5.1.	De energietransitie	340
5.1.1.	Welk verbruik vandaag?	340
5.1.2.	De toekomst van nZEB?	341
5.2.	De ecologische impact van de bouwmaterialen	344
5.2.1.	De levenscyclusanalyse	344
5.2.2.	Milieu-impact en passieve gebouwen	345
5.2.3.	Ontwerp- en evaluatieprincipes ¹²	349
5.2.4.	Evaluatietools	353
5.2.5.	een kritische blik	356
5.3.	Naslagwerken voor duurzame gebouwen	360
5.4.	De evolutie van de passieve gebouwen	364
5.4.1.	Het gebruik van de ruimte	364
5.4.2.	Renovaties en uitbreidingen	364
5.5.	Wat doet de passiefbouw met de architectuur ?	370
5.5.1.	Context	370
5.5.2.	Grenzen	372
5.5.3.	Omgeving	382
5.5.4.	In de praktijk	384

beyond

05

1.1. De energietransitie

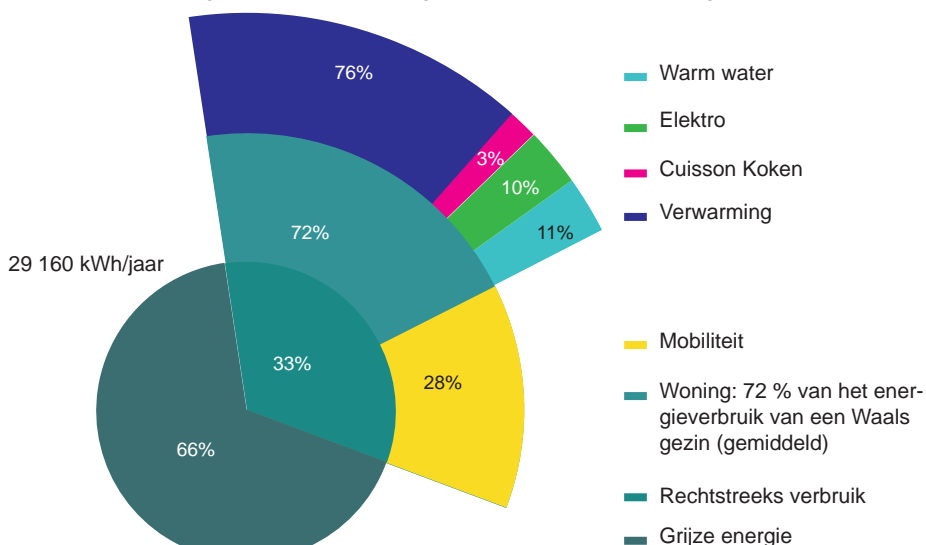
Bernard Deprez

Om de CO₂-uitstoot en de afhankelijkheid van fossiele energieën te beperken zitten België, de EU en nog vele andere landen niet stil: het Kyoto-protocol (1997), de EPB-richtlijn, "Recast" en de doelstelling van een bijna-nulverbruik (nZEB) voor nieuwbouw (2019, openbare gebouwen; 2021, alle gebouwen), het pakket "Energie-Klimaat" ¹, enz.

Het Brussels Hoofdstedelijk Gewest doet niet onder met de EPB-reglementering "Passief 2015". Deze versterking van de energievereisten sluit aan bij de nieuwe opkomende maatschappelijke verwachtingen wat "energiegarantie betreft".

1.1.1. Welk verbruik vandaag?

De uiteindelijke energie die jaarlijks verbruikt wordt door een gemiddeld Belgisch gezin wordt verdeeld in twee derden **grijze energie** (consumptiegoederen, gebouw) en één derde werkingsenergie, waarvan 72% gewijd is aan huisvesting (29 160 kWh), en dan in het bijzonder aan verwarming (76% van het energieverbruik voor huisvesting) ³.



> 5.2.1
b. 344

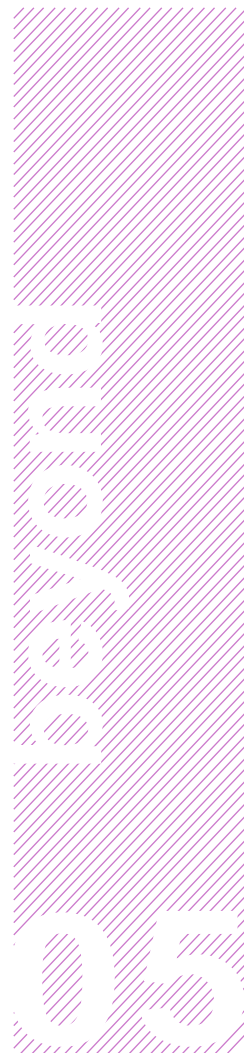
Binnen de niet-residentiële sector hangt het energieverbruik af van de bestemming van het gebouw: kantoren, winkels, scholen, ziekenhuizen, enz. Gedetailleerde profielen zijn te vinden op de website Énergie+⁴. Globaal genomen zijn het finale verbruik voor verwarming en elektriciteit vergelijkbaar, behalve voor oude gebouwen waar de verwarming nog steeds aanzienlijk kan zijn.

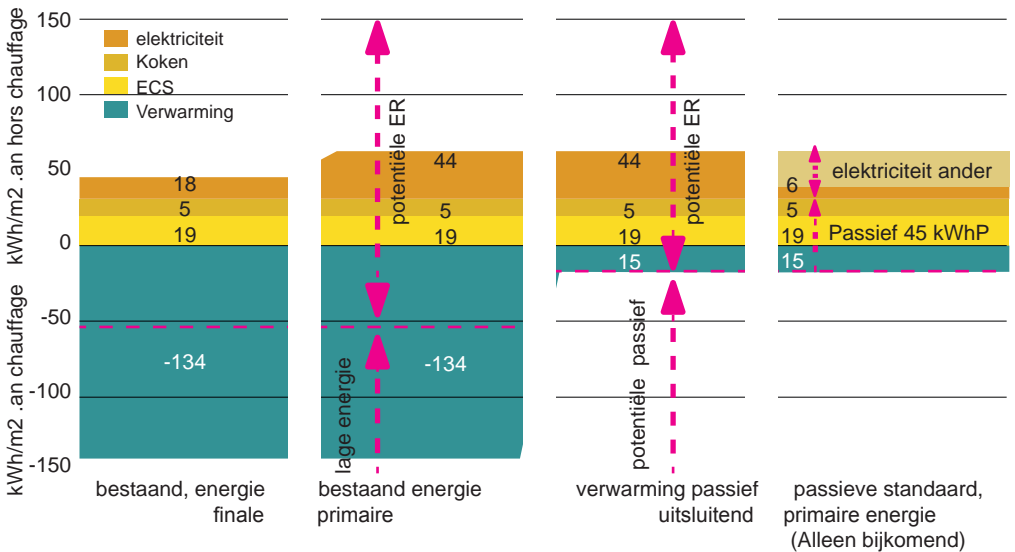
1.1.2. De toekomst van nZEB?

De “zerogene” zone van de nZEB benaderen impliceert dat naast de passiefbouw en de verwarming nog andere vormen van energieverbruik gecompenseerd moeten worden: sanitair warm water, koeling, elektriciteit, enz. Het volstaat niet langer om enkele m² fotovoltaïsche panelen te plaatsen om onze energiefactuur te doen dalen, we moeten ook aanzienlijk wat produceren.

Wanneer het besparingspotentieel van de verwarming van het gebouw bereikt is (omdat het een passiefgebouw is), dan moeten we de productie van hernieuwbare energie en de technologische verbetering (domotica, enz.) aanmoedigen. Zuinig bouwen en hernieuwbaar produceren bieden allebei potentieel wat doeltreffendheid betreft, maar ze hebben ook hun limieten. Ze vereisen allebei een dure bron: extra m² (toegenomen isolatie voor de passiefbouw en/of oppervlakte voor de productie of de opslag van hernieuwbare energieën).

We kijken even naar het energieverbruik dat gecompenseerd moet worden binnen de residentiële sector⁵: Er is een groot potentieel aan hernieuwbare energie nodig om al het energieverbruik te compenseren. Wanneer het passief potentieel van behoud slechts wordt gemobiliseerd op laag-energieniveau (links), dan moet het potentieel voor hernieuwbare energie de bijkomende netto verwarmingsenergiebehoefte (60-15=45 kWh/m².jaar) absorberen.





Passief potentieel en potentieel ER

Er zijn twee mogelijke situaties:

- Wanneer het potentieel voor hernieuwbare energie beperkt is, dan geven we best de voorkeur aan energiebesparing door de (passief) bouw om in de buurt te komen van het nZEB-niveau.
- Wanneer het potentieel voor hernieuwbare energie groot is, dan kan het gevaloriseerd worden om het volledige verbruik of een deel ervan te compenseren (met inbegrip van de 15 kWh/m².jaar aan verwarming, of zelfs meer).

Alle geïnstalleerde apparatuur voor hernieuwbare energie zouden de mogelijkheid moeten openlaten om de gebouwschil *a posteriori* te verbeteren om grote meerkosten (demonteren/heropbouwen, enz.) te voorkomen. Bepaalde technologieën voor hernieuwbare energie, die eventueel rendabeler zijn, kunnen zelfs dienen als hefboomeffect om het geheel van de operatie sneller winstgevend te maken.

Helaas bieden niet alle sites hetzelfde potentieel voor hernieuwbare energie. Op basis van de huidige technologieën schat het Brussels Hoofdstedelijk Gewest haar potentieel op nauwelijks een paar % van haar behoeften. Het lijkt dus logisch dat het soberheidsprincipe doeltreffender zal zijn voor een dichtbebouwde site dan voor een open site, en omgekeerd. De dichtbebouwde stedelijke situaties die de compactheid bevorderen (rijwoningen, collectieve woningen) verminderen de hoeveelheid isolatie die nodig is om een bepaald prestatieniveau te behalen, maar ze ontmoedigen de hernieuwbare energieën door de vele stedelijke beperkingen (slechte oriëntatie, maskering van de zon, stedenbouwkundige reglementen, enz.) en gewoon omdat dezelfde winningsoppervlakte in de stad door veel meer mensen gedeeld wordt⁶. Omgekeerd beperkt de lage dichtheid (paviljoenen, eengezinswoningen) de compactheid (en dus stijgt de behoefte aan isolatie, evenals de bijhorende kost), maar ze bevordert wel de hernieuwbare energieën (beschikbare vloer-, dak en geveloppervlakte, enz.).

De recente polemieken rond het overheidsbeleid ten voordele van de hernieuwbare energieën⁷, de vertraging opgelopen door Europa met betrekking tot de energiebesparing⁸ van de gebouwen en de waarschijnlijke evolutie van de elektriciteitsstarieven lijken allemaal te wijzen in de richting van het adagium: de beste energie is de energie die we niet verbruiken.



1.2. De ecologische impact van de bouwmaterialen⁹

Aline Branders

1.2.1. De levenscyclusanalyse

Elke benadering van duurzaam bouwen veronderstelt dat er wordt nagedacht over de bouwmaterialen en –systemen om te voorkomen dat de ecologische balans van de gebouwen buitensporig verzwaard wordt. De initiatieven die zowel op nationaal als internationaal niveau gelanceerd worden, tonen aan dat het gaat om een essentieel doel dat nog verder ontwikkeld wordt.

Deze benadering stelt de traditionele bouwmethodes opnieuw in vraag. De aanpassing van de gebouwen aan de nieuwe vereisten beperkt zich immers niet tot gewoon een dikkere laag isolatie. De vraagstukken rond binnencomfort, energie of milieu zorgen ervoor dat de gebouwen in hun globaliteit bekeken worden waardoor een nieuwe blik geworpen wordt op de huidige beperkingen om de meest geschikte oplossingen te kunnen bieden.

De keuze van de bouwtechnieken en –materialen wordt doorgaans gestuurd door technische, economische en esthetische aspecten die maar zelden rekening houden met de milieu- of gezondheidsimpact. Nochtans zijn alle bouwproducten verantwoordelijk voor een dergelijke impact bij de productie of de plaatsing, tijdens het gebruik, wanneer ze vervangen worden (tijdens de levensduur van het gebouw) en wanneer ze verwijderd worden.

De meeste tools waarmee een evaluatie gemaakt kan worden van de ecologische impact van de materialen, de bouwelementen of de gebouwen zijn gebaseerd op een Levenscyclusanalyse (LCA). Deze methode, die verscheen in de jaren 70 en genormaliseerd werd aan de hand van de reeks Europese normen EN ISO 1040, berekent onder de vorm van kwalitatieve of kwantitatieve indicatoren de belangrijkste milieu-impacts van een product, een dienst of een proces voor de volledige levenscyclus (“van de wieg tot het graf”), van de extractie van de grondstoffen tot het levenseinde en langs alle tussenstappen: productie, transport, verbruik.

Er zijn nog verschillende onderzoeken lopend en er werden de laatste jaren stappen ondernomen met het oog op een harmonisatie van de evaluatiemethodes. Het Europees comité voor normalisatie (CEN) TC 350 “Duurzaamheid van de bouwwerken” heeft in 2012 nieuwe Europese normen gepubliceerd met betrekking tot de uitvoering van de levenscyclusanalyses

op schaal van de bouwproducten (EN 15804) en de gebouwen (EN 15978). Deze normen definiëren onder andere de milieu-impactcategorieën die opgenomen moeten worden in een LCA (CEN-indicatoren)¹⁰ :

- klimaatverandering,
- vernietiging van de stratosferische ozonlaag,
- verzuring van de grond en het water,
- eutrofiëring,
- vorming van fotochemische ozon (smog),
- uitputting van abiotische, fossiele en niet-fossiele bronnen

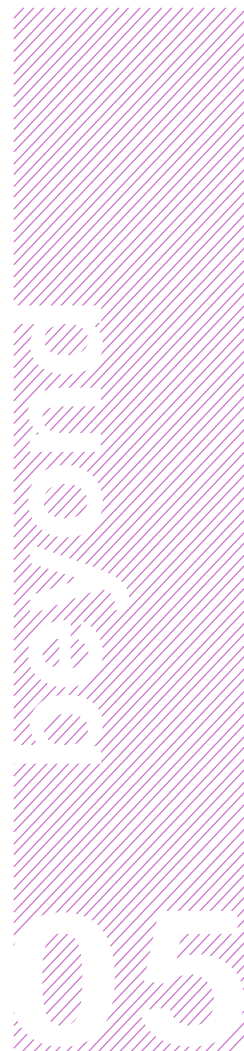
Andere indicatoren (CEN+) zijn niet verplicht, maar werden al opgenomen in heel wat methodes die de milieu-impact analyseren:

- vorming van partikels,
- ioniserende of radioactieve straling,
- menselijke toxiciteit,
- ecotoxiciteit van de grond en het water,
- bezetting en transformatie van het grondgebied,
- uitputting van bronwater.

Enkel wanneer rekening gehouden wordt met een coherent geheel van criteria maakt een juiste evaluatie van de milieu-impact mogelijk.

1.2.2. Milieu-impact en passieve gebouwen

Passieve gebouwen verminderen de energiebehoefte tijdens het gebruik van het gebouw en de daaraan gekoppelde milieu-impact. Ze vereisen echter vaak een toename van het materiaalverbruik en dat verzwaart de ecologische impact van de constructie (vooral wat de grijze energie betreft). Welnu, uiteraard is het de globale balans over de volledige levenscyclus (productie, gebruik, afbraak) die telt. De vermindering van de gebruiksenergie is uiteraard een prioriteit, maar er kunnen, naargelang de context (nieuwbouw, renovatie),



Huis in Hoeilaart | Hoeilaart
| Geers-Liebaut | architect:
Eugeen Liebaut



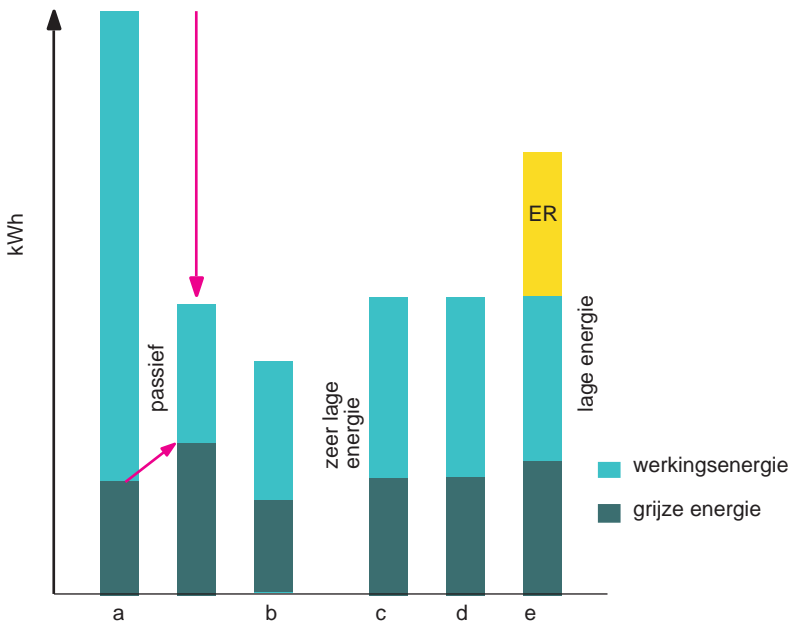


05

andere middelen gekozen worden om te komen tot een interessante globale balans, onder andere door de ecologische impact van de materialen te beperken.

Onderstaande grafiek illustreert deze principes door de globale energiebalans (grijze energie + werkingsenergie) van een gebouw te vergelijken op basis van verschillende standaards voor energieprestatie. De energie is slechts één milieu-indicator, maar de benadering is identiek in het kader van een globale evaluatie met meerdere indicatoren¹¹.

> 5.2.1
b. 344



Globale balans grijze energie en werkingsenergie

- (a) passief: vermindering van de energiebehoefte tijdens gebruik die leidt tot een grotere investering in grijze energie.
- (b) passief: gebruik van materialen met weinig grijze energie wat leidt

tot een nog interessantere globale balans.

- (c) en (d) heel-lage-energie: minder grote investering in grijze energie resulterend in een vergelijkbare globale balans ondanks de toename van de gebruiksenergie.
- (e) lage-energie: grotere investering van grijze energie, niet in de gebouwschil, maar in de technische installaties (die compenseren door een productie van hernieuwbare energie).

De energie alleen volstaat uiteraard niet om de duurzaamheid van een project te definiëren. Enkel een **LCA met verschillende indicatoren** maakt een onderbouwde evaluatie van de milieu-impact mogelijk. Door te streven naar de energiedoeltreffendheid van de gebouwen en ook te kiezen voor bouwmaterialen en – methodes met een kleine milieu-impact kunnen globaal coherente oplossingen gevonden worden voor de uitdaging van het duurzaam bouwen.

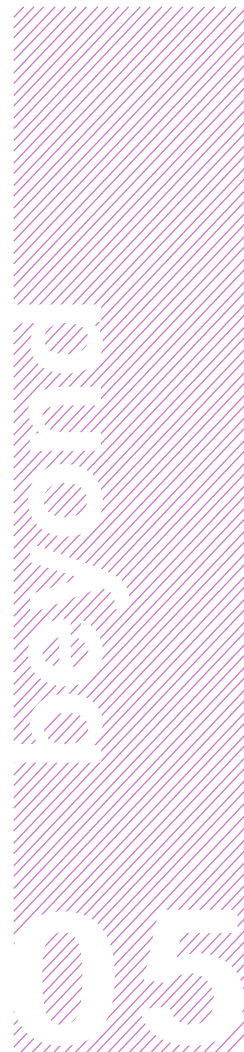
1.2.3. Ontwerp- en evaluatieprincipes¹²

A. Functionaliteit, aanpasbaarheid, flexibiliteit ¹³

Eerst en vooral, hoe langer de levensduur van een gebouw, hoe meer de impact door de bouw, het gebruik en de afbraak ervan zal worden “afgeschreven”. Een duurzaam gebouw moet dus ontworpen worden om zijn functie zo goed mogelijk te vervullen en moet tegelijk ook aanpasbaar zijn in te tijd om te kunnen aansluiten bij de veranderende behoeften van de gebruikers. Hergebruik¹⁴ en recyclage van de materialen zijn ook manieren om de levensduur van de bouwelementen te verlengen.

B. Rationalisatie

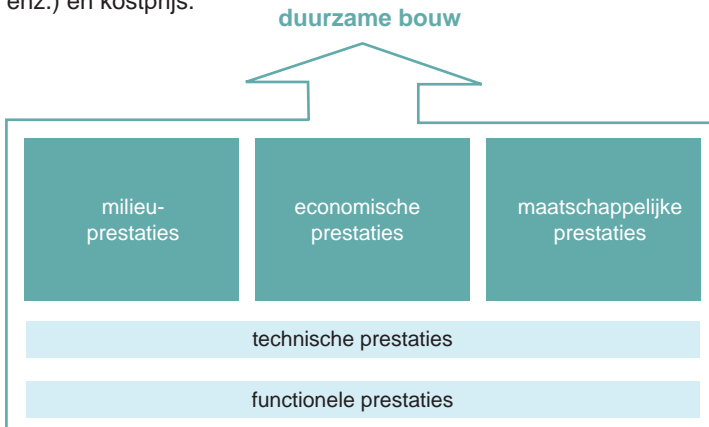
Bij de keuze van de bouwtechnieken en –materialen moet altijd gestreefd worden naar een juist evenwicht tussen de verschillende beperkingen gekoppeld aan het project: functionaliteit, prestatie (thermische weerstand,

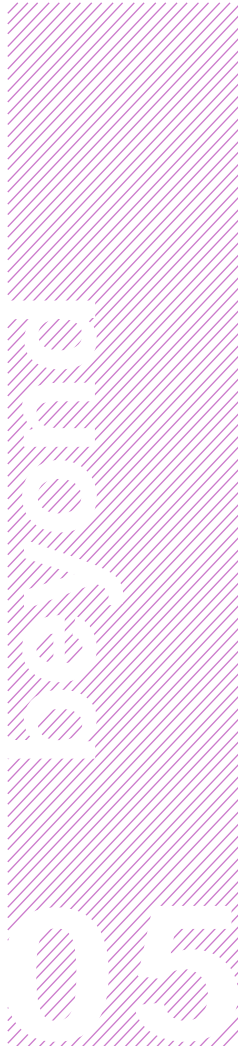
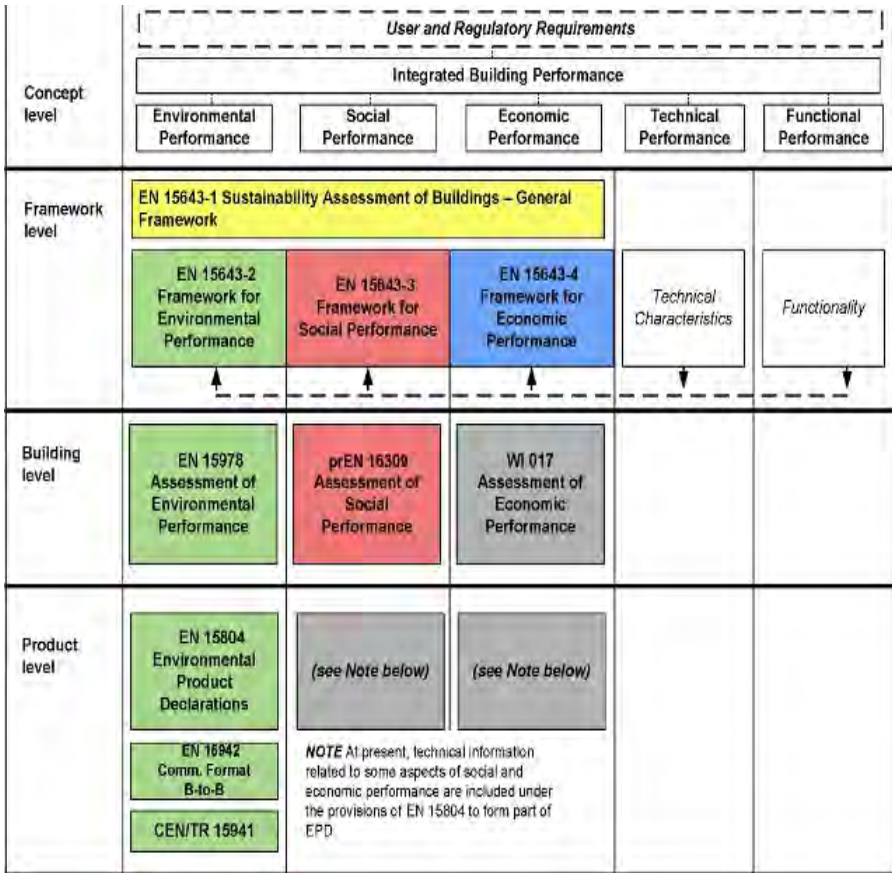


brandweerstand, isolatie, waterdampdiffusie, inertie, enz.), esthetiek, milieu-impact, sociale aspecten (gezondheid, tewerkstelling door lokale producten, enz.) en kostprijs.

C. Globale evaluatie

Bij de keuze van de bouwtechnieken en –materialen moet altijd gestreefd worden naar een juist evenwicht tussen de verschillende beperkingen gekoppeld aan het project: functionaliteit, prestatie (thermische weerstand, brandweerstand, isolatie, waterdampdiffusie, inertie, enz.), esthetiek, milieu-impact, sociale aspecten (gezondheid, tewerkstelling door lokale producten, enz.) en kostprijs.





Evaluatiesysteem CEN/TC 350: (bron: CEN AFNOR normalisatie)

D. Op schaal van het gebouw

De meeste tools stellen een evaluatie voor op schaal van het materiaal. Welnu, deze materialen zijn geen afgewerkte producten, maar bestanddelen die in een gebouw geïntegreerd moeten worden. Ze beïnvloeden elkaar naargelang de bouwtypologieën, de bevestigingssystemen, de diktes, de verschillende aansluitingen, enz. De milieuprestaties van de producten hangen ook sterk af van de uitvoering en de technische beperkingen.

Net zoals voor de energie kan de duurzaamheid niet enkel gemeten worden op schaal van het gebouw. Wat de energie betreft, legt de passiefbouw geen middelen op, maar wel een eindresultaat, onder andere uitgedrukt door een criterium van behoefte aan verwarming of primaire energie. Voor de materialen kan dezelfde benadering waargenomen worden: er bestaat geen kant-en-klaar recept, geen ideale bouwmethode of een ideaal materiaal. De keuze moet geval per geval gemaakt worden, rekening houdend met het geheel van de parameters en het is de eindbalans die telt.

Als de studie niet kan gebeuren op schaal van het gebouw, dan moeten de elementen bij gelijke prestatie vergeleken worden naargelang hun functie (voor de isolatie: vergelijking met een equivalente thermische geleiding U). De dichtheid die voor elk materiaal wordt ingegeven kan de berekening van de impact ook sterk beïnvloeden en daarom moet de waarde ervan de werkelijkheid zo dicht mogelijk benaderen.

E. Over de volledige levenscyclus

De evaluatie van de gebouwen over hun volledige levenscyclus is essentieel om rekening te houden met alle milieu-impacts, onder andere in functie van de levensduur van de materialen, het onderhoud, de vervanging, enz.

F. Op basis van wetenschappelijke multicriteriagegevens

Er bestaan vandaag heel wat databanken en tools die precieze informatie verschaffen die gebaseerd is op **levenscyclusanalyses** en die **verschillende indicatoren** integreren.

1.2.4. Evaluatietools

De keuzes die gemaakt worden tijdens de ontwerpfase zullen de impact van het gebouw op het milieu en op de gezondheid definiëren gedurende de volledige levenscyclus. De ontwerper moet over alle nodige informatie m.b.t. de materialen en de bouwmodi beschikken om de opdrachtgever en de aannemer te sensibiliseren en dus verantwoorde en coherente keuzes maken. Er bestaan heel wat tools om consumenten en professionals te begeleiden:

1.2.4.1. De labels (milieuverklaringen van type I)¹⁵

De labels, gebaseerd op een LCA, weerspiegelen de milieukwaliteiten van de producten op een beknopte en niet-gedetailleerde manier. Ze zijn dus eerder geschikt voor eindproducten (bekleding voor de afwerking, elementen voor een specifiek gebruik, enz.). De criteria en vereisten verschillen van label tot label. De evaluatie wordt in elk geval gecontroleerd door een extern certificatiegemaal waardoor ze betrouwbaarder wordt..



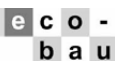
1.2.4.2. De EPD (milieuverklaringen van type III)¹⁶

In deze informatiefiches geeft de producent of de verdeler kwantitatieve standaards die gebaseerd zijn op een LCA en die gecontroleerd werden door een onafhankelijke derde. In 2012 werd dankzij een nieuwe Europese norm¹⁷ een gemeenschappelijke normatieve basis opgericht voor de uitwerking van de EPD van de bouwproducten. Op dit moment bestaat er nog geen Belgisch EPD-systeem, maar het wordt ontwikkeld. Een EPD ziet eruit als een fiche die de verschillende impacts op het milieu samenvat en tegelijk een compleet gedetailleerde evaluatie biedt. De rechtstreekse vergelijking tussen EPD's is niet de beoogde doelstelling, maar de gegevens kunnen gebruikt worden om een verder doorgedreven LCA te maken waarbij verschillende producten met een gelijke prestatie ter hoogte van een onderdeel of een gebouw vergeleken worden. De interpretatie van de EPD vereist dus het gebruik van een LCA evaluatietool en een analyse door een professional.



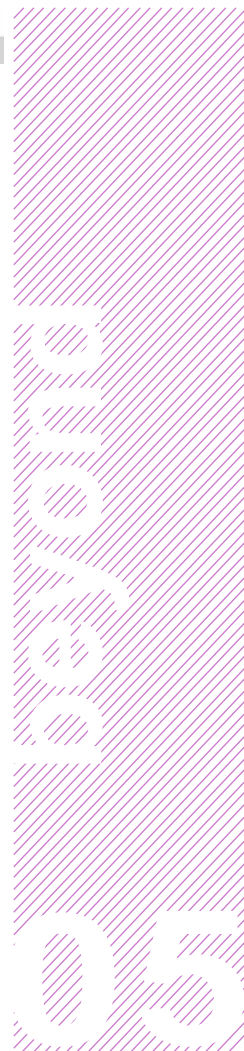
1.2.4.3. De classificatietools¹⁸

Ze zijn wijdverspreid en vrij gemakkelijk in gebruik. Ze compileren resultaten van LCA's, die opgesteld werden voor bouwmaterialen of – elementen, afkomstig van algemene databanken of soms van evaluaties die uitgevoerd werden door de fabrikanten (EPD of andere). Ze zijn gebaseerd op vrij lange lijsten met criteria die elk een quotering krijgen; een weging leidt tot het eindresultaat. Deze weging wordt weergegeven als een waardering die werd vertaald in een percentage. De besluiten kunnen sterk variëren van de ene tot de andere tool (naargelang de gebruikte databanken, de criteria en wegingen waar rekening mee wordt gehouden, de fases van de levenscyclus die meegeteld worden, enz.).



1.2.4.4. De evaluatietools¹⁹

Deze tools zijn de volledigste en de interessantste om een globale visie van de milieukwaliteit van een gebouw te definiëren. Het gaat doorgaans om programma's die gebruik maken van databanken over de materialen, zowel wat de uitvoering betreft als het gebruik en de afbraak. Sommige programma's stellen een evaluatie voor op schaal van het bouwelement; andere maken een globale analyse van het gebouw, met inbegrip van de milieu-impact van de technische installaties en het energieverbruik. De impact waarmee rekening wordt gehouden en de graad van complexiteit en detail variëren van de ene tool tot de andere. De meest vooruitstrevende tools vereisen een zekere expertise in LCA .



De evaluatie van de impact van de bouwmaterialen op het milieu en de gezondheid is een relatief recente onderzoeksas die nog verder moet ontwikkeld worden. Verschillende stappen die in Europa gelanceerd werden, zouden een grote vooruitgang binnen dit domein mogelijk moeten kunnen maken. Ook in België zijn er nog ontwikkelingen nodig om een kader en specifieke tools voor de bouwsector te creëren.

Er zouden ook nieuwe tools gecreëerd moeten worden om de ontwerpers te begeleiden. Op dit moment is de informatie erg verspreid. Bij gebrek aan tijd hebben de meeste architecten dus de neiging om terug te grijpen naar de traditionele oplossingen. Het zou dus nuttig zijn om de basisinformatie (technische prestaties, hygrothermische eigenschappen, esthetische kwaliteit, kostprijs, onderhoud) en de specifieke gegevens met betrekking tot de milieu-impact van de materialen te groeperen. Enkel wanneer rekening wordt gehouden met al deze criteria kan een verantwoorde en juiste keuze gemaakt worden.

in deze optiek verwijzen we naar:

- Gids Duurzame Gebouwen²⁰ van Leefmilieu Brussel,
- de bank met attesten van de λ -waarden²¹ en naar de tool Be Global²² van het pmp
- naar de bibliotheek over energiedoeltreffende en milieuvriendelijke wanden, op punt gesteld door Architecture et Climat²³,
- de publicaties van het WTCB²⁴.

1.2.5. een kritische blik

In de huidige omstandigheden blijft het nog altijd beter om rekening te houden met de milieu-impact gegevens van de materialen als grootteordes die het bijvoorbeeld mogelijk maken om verschillende oplossingen te vergelijken (door gebruik te maken van dezelfde evaluatietool). Het opmaken van een preciezere en verder uitgewerkte ecobalans vereist een diepgaande kennis van de databanken en de principes van de LCA. Het is dus beter om een beroep te doen op gespecialiseerde bureaus voor dergelijke analyses.

Bovendien gebeurt de evaluatie van de materialen op schaal van het gebouw in het ideale geval voor de volledige levenscyclus, en wel door gebruik te maken van wetenschappelijke databanken met verschillende criteria. Afhankelijk van het type tool dat gebruikt wordt en van het expertiseniveau, is het niet altijd mogelijk om aan deze voorwaarden te voldoen. Er moeten dus compromissen gevonden worden, maar wel altijd met behoud van een kritische kijk op de evaluatiemethode en een zekere afstand ten opzichte van de bekomen resultaten.

Een kritische analyse is immers noodzakelijk voor de doeltreffende verwerking van de grote hoeveelheid informatie waarmee de ontwerper geconfronteerd wordt en maakt het mogelijk om vooroordelen of een gedeeltelijke analyse te voorkomen.

Zo is een natuurlijk materiaal op zich niet noodzakelijk goed voor het milieu of de gezondheid. Bovendien zijn sommige materialen bijna uitgeput, andere zijn slechts hernieuwbaar op heel lange termijn of kennen problematische productieomstandigheden. Heel wat materialen van hernieuwbare oorsprong hebben wel hygrothermische eigenschappen, akoestische eigenschappen, enz. die heel interessant zijn en die pleiten ten voordele van het gebruik ervan.

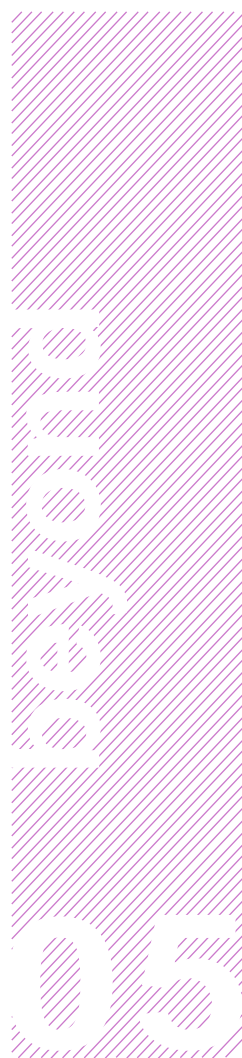
Nog een voorbeeld: het theoretisch recycleerbare karakter van een materiaal kan teniet gedaan worden door de verwerking in het gebouw (onscheidbare assemblages, enz.) of gewoon omdat er geen recyclagekanaal bestaat of door de negatieve energie- en milieu-impact. Om het beheer van middelen duurzaam te maken blijven hergebruik, upcycling en recyclage de opties die de voorkeur genieten boven het verbruik gevolgd door een verwerking tot afval.

Deze positieve en negatieve argumenten tonen het belang aan van een kritische en globale visie. Rekening houden met het geheel van de criteria die de bouwmaterialen kenmerken (technische en hygrothermische prestaties, impact op het milieu en de gezondheid, financiële criteria, esthetiek, onderhoud, enz.) is essentieel om te komen tot globaal performante, gezonde en duurzame projecten.



Huis Bergstraat | Ukkel |
Gerard Bedoret en Véronique
Damas | architect: Gerard
Bedoret





1.3. Naslagwerken voor duurzame gebouwen

Al verschillende jaren dragen heel wat maatregelen bij tot de verbetering van de energieprestatie van de gebouwen en tot de vermindering van hun verbruik. Hoewel de doelstelling interessant is, is het duurzaam bouwen ook nog op andere doelen gericht.

Verschiede referenties maken het mogelijk om de duurzaamheid van projecten te evalueren. Ze zijn gestructureerd rond terugkerende thema's: fysiek en menselijk milieu, mobiliteit, biodiversiteit, energie, water, materialen, comfort en gezondheid, innovatie, enz.

Elke tool heeft prestatiedoelstellingen, berekeningsinstrumenten, evaluatiecriteria en weegt de behaalde scores af. Deze methodes worden soms bekritiseerd maar ze bieden wel een zekere objectivering van de duurzaamheid van de projecten²⁵. Enkele referenties in België:

- **BREEAM** (www.breeam.org)²⁶: BRITISH RESEARCH ESTABLISHMENT (BRE) FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHODS (UK): Brits label met internationale uitstraling. Leefmilieu Brussel en de BVS²⁷ werken samen met het BRE om een BREEAM-certificaat aan te passen aan de Belgische context van de kantoren.
- **Naslagwerk duurzame gebouwen** (www.ref-b.be) : gewestoverstijgend naslagwerk voor de certificering en labeling van duurzame gebouwen. Het wordt ontwikkeld en is op dit moment onderverdeeld in 9 thema's (Beheer; Mobiliteit; Ontwikkeling van de natuur; Fysieke omgeving; Menselijke Omgeving; Materialen; Energie; Water; Welzijn, comfort & gezondheid) en is gericht op woningen en kantoren. Het zou compatibel moeten zijn met BREEAM. De BSBC (Belgian Sustainable Building Council) is de vzw die aangesteld is met het beheer van de labeling van de duurzame gebouwen in België.
- **Voorbeeldgebouwen** (www.bruxellesenvironnement.be) : erkenning die sinds 2007 door Leefmilieu Brussel wordt toegekend aan de laureaatprojecten van de oproepen die worden georganiseerd met het oog op de valorisatie en de renovatie van "Voorbeeldgebouwen" in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. De selectie gebeurt door een jury op basis van 4 criteria (de best mogelijke energiedoeltreffendheid; de kleinst mogelijke milieu-impact; de reproduceerbaarheid en de rentabiliteit van de beoogde oplossingen; de kwaliteit van de architecturale coherentie en



de stedelijke integratie). De laureaten kunnen profiteren van financiële steun en technische opvolging.

- **Gids Duurzame Gebouwen** (<http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be>): tool die helpt bij het ontwerp, bestemd voor professionals en gestructureerd zoals het Naslagwerk Duurzame Gebouwen.

Deze tools zijn voornamelijk gebaseerd op technische en kwantitatieve criteria gekoppeld aan de prestatie van het gebouw. De energie vormt een essentiële as waarvan het gewicht doorgaans doorslaggevend is. Passieve gebouwen behalen een goed resultaat op dat punt. Andere criteria worden eveneens beïnvloed door de energieprestatie: thermisch comfort, levenscyclusanalyse, kost van de levenscyclus, enz. De aandacht van de ontwerper moet uiteraard ook uitgaan naar andere thema's om te voldoen aan de vereisten van de naslagwerken met betrekking tot duurzaamheid. Een ander belangrijk doel betreft de keuze van de bouwmaterialen²⁸.

bruxelles environnement .brussels

GUIDE BÂTIMENT DURABLE

Aide Contact fr | nl Mon profil

MON GUIDE Aucune recommandation ajoutée ?

Chercher par Chercher par

Thématiques Parois et systèmes (Très) Basse énergie et passif Glossaire Table des matières Liens

Introduction

Bruxelles Environnement a mis au point le présent GUIDE BÂTIMENT DURABLE pour soutenir la conception et la réalisation de bâtiments à haute qualité environnementale prenant en compte le confort, la qualité de vie et la santé des occupants, ainsi que la faisabilité économique. Ce guide identifie les différentes solutions concrètes qu'il est possible de mettre en œuvre en matière de construction et rénovation durables dans une métropole comme Bruxelles. Outil de référence, il s'adresse aux concepteurs et à leurs interlocuteurs que sont les maîtres d'ouvrage et les entrepreneurs.

Plus d'info

Première visite ?

Découvrez comment utiliser ce guide pratique en 2 min.

Enquête "matériaux de construction de seconde main : quelles sont vos attentes?" - septembre 2014

En tant que maître d'ouvrages, vous cherchez à acheter des matériaux de construction de qualité à des prix abordables. ...

Programme des séminaires et formations bâtiment durable : septembre - décembre 2014

Découvrez le programme des séminaires et formations bâtiment durable septembre - décembre 2014 !

Toutes les actualités

Gestion du projet, chantier, bâtiment

Environnement physique

Energie

Mobilité

Environnement humain

Eau

Développement de la nature

Matière

Bien être santé



1.4. De evolutie van de passieve gebouwen

Sabine Leribaux

Het specifieke aan de Mens is zijn bewustzijn van de Andere. Enkel dit vermogen om het “ik vandaag” los te laten en zich te richten tot de “hij morgen” maakt de ontwikkeling mogelijk van projecten die aansluiten bij de werelden van de toekomst.

1.4.1. Het gebruik van de ruimte

De al dan niet geprogrammeerde slijtage op twintig of dertig jaar voor gebouwen die opgetrokken werden op het einde van de 20^{ste} eeuw is vandaag onaanvaardbaar. Elke verwezenlijking moet voortaan verplicht, maar binnen de mate van het mogelijke, een reëel aanpassingsvermogen integreren om niet te wegen op de collectiviteit. Deze maatschappelijke vereiste is van toepassing voor elk verantwoord project, dus *de facto* voor de passieve projecten. Zo kunnen twee regels voorgesteld worden :

1. Het gebruik van de ruimte voor de voorziene functie moet al van bij de ingebruikneming zo vrij, flexibel en moduleerbaar mogelijk zijn
2. Het toekomstige gebruik van de ruimte – maar deze keer voor een ruimer spectrum aan functies – moet zo vrij, flexibel en moduleerbaar mogelijk zijn.

1.4.2. Renovaties en uitbreidingen

Om een bouweenheid te creëren die in staat is op een coherente en duurzame manier te evolueren in de tijd, moeten keuzes die de latere evoluties hypothekeren dus terzijde geschoven worden tijdens het volledige project, inclusief de werffase. En zoals een financiële markt “vloeiend” wordt genoemd wanneer ze zich aanpast aan de evolutie van de transacties, zal een “vloeiend” project in staat zijn zich gemakkelijk, snel en goedkoop aan te passen aan de evolutie van het gebruik.

Er bestaat geen enkel recept om een dergelijke flexibiliteit te bereiken. Uit de observatie van recente gebouwen (alle functies door elkaar) halen we pistes die soms wel toepasbaar zijn, vaak in onderlinge combinaties, maar zelden simultaan:

de **formele eenvoud** biedt een grotere gebruiksflexibiliteit, zowel vanuit ruimtelijk als technisch standpunt (een extreem geval: in een kubus kunnen gemakkelijker een groter aantal huurwoningen en zelfs functies worden

ondergebracht dan in een spiraalvorm).

De **kleine bouwdiepte** maakt een betere verspreiding van de natuurlijke verlichting en ventilatie (opening) mogelijk.

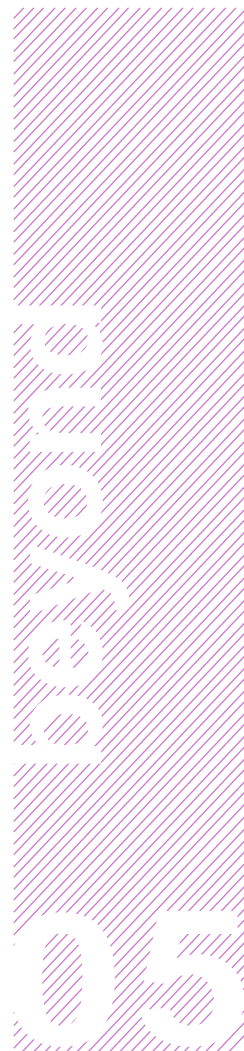
De **ontkoppeling en de repeterende modulatie van de structuur** beperken de hinder van de dragende elementen op de verschillende gebruiksscenario's op korte, middellange en lange termijn en maakt zelfs zware structurele aanpassingen mogelijk waarbij (dure) oplossingen geval per geval vermeden worden.

Door **de impact van de structurele elementen** achteraan en ter hoogte van de gevel **tot een minimum te beperken** kan er gestreefd worden naar het vrije grondplan waarbij panelen en andere draagmuren tot het strikt noodzakelijke (windverband, enz.) beperkt worden, zodat er ruimte vrijgemaakt wordt. Deze beperking biedt ook een grote flexibiliteit wanneer ze toegepast wordt op de gebouwschil: Zo biedt een niet-dragende gevel zonder doorlopende dakrand, licht opgevuld, veel meer toekomstmogelijkheden dan een gevel met dragende voorzetmuren en met vooraf aangebrachte doorboringen.

De **constructieve eenvoud** van de gevel vergemakkelijkt op korte en middellange termijn de technische aanpassingen van de gevelelementen, met name door het ontwerp van zo continu mogelijke lucht- en waterdichte lagen; ze vereenvoudigt ook de vervanging van gevelelementen op lange termijn, in het bijzonder door het ontwerp van modules die gemakkelijk gedemonteerd kunnen worden en zonder versnijding weer opgebouwd kunnen worden op de plaats van de geplande upgrade.

Het gebruik van een uniform, gemoduleerd **gevelframe** maakt een breed spectrum aan gebruiksaanpassingen mogelijk, in het extreme dus een mono-module of toch minstens een repetitief rooster. Dit rooster zou een "modulo"-gevel kunnen creëren waarbij elk element (of elke module) compleet en zelfstandig is in termen van thermische en akoestische prestaties, verlichting en natuurlijke ventilatie, enz.

Door te streven naar een **grote vrije hoogte** onder plafond kunnen meerdere functies ondergebracht worden en kan de wijziging van de oorspronkelijke technieken of de toevoeging van nieuwe elementen (bijvoorbeeld de isolatie van een balansventilatie om van een kantoor over te gaan naar een woning, enz.) gemakkelijker geïntegreerd worden. Zo kan ook







gemakkelijker ingespeeld worden op de behoeften aan structurele aanpassing (de hoogte die nodig is voor de balken blijft behouden wanneer er geboord moet worden, bijvoorbeeld).

De verstandige inplanting van de verticale nutsaansluitingen (liften, trappen, kokers, enz.) voorkomt of beperkt ten minste de creatie van nieuwe (dure) doorboringen in het geval van een zware renovatie en leidt tot de optimale inplanting van de verticale circulaties waardoor een geoptimaliseerde netto/bruto ratio verzekerd wordt, wat het fundamentele kenmerk is voor de economische leefbaarheid van het veranderlijke schema van het project.

De **extreme modulariteit van de wanden** op het hele grondplan, ook toegepast op de distributie van de speciale technieken (vloeistoffen, elektriciteit, IT, enz.), verruimt de waaier aan ruimtelijke organisaties die mogelijk zijn voor eenzelfde functie: hoe kleiner en vollediger de basismodule, hoe flexibeler het project, binnen de limieten van wat technisch en economisch haalbaar is (met het risico op een te groot aantal van bepaalde technische elementen, namelijk de eenheden op het einde van de lijn (ventilatiemonden, roosters, radiatoren, enz.). Deze modulariteit zorgt voor de flexibiliteit die noodzakelijk is wanneer de functie van het gebouw volledig of gedeeltelijk veranderd wordt.

De **beperking** en de **eenvoud van de afwerkingen** verminderen de interventies die nodig zijn in geval van wijziging, afschaffing of vervanging.

De onafhankelijkheid van elk lot ten opzichte van de andere vergemakkelijkt, binnen de limieten van wat technisch en economisch haalbaar is (structuur, technieken, gevel, afwerkingen enz.), de verandering of de vervanging van het hele lot of een deel ervan in het kader van een gedeeltelijke of volledige upgrade van het project, voor eenzelfde functie of voor een verandering van functie.

Les pistes énoncées ci-dessus visent principalement cinq critères intimentement liés :

1. de ruimtelijke indeling,
2. het constructiesysteem,
3. de gebouwschil,
4. de technieken,
5. de afwerkingen.

Deze brengen ons bij het principe van een structureel geraamte in zijn eenvoudigste vorm, met een optimale netto/bruto ratio, waar we bijkomende losstaande elementen (gevelmodules, TS-modules, afwerkingen, enz.) op “aansluiten” (“plug-in”) of van “loskoppelen” (“un-plug”).

Dit stappenplan stelt ons dan wel in staat om een vorm van “vloeibaarheid” te bereiken in een tijdelijk coherente en zuinige continuïteit, maar we mogen een laatste criterium zeker niet vergeten, een criterium dat zelfs bepalend lijkt wanneer de twee bovenstaande criteria ontbreken: de emotie die wordt opgewekt door de plastische kracht van de ruimtes en de architectonische elementen die deze ruimtes vormen. Wat de Mens vandaag raakt, zal hem morgen ook nog raken, ongeacht de functie of de boodschap waarvan de oorspronkelijke architectuur drager was. De energiebenadering verandert niets aan dit gegeven.



1.5. Wat doet de passiefbouw met de architectuur ?

Julie Willem

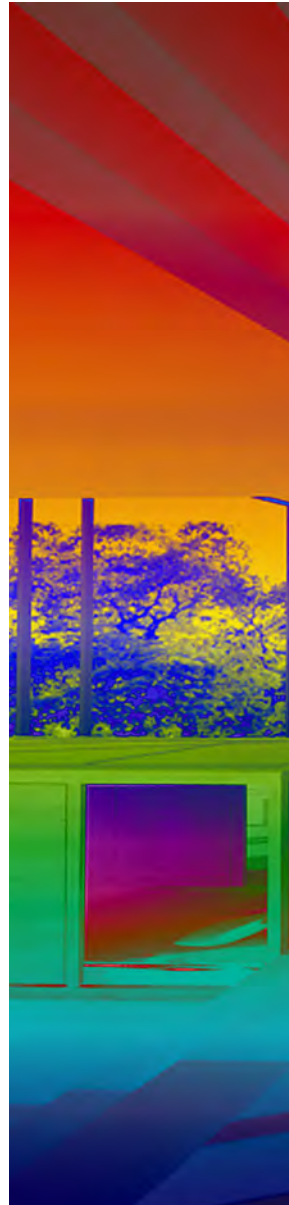
Dit boek stelt de vele technische veranderingen voor die de passiefstandaard impliceert in de bouwpraktijk. In principe zijn ze eigenlijk vrij eenvoudig: wat meer isolatie toevoegen, de luchtdichtheid van de aansluitingen verzorgen, enz.: Maar samengevoegd beïnvloeden hun effecten de ontwerpaanpak en leiden ze tot een fundamentele bevraging van de architectuur en de praktijk.

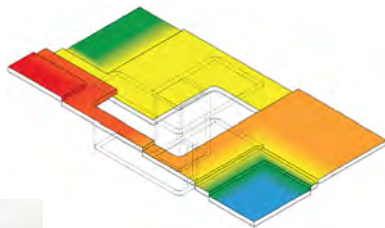
1.5.1. Context

Sinds het begin der tijden zijn menselijke constructies bedoeld om onze activiteiten te beschermen tegen de weersomstandigheden buiten. Of we ons nu beschermen tegen de wind, de regen, de kou, de warmte, of de dag en de nacht, de beschutting stelt ons in staat om “in leven te blijven” Of zoals Lisa Heschong schreef: “ *bestaan binnen een nauw veld van temperaturen*”²⁹. Uiteraard beperkt de architectuur zich niet tot het creëren van een bewoonbare binnenomgeving, maar een dergelijke omgeving blijft wel een vaststaand gegeven van onze fysieke bezetting van de ruimte.

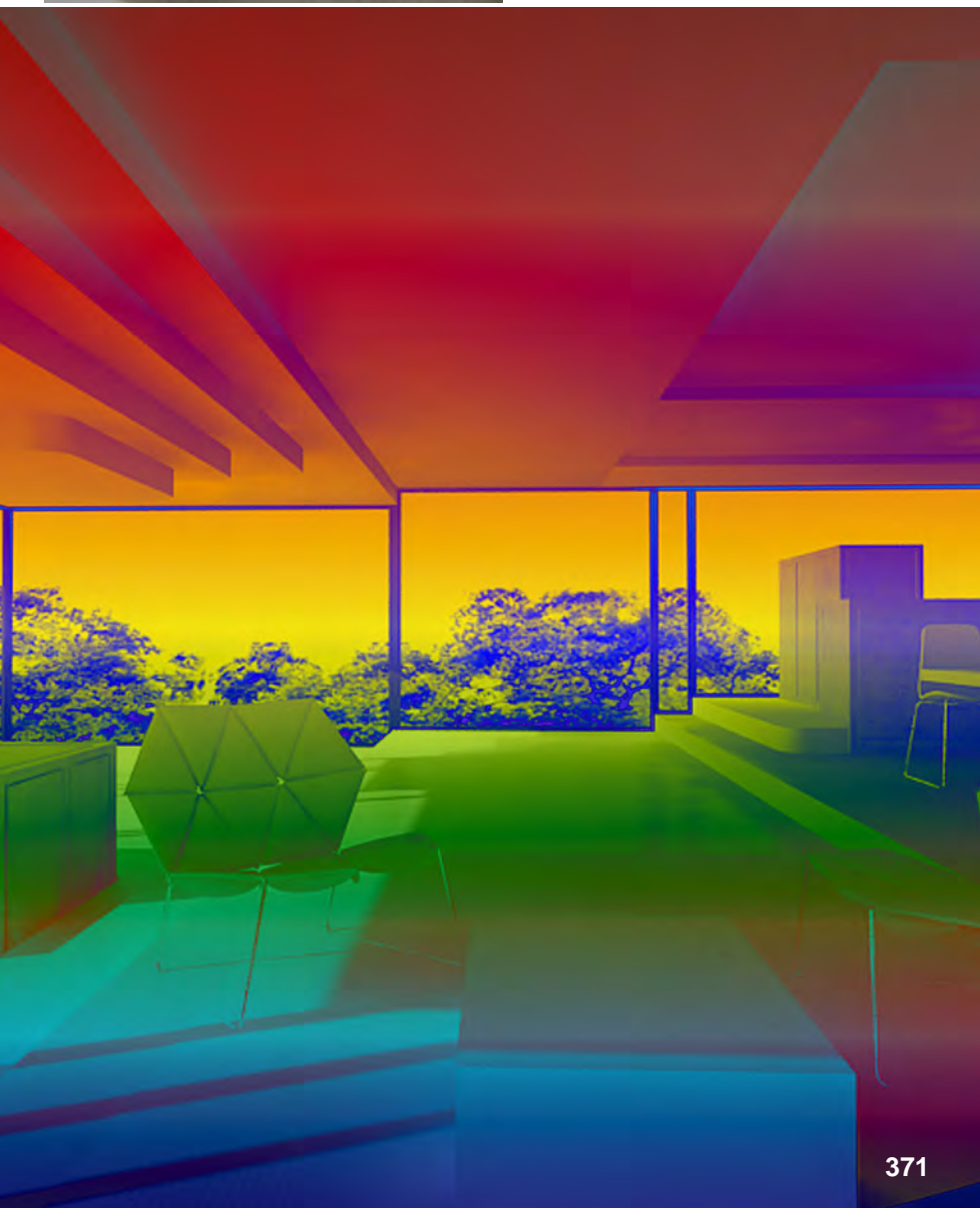
In de loop der tijd zijn we langzaam geëvolueerd van een staat van onvrijwillige onderwerping aan de grillen van het buitenklimaat (natuurlijk, variabel en onvoorspelbaar) tot een bijna absolute controle over het binnenklimaat (homogeen, stabiel en kunstmatig), die we met een vingertop opletten.

Hoewel de behandeling van de gebouwschil de leefbaarheid van de constructies lange tijd gegarandeerd heeft, maken de moderne technieken (centrale verwarming, airco, elektriciteit) het mogelijk om de grens tussen binnen en buiten te doen vervagen – als ze al niet verdwijnt – terwijl het comfort van de bewoners verzekerd blijft. “*De fascinatie voor dit vermogen om onze omgeving te controleren heeft geleid tot de uitvinding van mechanische systemen die de natuurlijke thermische strategieën weggetoverd hebben door aan te tonen dat ze verouderd zijn.*”³⁰





*Convective building |
Hambourg | IBA Ham-
burg | architect: Philippe
Rahm*



Hoewel de kwaliteit van deze binnenomgeving lange tijd gegarandeerd werd door de fysieke elementen van de architectuur – de schaduw van een portiek of de dikte van een muur - heeft er een radicale verschuiving plaatsgevonden toen het technologische register zich meester maakte van de omgeving en de te zware, verouderde en beperkt geworden fysieke elementen van deze essentiële functie ontlastte.

De passieve constructie werpt deze hele realiteit omver. Terugkeren naar een minder technologische benadering, betekent raken aan een meer architecturaal vraagstuk. In zekere zin plaatst de passiefbouw de kerk weer in het midden: het materiaal speelt opnieuw een doorslaggevende rol en de architectuur gaat weer voor comfort. Een passief gebouw kan niet langer gewoon bestaan uit een cosmetische verpakking waarvan de fouten weggegomd worden met behulp van technologische compensaties. Daarom moet, naast de technische aspecten die eerder werden aangehaald, ook de volgende vraag gesteld worden: Wat doet de passiefbouw met de architectuur?

1.5.2. Grenzen

Traditioneel wordt de overgang van buiten naar binnen in België geregeld door eerder stijve lagen, zoals een draagmuur en een bakstenen bekleding. Bij de passiefbouw komt ertussen een dikke vervormbare katoenachtige massa die vooral stilstaande lucht bevat. Daar waar de isolatie tot hertoe een dunne restlaag vormde die snel mee in de spouwmuur werd gestopt, krijgt ze nu een fysiek doorslaggevend aandeel in de wanden. De isolatie, die zo dik mogelijk moet zijn, ontleedt de gebouwschil tot verschillende elementen terwijl deze vroeger net beschouwd werd als een bijna homogeen bestanddeel..

Los van de strikt milieugerelateerde overwegingen analyseren Lacaton en Vassal de limieten van het huis La Tapie (Floirac) al door de water- en winddichtheid ruimtelijk te scheiden van de thermische isolatie. De onderdelen van de gebouwschil werden heel nauwkeurig onderzocht om de bewoners verschillende types van beschermde volumes te bieden. Door de bouwschil, een omgeving die zich niet binnen noch buiten bevindt, los te koppelen ontstaat een zone met variabele bezetting die de grens tussen de natuurlijke en gecontroleerde omgeving verbreed.

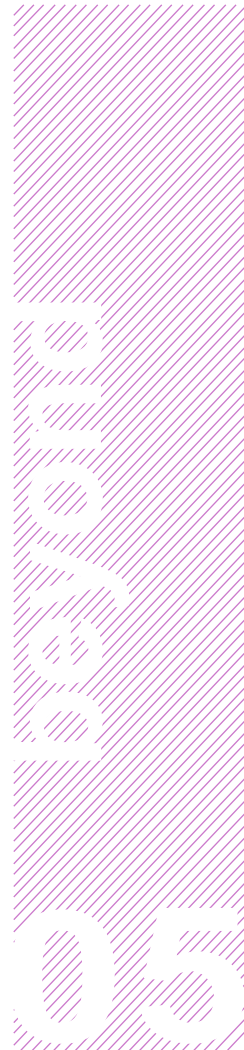
We kunnen de isolatielaag echter niet straffeloos blijven opblazen zonder

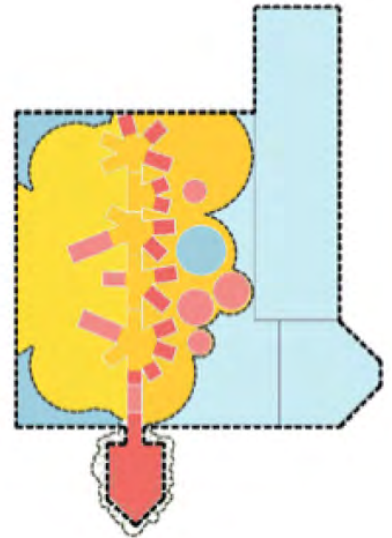
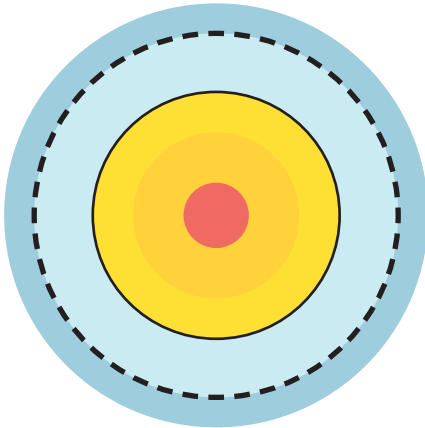
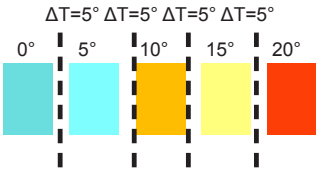
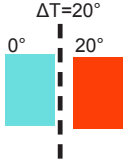
*Huis Latapie | Floirac |
prive | architect: Laca-
ton & Vassal*



de architectonische gevolgen in te brengen. Door de lagen één na één los te maken wordt de wand ontleed en kan elke laag onderzocht worden vanuit het standpunt van de fysieke eigenschappen ervan:

- de buitenste laag beschermt tegen water en wind, eventueel tegen vandalisme;
- de meest isolerende laag regelt de warmtestromen;
- de structuur, zelden coherent met de isolatie, krijgt een plaats voor of achter de isolatie of wordt met de isolatie afgewisseld;
- de binnenste laag regelt de vochtstromen, garandeert een esthetiek en verzekert soms ook de brandweerstand.





Bij de renovatie van het gemeentehuis van Oostkamp wordt de ruimte tussen de toegang en de zones waar men 8 uur per dag werkt, in 'thermische lagen' ingedeeld. Die lagen worden gebruikt door bestemmingen die met de resulterende temperatuur overeenstemmen. Wanneer het buiten 0 °C is, heerst in de hal een temperatuur van 10 °C tot 15 °C, terwijl in de tijdelijke ontmoetingszones (clusters) een temperatuur heerst van 15 °C tot 20 °C.

OostCampus | Oostcamp
Gemeente Oostcamp |
architect: Carlos Arroyo



Het Plume-project bestaat uit een massieve gevel (betonblokken) die omhuld is met EPS-isolatiemateriaal. In plaats van bepleistering onderzoeken de architecten de mogelijkheden van een verlijmde modulaire oppervlaktebekleding. De module wordt daarbij de basispixel voor het ontwerp van de gevel. Bovendien wordt de dikte van het isolatiemateriaal afgeschuind naar de vensters toe, zodat een plastisch en een lichteffect worden verkregen.

*Woningen Plume | Brussel |
Brusselse Haard | architect:
B612 associates*

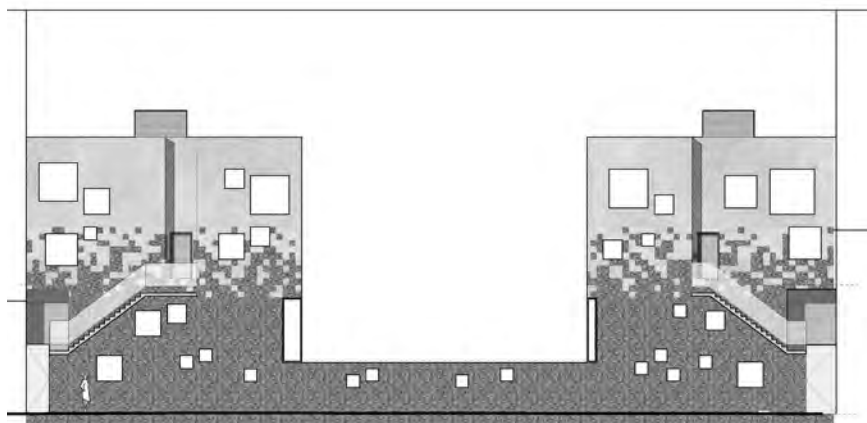
Van een pantserarchitectuur, een soort beschermend maar stijf exoskelet, gaan we (net zoals de zoogdieren ten opzichte van de insecten) stilaan over naar een endoskelet: een stijve structuur, verpakt in een zacht omhulsel.

Heel wat clichés worden opnieuw in vraag gesteld. Zo bevindt bijvoorbeeld een goed geïsoleerde traditionele Belgische baksteen zich op 30 cm van een draagmuur. We kunnen ons maar moeilijk voorstellen dat we de kosten van een ontdubbelde structuur om de stabiliteit ervan te garanderen zouden moeten betalen. De bouwoplossingen passen zich snel aan, maar wij blijven gevangen zitten in steeds meer verouderde modellen. Als we opnieuw teruggrijpen naar de vergelijking met het menselijk lichaam, dan zien we dat de huid onze organen nog maar een zwakke bescherming biedt. We hebben geen “pantser” meer. Wat is de kwaliteit van verlijmde imitatie gevelsteenpanelen als gevelbekleding?

De huid loskoppelen, de gebouwschil dikker maken, de lagen afpellen, ...

Of ze er nu toe verplicht worden of het gewoon mooi vinden, sommige architecten hebben zich in deze nieuwe mogelijkheid verdiept: een veld van 20 à 30 cm dik waarvan ze de materie, de textuur en de bekleding naar believen mogen manipuleren. Geen homogene ondervloer meer, maar een doorslaggevende laag die ze zelfs met finesse mogen bespelen. De architecten





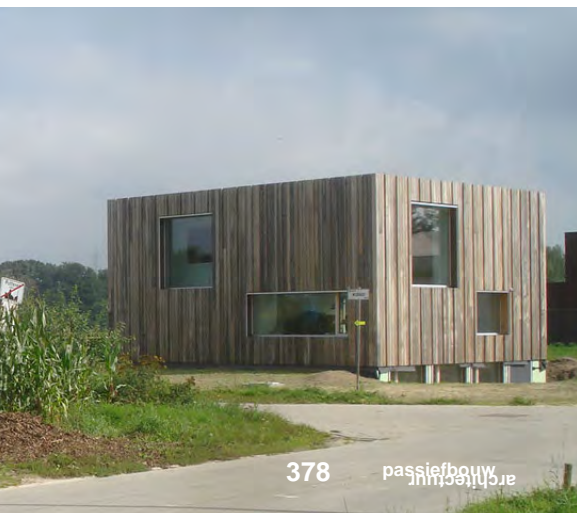
PROLOG
05

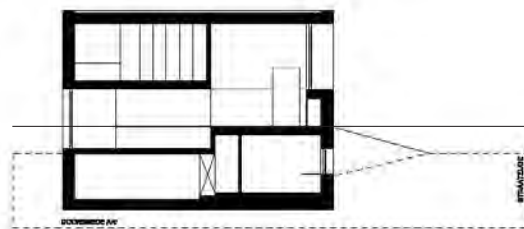
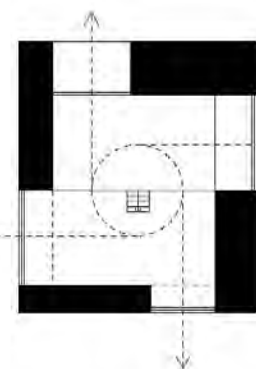
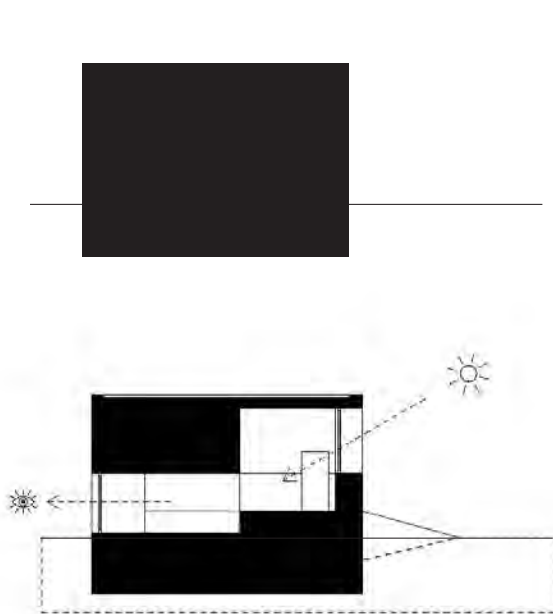
van B612 maken bijvoorbeeld gebruik van de plastische capaciteiten van de isolatie (project Plume) om grote schuine vlakken te maken rond de ramen de dikte te manipuleren om een spel van schaduw en licht te creëren.

Hoewel, binnen het project van Lacaton-Vassal, de vermenigvuldiging van grenzen meer ruimtes tegen een lagere kostprijs wil voorstellen, is dit proces ook het thema van andere projecten. In hun artikel³¹ *Finesse de l'épaisseur* stellen Bernard Baines en Gery Leloutre deze vermenigvuldiging van de grens en van de soms bewoonbare dikte vast. Ze observeren de terugkeer van een duidelijke materialiteit en van de ontwikkeling van de transitie tussen omgevingen.

Door te spelen met overdrijving verkent het woningproject GBL³² van Blaf Architecten deze nieuwe dimensie tot in het extreme. De buitengevel bevat trappen, opslag- en dienstruimtes en ziet eruit als een compacte massa waaruit de binnenruimte uitgehold werd. Ze bevat dus niet alleen isolatie. Jacques Lucan verkent dit territorium van complexe transitie tussen het buitenaspect en de binnenvorm in zijn verhandeling over de *"Généalogie van de zak"*³³.

Deze schaalvergroting van de bouwschil en de bevestiging van de materialiteit en de ruimtelijke ontwikkeling veroorzaken niet alleen gevolgen op de balans van het energieverbruik. Ook al zijn de hier vermelde verwezenlijkingen bij de eerste die zich de nieuwigheden waar we nu mee te maken krijgen eigen hebben gemaakt, er zijn verschillende projecten die de maatregelen waarin we gedoken zijn ten volle aanpakken.





Snede

Plan

Huis GBL | Lokeren | Gert
 Stuyven & Bea Hageman |
 architect: BLAF architecten





“De junkspace is als veroordeeld worden tot een eeuwigdurende jacuzzi met miljoenen vrienden.”³⁴

1.5.3. Omgeving

De transformatie van het fysieke gedeelte van de constructie leidt ook tot een nieuwe kijk op de binnenruimtes. De warmte-, lucht- en vochtstromen doorheen de wanden bestuderen, impliceert dat de binnenruimte niet langer gezien wordt als een leegte maar als een vloeibare, dichte substantie die wordt gekenmerkt door verschillende parameters.

Laten we even kijken wat een constructie wijziging teweeg brengt: de kwaliteit van de architectuur werd vaak weergegeven als een spel van schaduw en licht, maar deze veranderingen wijzigen ook de lucht-, warmte- en vochtstromen, ... Dankzij de onderlinge relaties en continue stromingen kunnen we het over architectuur hebben in termen van de creatie van omgevingen.

De omgeving omvat het geheel van “klimatologische” veranderingen, veroorzaakt door de architectuur: de verwarmde lucht van een gesloten woning, het microklimaat dat gecreëerd wordt door een buitenpatio, ... Deze term kenmerkt wat de architectuur creëert: we staan niet in een leegte, maar we bevinden ons in aanwezigheid van een massa waaraan we waarden kunnen toekennen zoals een temperatuur, een vochtigheidsgraad, een snelheid, een blootstelling aan licht, ...

De term “omgeving” lijkt geschikter om deze vloeierende verhoudingen te behandelen dan de term “ruimte” – die een vrij ruime semantiek dekt – of de term “vide” – die geïnterpreteerd zou kunnen worden als de afwezigheid van materie. De omgeving die door de architectuur gecreëerd wordt verwijst naar én massa én ruimte dus ook naar de kwaliteit van die massa. Welnu, de kwaliteit van deze massa wordt tegenwoordig vaak verbannen naar het technologische domein, want de luchtbehandeling maakt elke constructie leefbaar.

In zijn gelijknamige essai definieert Rem Koolhaas de *junkspace* als “*het product van de ontmoeting van de roltrap en de airco, ontwikkeld in een incubator in Placogips (alle drie ontbrekend in de geschiedenisboeken)*” Hij voegt er nog aan toe: “*Junkspace is altijd intern en zo extensief dat we de grenzen ervan zelden zien. (...) de zwaartekracht is dezelfde gebleven en we proberen deze al sinds mensenheugenis tegen te gaan met hetzelfde arsenaal; maar de airco – een onzichtbaar en dus niet waarneembaar medium*

– heeft echt een revolutie veroorzaakt binnen de architectuur. De airco heeft geleid tot het ontstaan van gebouwen met eindeloze mogelijkheden.”³⁵

Met systemen en kokers is het technisch mogelijk om, van het noorden tot het zuiden, van het strand tot de bergen, een constante en eindeloze temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en lichtintensiteit aan te houden. Eindeloos? Niet echt. De speld van de duurzame ontwikkeling liet die fijne luchtbel – en bovenmenselijke visie waarbij men glazen kantoorgebouwen neerzet onder een brandende zon - een paar jaar geleden al knallen. Een passieve constructie sluit echter volledig aan bij de kenmerken van een plaats en kan zich niet ontdoen van de topografische en klimatologische omstandigheden. De kwaliteit van de binnenomgeving hangt rechtstreeks af van de fysieke kenmerken van de bouwschil. Bij passiefbouw kunnen we de bewerking van het materiaal door de architect en het ontwerp van de technieken door de ingenieur niet langer van elkaar scheiden: het materiaal van een constructie is onlosmakelijk verbonden met de omgeving die het creëert.

In tegenstelling met onze ervaring met een massa, die zich buiten ons lichaam bevindt en die we van ver zien, baden we in de omgeving: ze omhult ons, we ademen ze in en ze dringt in ons door zoals wij in haar doordringen.

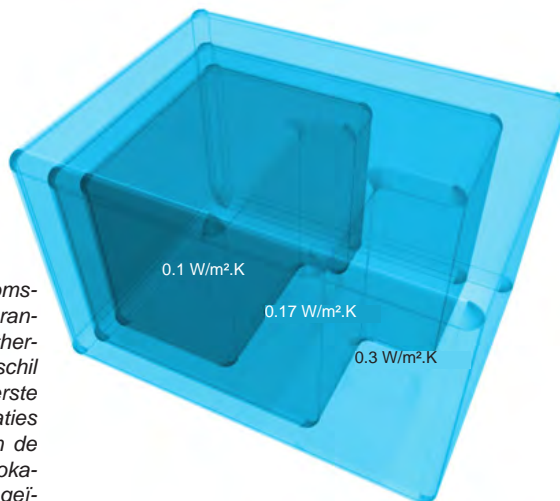
En toch, in het licht van onze percepties en van het sensuele karakter van de ervaren architectuur is de kwalitatieve inbreng van de passiefbouw als het ware onzichtbaar. Wat echter opvalt zijn de verplichtingen die de passiefbouw onrechtstreeks oplegt: de grotere dikte van de bouwschil, de strikte geslotenheid van het volume of, in mindere mate, de compactheid. Deze verplichtingen wijzen er precies op waar de kwaliteit zich bevindt van de ruimtes die ontworpen werden op basis van deze nieuwe vereisten. Binnen de transformatie van onze relatie tot de omgevingen waarin we leven en die van de grenzen waarmee we deze omgevingen onderscheiden, verandert de passiefbouw de kwaliteit van de ruimtes die we bewonen.



1.5.4. In de praktijk

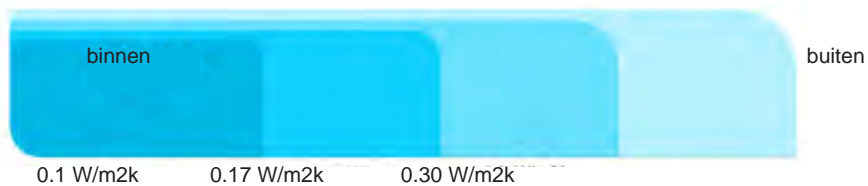
De bewustwording van deze transformaties leidt niet alleen tot een vernieuwing van de architectuurelementen, maar ook van nieuwe methodes voor samenstelling, een soort van typologische herformulering die een crisis veroorzaakt binnen de criteria van de vorm en het programma. Het passief karakter van een constructie is geen garantie voor de architecturale kwaliteit, maar we kunnen er vandaag nog maar moeilijk omheen. De massa, de vorm, het licht en de materialen in vraag stellen is echter een ware uitdaging terwijl het bouwen zelf steeds gereglementeerder wordt.

In navolging van de rekenprogramma's die erin geslaagd zijn vormen, op de grens van de stabiliteit, te creëren, bieden de huidige tools de mogelijkheid om ons weer te concentreren op de creatie van de binnenomgeving als integraal deel van het project. Ze bieden sleutels om deze veranderingen aan te pakken, niet langer zomaar blindelings, maar met een reëel actievermogen.

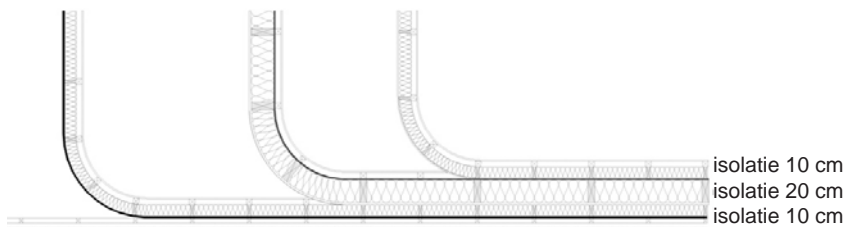


Hoe kunnen de vereiste thermische omstandigheden in de ruimte worden veranderd? Dit project stelt voor om de thermische weerstand van de gebouwschil geleidelijk aan te vergroten. De eerste laag, die gevoeliger is voor de variaties buiten, betreft de ruimten waar men de minste tijd doorbrengt (technische lokalen enz...). De tweede laag, die meer geïsoleerd is, omvat de gangen en de hal. De derde laag ten slotte is 40 cm dik en omvat de klassen, waar ze garant staat voor een maximaal comfort.

School in Neuville | Neuville, Zwitserland | prive | architecte: Philippe Rahm



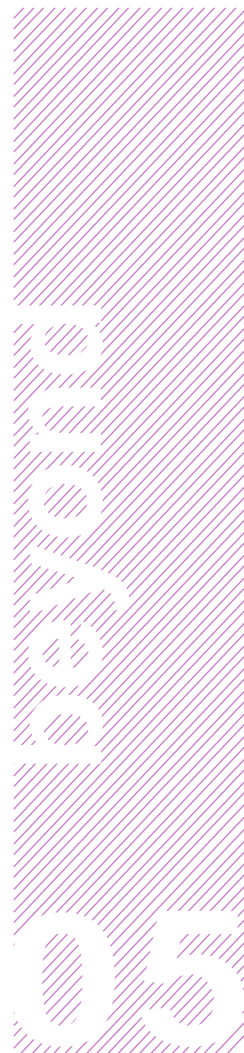
Principe van de opeenvolgende overlapping van de verschillende thermische lagen

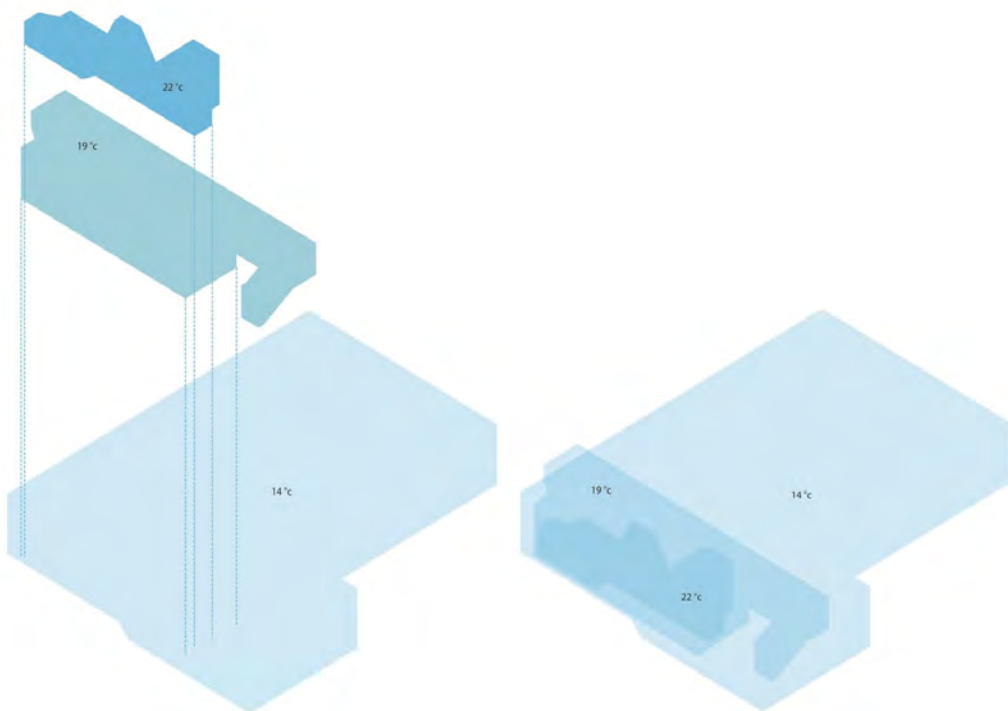


Programmalagvorming volgens de thermische coëfficiënt U



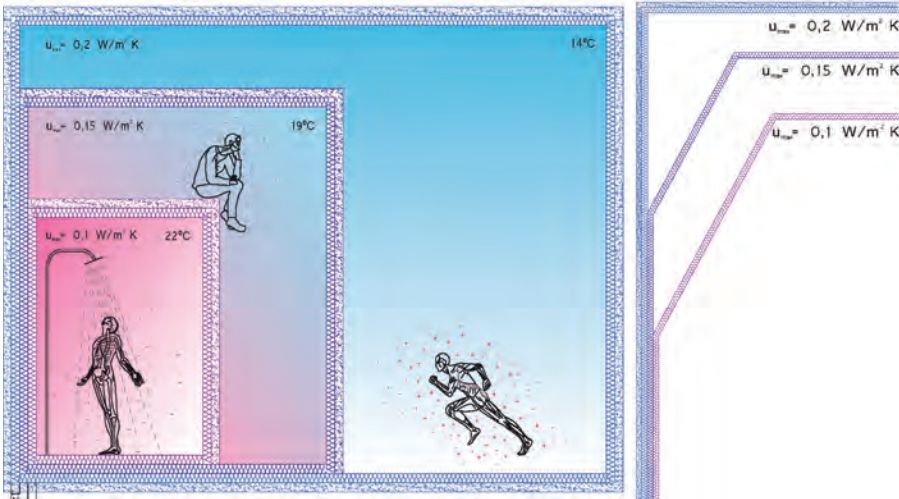
Plattegrond van de benedenverdieping





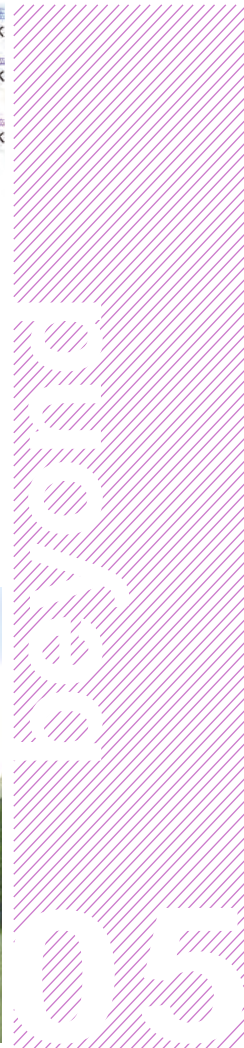
In zijn project voor een sportzaal ontleedt Philippe Rahm de thermische gebouwschil in functie van de activiteiten en de behoeften. In de sportzaal, waar veel wordt bewogen, kan de temperatuur relatief laag blijven. In de cafetaria's en de andere ruimten waar de mensen minder bewegen, wordt een tweede isolerende laag voorzien. En net als bij Russische poppetjes beschermt een derde laag de zones van de kleedruimten, waar de sporters naakt zijn en gevoeliger voor de temperatuur.³⁶

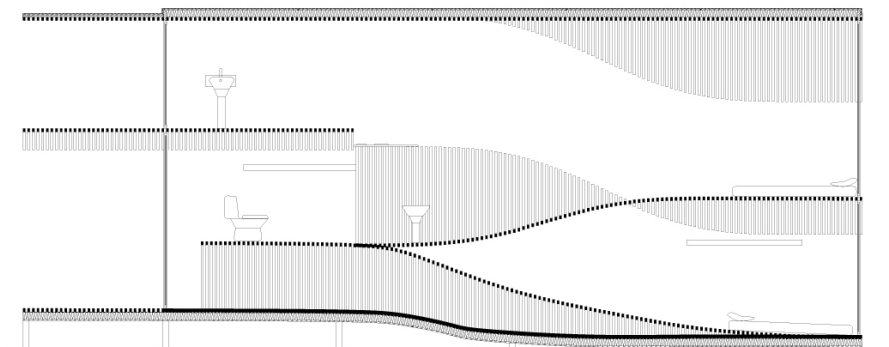
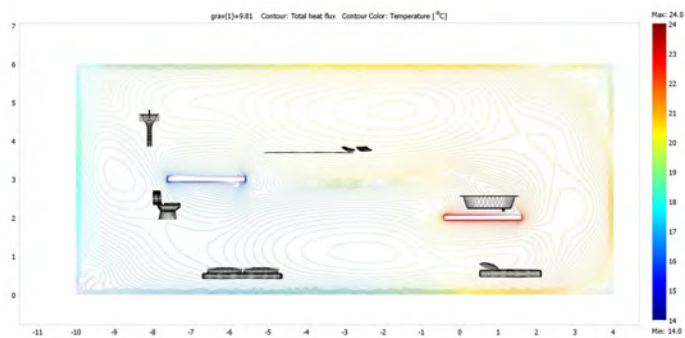
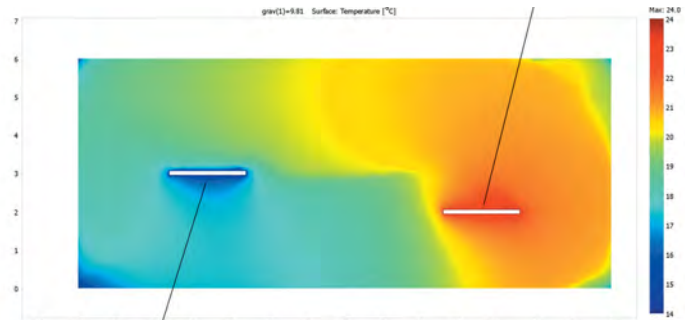
Three Thermal Bubble |
Vetroz | Ecole Les Plantys |
| architect: Philippe Rahm



16cm Warmtegeleidbaarheidscoëfficiënt U
 32cm
 48cm

Principe van toevoeging van
 thermische isolatielagen





Het thermodynamische verschijnsel van de Golf Stream biedt een mogelijkheid om te ontsnappen aan de normalisatie en de homogenisatie van de moderne ruimte. Dit klimaatfenomeen wordt gecreëerd door de polarisatie van twee verschillende warmtebronnen: een koude aan de ene zijde en een warme aan de andere zijde. Die thermische polarisatie brengt een convectiebeweging van de lucht op gang, die verschillende temperatuurzones vormt. De Zwitserse code SIA 3842 definieert de omgevingstemperaturen die daarbij moeten worden gehaald:

woonkamer 20 °C	slaapkamer 16 tot 18 °C	badkamer 22 °C
kamer die als woonkamer wordt gebruikt 20 °C	hal en toiletten 15 tot 18 °C	trap 12 °C
keuken 18 tot 20 °C		wasplaats 12 °C

In plaats van de hele ruimte op 20 °C te verwarmen, stelt Philippe Rahm voor om functies te installeren volgens de analyse van het resultaat van de temperatuurzones die ontstaan door de koude- en de warmtebron.

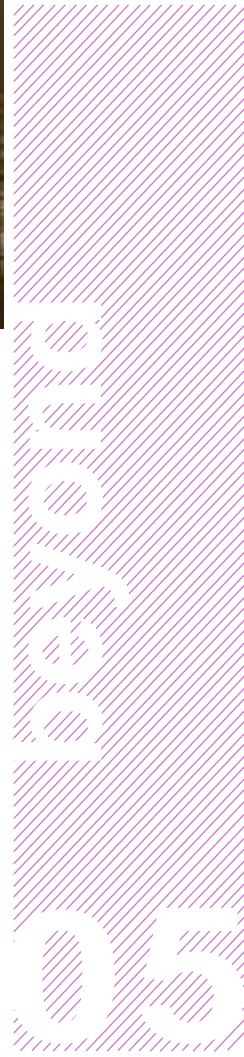
*Interior gulf stream |
faubourg de Paris | prive |
architect: Philippe Rahm*



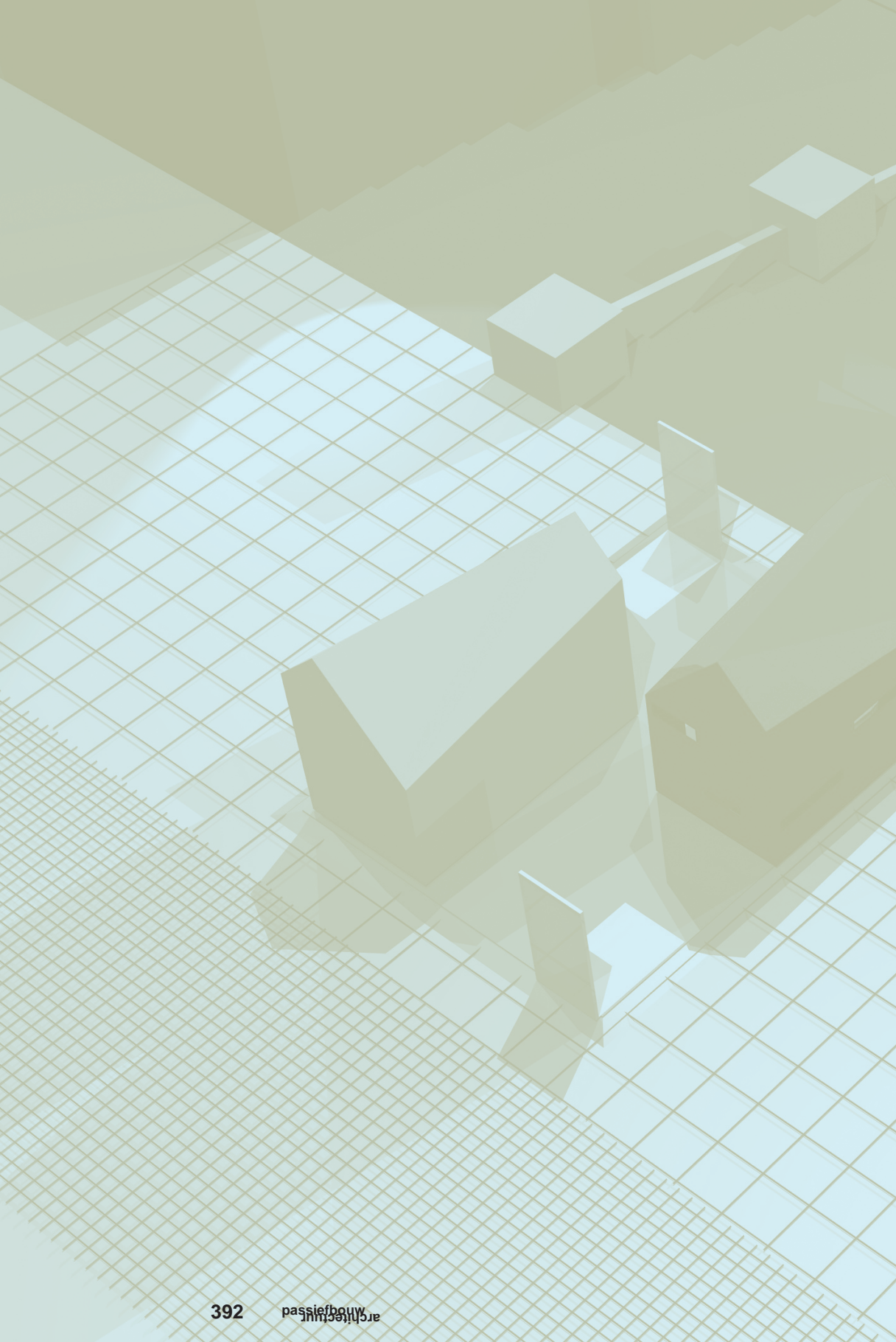
prolog
05

Referenties:

- 1 Het bepaalt voor 2020 doelstellingen voor de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (-20%), de ontwikkeling van hernieuwbare energieën (20% van de energiemix) en de verbetering van de energiedoeltreffendheid (+20%).
- 2 **Éric Luyckx**, Paysages énergétiques, in Après le pétrole, Etopia, 2006 ; disponible sur www.etopia.be/IMG/pdf/Luyckx_paysages_energetiques.pdf.
- 3 **Grégoire Wallenborn** et al, opus citum.
- 4 Énergie+, version 8, www.energieplus-lesite.be
- 5 Volgens de cijfers van **Éric Luyckx** (cf nota 179) en die van het agentschap Century 21 (gemiddelde bewoonbare oppervlakte = 119 m² per woning, http://portic.be/pdf/news/news_portic_33.pdf).
- 6 De bevolkingsdichtheid in Brussel (7 152 bew/km², 01.01.2013) is bijna 20 keer groter dan die van België (364 bew/km²),
- 7 Fiasco énergétique, Texquis, 2014.
- 8 **be.passive 19**, b.16.
- 9 **be.passive 12** à 18, rubrique be.global
- 10 www.cstc.be > Services > Aide à l'innovation > éco-construction et développement durable > documents > choisir des matériaux durables
- 11 **be.passive 12**, b.81.
- 12 **be.passive 17**, b.80.
- 13 <http://gidsduurzamegebouwen.leefmilieubrussel.be/nl.be> > Matière > G MAT01 – De levenscyclus van materialen Leefmilieu Brussel (BIM).
- 14 In België werden op dit niveau heel wat interessante initiatieven ontwikkeld : <http://www.res-sources.be/> <http://opalys.be/> ; **be.passive 19**.
- 15 **be.passive 14**, b.84, www.infolabel.be
- 16 **be.passive 15**, b.88.
- 17 Norme EN 15804, in 2012 gepubliceerd door (CEN) TC 350.
- 18 **be.passive 16**, b.80.



- 19 **be.passive 17**, b.80.
- 20 <http://guidebatimentdurable.bruxellesenvironnement.be>
- 21 www.ponts-thermiques.be/fr/attestations
- 22 <http://be-global.be>
- 23 **Sophie Trachte et André De Herde**, Choix des Matériaux – Écobilan de parois, Architecture et Climat, UCL, Louvain-la-Neuve, 2010.
- 24 **An Janssen, Laetitia Delem, Johan Van Dessel**, Principes et points d'attention lors du choix de matériaux de construction durables, Centre Scientifique et Technique de la Construction – Labo Développement Durable, 2012.
- 25 **be.passive 05**, b.25.
- 26 **be.passive 05**, b.47.
- 27 Beroepsvereniging van de Vastgoedsector
- 28 Aangezien het Naslagwerk voor Duurzame Gebouwen nog in ontwikkeling is, zou deze weging nog kunnen gewijzigd worden.
- 29 Lisa Heschong, Architecture et volupté thermique, éditions Parenthèses, 1981, b.17.
- 30 Ibidem, b.28.
- 31 n Vert Bruxelles : Architectures à Suivre, Racine, 2009.
- 32 **be.passive 06**, b.62.
- 33 In "matières 7", coll. Laboratoire de théorie et d'histoire (LTH), PPUR, 2005
- 34 **Rem Koolhaas**, Junkspace, Éditions Payot & Rivages, 2011, b.84.
- 35 ibidem, b.86
- 36 **be.passive 13**, b.18.



post-face

An abstract 3D geometric composition. The scene is set on a light blue grid floor that recedes into the distance. Several light blue, rectangular blocks are arranged in a line, connected by thin, light blue rods. The blocks are positioned at different heights and depths, creating a sense of perspective. The background is a solid, muted greenish-brown color. The overall aesthetic is clean, modern, and architectural.

Post-face

Bernard Deprez

De architectuur gebruikt bouwmiddelen om woonvormen te produceren. Ze vormt de ruimte om tot motieven van betekenis, nut, collectieve organisatie en waarden. Ondanks haar mechanische reikwijdte is de architectuur van nature reflexief. De steeds weer herhaalde bewerking van de vorm stelt het eigen productieproces in vraag, zowel wat de gekozen middelen (ruimte, materie, energie, enz.) betreft als de bepaalde doelstellingen (hoe wonen).

Samen ontstaan met de landbouw, is de architectuur ook een zaak van lichamen en massa's, van concepten en vormen. Ze vormt het scharnier tussen de planeet – uniek, afgewerkt, levend – en onze menselijke werelden – verspreide samenlevingen en geschiedenissen. De architectuur vormt een intieme verbinding tussen het materiële en het immateriële, tussen de wetten van de natuur en de regels van de mens. In die zin verbindt ze de bewoner niet alleen met zijn ruimte – zowel wat lichaam als identiteit betreft – maar ook met het ecosysteem waarvan hij afhangt en met het sociosysteem waarbinnen hij zich voortbeweegt.

In dit boek wordt de nadruk gelegd op de bouwmiddelen (materialen, energie, vormen) die toelaten na te denken over het architectonische aspect en over de “woondoelstelling” welke maatschappelijke modellen moeten gekozen worden voor de bezetting van het grondgebied (dichtbebouwde stad, woonkern, enz.) of de besluitvorming (participatie, mutualisatie¹, enz.) ? Een benadering is duurzaam omdat ze gebaseerd is op de ecologie, maar ook omdat ze erin slaagt de ecologische meerwaarden te koppelen aan individuele en maatschappelijke belangen.

Dat betekent dat de ecologie van de lichamen, geesten en gemeenschappen zich linkt aan de architectuur. De architectuur moet dus onder de loep genomen worden door de ecologische², verankering in vraag te stellen die het welzijn van de bewoner modelleert door een kwalificatie van de ruimte en door de eco- en sociosystematische resultaten.

Dit geldt ook voor de energie: het gebruik ervan beïnvloedt niet alleen de bouwvorm rechtstreeks, maar de impact raakt evenzeer de bewoner (gezondheid, economie) als de ecosystemen (vervuilende stoffen, opwarming) en de sociosystemen (schaarste, kwetsbaarheid, technologische transitities, leefwijzen en territoriale modellen). In die zin is elke vorm van energieduurzaamheid gebaseerd op een geïntegreerde ecologische visie waarbij de formele, materiële en energiekeuzes onderling verbonden zijn.

>
b. 2-3



De ecologische benadering vormt dus geen “verder dan” van de energie, maar wel een voorbode: ze is er de teelaarde van. Meer nog: een energiebenadering zoals die van de passiefstandaard kan enkel in leven blijven door reflexief te blijven, d.w.z. door in staat te zijn haar eigen operationele en technische horizon voorbij te steken om de architecturale praktijken van haar tijd in vraag te stellen door ze te confronteren met hun ecologie.

Referenties:

- 1 **be.passive 08**, b.40.
- 2 **be.passive 01**, b.27.

Ice Challenge na 44 dagen



Bibliografie en illustratie

Index architecten

A2M, b. 2, 4, 8, 40, 54, 66, 70, 86, 93, 97-100, 103-108, 149, 162-163, 183-184, 199, 222-225
Abscis architecten, b. 8, 279
Architectes Associés, b. 9, 23, 176, 181, 366, 369
Ar-te, b. 8
Architekturwerkstatt din a4 en teamk2 [architects] ZT GMBH, b. 311
Carols Arroyo, b. 374
Arter, b. 8
Atelier 4D, b. 8
B612 associates, b. 9, 255, 376
B-architecten, b. 9, 229, 363
Baumschlager & Eberle, b. 9, 229
Benedict Chris R.A., b. 129
Bedoret Gerard, b. 9, 358
BLAF architecten, b. 8, 30, 36, 166, 318, 378
Carnoy-crayon, b. 69
CEPEZED, b. 9, 48, 189
Conix architects, b. 9, 50
Cooparch-r.u, b. 9
DencI-studio, b. 226
Dirk Baart & Bernard Libert , b. 337
Eugeen Liebaut, b. 346
EVR, b. 8, 334
FHW, b. 144
FORMA, b. 270
Jaspers, Eyers, b. 9
L'Escaut, b. 9, 208
Lacaton & Vassal, 373
LAVA architecten, b. 8
J. MAYER H. Architects, A2O-architecten, Lens°ass architecten, b. 229
MDW architecture et Atelier Jean Nouvel, b. 8, 260
MDW architecture, p 9, 165, 274, 317
Nimptsch Thüngen Architekten, b. 286
NL-architects, b. 8
O2 architects, b. 9, 68, 157, 241
Pierre Blondel, b. 9, 56
Professor Peter Kulka, Henereyk Urbanietz, b. 300
Professor Bott- Ridder- Westermeyer, b. 28

R2D2 architecture, b. 8, 9
Philippe Rahm, b. 371, 384, 386, 388
Samyn & partners, B. 26
Amandine Sellier & AAC Architecture, b. 361
Styfals & partners, b. 9, 229
Synergy-International, b. 8
Urban Platform, b. 205
V+ et MS-a, b. 291, 295
XDGA, b. 8, 233

Index bouwheren

Atenor Group, b. 9
Bedoret Gerard en Damas Véronique, b. 9, 358
BNP Paribas Fortis, b. 9
CESI, b. 8
Citydev, b. 205
Dirk Van Dorpe, b. 337
Gemeente Anderlecht, b. 9
Gemeente Voorst, b. 9, 54, 255, 295
Gemeente Elsene, b. 9, 183-184
Gemeente Knokke-Heist, b. 8
Gemeente Sint-Jans-Molenbeek-, b. 9, 200, 208, 363
Gemeente Oostcamp, b. 374
Gemeente Sint-Joost-Ten-Node, b. 9, 68
Gemeente Schaarbeek, b. 9, 157, 241, 292
OCMW Leuven, b. 8
OCMW Stad Brussel, b. 9, 56, 317
Delphi Genetics, b. 8
ECOPUUR, b. 266
ELIA System Operator, b. 9, 176, 181, 366, 369
FBZ, b. 40, 43, 103-108
Famille Henz-Noffalise, b. 144
Bouwfonds, b. 69
Jetse Haard, b. 9, 97-100
Geert Stuyven & Bea Hageman, b. 8, 30, 36, 378
GOI Onderwijs van de Vlaamse Gemeenschap, b. 334
Gondell H. en Allan C., b. 270
Holcim, b. 8

IBA Hamburg, b. 371
 Immobel, b. 9
 Immobilière Comte de Flandre, b. 9
 Investsud, b. 8
 Katholiek Basisonderwijs Lozen vzw, b. 8
 Kervyn Guillaume, Boels Lucas, b. 8, 50
 Brusselse Haard, b. 376
 Huis Van De Arbeid vzw , b. 9, 23
 M. en Mme Geers-Liebaut , b. 346
 Neue Heimat Tirol, Gemeinnützige WohnungsGmbH, Innsbruck, b. 311
 Vlaamse Milieumaatschappij, VMM, b. 8
 Nelson Canal, b. 9
 Oryx-projects, b. 9
 Parc de l'Alliance, b. 8
 Parlement de la Communauté Française, b. 9
 Passive House Developers Society, b. 28
 Project T&T, b. 9, 48, 189
 Provincie Antwerpen, b.8, 232
 Province du Brabant Wallon, b. 66, 68, 222
 Autonoom Gemeentebedrijf Morsel, b. 8, 279
 Ridgewood Bushwick Senior Citizens Council, b. 129
 School 't Piepelke, b. 8
 Segers Thomas, b. 318
 SOHA, b. 229
 Synergy en Croissance, b. 8
 The International Polar Foundation, b. 26
 Thomas et Piron, b. 8, 86, 162-163, 199
 Van Ginderachter D. et De Ridder N., b. 166
 Ville de Charleroi, b. 8, 260
 Stab Brussel, GrondRegie, b. 9, 93, 224, 286

Foto's

Indien niet anders vermeld behoren de afbeeldingen en plannen toe aan de auteurs van de desbetreffende projecten.

B Boccara, b. 255
 Stijn Bollaert, b. 8
 Thomas De Bruyne, b. 279
 George de Kinder, b. 9

Marc Detiffe, 176, 181, 366
Filip Dujardin, b. 8, 9, 31, 36, 40, 68, 86, 97, 108, 163, 241
Pierre Kroll, b. 21
René Robert, b. 26
Willem Julie, b. 149
Philippe Ruault en Lacaton & Vassal, 373
Christophe Urbain, b. 312, 322, 326, 330
Jeroen Verrecht, b. 363
Valerie Clarisse, b. 337

Illustraties

b. 47 © NASA
b. 17 Superman door Jerry Siegel en Joe Shuster
b. 25-26 Jacobs House, architect: Frank Lloyd Wright, Madison Wisconsin, USA
b. 26 Positive House DTHsur, Copenhagen, Danemark
b. 26 Pléiade huis, architect Jaspard, Louvain-La-Neuve, België
b. 88 Schock©
b. 112 www.luftdicht.de
b. 137 Magazine WTCB-Contact nr. 33 (2012)
b. 130 ©Recticel
b. 120 Fraunhofer Institut
b. 124 Fraunhofer Institut
b. 133 Fraunhofer Institut
b. 146 Fraunhofer Institut
b. 147 Wacker Chemie A.G.
b. 151 Magazine WTCB-Contact nr. 33 (2012)
b. 169-171 39 PassiefhuisPKplatform en www.betterventileren.be
b. 173 Enesta
b. 183 CREA-TEC
b. 191 Commissioning, bron : Bijlage 47 IEA
b. 193 CES
b. 196-198 Architecture et Climat et Matriciel
b. 218-219 Blue House Award 2013
b. 244 Haufman et Dupont
b. 245 Isoproc
b. 250 FLIR©
b. 251 FLIR ONE©
b. 351 CEN/TC 350: (bron: CEN AFNOR)

Index projecten

Project | ligging | bouwheer | architect

Aeropolis II | Schaarbeek | Maison du Travail asbl | Architectes Associés > 9, 23

BNP Paribas Fortis Bank Headquarter | Brussel | BNP Paribas Fortis | Baumschlager & Eberle en Styfhals & partners > 9

Bellevue Brewery | Sint-Jan-Molenbeek | Gemeente Sint-Jan-Molenbeek | Escout et MS-a > 9, 208

Brochet | Elsene | Gemeente Elsene | R2D2architecture > 9

Brussels Tower | Brussel | Immobel | Jaspers-Eyers architects > 9

Bureaux de VMM | Leuven | | EVR > 8

VMM kantoren | Leuven | | EVR > 8

OCMW Leuven | Leuven | OCMW Leuven | Ar-te > 9

EcoPuur kantoren | Nevelle | EcoPuur | denc I-studio > 266

ELIA kantoren | Brussel | ELIA System Operator | Architectes Associés > 9, 176, 181, 366, 369

Kantoren in Wierde | Wierde | Synergy en Croissance | Synergy-international > 8

Brandweer HQ in Heidelberg | Heidelberg (AU) | Gesellschaft für Grund- und Hausbesitz mbH Heidelberg | Prof. Peter Kulka, Henryk Urbanietz Architekten > 300

OCMW Voorst | Voorst | Gemeente Voorst | A2M > 70

Kleuterschool KAE | Etterbeek | GOI Onderwijs van de Vlaamse Gemeenschap | evr-architecten > 334

Onderzoekcentrum | Gosselies | Delphi Genetics | R2D2 architecture > 8

Kleuterschool Saint-François | Schaarbeek | Gemeente Sint-Josse-Ten-Noode | O2 architects > 9, 68, 241

Convective building | Hambourg | IBA Hamburg | Philippe Rahm > 371

De Vonk | knokke-Heist | Gemeente Knokke-Heist | NL-architects > 8

Diversity | Voorst | Gemeente Voorst | V+ et MS-a > 295

School De Boomhut | Lozen | Katholiek Basisonderwijs Lozen vzw | LAVA architecten > 8

School de 't Pipelke | Bilzen | school 't Piepelke | LAVA architecten > 8

School Klaver in Anderlecht | Anderlecht | Gemeente Anderlecht | Arter architect > 9

School Bockstael | Brussel | Stad Brussel | Nimptsch Thüngen Architekten > 286

School in Neuville | Neuville, Zwitserland | prive | Philippe Rahm > 384

Genesis office building | Braine L'Alleud | Parc de l'Alliance | A2M > 8

Policiekantoor in Charleroi | Charleroi | Stad Charleroi/ CFE groep| Atelier Jean Nouvel en MDW architecture > 8, 260

Ice Challenge | Brussel | Leefmilieu Brussel, pmp en php | A2M 1-5, 12, 14, 58, 262, 302, 338, 392

Mixt gebouw in Mortsel | Mortsel | Autonoom Gemeentebedrijf Mortsel | Abscis architecten > 8, 279

Investsud lot 3 | Marche-en Famenne | Investsud | Synergy-international > 8
Interior gulf stream | faubourg de Paris | privé | Philippe Rahm > 388

IPFC | Nijvel | Province du Brabant wallon | A2M > 66, 68, 222

Les Hauts de Bellevue | Sint-Jan-Molenbeek | Nelson Canal | A2M > 9, 363

Liverpool | Sint-Jan-Molenbeek | Beliris | B612 associates > 9

Woningen Bijgenhof | Brussel | Grond Rgei Stad Brussel | A2M > 93, 224-225

Woningen Dubrucq | Sint-Jan-Molenbeek | Gemeente Sint-Jan-Molenbeek | B-architecten > 45

Woningen Bellevue | Sint-Jan-Molenbeek | Nelson Canal | A2M > 363

Woningen Marcel Thirystraat | Sint-Lambrechts-Woluwe | Oryx-projects | A2M > 9

Woningen Fontainas Plein | Brussel | Stad Brussel | B612 associates > 9

Woningen Neerstallesesteeweg | Voorst | Gemeente Voorst | B612 associates > b. 255

Woningen Dubrucqstraat | Sint-Jan-Molenbeek | Gemeente Sint-Jan-Molenbeek | B-architecten > 9, 200

Woningen in Haeren | Haeren | Grond Regie, Stad Brussel | A2M > 9

Woningen en school Simons straat | Brussel | Grond Regie, Stad Brussel | A2M > 9

Woningen Bruyn Ouest | Neder-Over-Heembeek | OCMW Stad Brussel | Pierre Blondel > 9, 56

Woningen Serpentinstraat | Elsene | H Grondel en C Allan | atelier d'architecture FORMA > 270

Woningen Midi-Suède | Sint-Gillis | Citydev | Urban Platform > 205

Woning dnA | Asse | D Van Ginderachter & N De Ridder | BLAF architecten > 166

Woningen « Les Courses » | Elsene | Prive | MDW architecture > 9, 165, 274

Woningen Finstraat | Sint-Jan-Molenbeek | Woningfonds | Carnoy-Crayon > 69

Woningen Lambermont | Schaarbeek | Gemeente Schaarbeek | MS-a et V+ > 292

Woningen Plume | Brussel | Brusselse Haard | B612 associates > 376

Woningen Vandenbrandestraat | Brussel | Immobilière Comte de Flandre | A2M > 9

Woningen Loossensstraat | Jette | Jetse Haard | A2M > 9, 97-100

Woningen Pepinstraat | Brussel | Kervyn Guillaume, Boels Lucas | Conix architects > 9, 50

Woningen à Brooklyn | New-York USA | Ridgewood Bushwick Senior Citizens Council | Chris Benedict R.A. > 129

Woningen in Eupen | Eupen | Henz-Noffalise | FHW > 144

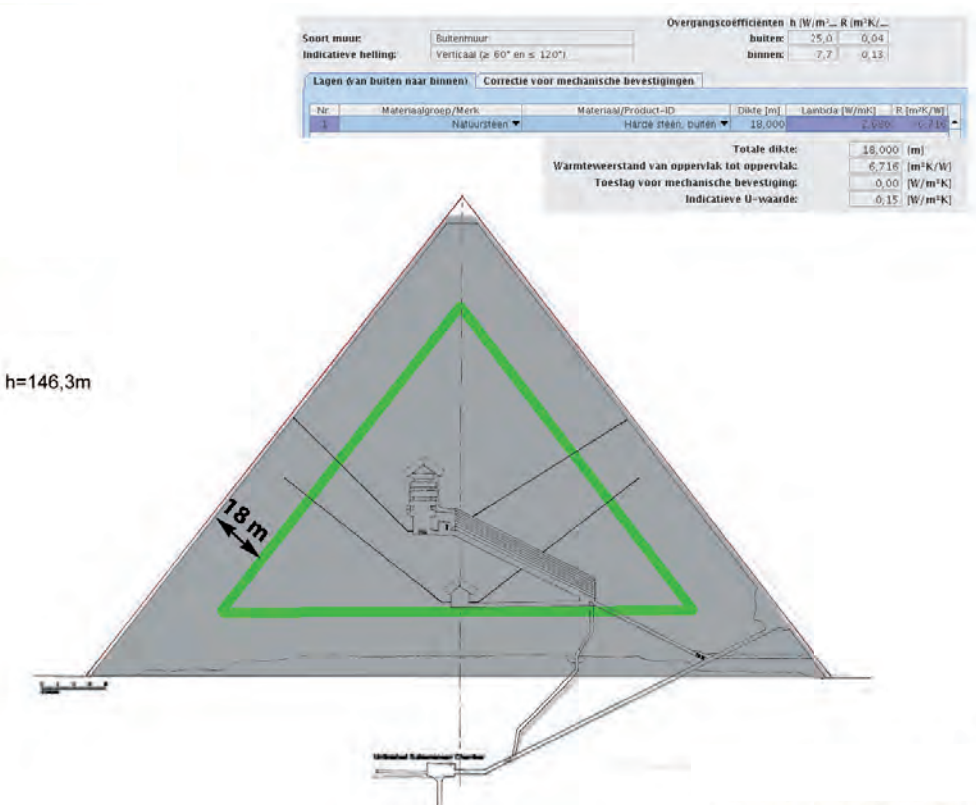
Woningen in Oudenaarde | Oudenaarde | Dirk Van Dorpe | Dirk Baart & Bernard Libert > 337

Woningen Lodernaël | Innsbruck | Neue Heimat Tirol, Gemeinnützige WohnungsGmbH, Innsbruck | architekturwerkstatt din a4 en teamk2 [architects] ZT GMBH > 311

ProvincieHuis Antwerpen | Antwerpen | Provincie Antwerpen | XDGA > 8, 232
Huis in Brussel | Brussel | prive | Amandine Sellier & AAC Architecture > 361
Huis in Hoeilaart | Hoeilaart | Geers-Liebaut | Eugeen Liebaut > 346
Huis GBL | Lokeren | Gert Stuyven & Bea Hageman | BLAF architecten > 8, 30, 36, 378
Huis in Sint-Niklaas | Sint-Niklaas | Tom Segers & Leen Waterschoot | BLAF architecten > 318
Huis Latapie | Floirac | prive | Lacaton & Vassal > 373
Medische Huis | Ciney | CESI | Atelier 4d > 8
Huis Bergstraat | Ukkel | Gerard Bedoret en Véronique Damas | Gerard Bedoret > 9, 358
Huis van Tewerstelling en kleuterschool | Voorst | Gemeente Voorst | A2M > 9, 54
Huis van Tewerstelling | Elsene | Gemeente Elsene | A2M > 183-184
OostCampus | Oostcamp | Gemeente Oostcamp | Carlos Arroyo > 374
Gerechtsgebouw Hasselt | Hasselt | n.v. SOHA | J. MAYER H. Architects, a2o-architecten, Lens°ass architecten > 229
Parlement de la Communauté Française | Brussel | Parlement de la Communauté Française | Cooparch-r.u. > 9
Passivehouse Darmstadt-Kranichstein | Darmstadt | Passive House Developers Society | Professor Bott- Ridder- Westermeyer > 28
Sportzaal | Schaarbeek | Gemeente Schaarbeek | O2 architects > 9, 157
Zeeffabriek Heymans | Brussel | OCMW Brussel | MDW architecture > 317
FBZ HQ | Brussel | FBZ | A2M > 40, 103-108
Holcim HQ| Nijvel | Thomas et Piron | A2M > 8, 86, 162-163, 199
Leefmilieu HQ | Brussel | Project T&T | Cepezed > 9, 48, 189
Polar station Prinses Elisabeth | Antarctic | The International Polar Foundation | Samyn & partners > 26
Three Thermal Bubble | Vetroz | school Les Plantys | Philippe Rahm > 386
Trebel | Brussel | Atenor Group | Jaspers-Eyers architects > 9
WTC IV | Brussel | Befimmo | Jasper-Eyers architects > 9

Het eerste passiefhuis?

Volgens BLAF architecten, het eerste passiefhuis is: de groot piramide van Giza (Egypte) waarbij 18 m natuursteen => U waarde = 0.15 W/m².K ...



Bijdragen van:

Abdenmour Aananaz, ingenieur adjunct-directeur Democo nv
Aline Branders , architect, A2M cv bvba
Bram De Meester, burgerlijk ingenieur, ARCADIS nv
Bernard Deprez, ingenieur architect, docent aan de Faculteit architectuur van de ULB
Stéphane Desmet, Institut scientifique de Service public (ISSeP) Wallonia, direction
des risques accidentels, Cellule " Contrôle et certification "
Daniel Devroey
Marny Di Pietrantonio; ingenieur architect, bestuurster van PMP vzw
Sabine Leribaux, architect, bestuurster van Architecte Associés cv
Frédéric Loumaye, advocaat aan de balie van Brussel
Benoit Meersseman , ingenieur architect, JZH bvba
Sebastian Moreno-vacca, architect, bestuurder van A2M cv bvba
Julie Willem, architect, bestuurster van be.passive vzw

De publicatie van dit boek werd mogelijk gemaakt dankzij de IBGEBIM/ENERGIE
subsidie en de herlezing door Leefmilieu Brussel en met de Revisie van Leefmilieu
Brussel:

Grégoire Clerfayt, directeur ff
Yannick d'Otreppe, Project Manager
Hilde Carens, Project Engineer
Thibaut Hermans, Afdelingshoofd
Gaëtan Quinet, Project Manager
Thierry Vandergoten, Project Manager

Nederlandse vertaling

Kathleen Kempeneers
BDD translation

Engelse vertaling

Michael en Richard Lomax

Herlezing in het Engels

Julie Georges Garkov

Grafisch ontwerp en prepress

Julie Willem, Sebastian Moreno-Vacca

Grafische elementen

EVRST
Paolo Gavazzi

Simulatie koudebruggen

Jade Deltour

Drukker

CLAES-ROELS

Alle reproducties of aanpassingen van welk deel dan ook van dit boek en met welk
procedé dan ook, zijn verboden voor alle landen.

© be.passive vzw, Boondaelsesteenweg 6, bte 6 1050 Elsene
www.bepassive.be

Het eerste passiefhuis?

Het eerste volledige en functionele passiefhuis was geen huis... maar een boot! De 'Fram' van Fridtjof Nansen (1883). In zijn memoires schreef hij daarover: "

... De muren zijn bedekt met vilt dat met teer is bestreken, vervolgens een laag kruk, daarna een constructie van dennenhout en vervolgens opnieuw een laag vilt, een laag luchtdicht linoleum en ten slotte een nieuwe houten constructie. Dit alles is ongeveer 40 cm dik. Het venster waarlangs de koude gemakkelijk zou kunnen doordringen, werd onder meer door drievoudige beglazing beschermd. Dit is een aangename en comfortabele verblijfsruimte. Of de thermometer nu tot 5 °C of zelfs 30 °C onder nul zakt, hier hoeven we geen vuur te stoken. De ventilatie is uitstekend... want de binnenlucht wordt afgevoerd via de ventilator voor de koude winterlucht. Ik speel met het idee om de kachel gewoon weg te doen; hij staat hier vooral in de weg." Het

*Oostenrijkse passiefplatform maakte een schatting van de U-waarden van de componenten: ze kwamen daarbij uit bij een gemiddelde van 0,1 W/m².K! Lees ook: "In de nacht en in het ijs", F. Nansen 1887
> www.fram.museum.no/en/*

