

## Bouwen zonder brokken (4)

In het vorige artikel zagen we dat een duurzame nieuwbouwwoning helemaal niet duurder hoeft te zijn dan haar klassieke tegenhanger. Met duurzaam bedoelen we onder andere een energieverbruik voor verwarming dat driemaal lager ligt dan in een klassieke nieuwbouw; het elektriciteitsverbruik ligt er tweemaal lager. Kris Baert toont met zijn 'Living Today'-project aan dat het nog veel beter kan. Hij woont met vrouw en twee kinderen sinds vorig jaar in een passiefhuis.

# Het passiefhuis: duur

Twintig procent van de wereldbevolking gebruikt tachtig procent van de grondstoffen en energiebronnen, een situatie die niet lang meer houdbaar is. Hoe kan in onze welvarende maatschappij aan onze basisbehoeften voldaan worden zonder dat dit ten koste gaat van anderen? Energie-efficiëntie opent een gigantisch potentieel om duurzamer om te gaan met onze reserves. In het project 'Living Today' werd eerst een inventaris gemaakt van de wensen van de bewoners op het vlak van ruimte, indeling, licht, flexibiliteit en comfort. Als uitdaging werd daaraan gekoppeld dat de woning een factor vier minder energie mag verbruiken en slechts evenveel mag kosten als een klassieke woning. Deze doelstellingen werden gehaald door continu het programma van eisen te evalueren in overleg met alle betrokkenen. Dit schiep de randvoorwaarden om fundamenteel na te denken over alle problemen in de bouwconstructie en tot kosteneffectieve oplossingen te komen.

### Eisenpakket

De bewoners kunnen via een programma van eisen hun wensen formuleren. Het is duidelijk dat dit pakket alle nodige informatie moet bevatten om alle ontwerpbeslissingen zo goed mogelijk en zo veel mogelijk in één keer te kunnen nemen. Kwaliteit leveren is leveren wat er gevraagd of verwacht wordt. Daarom moeten alle partners in het bouwproces de vraag van de opdrachtgever of gebruiker zeer goed kennen. 'Living Today' is een prototype woning die functioneel maar toch compact is opgevat. Op deze manier wordt weinig bouwgrond ingepalmd en wordt bespaard op materialen, investerings- en onderhoudskosten. Daarnaast werd naar een binnencomfort gestreefd dat hoger is dan bij een standaardwoning. De gevolgde aanpak resulteert in een constante binnentemperatuur, een goede binnenluchtkwaliteit, akoestische afscherming van de buitenomgeving en veel daglicht. Bovendien

is de energiefactuur slechts een fractie van een gelijkaardige woning met dit comfortniveau. Gas: 350 m<sup>3</sup>/jaar (= 22,5 kWh/m<sup>2</sup> per jaar, in een klassieke woning is dit 150 kWh/m<sup>2</sup>). Elektriciteit: 800 kWh/jaar; voor een gezin met twee kinderen betekent dit 200 kWh/persoon/jaar (voor duurzame nieuwbouw geldt: minder dan 400 kWh/persoon/jaar). Overtuigende cijfers.

### Voorontwerp

Dit passiefhuis doet beroep op hout-skeletbouw waarbij de isolatie in de constructie opgenomen is. Tijdens het ontwerp van het gebouw rezen er vragen over het binnencomfort in de zomer. In het bijzonder werd de invloed van massa in het gebouw en de toepassing van verschillende soorten zonnewering onderzocht. Aangezien hout een lichtere constructie toelaat is de massa van de woning aanzienlijk lager dan gemiddeld. Ook het binnencomfort in de winter werd onderzocht



# orzaam en betaalbaar

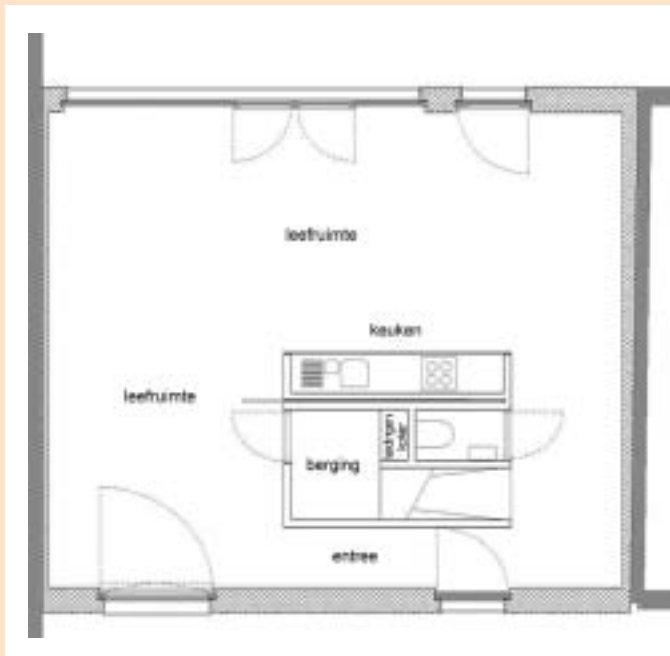
met een intern warmtevermogen van 1000 W. De woning is aaneengesloten gebouwd en bestaat uit een gelijkvloers en een eerste verdieping. Voor de simulatie werd rekening gehouden met een interne warmtewinst van 400 W voor het gelijkvloers en 300 W voor de eerste verdieping. Er werd een infiltratieverlies van 0,015 volume/h voorzien. Per verdieping is er een constant ventilatie-debiet van 100 m<sup>3</sup>/h. Deze ventilatielucht wordt eerst door een grond-naar-lucht warmtewisselaar gestuurd. Vervolgens gaat de verse lucht afhankelijk van de binnencondities al dan niet door een warmtewisselaar.

Bijkomend is er een intensieve natuurlijke zomerventilatie voorzien van 500 m<sup>3</sup>/h door het openen van de ramen. Deze ventilatie wordt gebruikt bij oververhitting overdag en als nachtventilatie. Er is een back-up verwarming voorzien van 200 W op het gelijkvloers en van 100 W op de verdieping. De simulaties werden uitgevoerd door Cenergie over een volledig jaar voor 4 verschillende scenario's, afhankelijk van het constructiemateriaal van de tussenvloer (beton of hout) en de zonnewering. In onderstaande tabel wordt een overzicht van de gemiddelde, maximale en minimale

temperaturen weergegeven voor de vier scenario's.

We kunnen vaststellen dat door het gebruik van een betonnen tussenvloer de temperatuur in de zomer slechts met 1°C afneemt. Om het zomercomfort te beheersen is het aanbrenge van zonnewering dus veel belangrijker dan het aanbrenge van veel massa. De betonnen tussenvloer brengt extra constructiekosten en ruimtegebruik met zich mee. Dankzij de dynamische thermische simulaties kon op rationele basis gekozen worden voor scenario 4.

Scenario			1		2		3		4	
Zonnewering			geen		luifel		Zonnescherm		luifel	
Tussenvloer			beton		beton		beton		hout	
T[°C]	Buiten	WTW	0 <sup>st</sup>	1 <sup>st</sup>	0 <sup>st</sup>	1 <sup>st</sup>	0 <sup>st</sup>	1 <sup>st</sup>	0 <sup>st</sup>	1 <sup>st</sup>
Gem	10,10	15,91	20,71	20,12	20,39	20,05	20,52	20,07	20,38	20,06
Max	30,70	23,60	29,40	26,30	27,00	25,80	25,00	25,50	27,50	26,80
Min	-7,70	3,20	17,70	17,70	17,60	17,60	17,70	17,70	17,40	17,30



## Ontwerp

Het gelijkvloers en de eerste verdieping zijn opgevat als open plateaus met maximale flexibiliteit. Naargelang de behoefte van de bewoners kunnen deze verdiepingen vrij ingedeeld worden. Indien op oudere leeftijd mobiliteit een probleem wordt, kan op het gelijkvloers een slaapkamer en douche worden ondergebracht. De functionele kern van de woning laat toe de technieken op een kleine oppervlakte te concentreren en kosten voor leidingen en bekabeling te verminderen. De totale oppervlakte van de woning bedraagt 134 m<sup>2</sup>. Door het doordachte concept is dit voldoende voor 3 tot 5 personen. De geringe bouwooppervlakte beperkt de belasting voor het milieu en getuigt van een zekere wereldsolidariteit. Om het plaatsen van grote isolatiediktes gemakkelijk te maken werd een 'doos in doos' principe toegepast. In een eerste fase worden de buitenwanden, het dak en de ramen geplaatst. Vervolgens wordt de isolatie aangebracht (minerale wol: 32 cm in de muur, 45 cm in het dak en 16 cm in de vloer). De isolatie kan dus perfect en droog geplaatst worden zonder invloed van de weersomstandigheden. Bij sterk doorgedreven isolatie wordt het vermijden van koudebruggen erg belangrijk. Koudebruggen zijn plaatsen in het gebouw

waar de isolatiewaarde veel lager is dan de globale isolatiewaarde. Op deze plaatsen zijn de warmteverliezen zeer groot wat ten allen tijde moet vermeden worden. Door het uitvoeren van stabiliteitsberekeningen op maat worden een stevige constructie en een optimalisering van het materiaalgebruik mogelijk, een besparing op constructiehout en kosten.

Dynamisch thermische simulaties tonen aan dat een geïnstalleerd verwarmingsvermogen van 1 KW voldoende is om deze woning op temperatuur te houden bij de laagste buitentemperaturen (-8 in de regio). De ventilatie- en transmissieverliezen zijn zo gering dat zonnewinsten en interne warmtewinsten de temperatuur vlotjes op 21°C houden. In de toekomst zal vermoedelijk een verwarmingsbatterij worden aangesloten op de verse luchttoevoer om de ingeblazen lucht op te warmen tot 35°C en zo het binnenklimaat meer te kunnen regelen. Verse lucht wordt aangezogen door een grondbuis van 40 m lang die vertrekt op een diepte van 1,5 m en naar een diepte van 2,5 m gaat. In de winter wordt de ventilatielucht daarvoor ongeveer 10°C opgewarmd. De afgevoerde lucht warmt de binnenkomende lucht op met een hoogrendement warmtewisselaar (rendement 90 %). Oververhitting kan in de woning eenvoudig vermeden worden

door het gebruik van buitenzonnewering. De bouwheer en architect hebben gekozen voor een constructie van horizontale zeilen om op de zuidkant gedurende de warmste maanden directe zonneinstraling te vermijden. De grondbuizen kunnen de lucht in de zomer met ongeveer 10°C afkoelen zodat de warmtewinsten door ventilatie wegvallen. De meeste ramen zijn er op voorzien om gebruikt te worden voor nachtkoeling met manuele bediening. Sanitair warm water wordt geproduceerd door een gesloten gasboiler van 100 liter met elektronische ontsteking. Een zonneboiler van 200 liter kan het energieverbruik voor warm water met 50 % verminderen. Natuurlijk is er eerst gedacht aan een spaardouchekop en waterbesparende toestellen.

Voor verlichting wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van buis- en spaarlampen. De efficiënte koelkast heeft een verbruik van 100 kWh/jaar. De wasmachine is van het type hotfill en zwiert de was op 1600 toeren om de energie voor drogen te minimaliseren. Stand-by verbruikers zijn eenvoudig te elimineren door een schakelaar op de hifi, tv en computervoeding. Op deze manier is het energieverbruik van deze woning met een factor 4 à 5 gereduceerd. Nu wordt het zinvol om actieve zonne-energie toe te passen. Een fotovoltaïsche netgekoppelde zonne-

installatie van 800 Wattpiek zal het grootste deel van de benodigde elektrische energie leveren. Een thermische zonnecollector van 2,5 m<sup>2</sup> staat in voor de warm water- productie in het zomerhalfjaar. Een regenwatertank van 5000 liter collecteert het regenwater van het dak via een voorfilter. Een pomp brengt het regenwater naar het toilet en de wasmachine. Het teveel aan regenwater verdwijnt via een infiltratiesysteem terug in de bodem.

## Realisatie

Duurzaam bouwen is een integrale bouwaanpak waarbij rekening gehouden wordt met ecologische, economische en sociale aspecten. Het doel is een gebouw te realiseren met een zo beperkt mogelijke impact op het milieu en de omgeving, waar het comfort voor de gebruikers uitstekend is en dat niet meer hoeft te kosten dan een klassiek gebouw. Alle partijen uit het bouwproces moeten van bij het begin bij het project betrokken worden. Dikwijls verloopt het ontwerpproces te fragmentarisch: een architect maakt een esthetisch ontwerp en daarna moet het studie bureau zorgen voor een goed comfort. Het gevolg is een gebouw met zware en complexe technische installaties. Enkel door een project in team te realiseren is het mogelijk tot een duurzaam gebouw te komen waar bijvoorbeeld ook passieve klimatisatie-technieken een kans krijgen. De hogere studiekosten worden ruimschoots gecompenseerd door de efficiëntere manier van bouwen, zowel op het vlak van materialen als installaties. Een dergelijk gebouw zal ook gekenmerkt worden door veel lagere werkingskosten op het vlak van energie en onderhoud.

De realisatie van dit project was mogelijk door de intensieve samenwerking tussen de verschillende partners en leveranciers: architect, aannemer, leve-

ranciers, bouwheer en adviesbureaus delen hun kennis om optimale resultaten te bekomen. Vanaf het prille ontwerp werden de wensen van de bouwheer, de comforteisen, de energieprestaties, de architecturale uitstraling en de eenvoud bij realisatie en onderhoud in ogenschouw genomen. Deze integrale aanpak leidde tot een bouwkost die gelijk is aan de kost van een gelijkaardige klassieke woning.

## James, de cijfers please

Volgens onze ruwe raming (zie Koevoet 125) zou deze voorbeeldwoning volledig afgewerkt 134.000 € (btw incl.)

mogen kosten. Deze raming gold voor een vrijstaande woning, terwijl het hier om een gesloten bebouwing gaat. We zullen dus bij onze voorbeeldwoning 2.500 € extra bijtellen voor 93 m<sup>2</sup> gevelsteen voor de 2 gemeenschappelijke muren en 4.928 € voor extra ramen in de gemeenschappelijke muur, zijnde 1/3 van de totaal kost van alle ramen in de twee andere gevelvlakken. De woning heeft tot nu toe effectief 87.941 € (incl. btw) gekost. De eigenaar heeft zelf de funderingen gegraven en het beton gestort. Verder heeft hij alle technieken zelf uitgevoerd en het grootste gedeelte van de afwerking zelf gedaan. Nog niet inbegrepen zijn de zonnepanelen en de afwerking van het regenwatersysteem.

Raming nog af te werken	
Regenwatersysteem	1.050 €
Zonnepanelen	2.000 €
Binnendeuren	1.750 €
Vloerbekleding verdieping (nu OSB)	1.375 €
<b>TOTAAL</b>	<b>6.175 €</b>

Je zou dus bij de 87.941 € nog eens 6.175 € moeten bijtellen voor nog niet uitgevoerde werken en 7.428 € voor de referentie naar een vrijstaande woning. Dit brengt het totaal voor deze woning op 101.544 €. De bouwheer heeft zelf de elektriciteit, het ventilatiesysteem en het sanitair geplaatst. Verder diende er in de woning niet geschilderd of gepleisterd aangezien de wanden gemaakt werden van Klickbord met melamine afwerking. Ook de plafonds dienden niet gepleisterd of geschilderd; ze werden eigenhandig door de eigenaar bekleed met MDF. Ditzelfde systeem werd geplaatst waar later inbouwkasten komen te staan. Verder beschikken de ramen niet over venstertabletten aan de binnenzijde, dus deze post is ook al uitgespaard en de keuken werd door de eigenaar eigenhandig gemaakt in zijn vorig huurhuis en was dankzij een goede modulatie van het ontwerp perfect overplaatsbaar. Dit passiefhuis blijft dus, mits een groot deel eigen werk maar vooral vertrekend van een aantal goede prijsbesparende ontwerpmaatregelen, beneden het normale budget, meer bepaald 32.456 €.

	Vlaams gemiddelde	Reële kostprijs voorbeeldwoning
Kelder 500 € / m <sup>2</sup> x 0 m <sup>2</sup> =	0 €	
Gelijklvloers 1.000 € / m <sup>2</sup> x 69 m <sup>2</sup> =	69.000 €	
Verdieping 1.000 € / m <sup>2</sup> x 65 m <sup>2</sup> =	65.000 €	
Zolder 750 € / m <sup>2</sup> x 0 m <sup>2</sup> =	0 €	
<b>TOTAAL (incl. btw)</b>	<b>134.000 €</b>	<b>101.544</b>
(excl. erelonen architect, veiligheidscoördinator en studiekosten: 10.438 €)		

Gaan we dit nu verder in detail bekijken, dan zien we hoe het passiefhuis van de familie Baert-Camerlynck zich verhoudt tot een klassiek gebouwde woning.

Gedetailleerde raming ruwbouw:	gemiddelde Vlaamse woning	voorbeeldwoning
Grondwerken	1,1 % = 1.474 €	1.395 €
Riolering	1,5 % = 2.010 €	1.715 €
Regenwaterput	1 % = 1.304 €	581 €
Metselwerk	21% = 48.910 €	35.563 € (houtskelet)
Isolatie	4 % = 5.360 €	13.005 €
Beton en/of metalen liggers	6,5 % = 8.710 €	1.497 €
Vloerplaat en welfels	5,2 % =	zie metselwerk
Dak	10,3 % =	zie metselwerk
<b>TOTAAL</b>	<b>50,6 % = 67.804 €</b>	<b>53.756 €</b>

Gedetailleerde raming afwerking:	gemiddelde Vlaamse woning	voorbeeldwoning
RBuitenschrijnwerk	6 % = 9.112 €	14.785 €
Glas	0,8 % =	inbegrepen in buitenschrijnwerk
Sanitaire installatie	6,9 % = 9.246 €	3.387 € (zelfplaatsing)
Zonnepaneel		2.331 €
	Photovoltaïsch paneel, zonneboiler geplaatst maar nog geen thermisch paneel	
Elektrische installatie	4,4 % = 5.896 €	970 € (zelfplaatsing)
Verwarming	6,9 % = 9.246 €	zie ventilatie
Ventilatie	2.770 €	(zelfplaatsing)
Bekleden muur/plafonds	5,4 % = 7.236 €	5.992 € (zelfplaatsing)
Vloerbekledingen	6,4 % = 8.576 €	3.297 € gelijkvloers polybeton
Binnenschrijnwerk	3,3 % = 4.422 €	binnendeuren nog te plaatsen
Kuiken	4,5 % = 5.896 €	hergebruik
Schilderwerken	2,8 % = 3.752 €	niet van toepassing
Trap en zoldertrap	2 % = 2.680 €	652 €
<b>TOTAAL</b>	<b>49,4 % = 66.196 €</b>	<b>53.756 €</b>

We vergeleken de bouwkost van deze woning met algemeen gangbare ramingen voor een gelijkaardig bouwvolume en stellen vast dat deze woning een pak goedkoper uitvalt. Dit heeft te maken met de keuzes die gemaakt werden op het vlak van de afwerkingsgraad en de materialen en met wat de bouwheer zelf gedaan heeft. Uit bovenstaande tabel kunnen we besluiten dat de isolatiekost met inbegrip van een ander soort schrijnwerk (driedubbele beglazing, geïso-

leerde raamkaders) en het winddicht maken van de woning de grootste kost vormen. Daar staat tegenover dat omwille van de doorgedreven isolatie de verwarmingsinstallatie kan uitgespaard worden. Ook de erelonen zijn vrij aanzienlijk. Let wel, de grootste besparingen werden gerealiseerd door meer te investeren in 'brains'. Dit passiefhuis werd dus effectief gebouwd voor 758 €/m<sup>2</sup> (mits grotendeels zelfbouw) en zou in principe gebouwd kunnen worden voor dezelfde prijs als een

doorsneewoning van dit volume en oppervlak. Collectieve woningbouw, systeembouw en meer bekendheid van het concept passiefhuizen komt de kostprijs van zulke woningen en het milieu alleen maar ten goede.

Dominic Van Clé  
Kris Baert

**Meer info**  
[www.passiefhuisplatform.be](http://www.passiefhuisplatform.be)