

# ACTIVE HOUSE ERASMUSHOVE

**Een paar jaar geleden kwam ik in de gelegenheid om een kavel te kopen in wat, volgens de toenmalige wethouder van Den Haag, de duurzaamste wijk van Nederland moest worden. Omdat ik zelf specialist duurzaam bouwen en bouwfysicus ben, en mijn vader een bekende naam in Nederland is op het gebied van gezond binnenklimaat en tevens architect, besloot ik het ontwerp van de woning in eigen hand te houden.**



dr. ir. B.L.H. (Bas)  
Hasselaar, DGMR,  
Den Haag

Bij het ontwerpen van de woning had ik een paar duidelijke randvoorwaarden:

- het moest bovenal een comfortabele en gezonde woning worden;
- de woning moest duurzaam en ‘plus op de meter’ worden;
- de bouwkosten mochten niet hoger zijn dan een reguliere ‘bouwbesluit’ woning;
- en last but not least, de woning moest een voorbeeldrol kunnen vervullen.

De woning moest geen geitenwollensokken of architectonisch kunstobject worden waar alleen de bedenker in kan en wil wonen, maar juist een heel aangename en vanzelfsprekende kwaliteit hebben die tot inspiratie voor zowel opdrachtgevers als uitvoerders kan dienen.

Ik had het geluk dat vanuit de gemeente slechts beperkte randvoorwaarden voor de woning waren neergelegd. Er was een kavelpaspoort opgesteld, waarin stond dat maximaal 40% van mijn kavel bebouwd mocht worden, dat 50% van het gebouw maximaal 6 meter hoog mocht zijn en 50% maximaal 3 meter hoog, en dat de woning energie-neutraal (EPC 0) moest zijn. Qua welstand waren er geen eisen. Aan de westkant van het kavel ligt een stuk terrein dat in mandelig eigendom van de omliggende kavels is uitgegeven. Dit wordt een gemeenschappelijke tuin.

## UITGANGSPUNTEN ONTWERP

Vanuit mijn wens om een comfortabele en gezonde woning te maken, ben ik begonnen te ontwerpen vanuit de bouwfysica. De eerste stap was inventariseren waar mijn wensen lagen. Welke ruimtes wil ik in mijn woning hebben? Welke klimaatwensen stel ik aan die ruimtes? Hoe verwacht ik mijn tijd thuis door te brengen? En ik welke ruimtes ben ik het meest? Op welk moment van de dag?

Mijn conclusie was dat voor mijn woning, de keuken de belangrijkste plek van de woning zou worden. De keuken is voor mij het centrum van sociale activiteiten. Hier ontbijt ik samen met mijn kinderen, eet ik samen met vrienden en familie, breng ik een belangrijk deel van de dag door terwijl ik eten klaar maak en staat de grote eettafel waaraan gewerkt, gelezen of gespeeld wordt. De keuken is voor mij niet alleen een aanrecht met een gootsteen en kookplaat, het is een leefruimte die de spil vormt voor de meeste activiteiten in huis. Het mag er lekker warm zijn en het liefst heb ik daar veel licht, lucht en ruimte met uitzicht naar en toegang tot de tuin.

De woonkamer is voor mij een plek waar ik me terug kan trekken om een boek te lezen, een film te kijken, muziek kan luisteren of waar mijn kinderen kunnen spelen. Deze ruimte zal vooral in de middag en avond gebruikt worden en mag een wat intiemere sfeer hebben. Slaapkamers worden vooral 's nachts gebruikt en heb ik het liefst vooral rustig. Daarnaast wil ik dat ze koeler zijn (slaapt beter) en het liefst de ochtendzon kunnen zien, omdat dat prettig wakker worden is. De badkamer moet een dubbele wastafel, douche en bad bevatten, en lekker warm zijn als ik daar behoefte aan heb. Een eventuele werkplek of thuishok heb ik het liefst met indirect daglicht, dus met ramen op het noorden georiënteerd.

Met mijn inventarisatie in het achterhoofd werd het kavel bestudeerd. Waar komt de zon op en gaat die onder? Aan welke kant ligt de weg? Waar is mooi uitzicht? Het kavel ligt in een rustige wijk zonder drukke verkeersaders binnen gehoorsafstand. Woningen aan de oostkant van mijn kavel mogen maximaal 3 meter hoog worden, aan de westkant maximaal 6 meter hoog, maar met een gemeenschappelijke tuin er tussenin. Het ontwerp van de woning van mijn buurman aan de zuidkant was al bekend, die aan de noordkant ook. Al deze informatie is samengevoegd met de wensen voor de verschillende ruimtes in mijn woning, om tot een vlekkenplan te komen waarin de ideale locatie voor de verschillende ruimtes in de woning werd weergegeven.

*Onderdeel van het ontwerpproces was de opname van de Active House specificaties. Active House is een visie op bouwen, waarbij de onderwerpen comfort, energie en milieu integraal en holistisch opgenomen worden in het ontwerp. De keuze om een Active House te maken was niet zozeer het verlaten van de ene ambitie om de ander te omarmen, maar meer een hulpmiddel om mijn wensen voeten in aarde te geven. Ik wilde een hoge kwaliteit woning waarin comfort, energie en duurzaam bouwen (milieu) veel aandacht kregen. Active House bood mij een kader en communicatiemiddel om de kwaliteit die ik voor ogen had naar buiten toe duidelijk te kunnen maken.*

Een duidelijke invloed op het ontwerp was de oriëntatie. De zon heeft een grote invloed op het (thermische) binnenklimaat en de mogelijkheid om passieve en actieve zonne-energie te oogsten. Goed geïsoleerde woningen kunnen op een koude en heldere winterdag prima passief verwarmd worden door gebruik te maken van zoninstraling. Tegelijkertijd moet voorkomen worden dat dezelfde woning in

de zomer onaangenaam warm wordt doordat de warmte onvoldoende geweerd of geloosd kan worden. Hier moet rekening mee worden gehouden bij de oriëntatie en grootte van ramen en/of zonwering.

### VENTILATIE

Een duidelijke wens was om ventilatielucht via roosters naar binnen te halen. Deze wens werd ingegeven door ervaringen met eerdere woningen: ik heb 8 jaar gewoond in een nieuwbouwwoning met balansventilatie (opgeleverd in 2007). Deze installatie werd netjes onderhouden en iedere maand verving ik de filters of maakte ik deze schoon. Het systeem functioneerde prima en ik had niet echt klachten. Maar dat was het dan ook. Het was 'prima', ruim voldoende. Nadat ik die woning verkocht, betrok ik een tijdelijke woning waar ik anderhalf jaar gewoond heb totdat mijn nieuwe, huidige woning klaar was. De tijdelijke woning was een benedenwoning met een tuintje in een blok rijtjeshuizen uit begin 20<sup>e</sup> eeuw waar Nederland vol mee staat. Nadat ik de woning was ingetrokken viel me één ding op: de luchtkwaliteit was zoveel frisser en verser dan dat ik gewend was. Natuurlijk, de woning was half zo groot als de woning waar ik

uit kwam, met een 50% hogere energierekening. En onder de ramen stonden radiatoren om koudeval tegen te gaan. Maar de lucht die binnenkwam via de roosters boven de ramen voelde verser. Ik had het gevoel buitenlucht in te ademen. Iets wat ik in mijn oude woning met balansventilatie zelden meemaakte, tenzij er een raam open stond.

Omdat mijn nieuwe woning op een vrijstaand kavel, in een rustige buurt zonder drukke verkeersaders of andere vervuilingbronnen zou komen te staan, besloot ik dat ik voor mijn nieuwe woning ook ventilatielucht direct van buiten, via roosters in de gevel, wilde. Tegelijkertijd bleef het uitgangspunt dat mijn woning energieleverend moest worden overeind en wilde ik de energie uit mijn ventilatielucht terugwinnen. De keuze voor mijn installaties is zo een afgeleide geworden van bouwfysische principes, ingegeven door mijn ventilatiekeuze en wens om energiebewust te bouwen.

### VERWARMING

Omdat ik mijn ventilatielucht direct van buiten haal is het onlogisch om luchtverwarming toe te passen. Daarnaast ►



1 De woning, gezien vanuit het westen



2 Capillaire vloerverwarming in de toplaag van de keukenvloer

is stralingsverwarming een comfortabelere en gezondere manier van verwarmen [1]. Omdat ik warmte terug wil winnen uit mijn vuile ventilatielucht, maar geen balansventilatie toepas, ben ik aangewezen op een lucht/water warmtepomp. De warmtepomp die ik toepas onttrekt warmte uit de afgezogen ventilatielucht. Omdat de afgezogen ventilatielucht niet altijd voldoende warmte bevat om aan de vraag naar warm water te voldoen, wordt eventueel tekort aangevuld met extra lucht van buiten. Zo is er altijd voldoende warmte beschikbaar. Omdat een warmtepomp het meest efficiënt werkt als deze lage-temperatuur warmte levert, is een lage-temperatuur verwarmingssysteem voor de hand liggend.

De traditionele versie van lage-temperatuur verwarming is vloerverwarming. Buizen met warm water worden onder een laag van acht tot tien centimeter beton aangebracht en gebruikt om de massa van de constructie op een constante temperatuur te houden. Hoewel redelijk efficiënt kent dit systeem zijn beperkingen. De belangrijkste is de reactietijd van het systeem en daardoor het onvermogen om op wisselende omstandigheden in te spelen.

Thermische massa is een belangrijk wapen tegen oververhitting en onderkoeling van een binnenklimaat. Door de traagheid van het systeem is het in staat om temperatuurschommelingen te bufferen en zo een koude nacht of juist erg zonnige dag te nivelleren. Deze eigenschappen maken de toepassing van thermische massa in een woning nuttig om het energieverbruik voor verwarmen en koelen te verlagen. Echter, er is een nuance. De laag die de meeste impact heeft op het binnenklimaat is de oppervlakte van de thermische massa (bijvoorbeeld een tegelvloer of plafond). De temperatuur van het oppervlak is wat uiteindelijk een interactie heeft met het binnenklimaat en is ook de temperatuur die je ervaart als persoon. Naarmate je dieper onder het oppervlak komt, neemt de invloed van de massa op het binnenklimaat af en zal ook de temperatuur steeds stabiel worden.



3 Harde isolatieplaten met zachte minerale wol om valse spouwen te voorkomen

De traagheid van vloerverwarming maakt dat dergelijke systemen meestal van najaar tot en met voorjaar op constante temperatuur worden gehouden. Ze staan dus de helft van het jaar 'aan'. Op het moment dat het buiten koud is, maar het is helder en de zon schijnt, kan de zoninstraling voldoende zijn om een woning te verwarmen, maar traditionele vloerverwarming is te traag om hierop te kunnen reageren. Gevolg is dat het te warm wordt in huis waardoor ramen open gaan en warmte weggegooid wordt.

Voor mijn woning maak ik gebruik van capillaire verwarming. Dat zijn dunne kunststof buisjes die vrij dicht op elkaar liggen en waar warm water door stroomt. Doordat ze zo dun zijn kunnen ze dicht aan de oppervlakte weggevoerd worden. In mijn keuken liggen ze direct onder mijn (tegel)vloer (figuur 2) en in een wand weggestuukt. In de woonkamer en slaapkamers zitten ze in de stuclaag van het plafond en in de badkamer zowel in vloer als in plafond. Proefondervindelijk heb ik vastgesteld dat in mijn geval (met de deklaag die ik heb aangebracht) het ongeveer een uur duurt voordat de warmte voelbaar wordt. Dit betekent dat ik in het stookseizoen mijn verwarming 's nachts uitzet, 's morgens even aanzet voor bij het ontbijt en 's avonds weer aanzet als ik terug kom van mijn werk. Als het een mooie dag is geweest en de zon heeft geschinen, hoef ik 's avonds de verwarming niet aan te doen (scheelt energie), want dan is het binnen al warm genoeg door de passieve warmtewinst uit de zon. Dit gebeurt (uiteraard) automatisch via een smart-home systeem. Hier hoef ik niet bij stil te staan.

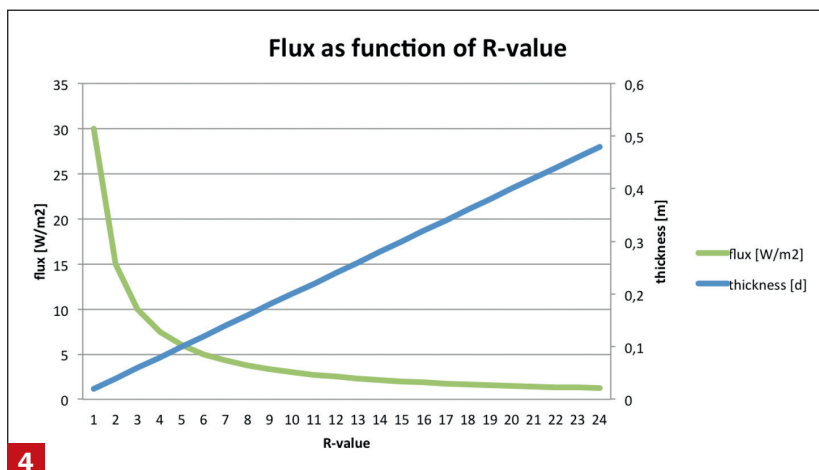
De verwarming onttrekt zijn warme water uit een buffervat dat gevoed wordt door mijn warmtepomp. Het bovenste deel van het vat wordt gebruikt voor warm tapwater, het onderste deel voor verwarming. Omdat voor tapwater een hogere temperatuur nodig is, moet de warmtepomp harder draaien en wordt deze minder efficiënt. Om toch zo efficiënt mogelijk met energie om te gaan, heb ik ingesteld dat 's middags, als de zon op zijn hoogste punt staat en ik maximale opbrengst heb van mijn (elektrische) zonnepanelen, de temperatuur van het tapwatergedeelte naar 60 graden wordt gebracht. Het vat is goed geïsoleerd en de warmte zal zo beschikbaar zijn op het moment dat ik het nodig heb, maar de woning zelf geen energie meer opwekt ('s avonds).

**ENERGIE**

Lage-temperatuur verwarming in combinatie met een warmtepomp werkt alleen in een goed geïsoleerde en kiedichte woning. Alle muren, zowel dragend als binnenwand, zijn uitgevoerd in cellenbeton. Dit materiaal is om diverse redenen gekozen – dampopen en vocht bufferend, geluidsisolerend, onbrandbaar en een kwart van de CO<sub>2</sub> uitstoot van regulier beton – waaronder het isolerend vermogen van het materiaal zelf. De dragende buitenwanden zijn 15 cm dik en hebben van zichzelf een R<sub>c</sub>-waarde van 0,8 m<sup>2</sup>K/W. Deze zijn aan de buitenkant geïsoleerd met gecacheerde PIR-platen met twee cm glaswol aan de binnenzijde. Hoewel de cellenbetonblokken vrij glad zijn, zijn er tijdens het bouwproces immers altijd onregelmatigheden die optreden, waardoor er valse spouwen ontstaan tussen (harde) isolatieplaten en de draagmuur. Door de isolatie aan de binnenzijde te voorzien van flexibel glaswol dat strak tegen de muren gedrukt wordt, worden oneffenheden in de muur of valse spouwen dichtgedrukt (figuur 3) en kunnen de isolatieplaten en de cellenbetonblokken thermisch gezien bij elkaar opgeteld worden.

De totale R<sub>c</sub>-waarde van de constructie bedraagt 6,0 m<sup>2</sup>K/W. Deze waarde was een compromis tussen enerzijds goed isoleren en anderzijds woonruimte. Door de randvoorwaarde van de gemeente dat maximaal 40% van het kavel bebouwd mocht worden, heeft de dikte van de muren (en dus isolatie) een directe relatie met de beschikbare leefruimte. Bij een R<sub>c</sub> van 6 is de grootste winst op het gebied van isoleren binnen (figuur 4). Een verdere verhoging van de thermische isolatie kost exponentieel meer ruimte en gaat ten koste van het vloeroppervlak. Het dak is geïsoleerd met een R<sub>c</sub> van 8,0 m<sup>2</sup>K/W.

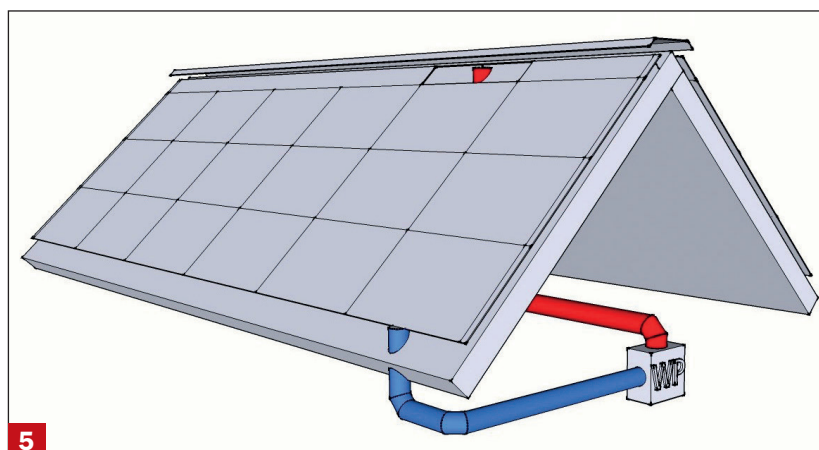
Ramen zijn voorzien van drievoudig glas met een U-waarde van 0,7 W/m<sup>2</sup>K dat speciaal geselecteerd is op een hoge lichttransmissie (75%) en zontoetredingsfactor (61%), om zoveel mogelijk licht en passieve zonne-energie binnen te halen. Aan de zuidkant, bij de openslaande deuren van de keuken naar de tuin toe, is een pergola gebouwd met een zonnedoek dat in de zomer oververhitting door zoninstraling tegengaat. Aan de westzijde zijn schuiflamellen geplaatst om diezelfde reden. Veel daglicht in de woning was een uitgangspunt voor het ontwerp. Dit heeft tot gevolg dat iedere verblijfsruimte daglicht uit minimaal twee oriëntaties ontvangt. De keuken zelfs uit vier richtingen. Het gevolg hiervan is dat overdag eigenlijk nergens kunstlicht nodig is, behalve in het toilet. Ster-



4 Warmtestroom als functie van de R-waarde bij een hoogwaardig isolatiemateriaal

ker nog, toen ik de woning betrok in juni duurde het tot half oktober voordat ik me realiseerde dat ik geen lampen had hangen boven mijn eettafel. Eerder had ik die niet gemist omdat ik zoveel daglicht heb in mijn woning. Het dak bestaat volledig uit geïntegreerde PV-panelen, ieder met een eigen optimiser om de prestaties te kunnen monitoren. Om optimaal van het beschikbare dakvlak gebruik te kunnen maken zijn de afmetingen van het dak en die van de panelen op elkaar afgestemd. Op het zuiden zijn 18 panelen van 303 W<sub>p</sub> onder een hoek van 45 graden geplaatst, op het noorden nog eens 15. Dit zijn er drie minder omdat er een drietal dakramen in dit dakvlak geplaatst is. De panelen op het noorden hebben grofweg 45% van de opbrengst van de panelen op het zuiden, wat uiteraard invloed heeft op de terugverdientijd. Maar het dak heeft nu een uniforme uitstraling en ook de panelen op het noorden dragen bij aan de energieproductie van mijn woning. Daarnaast vormen de panelen de regenkering.

Omdat een hoge temperatuur een nadelig effect heeft op de efficiëntie van PV-panelen (in tegenstelling tot collectoren), is het dak voorzien van een spouw van 8 cm onder de panelen. Deze spouw is open aan de onderkant van het dak en vlak onder de nok, om optimale doorstroming te garanderen. Nog steeds zal de lucht in de spouw warmer zijn dan de buitenlucht, wanneer de zon op het dak



5 Gebruik van de spouw onder de zonnepanelen ter verhoging van de efficiëntie van de warmtepomp

staat. Hier wordt handig gebruik van gemaakt door vlak onder de nok de extra (buiten)lucht af te zuigen die gebruikt wordt door de warmtepomp om warm water te maken, op het moment dat de afgezogen binnenlucht onvoldoende energie levert. De koude lucht die de warmtepomp verlaat op het moment dat alle warmte eruit is gehaald, wordt (op een andere plek) juist onderin de spouw ingeblazen, om zo de panelen actief af te koelen met de afvallucht (figuur 5). Op deze manier wordt zowel de efficiëntie van de warmtepomp als van de panelen verhoogd.

### PRESTATIES

Op het moment van schrijven van dit artikel woon ik anderhalf jaar in mijn Active House. Dat is onvoldoende om een nauwkeurig beeld te krijgen van de volledige prestaties van mijn woning, aangezien het eerste jaar mijn woning nog vol bouwvocht zat en mijn warmtepomp een tijdelijke was omdat mijn huidige nog niet op de markt was (deze was nog in ontwikkeling gedurende mijn eerste jaar in mijn woning en is pas najaar 2018 op de markt verschenen). Maar toch, de

eerste 18 maanden geven een aardig eerste beeld van de prestaties die ik kan verwachten.

Allereerst de energetische prestaties. Onderdeel van een bouwaanvraag is een EPC-berekening die aangeeft wat de verwachte energieconsumptie is van de woning (zonder het energieverbruik van de bewoner) om aangenaam op temperatuur te blijven (verwarmen en koelen). Sinds enige tijd worden automatisch ook de BENG-scores meegeleverd (berekend volgens NEN 7120). BENG 1 gaat over de energievraag voor verwarmen en koelen (de 'schil'), BENG 2 gaat over het energieverbruik van de installaties en BENG 3 gaat over het percentage duurzaam opgewekte energie. Volgens de EPC-berekening voor mijn bouwaanvraag zou mijn woning 70 kWh/m<sup>2</sup>.jaar aan energievraag hebben.

Ik heb echter de werkelijke verbruikscijfers van mijn woning. Ik weet hoeveel elektriciteit ik heb gebruikt in het afgelopen jaar (ik heb een gasloze woning), en als ik die omreken naar verbruik per m<sup>2</sup> kom ik op circa 28 kWh/m<sup>2</sup>.jaar uit. Waarom dat enorme verschil?

De EPC gaat uit van gestandaardiseerde omstandigheden, een standaard klimaatjaar en gestandaardiseerd gedrag. Daarnaast maak ik gebruik van natuurlijke toevoer van ventilatielucht, waarbij warmte wordt teruggewonnen via een ventilatielucht-warmtepomp. Deze combinatie wordt niet herkend binnen de EPC rekenmethode die gebaseerd is op de NEN 7120, waardoor deze warmteterugwinning niet gewaardeerd werd in de BENG 1. Dit verandert met de introductie van de NTA 8800, maar die is niet verwerkt in de EPC rekenmethode. Combineer de warmere winter (klimaatverandering) met een niet-standaard stookgedrag (slaapkamers worden niet tot 20 graden gestookt, verwarming van de overige ruimtes gebeurt tijdelijk en naar behoefte) en een ventilatiesysteem met warmteterugwinning dat niet volgens de standaard regels functioneert, en de voorspelling die de EPC placht te geven komt volledig op losse schroeven te staan. Wil je werkelijk simuleren welke energieconsumptie verwacht wordt, dan zal een complexer instrument ingezet moeten worden zoals de PHPP of nZEB-tool.

Deze persoonlijke ervaringen met het verschil tussen berekende en werkelijke prestatie van een woning worden ondersteund door wetenschappelijk onderzoek naar het verschil in energieprestatie tussen woningen met vraaggestuurde ventilatie met mechanische afzuiging en woningen met balansventilatie met warmteterugwinning [2,3]. Waar op papier woningen voorzien van balansventilatie met warmteterugwinning energetisch gezien veel beter presteren dan woningen met alleen mechanische ventilatie, blijkt in praktijk het verschil verwaarloosbaar. In het aangehaalde onderzoek blijken woningen met vraag-gestuurde mechanische afzuiging (zonder warmteterugwinning) minder energie te gebruiken voor ventilatoren en slechts iets meer voor verwarming. Per saldo wordt aan het eind van het jaar 1,5% meer energie geconsumeerd in woningen met mechanische ventilatie dan in woningen met balanssystemen en warmteterugwinning. Hierbij is er verder geen verschil in binnenluchtkwaliteit of ervaren comfort.



Heb ik dan geen last van tocht? Tocht is immers een veel gebruikt argument tegen mechanische ventilatie met natuurlijke toevoer, naast het vermeende energetische voordeel. Het is waar dat bij natuurlijke toevoer er een groter risico op tocht ontstaat. Hier zal bewust mee moeten worden omgegaan in het ontwerp. Dit betekent sowieso het toepassen van winddrukgerregelde roosters en het voorkomen van ongewenste dwarsventilatie door bijvoorbeeld plaatsing van (open) roosters aan de voor- en achterzijde van de woning in dezelfde ruimte. Ikzelf heb een flinke overmaat aan roosters in mijn woning, meer dan strikt genomen noodzakelijk volgens ventilatieberekeningen. Hierdoor kan ik zonder problemen eens een rooster (tijdelijk) dichtzetten als de wind even verkeerd staat of als ik direct onder een rooster wil zitten. In mijn slaapkamers heb ik hier nog nooit behoefte aan gehad, in mijn woonkamer of keuken slechts incidenteel. Hier heb ik daarom elektronisch gestuurde roosters: als ik het rooster bij mijn eettafel op de minimale stand zet, gaat het rooster in de woonkamer verder open en vice versa. Na 8 uur springt het dichte rooster weer in de automatische stand.

De overige prestaties van de woning zijn boven verwachting. Het daglichtklimaat binnen is geweldig (figuur 6) en geeft en onverwachte boost aan mijn woongenot. Het grootste deel van het jaar wordt geventileerd met een ventilatievoud dat ver boven de regelgeving uitsteekt, wat een heerlijke luchtkwaliteit oplevert. De capillaire verwarming voelt lekker warm, en de woning heeft het afgelopen jaar 1350 kWh meer opgewekt dan geconsumeerd, inclusief warm tapwater en mijn bewonersconsumptie.

En de bouwkosten? Die zijn vergelijkbaar met een reguliere vrijstaande woning van deze omvang. Het is natuurlijk altijd lastig om kosten toe te wijzen aan specifieke duurzaamheidsmaatregelen. Is bijvoorbeeld drievoudig glas een onderdeel van een duurzaamheidsmaatregel, of levert het extra comfort op doordat de oppervlaktetemperatuur hoger is en er minder koudestraling vanaf komt? Misschien had ik iets kunnen besparen door minder PV-panelen op mijn dak te leggen. Maar tegelijkertijd is dat het enige deel van mijn woning dat ook werkelijk geld oplevert en een rendement heeft dat vele malen hoger is dan geld op een spaarrekening laten staan, zelfs als de salderingsregeling wordt omgezet naar een terugleversubsidie.

Als ik het hele proces nog een keer opnieuw zou moeten doen, denk ik dat ik hetzelfde huis, met dezelfde keuzes, in dezelfde staat zou bouwen. Volgens mij zegt dat genoeg. ■

#### BRONNEN

- [1] <https://v2.wellcertified.com/v2.1/en/thermal%20comfort/feature/5>
- [2] Derycke, E., Bracke, W., Laverge, J. and Janssens, A. (2011) Energy performance of demand controlled mechanical extract ventilation systems vs mechanical ventilation systems with heat recovery in operational conditions: results of 12 months in situ-measurements at Kortrijk ECO-Life community – AIVC-TIGHTVENT
- [3] Janssens, A. et al (2018) Utilization of heat recovery ventilation: steady-state two-zone heat loss analysis and field studies – IBPC2018

■ ADVERTEREN IN BOUWFYSICA?  
NEEM CONTACT OP MET DE  
REDACTIE VOOR DE SCHERPE  
TARIEVEN.

[www.nvbv.org](http://www.nvbv.org)

