

# PASSIEF BOUWEN IN DE PRAKTIJK

Passief bouwen krijgt ook in Nederland een stevige voet aan de grond. Belangrijkste kenmerken van passief bouwen zijn de hoge isolatiewaarden en de strenge eis aan de luchtdoorlatendheid. Tussen technici is er enige discussie of de hoge isolatiewaarden die bij passief bouwen horen, een zinvolle aanpak zijn in het streven naar energieneutrale gebouwen. In dit artikel wordt ingegaan op wat passief bouwen is, wat de aandachtpunten zijn bij ontwerp en uitvoering en het gebruik van de gebouwen. Dit wordt geïllustreerd met twee recent opgeleverde projecten.



ir. H.J.J. (Harm) Valk,  
Nieman Raadgevende  
Ingenieurs BV te  
Utrecht/Zwolle

## PASSIEF BOUWEN

Onder passief bouwen wordt een specifieke bouwstandaard verstaan waarbij nagestreefd wordt het actief toevoeren van energie in een gebouw zo veel mogelijk te beperken. Het gebouw moet door een zorgvuldig ontwerp en een goede uitvoering als vanzelf, dus passief, een comfortabel binnenklimaat hebben in zowel zomer als winter. Belangrijkste stap is het tot een minimum beperken van de warmtevraag en de koellast. De eis aan de warmtevraag is daarmee het belangrijkste criterium van passief bouwen van woningen. Bij utiliteitsgebouwen geldt dat in een zelfde mate voor de koellast. Daarom kenmerken passieve gebouwen zich door hoge niveaus van thermische isolatie: een  $R_c$  rond  $10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$  is geen uitzondering en  $U_w < 0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$  is standaard. Daarnaast is er veel aandacht voor luchtdichtheid en voor het beperken van de lijnvormige warmteverliezen van de aansluitdetails, de  $\psi$ -waarden.

Passief bouwen is gebaseerd op van oudsher bekende fysische principes, die aan het eind van de vorige eeuw als het ware herontdekt zijn. Daaruit heeft dr. Wolfgang Feist een samenhangende rekenmethode ontwikkeld. Vervolgens heeft hij rond 1990 in Darmstadt het Passivhaus Instituut opgericht. Aanvankelijk werd passief bouwen voornamelijk toegepast in de Duits sprekende landen in Europa, in België, Frankrijk en de Scandinavische landen. Nederland hoorde niet tot de early adapters, om het eufemistisch uit te drukken. In Nederland groeide de belangstelling na een eerste project van drie nieuwbouwwoningen in Roosendaal, voor Aramis Allee Wonen en na de publicatie van het boek Passiefhuizen in Nederland van Chiel Boonstra, Ragna Clocquet en Loes Joosten in 2006. Inmiddels wordt passief bouwen in Nederland gestimuleerd door de Stichting Passief Bouwen. De stichting beoordeelt en certificeert projecten. Dat wil niet zeggen dat het principe nooit eerder is toegepast. Jon Kristinsson

heeft bijvoorbeeld in de jaren '80 al veel van deze principes toegepast in nieuwbouw en renovatie, onder meer in Schiedam.

In Nederland gebruiken we de term passief bouwen, om te benadrukken dat het om meer gaat dan woningbouw. Overigens heeft het oorspronkelijk Passivhaus en het Engelstalige Passive House dezelfde betekenis, waarin 'huis' gelezen kan worden als huisvesting. Passief bouwen is niet alleen geschikt voor nieuwbouw, maar zeker ook voor renovatie.

## EISEN EN REKENMETHODE

Voor het berekenen van de energievraag van een passief gebouw is een specifiek rekenmethode ontwikkeld; de PHPP, ofwel het Passivhaus Projektierungs-Paket, dat inmiddels in veel talen is vertaald. In Nederland wordt de PHPP-NL gebruikt, die wordt beheerd en uitgegeven door de Stichting Passief Bouwen. In de PHPP worden twee grootheden berekend: de totale energievraag voor verwarming en koeling en de totale energiebehoefte voor warm tapwater, koeling, ruimteverwarming, hulpenergie en een groot aantal apparaten. Voor beide grootheden geldt een grenswaarde om een gebouw passief te mogen noemen, zie onderstaande tabel.

Om bij renovatie de invloed van een bestaand casco in een bestaande situatie (oriëntatie) mee te wegen, ligt de toelaatbare grenswaarde voor de energievraag bij passief renoveren iets hoger dan voor nieuwbouw (zie tabel). In de praktijk is een zelfde niveau van maatregelen en aandacht nodig als bij nieuwbouw.

Er bestaat een groot aantal adviezen, hoe deze (scherpe) waarden gehaald kunnen worden. Het boek Passiefhuizen in Nederland geeft er een groot aantal, op de website passiefbouwen.nl staat veel informatie en ook anderen geven

Tabel 1: Grenswaarden energiebehoefte voor een passief gebouw

grenswaarden Passief Bouwen	energiebehoefte in kWh/m <sup>2</sup> GO	
	nieuwbouw	renovatie
energievraag voor ruimteverwarming en koeling	< 15 kWh/m <sup>2</sup>	< 25 kWh/m <sup>2</sup>
totale primaire energiebehoefte	< 120 kWh/m <sup>2</sup>	< 120 kWh/m <sup>2</sup>

richtlijnen uit. Een aantal daarvan is dermate essentieel dat het haast niet mogelijk is een gebouw te laten voldoen aan de grenswaarde, zonder deze in een plan op te nemen. In andere landen worden deze richtlijnen als 'eis' geaccepteerd, maar in de Nederlandse verhouding is het praktischer deze als 'richtlijn' te benoemen. De belangrijkste zijn:

- Ontwerp op het benutten van passieve zonne-energie en voorkom met het ontwerp ongewenste opwarming.
- $R_c > 6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ ; in de praktijk zijn vaak hogere waarden nodig, globaal tussen 8 en  $11 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Dit is een belangrijke stap in het verlagen van de warmtevraag.
- Drievoudige beglazing in specifieke kozijnprofielen:  $U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , waarbij geadviseerd wordt glas met een  $U_g \geq 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  toe te passen om condensatie aan de buitenzijde te beperken.
- Luchtdicht bouwen conform klasse 3 met  $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ .
- Geen lineaire warmteverliezen ('wärmebrückefrei'),  $\psi < 0,01$ , op de 'Duitse' wijze geschematiseerd (van buiten naar binnen).
- Warmteterugwinning uit de ventilatielucht.
- Specifieke voorzieningen voor zomernachtventilatie.
- Zonwering waar nodig, waarbij speciale aandacht voor de oost- en westgevels van belang is.
- Verwarmingsinstallatie met geringe capaciteit; dit is een gevolg van de passieve zonne-energie, de interne warmtelast, de hoge schilisolatie en de goede luchtdichtheid.

Een goed passief gebouw is ook verder zorgvuldig uitgewerkt en is voorzien van energiezuinige gebruiksapparatuur, een zonneboilerinstallatie en een goede gebruikershandleiding.

### SNELWEG NAAR ENERGIENEUTRALITEIT

Door alle kwaliteiten van passief bouwen is de energievraag zeer laag. De aanpak is ook robuust, dat wil zeggen weinig afhankelijk van veranderende omstandigheden zoals veranderende regelgeving (denk aan de teruggave van energiebelasting of de saldering van PV), een gewijzigd gebruik of een veranderend klimaat. Daarmee onderscheidt passief bouwen zich van andere concepten van energiezuinig bouwen.

Een passief ontworpen gebouw is niet zonder meer energieneutraal. Omdat de resterende energievraag zo laag is, ligt energieneutraliteit wel binnen handbereik. Er is slechts een beperkte hoeveelheid lokale duurzame opwekking nodig. Inmiddels is dat ook in de praktijk aangetoond aan de hand van een serie projecten in Twente, op initiatief van een aantal samenwerkende Twentse woningcorporaties. Passief bouwen heeft daarmee aangetoond een praktische methode te zijn om energieneutraliteit te bereiken; de 'snelweg' naar energieneutraliteit.

### PRAKTIJKERVARINGEN

Aan de hand van twee projecten kan de praktijk van passief bouwen worden geïllustreerd. De vervangende nieuwbouw in de wijk Velve-Lindenhof in Enschede en de renovatie van de monumentale Binnengasthuizen in Zwolle.



1a

Passief woningen Velve Lindenhof voor De Woonplaats in uitvoering. Beltman architecten heeft in de vormgeving de open zuidzijde (trespa stroken) laten contrasteren met de meer gesloten west- (en niet zichtbare) noordgevel door daar baksteen toe te passen (foto Nieman)



1b

Architect Beltman heeft de gevelluiken geïntegreerd in de kozijnen. Hiermee is effectieve zomernachtventilatie mogelijk in combinatie met een extra elektrisch bedienbaar dakraam op het noordelijke dakvlak (zie foto 1c) (foto Nieman)



1c

Duidelijk zichtbaar het elektrisch bedienbaar dakraam nabij de nok en boven het trapgat; samen met de ventilatieluisen in de gevel is effectieve zomernachtventilatie mogelijk (foto Nieman)

### Velve-Lindenhof te Enschede

Het project Velve-Lindenhof betreft de nieuwbouw van 83 passiefwoningen, als onderdeel van een plan van 212 houtskeletbouwwoningen. Het project maakt onderdeel uit van de totale herstructurering en upgrading van de 'krachtwijk' in het oosten van Enschede. De keuze voor houtskeletbouw is ingegeven door de ambitie van opdrachtgever De Woonplaats om ook in duurzaam mate- ▶



Passief renoveren van de monumentale 'Binnengasthuizen' in Zwolle voor Openbaar Belang. In de oorspronkelijke kozijnen heeft architect Andries Laane van VillaNova de roedeverdeling teruggebracht. Daar achter is een passief achterzetkozijn geplaatst met triple glas (foto VillaNova)



De woningen zijn waar nodig 'teruggerestaureerd' om ongewenste ingrepen uit de jaren '70/'80 ongedaan te maken. De installaties zijn zo ingepast, dat alle doorvoeren op het achterdakvlak uitkomen. Ondanks het traditionele beeld is ook bij de dakkapellen een hoge isolatiewaarde en goede luchtdichtheid gerealiseerd (foto VillaNova)



Vervangen van de begane grondvloer door een nieuwe lichtgewicht vloer; de oorspronkelijke uitbouw is gesloopt (foto Dura-Vermeer)

riaalgebruik een grote stap richting cradle-to-cradle te zetten. Architectenbureau Beltman heeft dat vertaald in het gevelbeeld, waarbij uit onderhoudsoogpunt wel gekozen is voor weerbestendige Trespa-delen (figuur 1a en 1b). Door een goede werkvoorbereiding is de uitvoering door DGV en Te Pas-bouw voorspoedig verlopen en zijn de ambities gerealiseerd. Lopende het proces zijn 5 woningen alsnog geheel energieneutraal uitgevoerd (EPC = 0), door de toevoeging van circa 15 m<sup>2</sup> PV-panelen. Deze woningen maken nu deel uit van het Twentse initiatief waar eerder op is gewezen.

### Binnengasthuizen te Zwolle

De Binnengasthuizen zijn al jaren een herkenbaar en gewaardeerd deel van de Zwolse vroeg-20<sup>e</sup>-eeuwse uitbreiding. De ligging in een parkachtige omgeving maakte de keuze voor renovatie onomstreden. Na de ingreep heeft het complex een gemeentelijke monumentenstatus gekregen, waar opdrachtgever Openbaar Belang terecht trots op is. Aanvankelijk was de uitvraag minder ambitieus (A-label). De keuze voor passief renoveren was een initiatief in de selectiefase van de combinatie Dura Vermeer, VillaNova Architecten en Nieman RI. De zorgvuldige detaillering van de gezichtsbepalende voorgevel verdraagt een groot architectonisch vakmanschap en ervaring met passief renoveren van monumentale gebouwen (figuur 2a en 2b). Tijdens de uitvoering is er alles aan gedaan de uitvoering en vaklieden actief te betrekken bij de ambities en oplossingen.

### BOUWFYSISCHE AANDACHTPUNTEN

Passief bouwen en renoveren vraagt om het inzetten van bouwfysische kennis, die verder gaat dan het foutloos invoeren van de PHPP-berekening. Enkele aandachtspunten:

- Koudebrug-vrij bouwen vraagt om inzicht in de warmtestromen door een constructie en op de invloed van bijvoorbeeld de positie van de isolatielaag, de invloed van de kozijnegge en de consequenties van doorbrekingen. Modelleren in een numeriek warmtestroommodel, zoals Trisco, helpt om de juiste keuzes te maken.
- Ventilatie-advies is meer dan de keuze voor een wtw-systeem. In feite functioneren er drie ventilatievoorzieningen in samenhang naast elkaar: het wtw-systeem voor energiezuinige basisventilatie, de te openen ramen voor spuien en extra ventilatie in het tussenseizoen en tot slot de voorzieningen voor zomernachtventilatie, om de bewoner of gebruiker in staat te stellen om passief te koelen.
- Zomercomfort, ofwel het voorkomen van opwarming, speelt altijd een rol bij goed geïsoleerde woningen, passief of anderszins. Bij passief bouwen geeft de PHPP-berekening een indicatie van de te verwachten overschrijding. Uitgangspunt in het ontwerp is steeds de combinatie van drie maatregelen:
  - zonwering op zonbelaste gevels; op zuid volstaat vaak een overstek, op west en oost is verticale buitenzonwering essentieel;
  - een by-pass op de warmtewisselaar van de ventilatie-unit;
  - voorziening voor zomernachtventilatie, dat wil zeggen een spui-mogelijkheid die regeninslagvrij, inbraakwerend en insectenwerend is. Op de foto's (figuur 1b en 1c) is te zien hoe dat in het project Velve-Lindenhof is geïntegreerd in het gevelontwerp.
- De brandveiligheid van passief bouwen is vorig jaar in opspraak geraakt door een Belgisch onderzoeksrapport. Geconstateerd is dat er een smeulbrand zal optreden door het gebrek aan zuurstoftoetreding; de brand dooft, maar personen lopen groot gevaar op verstikking en er is het risico op flash-over bij plotselinge toevoer van zuurstof. Deze situatie doet zich





Om de dampremmer niet te beschadigen in het gebruik, is bij Velve-Lindenhof een leidingsspouw toegepast aan de binnenzijde van de eindgevels en bouwmuren. Hierin zijn alle wandcontactdozen, schakelaars en het leidingwerk opgenomen. Op de foto zijn de dampremmer en het regelwerk van de leidingsspouw zichtbaar; het elektrawerk en de binnenbeplating ontbreken nog (foto Nieman)

Metal studproelen voor de binnenisolatie van de kap, zichtbaar zijn twee verschillende tape-typen, afhankelijk van ondergrond en te verwachten werking van de naad (foto Dura)

- niet specifiek voor bij passief bouwen, maar geldt algemeen voor nieuwbouw.
- Luchtdicht bouwen maakt een belangrijk onderdeel uit van het maatregelenpakket om de energievraag te beperken. Daarnaast draagt het in hoge mate bij aan het thermisch binnencomfort en voorkomt het inwendige condensatie die kan optreden door het grote temperatuurtraject in de schil. Goed luchtdicht bouwen vraagt om een goed detailontwerp en zorgvuldige uitvoering. Wordt gekozen voor een wand- of dakopbouw met een dampremmer (want damp-open bouwen kan natuurlijk ook), dan is het zaak deze ook in de bouw- en gebruiksfase te beschermen. Het aanbrengen van de elektrische installatie en het ophangen van een schilderijtje mag de dampremmer niet beschadigen. In het project Velve-Lindenhof is daarom gekozen voor een extra leidingsspouw aan de binnenzijde van de bouwmuren, zie figuur 3.

sor' op het werk gehaald, om duidelijk te maken dat de hoogwaardige afdichtingstapes die gebruikt werden iets heel anders zijn dan een stukje 'duct tape' (sic), zie figuur 4.

**LUCHTDICHTHEID IS CRUCIAAL**

In de praktijk blijkt het realiseren van de luchtdichtheid de grootste uitdaging voor de bouwers. Dat geldt zeker de eerste keer dat uitvoeringsstaf en vaklieden met passief bouwen te maken krijgen. Het verschil met de traditionele oplossingen is groot en de prestatie moet in de praktijk worden aangetoond met een blowerdoortest. Uit de ervaring van Nieman bij de begeleiding van verschillende projecten is gebleken dat een preventieve aanpak loont.

Wat in de praktijk altijd goed werkt is het tijdig starten met testmetingen. Laat van het eerste casco de luchtdichtheid meten zodra het wind- en waterdicht is. Bij renovatie doe je dat met de proefwoning. Correcties zijn dan nog goed mogelijk en leerpunten kunnen in de rest van het project worden meegenomen. Steeds blijkt dat een goede luchtdichtheid gelijk op gaat met een goede bouwkwali-teit in het algemeen. En goed bouwen is een belangrijke basis voor het daadwerkelijk realiseren van de duurzaamheidsambities uit de initiatieffase.

**PASSIEF BOUWEN IN DE PRAKTIJK**

Tot slot: de kosten. Vanzelfsprekend is een thermische schil met hogere isolatiewaarden en een prima luchtdichtheid duurder dan een laagwaardiger oplossing. Daarmee is niet gezegd dat het gebouw ook duurder wordt en al helemaal niet dat de exploitatiekosten hoger zijn. Een volledige onderlinge vergelijking van concepten op basis van total costs of ownership<sup>1</sup> ontbreekt vaak op projectbasis. Waar het wel is gedaan, blijkt dat investeren in de thermische schil loont. Gekoppeld aan een goed stedenbouwkundig en architectonisch ontwerp ontstaan gebouwen die zich ook in de praktijk als vanzelf laten bewonen of ruimte geven om te werken, met een goed binnenmilieu en lage energiekosten. Dat is de gedachte achter passief bouwen.

Bij het project Velve hebben alle medewerkers vooraf een workshop 'passief bouwen' aangeboden gekregen. Medewerkers zijn zich dan bewust van de specifiek oplossingen en staan minder vreemd tegenover een detaillering en werkwijze die afwijkt van wat ze gewend zijn. Aannemer DGV kreeg voor dit initiatief de 'Duurzaam Bouwen-veer' uitgereikt. In Zwolle heeft Dura Vermeer een 'tape-profes-

Passief bouwen blijkt in de praktijk goed mogelijk. Leuk is ook te merken dat het enthousiasme groeit als iemand eenmaal daadwerkelijk aan een project heeft meegewerkt. ■

<sup>1</sup> Onder TCO (total costs of ownership) wordt in het algemeen verstaan de gezamenlijke gekapitaliseerde waarde van de stichtingskosten, onderhoud, beheer en vervanging van componenten. Een gebruikelijke beoordelingsperiode is 25 jaar.

# PASSIEF BOUWEN IN DE PRAKTIJK

**Passief bouwen krijgt ook in Nederland een stevige voet aan de grond. Belangrijkste kenmerken van passief bouwen zijn de hoge isolatiewaarden en de strenge eis aan de luchtdoorlatendheid. Tussen technici is er enige discussie of de hoge isolatiewaarden die bij passief bouwen horen, een zinvolle aanpak zijn in het streven naar energieneutrale gebouwen. In dit artikel wordt ingegaan op wat passief bouwen is, wat de aandachtpunten zijn bij ontwerp en uitvoering en het gebruik van de gebouwen. Dit wordt geïllustreerd met twee recent opgeleverde projecten.**



ir. H.J.J. (Harm) Valk,  
Nieman Raadgevende  
Ingenieurs BV te  
Utrecht/Zwolle

## PASSIEF BOUWEN

Onder passief bouwen wordt een specifieke bouwstandaard verstaan waarbij nagestreefd wordt het actief toevoeren van energie in een gebouw zo veel mogelijk te beperken. Het gebouw moet door een zorgvuldig ontwerp en een goede uitvoering als vanzelf, dus passief, een comfortabel binnenklimaat hebben in zowel zomer als winter. Belangrijkste stap is het tot een minimum beperken van de warmtevraag en de koellast. De eis aan de warmtevraag is daarmee het belangrijkste criterium van passief bouwen van woningen. Bij utiliteitsgebouwen geldt dat in een zelfde mate voor de koellast. Daarom kenmerken passieve gebouwen zich door hoge niveaus van thermische isolatie: een  $R_c$  rond  $10 \text{ m}^2\text{K/W}$  is geen uitzondering en  $U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  is standaard. Daarnaast is er veel aandacht voor luchtdichtheid en voor het beperken van de lijnvormige warmteverliezen van de aansluitdetails, de  $\psi$ -waarden.

Passief bouwen is gebaseerd op van oudsher bekende fysische principes, die aan het eind van de vorige eeuw als het ware herontdekt zijn. Daaruit heeft dr. Wolfgang Feist een samenhangende rekenmethode ontwikkeld. Vervolgens heeft hij rond 1990 in Darmstadt het Passivhaus Instituut opgericht. Aanvankelijk werd passief bouwen voornamelijk toegepast in de Duits sprekende landen in Europa, in België, Frankrijk en de Scandinavische landen. Nederland hoorde niet tot de early adapters, om het eufemistisch uit te drukken. In Nederland groeide de belangstelling na een eerste project van drie nieuwbouwwoningen in Roosendaal, voor Aramis Allee Wonen en na de publicatie van het boek Passiefhuizen in Nederland van Chiel Boonstra, Ragna Clocquet en Loes Joosten in 2006. Inmiddels wordt passief bouwen in Nederland gestimuleerd door de Stichting Passief Bouwen. De stichting beoordeelt en certificeert projecten. Dat wil niet zeggen dat het principe nooit eerder is toegepast. Jon Kristinsson

heeft bijvoorbeeld in de jaren '80 al veel van deze principes toegepast in nieuwbouw en renovatie, onder meer in Schiedam.

In Nederland gebruiken we de term passief bouwen, om te benadrukken dat het om meer gaat dan woningbouw. Overigens heeft het oorspronkelijk Passivhaus en het Engelstalige Passive House dezelfde betekenis, waarin 'huis' gelezen kan worden als huisvesting. Passief bouwen is niet alleen geschikt voor nieuwbouw, maar zeker ook voor renovatie.

## EISEN EN REKENMETHODE

Voor het berekenen van de energievraag van een passief gebouw is een specifiek rekenmethode ontwikkeld; de PHPP, ofwel het Passivhaus Projektierungs-Paket, dat inmiddels in veel talen is vertaald. In Nederland wordt de PHPP-NL gebruikt, die wordt beheerd en uitgegeven door de Stichting Passief Bouwen. In de PHPP worden twee grootheden berekend: de totale energievraag voor verwarming en koeling en de totale energiebehoefte voor warm tapwater, koeling, ruimteverwarming, hulpenergie en een groot aantal apparaten. Voor beide grootheden geldt een grenswaarde om een gebouw passief te mogen noemen, zie onderstaande tabel.

Om bij renovatie de invloed van een bestaand casco in een bestaande situatie (oriëntatie) mee te wegen, ligt de toelaatbare grenswaarde voor de energievraag bij passief renoveren iets hoger dan voor nieuwbouw (zie tabel). In de praktijk is een zelfde niveau van maatregelen en aandacht nodig als bij nieuwbouw.

Er bestaat een groot aantal adviezen, hoe deze (scherpe) waarden gehaald kunnen worden. Het boek Passiefhuizen in Nederland geeft er een groot aantal, op de website passiefbouwen.nl staat veel informatie en ook anderen geven

Tabel 1: Grenswaarden energiebehoefte voor een passief gebouw

grenswaarden Passief Bouwen	energiebehoefte in kWh/m <sup>2</sup> GO	
	nieuwbouw	renovatie
energievraag voor ruimteverwarming en koeling	< 15 kWh/m <sup>2</sup>	< 25 kWh/m <sup>2</sup>
totale primaire energiebehoefte	< 120 kWh/m <sup>2</sup>	< 120 kWh/m <sup>2</sup>

richtlijnen uit. Een aantal daarvan is dermate essentieel dat het haast niet mogelijk is een gebouw te laten voldoen aan de grenswaarde, zonder deze in een plan op te nemen. In andere landen worden deze richtlijnen als 'eis' geaccepteerd, maar in de Nederlandse verhouding is het praktischer deze als 'richtlijn' te benoemen. De belangrijkste zijn:

- Ontwerp op het benutten van passieve zonne-energie en voorkom met het ontwerp ongewenste opwarming.
- $R_c > 6,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ ; in de praktijk zijn vaak hogere waarden nodig, globaal tussen 8 en  $11 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Dit is een belangrijke stap in het verlagen van de warmtevraag.
- Drievoudige beglazing in specifieke kozijnprofielen:  $U_w < 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , waarbij geadviseerd wordt glas met een  $U_g \geq 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  toe te passen om condensatie aan de buitenzijde te beperken.
- Luchtdicht bouwen conform klasse 3 met  $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ .
- Geen lineaire warmteverliezen ('wärmebrückefrei'),  $\psi < 0,01$ , op de 'Duitse' wijze geschematiseerd (van buiten naar binnen).
- Warmteterugwinning uit de ventilatielucht.
- Specifieke voorzieningen voor zomernachtventilatie.
- Zonwering waar nodig, waarbij speciale aandacht voor de oost- en westgevels van belang is.
- Verwarmingsinstallatie met geringe capaciteit; dit is een gevolg van de passieve zonne-energie, de interne warmtelast, de hoge schilisolatie en de goede luchtdichtheid.

Een goed passief gebouw is ook verder zorgvuldig uitgewerkt en is voorzien van energiezuinige gebruiksapparatuur, een zonneboilerinstallatie en een goede gebruikershandleiding.

### SNELWEG NAAR ENERGIENEUTRALITEIT

Door alle kwaliteiten van passief bouwen is de energievraag zeer laag. De aanpak is ook robuust, dat wil zeggen weinig afhankelijk van veranderende omstandigheden zoals veranderende regelgeving (denk aan de teruggave van energiebelasting of de saldering van PV), een gewijzigd gebruik of een veranderend klimaat. Daarmee onderscheidt passief bouwen zich van andere concepten van energiezuinig bouwen.

Een passief ontworpen gebouw is niet zonder meer energieneutraal. Omdat de resterende energievraag zo laag is, ligt energieneutraliteit wel binnen handbereik. Er is slechts een beperkte hoeveelheid lokale duurzame opwekking nodig. Inmiddels is dat ook in de praktijk aangetoond aan de hand van een serie projecten in Twente, op initiatief van een aantal samenwerkende Twentse woningcorporaties. Passief bouwen heeft daarmee aangetoond een praktische methode te zijn om energieneutraliteit te bereiken; de 'snelweg' naar energieneutraliteit.

### PRAKTIJKERVARINGEN

Aan de hand van twee projecten kan de praktijk van passief bouwen worden geïllustreerd. De vervangende nieuwbouw in de wijk Velve-Lindenahof in Enschede en de renovatie van de monumentale Binnengasthuizen in Zwolle.



1a

Passief woningen Velve Lindenahof voor De Woonplaats in uitvoering. Beltman architecten heeft in de vormgeving de open zuidzijde (trespa stroken) laten contrasteren met de meer gesloten west- (en niet zichtbare) noordgevel door daar baksteen toe te passen (foto Nieman)



1b

Architect Beltman heeft de gevelluiken geïntegreerd in de kozijnen. Hiermee is effectieve zomernachtventilatie mogelijk in combinatie met een extra elektrisch bedienbaar dakraam op het noordelijke dakvlak (zie foto 1c) (foto Nieman)



1c

Duidelijk zichtbaar het elektrisch bedienbaar dakraam nabij de nok en boven het trapgat; samen met de ventilatielouken in de gevel is effectieve zomernachtventilatie mogelijk (foto Nieman)

### Velve-Lindenahof te Enschede

Het project Velve-Lindenahof betreft de nieuwbouw van 83 passiefwoningen, als onderdeel van een plan van 212 houtskeletbouwwoningen. Het project maakt onderdeel uit van de totale herstructurering en upgrading van de 'krachtwijk' in het oosten van Enschede. De keuze voor houtskeletbouw is ingegeven door de ambitie van opdrachtgever De Woonplaats om ook in duurzaam mate- ▶



Passief renoveren van de monumentale 'Binnengasthuizen' in Zwolle voor Openbaar Belang. In de oorspronkelijke kozijnen heeft architect Andries Laane van VillaNova de roedeverdeling teruggebracht. Daar achter is een passief achterzetkozijn geplaatst met triple glas (foto VillaNova)



De woningen zijn waar nodig 'teruggerestaureerd' om ongewenste ingrepen uit de jaren '70/'80 ongedaan te maken. De installaties zijn zo ingepast, dat alle doorvoeren op het achterdakvlak uitkomen. Ondanks het traditionele beeld is ook bij de dakkapellen een hoge isolatiewaarde en goede luchtdichtheid gerealiseerd (foto VillaNova)



Vervangen van de begane grondvloer door een nieuwe lichtgewicht vloer; de oorspronkelijke uitbouw is gesloopt (foto Dura-Vermeer)

riaalgebruik een grote stap richting cradle-to-cradle te zetten. Architectenbureau Beltman heeft dat vertaald in het gevelbeeld, waarbij uit onderhoudsoogpunt wel gekozen is voor weerbestendige Trespa-delen (figuur 1a en 1b). Door een goede werkvoorbereiding is de uitvoering door DGV en Te Pas-bouw voorspoedig verlopen en zijn de ambities gerealiseerd. Lopende het proces zijn 5 woningen alsnog geheel energieneutraal uitgevoerd (EPC = 0), door de toevoeging van circa 15 m<sup>2</sup> PV-panelen. Deze woningen maken nu deel uit van het Twentse initiatief waar eerder op is gewezen.

### Binnengasthuizen te Zwolle

De Binnengasthuizen zijn al jaren een herkenbaar en gewaardeerd deel van de Zwolse vroeg-20<sup>e</sup>-eeuwse uitbreiding. De ligging in een parkachtige omgeving maakte de keuze voor renovatie onomstreden. Na de ingreep heeft het complex een gemeentelijke monumentenstatus gekregen, waar opdrachtgever Openbaar Belang terecht trots op is. Aanvankelijk was de uitvraag minder ambitieus (A-label). De keuze voor passief renoveren was een initiatief in de selectiefase van de combinatie Dura Vermeer, VillaNova Architecten en Nieman RI. De zorgvuldige detaillering van de gezichtsbepalende voorgevel verdraagt een groot architectonisch vakmanschap en ervaring met passief renoveren van monumentale gebouwen (figuur 2a en 2b). Tijdens de uitvoering is er alles aan gedaan de uitvoering en vaklieden actief te betrekken bij de ambities en oplossingen.

### BOUWFYSISCHE AANDACHTPUNTEN

Passief bouwen en renoveren vraagt om het inzetten van bouwfysische kennis, die verder gaat dan het foutloos invoeren van de PHPP-berekening. Enkele aandachtspunten:

- Koudebrug-vrij bouwen vraagt om inzicht in de warmtestromen door een constructie en op de invloed van bijvoorbeeld de positie van de isolatielaag, de invloed van de kozijnnege en de consequenties van doorbrekingen. Modelleren in een numeriek warmtestroommodel, zoals Trisco, helpt om de juiste keuzes te maken.
- Ventilatie-advies is meer dan de keuze voor een wtw-systeem. In feite functioneren er drie ventilatievoorzieningen in samenhang naast elkaar: het wtw-systeem voor energiezuinige basisventilatie, de te openen ramen voor spuien en extra ventilatie in het tussenseizoen en tot slot de voorzieningen voor zomernachtventilatie, om de bewoner of gebruiker in staat te stellen om passief te koelen.
- Zomercomfort, ofwel het voorkomen van opwarming, speelt altijd een rol bij goed geïsoleerde woningen, passief of anderszins. Bij passief bouwen geeft de PHPP-berekening een indicatie van de te verwachten overschrijding. Uitgangspunt in het ontwerp is steeds de combinatie van drie maatregelen:
  - zonwering op zonbelaste gevels; op zuid volstaat vaak een overstek, op west en oost is verticale buitenzonwering essentieel;
  - een by-pass op de warmtewisselaar van de ventilatie-unit;
  - voorziening voor zomernachtventilatie, dat wil zeggen een spui-mogelijkheid die regeninslagvrij, inbraakwerend en insectenwerend is. Op de foto's (figuur 1b en 1c) is te zien hoe dat in het project Velve-Lindenhof is geïntegreerd in het gevelontwerp.
- De brandveiligheid van passief bouwen is vorig jaar in opspraak geraakt door een Belgisch onderzoeksrapport. Geconstateerd is dat er een smeulbrand zal optreden door het gebrek aan zuurstoftoetreding; de brand dooft, maar personen lopen groot gevaar op verstikking en er is het risico op flash-over bij plotselinge toevoer van zuurstof. Deze situatie doet zich





Om de dampremmer niet te beschadigen in het gebruik, is bij Velve-Linden- hof een leidingspouw toegepast aan de binnenzijde van de eindgevels en bouwmuren. Hierin zijn alle wandcontactdozen, schakelaars en het leidingwerk opgenomen. Op de foto zijn de dampremmer en het regelwerk van de leidingspouw zichtbaar; het elektrawerk en de binnenbeplating ontbreken nog (foto Nieman)

Metal stud profielen voor de binnenisolatie van de kap, zichtbaar zijn twee verschillende tape-typen, afhankelijk van ondergrond en te verwachten werking van de naad (foto Dura)

niet specifiek voor bij passief bouwen, maar geldt algemeen voor nieuwbouw.

- Luchtdicht bouwen maakt een belangrijk onderdeel uit van het maatregelpakket om de energievraag te beperken. Daarnaast draagt het in hoge mate bij aan het thermisch binnencomfort en voorkomt het inwendige condensatie die kan optreden door het grote temperatuurtraject in de schil. Goed luchtdicht bouwen vraagt om een goed detailontwerp en zorgvuldige uitvoering. Wordt gekozen voor een wand- of dakopbouw met een dampremmer (want damp-open bouwen kan natuurlijk ook), dan is het zaak deze ook in de bouw- en gebruiksfase te beschermen. Het aanbrengen van de elektrische installatie en het ophangen van een schilderijtje mag de dampremmer niet beschadigen. In het project Velve-Linden- hof is daarom gekozen voor een extra leidingspouw aan de binnenzijde van de bouwmuren, zie figuur 3.

sor' op het werk gehaald, om duidelijk te maken dat de hoogwaardige afdichtingstapes die gebruikt werden iets heel anders zijn dan een stukje 'duct tape' (sic), zie figuur 4.

Wat in de praktijk altijd goed werkt is het tijdig starten met testmetingen. Laat van het eerste casco de luchtdichtheid meten zodra het wind- en waterdicht is. Bij renovatie doe je dat met de proefwoning. Correcties zijn dan nog goed mogelijk en leerpunten kunnen in de rest van het project worden meegenomen. Steeds blijkt dat een goede luchtdichtheid gelijk op gaat met een goede bouwkwali- teit in het algemeen. En goed bouwen is een belangrijke basis voor het daadwerkelijk realiseren van de duurzaamheidsambities uit de initiatieffase.

### LUCHTDICHTHEID IS CRUCIAAL

In de praktijk blijkt het realiseren van de luchtdichtheid de grootste uitdaging voor de bouwers. Dat geldt zeker de eerste keer dat uitvoeringsstaf en vaklieden met passief bouwen te maken krijgen. Het verschil met de traditionele oplossingen is groot en de prestatie moet in de praktijk worden aangetoond met een blowerdoortest. Uit de ervaring van Nieman bij de begeleiding van verschillende projecten is gebleken dat een preventieve aanpak loont.

### PASSIEF BOUWEN IN DE PRAKTIJK

Tot slot: de kosten. Vanzelfsprekend is een thermische schil met hogere isolatiewaarden en een prima luchtdichtheid duurder dan een laagwaardiger oplossing. Daarmee is niet gezegd dat het gebouw ook duurder wordt en al helemaal niet dat de exploitatiekosten hoger zijn. Een volledige onderlinge vergelijking van concepten op basis van total costs of ownership<sup>1</sup> ontbreekt vaak op projectbasis. Waar het wel is gedaan, blijkt dat investeren in de thermische schil loont. Gekoppeld aan een goed stedenbouw- kundig en architectonisch ontwerp ontstaan gebouwen die zich ook in de praktijk als vanzelf laten bewonen of ruimte geven om te werken, met een goed binnenmilieu en lage energiekosten. Dat is de gedachte achter passief bouwen.

Bij het project Velve hebben alle medewerkers vooraf een workshop 'passief bouwen' aangeboden gekregen. Mede- werkers zijn zich dan bewust van de specifiek oplossin- gen en staan minder vreemd tegenover een detaillering en werkwijze die afwijkt van wat ze gewend zijn. Aannemer DGV kreeg voor dit initiatief de 'Duurzaam Bouwen-veer' uitgereikt. In Zwolle heeft Dura Vermeer een 'tape-profes-

Passief bouwen blijkt in de praktijk goed mogelijk. Leuk is ook te merken dat het enthousiasme groeit als iemand een- maal daadwerkelijk aan een project heeft meegewerkt. ■

<sup>1</sup> Onder TCO (total costs of ownership) wordt in het algemeen ver- staan de gezamenlijke gekapitaliseerde waarde van de stichtings- kosten, onderhoud, beheer en vervanging van componenten. Een gebruikelijke beoordelingsperiode is 25 jaar.