

# Passiefhuizen: minder energie, meer comfort

B. de Boer, H. Kaan, I. Opstelten,  
M. Elswijk, C. Boonstra en L. Joosten

In de Westerse wereld gebruikt de gebouwde omgeving circa veertig procent van alle energie. Hier ligt dan ook een groot besparingspotentieel. Dit moet echter niet ten koste gaan van comfort. In Duitsland en Oostenrijk is met de bouw van meer dan vijfduizend Passivhäuser in de laatste tien jaar bewezen dat forse energiebesparing mogelijk is en dat dit uitstekend samengaat met comfortverhoging.



1. Passiefhuizen in Europa. [bron: Passivhaus Institut]

Passiefhuizen worden gekenmerkt door een zeer lage warmtevraag vanwege een zeer goede isolatie, een extreme luchtdichtheid, een hoog rendement warmteterugwinning op de balansventilatie en een effectieve benutting van passieve zonne-energie. Door deze maatregelen is geen apart warmte-afgiftesysteem (radiatoren) meer nodig en volstaat lichte naverwarming van de ventilatielucht. Naast de vermeden installatiekosten scheelt dit een factor vier in het energiegebruik voor verwarming en ten opzichte van bestaande bouw is het energiegebruik voor verwarming zelfs tien keer lager.

Nieuwbouw is voor passiefhuizen de meest voor de hand liggende optie. Maar het concept ook toepassen bij renovatie, wat in feite het grootste besparingspotentieel vertegenwoordigt, is goed mogelijk. Bovendien is het geschikt voor andersoortige gebouwen, zoals scholen en kantoren. Dit nieuwe, integrale bouwconcept vereist wel een andere insteek voor de bouw- en installatiewereld. Nieuwe bouwproducten om een hoge isolatiewaarde te realiseren en de randvoorwaarden van luchtdicht bouwen vereisen een andere en meer zorgvuldige manier van bouwen. De installaties kunnen niet achteraf worden ontworpen en aangelegd, maar moeten een integraal onderdeel zijn van een uitgebalanceerd bouwconcept.

In Nederland zijn inmiddels enkele passiefhuizen gerealiseerd, maar ten opzichte van onze oosterburen valt nog een behoorlijke inhaalslag te maken. Want als passiefhuizen in onze buurlanden een succes zijn, waarom dan niet in Nederland?

## DEFINITIE PASSIEFHUIS

De oorspronkelijke definitie van een passiefhuis luidt: 'A building in which a comfortable interior climate can be maintained without active heating and cooling systems' (Adamson 1987 and Feist 1988). Grondlegger van het passiefhuisconcept is Dr. Wolfgang Feist, oprichter van het Duitse Passivhaus Institut (zie [www.passiv.de](http://www.passiv.de)) en initiatiefnemer voor de bouw van het eerste Passivhaus in Darmstadt-Kranichstein in 1991 (afbeelding 2).

In de definitie van passiefhuizen wordt een bovengrens gesteld van 15 kWh (primaire energie) per m<sup>2</sup> woonoppervlakte per jaar voor ruimteverwarming en 120 kWh (primaire energie) per m<sup>2</sup> woonoppervlakte voor het totale energiegebruik, inclusief huishoudelijke apparaten.

In Duitsland wordt het energiegebruik voor ruimteverwarming uitgedrukt in kWh (thermisch). 1 kWh primaire energie (thermisch) komt overeen met circa 0,1 m<sup>3</sup> aardgas of circa 0,4 kWh elektrische energie. Die 15 kWh komt dus neer op circa 1,5 m<sup>3</sup> aardgasequivalent (a.e.) per m<sup>2</sup> per jaar. In deze zeer lage warmtebehoefte kan worden voorzien door de ventilatielucht slechts licht na te verwarmen. De maximaal toelaatbare temperatuur van de ventilatielucht bedraagt 50 °C waardoor de momentane warmtevraag bij een ventilatievoud van 0,4 een typische orde grootte heeft van 10 W/m<sup>2</sup>. Hieruit volgt de op jaarbasis maximaal toelaatbare warmtevraag voor ruimteverwarming van 1,5 a.e./m<sup>2</sup>a.

## AANGEPAST BEWONERSGEDRAG

Het totale energiegebruik voor verwarming, warmtapwater en huishoudelijke apparaten hoort niet hoger te zijn dan 120 kWh (primaire energie) per m<sup>2</sup> woonoppervlakte per jaar. Dit impliceert een enigszins aangepast bewonersgedrag ten aanzien van energiegebruik en veronderstelt verant-



Compacte vorm en goede isolatie ( $R_c > 7 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ )
Passief gebruik van zonne-energie door Zuidoriëntatie met zoneringsvoorzieningen.
Energie-efficiënte raambeglazing en kozijnen ( $U < 0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ en ZTA van circa 50 procent)
Gebouwschil luchtdichtheid ( $< 0,6 \cdot \text{woninginhoud per uur bij } \Delta P = 50 \text{ Pa}$ )
Hoog rendement warmteterugwinning uit afvoerlucht met lucht-lucht warmtewisselaar ( $\eta > 80\%$ ).
Passieve verwarming en koeling van verse lucht (optioneel via bijv. ondergrondse kanalen)
Warmwatervoorziening met duurzame energiebronnen als zonnecollectoren of warmtepompen.
Energie besparende huishoudelijke apparatuur.

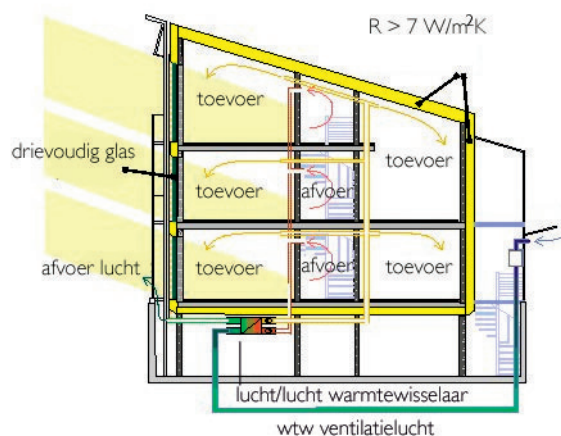
Tabel 1. Kenmerken passiefhuis ten aanzien van de Nederlandse situatie.

woord gebruik van huishoudelijke apparaten (energiezuinige apparaten, gebruik van spaarlampen, enzovoort). Dit resulteert in een totaal energiegebruik dat minder dan een kwart is van een gemiddeld-huishoudenwoning met een EPC van 1. Het passiefhuisconcept heeft zowel bouwkundig als installatietechnisch enkele belangrijke kenmerken die afwijken van de reguliere Nederlandse bouwpraktijk. De belangrijkste zaken ten aanzien van de bouwkundige en installatietechnische uitvoering zijn in tabel 1 weergegeven.

### INNOVATIEVE BOUWKUNDIGE ASPECTEN

Het meest in het oog springende verschil ten opzichte van reguliere bouw is de veel dikkere isolatielaag (ongeveer 30 cm) met een  $R_c$  van circa 7,5 tot  $10 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ . In Nederland is een  $R_c$ -waarde van 2,5 vereist en is een  $R_c$  van 3 bij nieuwbouw gebruikelijk. De constructie van de gevels bestaat veelal uit houtskeletbouw, waarbij normaliter isolatie met pleisterwerk of een houten afwerking wordt gebruikt. Hierdoor blijft de totale gevelconstructie in dikte beperkt tot zo'n 35 cm. Daarmee is ze slechts enkele centimeters dikker dan reguliere spouwconstructies met baksteen. Een buitenafwerking van metselwerk wordt doorgaans niet gerealiseerd maar is wel mogelijk. Er zijn in Duitsland producten in de handel om ook in zwaardere bouw een hoge mate van isolatie te bereiken.

Op de Duitse markt is een groot scala aan beglazingen en kozijnen beschikbaar die voldoen aan de hoge isolatiewaarden. Over het algemeen wordt in plaats van dubbel hr<sup>++</sup>-glas ( $U = 1,2$ ) tweemaal zo goed isolerend drieboudig glas

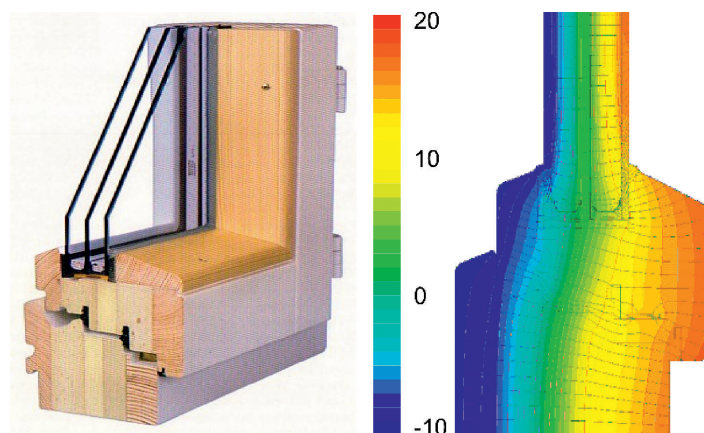


2. Het basisprincipe van het passiefhuis Darmstadt-Kranichstein, 1991. [Bron: Grundlagen der Gestaltung von Passivhausern]

( $U = 0,6$ ; ZTA > 50 procent) toegepast (afbeelding 3). De kozijnprofielen zijn in hout, aluminium en kunststof leverbaar en zijn thermisch geïsoleerd doordat ze zijn samengesteld en zijn voorzien van bijvoorbeeld een kurken of PUR-tussenlaag.

### ZONTOETREDING EN LUCHTDICHTHEID

Een goede zontoetreding voor de koude en een goede buitenzonwering voor de warme perioden is bij passiefhuizen vereist. Een automatische, zon- en temperatuurgestuurde regeling bij afwezigheid van gebruikers of bewoners stelt een aangenaam binnencomfort zeker, maar is wel duurder. Naast een goede voorlichting over verstandig gebruik van



3. Extreem isolerend raamkozijn met drieboudig glas (links) en thermografie (rechts).



de woning is het ook aan te raden bij het gebouwontwerp adequate bouwkundige maatregelen te treffen. Bijvoorbeeld in de vorm van overstekken en terugliggende kozijnen.

Slechte aansluitingen, kieren en luchtlekken in de gebouwschil zijn bij reguliere bouw meer regel dan uitzondering. De mate van luchtdichtheid beïnvloedt de energieprestatie enorm. In vergelijking met standaardnieuwbouwwoningen is de voor passiefhuizen vereiste maximale infiltratievoud van 0,6/h bij een drukverschil van 50 Pa zeer laag te noemen. Ter illustratie: de Novem-referentiewoning (260 m<sup>3</sup> en 70 dm<sup>3</sup>/s) heeft een infiltratievoud van circa 1,0/h bij 10 Pa. Omgerekend naar het infiltratievoud bij een drukverschil van 50 Pa komt dat neer op circa 2,5/h. Dit is circa vier keer zo 'lek' als de bij passiefhuizen maximaal toegestane waarde van 0,6/h.

Balansventilatie en warmteterugwinning zorgen voor een gecontroleerde en goed beheersbare verversing van de binnenlucht. Goed dimensioneren en locatie van de aan- en afvoeropeningen en ook de periodieke vervanging van filters zijn hierbij aandachtspunten.

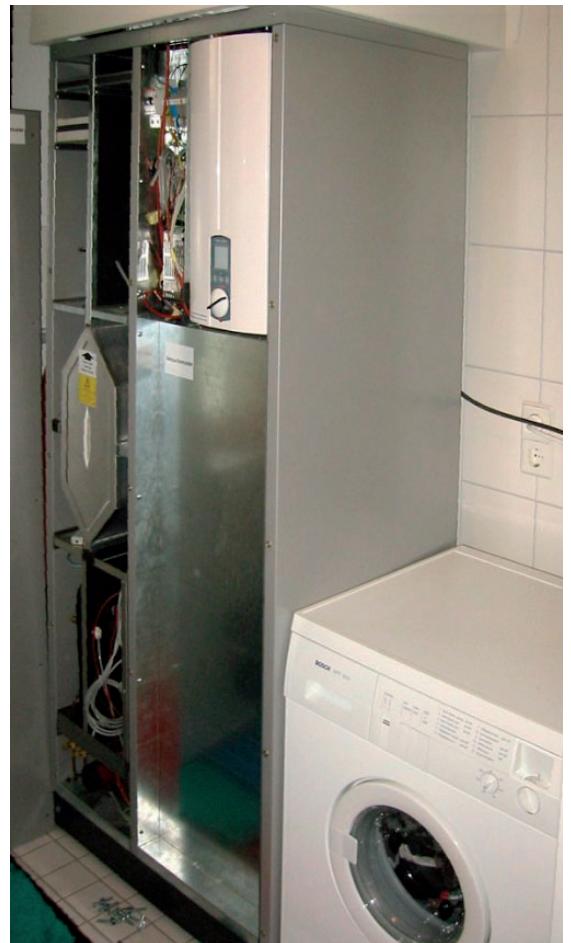
### INNOVATIEVE INSTALLATIETECHNIEK

Het installatieconcept van passiefhuizen heeft als motto 'wonen zonder verwarming'. Een installatie om warmtapwater te bereiden blijft nog wel benodigd. Bij het in Duitse passiefhuizen veel toegepaste installatieconcept (afbeelding 4) wordt aanvoerlucht via een bodemwarmtewisselaar naar de wtw-unit geleid. Door de constante temperatuur in de bodem van ongeveer 10 °C wordt de lucht in de winter opgewarmd ten opzichte van de buitentemperatuur en in de zomer gekoeld. In de winter voorkomt dit bevriezen van de wtw-unit, in de zomer wordt de lucht aangewend als koeling. De toegevoerde ventilatie/verwarmingslucht wordt 's winters naverwarmd tot de gewenste temperatuur. De restwarmte uit de afvoerlucht wordt, voordat de lucht naar buiten wordt afgevoerd, aangewend als warmtebron voor een warmtepomp.

De verschillende installatiecomponenten voor ventilatie, warm tapwater en verwarming kunnen alle worden ondergebracht in een compacte unit. In Duitsland zijn hiervoor momenteel acht systemen op de markt.

### NEDERLANDSE VARIANT

Omdat in Nederland woningen veelal op het gasnet zijn aangesloten is als resultaat van de studie 'De optimale PZE-woning (passieve zonne-energie)' een installatievariant geschetst, die is gebaseerd op de conventionele HR-ketel. Het systeem bestaat uit een HR-ketel in combinatie met een



4. Verwarming, warm tapwater en ventilatie in één systeem (AEREX-compact systeem). [bron: Passivhaus Institut]

luchtverwarmingsunit (verwarming van de ventilatielucht), een zonnecollector met buffervat, een warmtewisselaar op het douchewater en een HR-warmteterugwinunit op de ventilatielucht (afbeelding 5). Verdere ontwikkeling en optimalisering van de ketel in verband met de lage warmtevraag is wellicht mogelijk. Naast deze variant zijn er nog verschillende concepten te bedenken. In het ECN-rapport 'Installatieconcepten voor PZE-woningen' worden de verschillende opties met elkaar vergeleken.

Belangrijke voordelen van dit passiefhuis HR-concept zijn de besparingen op radiatoren en/of vloerverwarming, de lagere kosten ten opzicht van warmtepompen en de relatieve eenvoud en bekendheid met het systeem.

### WINTER- EN ZOMERCOMFORT

Passiefhuizen verwarmen zichzelf nagenoeg geheel 'passief' door de interne warmte van apparaten en bewoners en door zonne-energie. De bij zeer koude winterdagen benodigde lichte naverwarming van ventilatielucht blijkt ook in de praktijk goed te voldoen. Door de goed geïsoleerde, luchtdichte gebouwschil wordt een gelijkmatige temperatuurverdeling bereikt en is het ook dicht bij de ramen comfortabel zonder tocht en koudestraling.

Door onder meer een goede (buiten)zonwering, (zomer-nacht) ventilatie, beperking van interne warmteproductie en koeling van lucht via een bodemwarmtewisselaar heeft de



woning ook 's zomers een aangename binnentemperatuur (afbeelding 6) en ontstaat een zeer energiezuinige woning met een hoge mate van comfort het hele jaar door.

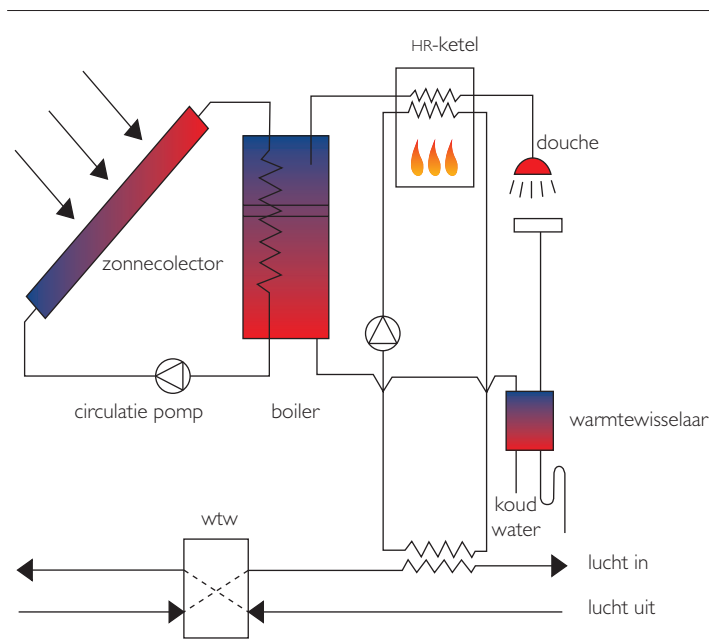
Aan de ene kant zijn de investeringen in de bouwkundige componenten van een passiefhuis wat hoger dan gebruikelijk (meer isolatie, hoge kwaliteit kozijnen, ramen, deuren en glas, zeer goede kierdichtheid). Aan de andere kant kan weer op het verwarmings(afgifte)systeem worden bespaard. In afbeelding 6 is dit gevisualiseerd met de dip in de totale kosten. De hogere kapitaallasten worden, afhankelijk van de toekomstige energieprijzen, geheel of gedeeltelijk gecompenseerd door de lagere energierekening. Bovendien wordt de extra investering gerechtvaardigd door de hoge mate van comfort die de woning biedt. Voorbeelden uit het buitenland laten zien dat de meerkosten liggen in de orde grootte van 10 procent.

### PASSIEFHUIS EN EPC

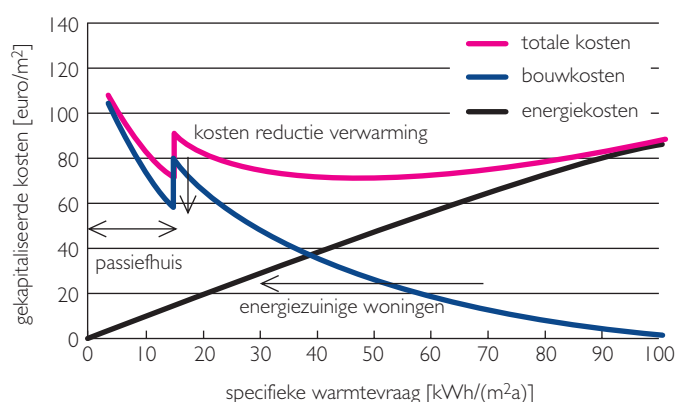
Hoewel passiefhuismaatregelen zich primair richten op verlaging van de ruimteverwarmingsvraag worden ook richtlijnen voor het maximale totale energiegebruik (inclusief huishoudelijke apparaten) gegeven. Omdat dit in de EPC-berekeningen niet wordt meegenomen, net als de mogelijkheid van energiezuinige verlichting, is een vertaling van passiefhuismaatregelen naar een EPC-berekening niet volledig mogelijk. Om toch een beeld te geven is de referentiewoning (EPC = 1) van Novem als referentie genomen. Bij de uitvoering van het standaardpakket van maatregelen  $R_c = 7,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ , warmteterugwinning, drievoudig glas, en minder energie voor ventilatoren en hulpenergie volgt daalt de EPC naar 0,7. De EPC wordt nog verder omlaag gebracht door de vraag naar verwarming van tapwater te reduceren: wanneer  $6 \text{ m}^2$  zonnecollectoren wordt ingezet daalt de EPC met  $9,5 \text{ GJ}$  verder naar circa 0,5. Deze laatste reductie is overigens eveneens mogelijk bij de referentiesituatie. Een nog verdere dekking van de energievraag met energieopwekkers, zoals PV-cellen of micro-WKK, kan de EPC nog verder omlaag brengen.

### ONTWIKKELINGEN IN EUROPA

In de afgelopen tien jaar zijn al meer dan vierduizend passiefhuizen in Duitsland en meer dan 1.200 in Oostenrijk gerealiseerd. Het aantal passiefhuizen in Duitsland en Oostenrijk, maar ook in België, Noord-Italië en Scandinavië, neemt elk jaar toe met tientallen procenten. De bouwwijze en bouwkundige details zijn goed uitontwikkeld en via het Passivhaus Instituut te Darmstadt zijn rekenpakketten en informatie te verkrijgen. Momenteel zijn er diverse bouwproducten en bouwsystemen, zoals isolatiesystemen, warmtepom-



5. Nederlandse variant op de installatie voor passiefhuizen: op basis van een hr-ketel. [bron: ECN]



6. Relatie tussen gekapitaliseerde bouw- en energiekosten en de energievraag voor ruimteverwarming in de Duitse situatie. [bron: Passivhaus Instituut]

pen, warmtewisselaars, kozijnen, superisolerende beglazing en innovatieve afdichtingsmiddelen op de markt, speciaal ontwikkeld voor passiefhuizen. Na succesvolle toepassingen in de private sector, sociale woningbouw en appartementsbouw wordt in deze landen de passiefhuistechniek nu ook toegepast in scholen, ziekenhuizen en kantoren. Het Europese project Cepheus (acroniem voor cost efficient passive houses as European standards), dat gericht was op promotie van passiefhuizen door middel van realisatie in



---

## Nederland passief?

De eerste passiefhuisprojecten in Nederland zijn inmiddels gerealiseerd. Architect Erik Franke was de initiator voor projecten in Sliedrecht en in Dalem. In Groenlo en Vijfhuizen zijn inmiddels nieuwe projecten in ontwikkeling.

Technisch gezien (bouwkundig en installatietechnisch) zijn er geen belemmeringen om passiefhuizen in Nederland te realiseren. Om beter aan te sluiten bij de Nederlandse bouwtraditie en gebruiken kunnen er wel specifieke oplossingen worden toegepast, zoals een bakstenen buitengevel in plaats van buitengevelisolatie of hout. Een installatie met gebruik van een hr-ketel in plaats van een 'all-electric'-variant met warmtepomp zal eveneens beter aansluiten bij de nu gebruikelijke bouwmethode.

Het is niet realistisch om gebouwontwerpen, bouwmethoden en installaties zoals die in een grote diversiteit elders in Europa worden toegepast, zonder modificaties toe te passen in de Nederlandse bouwpraktijk. Anderzijds zijn de verschillen niet onoverkomelijk en is er geen reden waarom wat in omringende landen wel kan ten aanzien van passiefhuizen, in Nederland niet zou kunnen.

De passiefhuisbenadering waarbij het ontwerpproces primair gericht is op een zo groot mogelijke beperking van de energievraag teneinde de invulling van de energievraag zo duurzaam en efficiënt mogelijk in te kunnen vullen, zou ook in Nederland kunnen worden opgepakt. Hierbij moet bedacht worden dat energiebesparing door bouwkundige kwaliteit de gehele bestaansduur van het gebouw betreft, terwijl installaties een kortere levensduur hebben.

Het concept vraagt wel een andere insteek van de installateur en van de aannemer en architect. De installatieadviseur moet vanaf het begin betrokken zijn bij het ontwerpproces, en ook tijdens de realisatie in beeld blijven voor uitvoerings- en kwaliteitscontrole. De installatiefabrikanten hebben de kans in te spelen op de ontwikkeling van nieuwe producten en systemen specifiek voor passiefhuizen in Nederland. Het verkoopargument is daarbij misschien niet in de eerste plaats de forse reductie van energiegebruik, alhoewel dit bij stijgende energieprijzen wel steeds lucratiever wordt, maar vooral een comfortabele woning het hele jaar door met een gegarandeerde, goede binnenluchtkwaliteit. Dat dit geen loze verkoopkretten zijn, is in andere Europese landen al overtuigend bewezen. Nu Nederland nog...

---

de deelnemende landen Duitsland, Oostenrijk, Zweden, Zwitserland en Frankrijk, heeft in de vorm van het EU-project PEP (promotion of European passive houses) een vervolg gekregen.

Het PEP-project, dat loopt van 2005 tot en met 2007, waarvan vanuit Nederland ECN en DHV deelnemen, heeft als doel passiefhuizen in zowel Nederland als andere Europese landen te promoten. Een Passiefhuis Platform Nederland is momenteel in voorbereiding. De taken omvatten promotie, voorlichting en kennisoverdracht en de mogelijke certificering van passiefhuizen in Nederland.

### Literatuur

- [1] Feist, Wolfgang, e.a., *Arbeitskreis kostengünstiger Passivhauser - Phase II, Darmstadt 2004.*
- [2] Feist, Wolfgang, *Grundlagen der Gestaltung von Passivhäusern, Darmstadt 1996.*
- [3] Graf, A., 'Das Passivhaus-wohnen ohne heizung', Fotoliti Longo, Bozen, 2000, ISBN 3-7667-1372-8.
- [4] Boer, B.J. de, e.a. *Optimale PZE-woning, ECN-rapport ECN-C-03-002, 2003.*
- [5] Koene, F.G.H., e.a., *Verwarmingsconcepten PZE-woning. Weinig Joules met weinig installatie, ECN-C-0-097, 2000.*

### Referenties:

[www.passiv.de](http://www.passiv.de)

[www.passiefhuisplatform.be](http://www.passiefhuisplatform.be)

[www.cepheus.de](http://www.cepheus.de)

[www.ecn.nl](http://www.ecn.nl)

[www.dhv.nl](http://www.dhv.nl)

### Auteurs:

B. de Boer, H. Kaan, I. Opstelten, M. Elswijk, Energieonderzoek Centrum Nederland.

C. Boonstra, L. Joosten, DHV Bouw en Industrie