



Energy research Centre of the Netherlands

Waardering van passiefhuizen volgens EPN en PHPP

Bart de Boer

Daan Jansen

Chiel Boonstra

¹*DHV*

²*Trecodome*

Gepresenteerd bij "IBPSA-NVL 2010 Event, 14 oktober 2010, Eindhoven

WAARDERING VAN PASSIEFHUIZEN VOLGENS EPN EN PHPP

Bart de Boer¹, Daan Jansen², Chiel Boonstra³

¹ Energieonderzoek Centrum Nederland, (b.deboer@ecn.nl)

² DHV, (daan.jansen@dhv.nl)

³ Trecodome, Chiel Boonstra (chiel.boonstra@trecodome.com)

SAMENVATTING

Passiefhuizen zijn woningen met een minimaal energiegebruik voor ruimteverwarming. De lage warmtevraag wordt bereikt door extreem goede isolatie gecombineerd met uitzonderlijk lage infiltratieverliezen en warmteterugwinning uit ventilatielucht. De woning verwarmt zich grotendeels 'passief' en heeft geen radiatoren nodig wat de extra kosten voor verbeterde gebouwschil verantwoordt.

In deze studie is onderzocht hoe de energieprestatie van passiefhuizen in de Energie Prestatie Normering EPN [1] wordt gewaardeerd en hoe dit zich verhoudt tot de berekeningen in het voor passiefhuizen geëigende, in de Duitse praktijk gevalideerde, programma PassivHaus Projektierungs Paket (PHPP) [2].

Voor verschillende woningtypes (de SenterNovem referentie rijwoning, vrijstaande woning en appartementencomplex) met een EPC=0,8 is zowel in PHPP als in EPN onderzocht wat het effect is van het toepassen van passiefhuismaatregelen zoals o.a. verbeterde isolatie, lagere infiltratie, en balansventilatie. Uit het rapport [3] van deze vergelijkende studie blijkt, dat de verbeterde energieprestatie voor passiefhuismaatregelen volgens de EPN-berekeningen 16-35% bedraagt terwijl dit volgens de PHPP berekeningen circa 42-48% van het totale energiegebruik bedraagt.

De lagere waardering voor passiefhuismaatregelen in de EPN, in vergelijking tot het gevalideerde PHPP rekenprogramma, heeft vooral zijn oorzaak in de verschillen in:

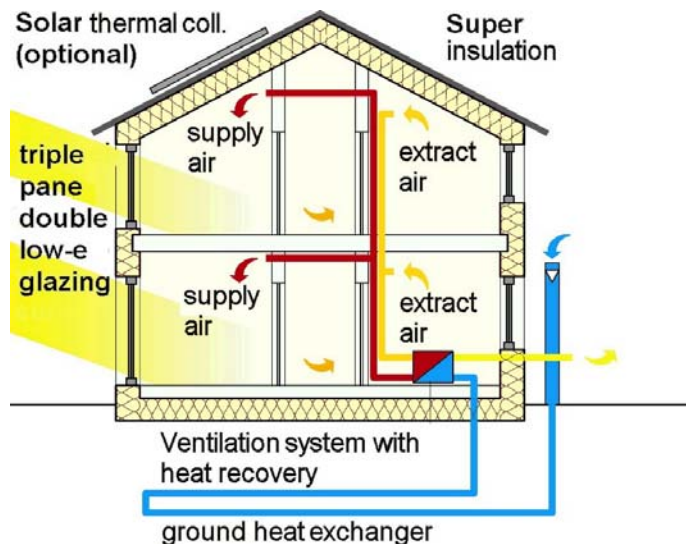
- aannname van de interne warmtelast ($6,0 \text{ W/m}^2$ in EPN versus $2,1 \text{ W/m}^2$ standaardaannname bij PHPP);
- aannname voor de binnentemperatuur ($T_i = 18 \text{ °C}$ bij EPN of 20 °C in PHPP);
- waardering van verbeterde isolatiewaarde (lager in EPN);
- waardering van verbeterde luchtdichtheid (begrenzing voor zeer lage infiltratie in EPN);
- waardering van reductie in hulpenergie installatietechnische maatregelen voor verwarming (lager in EPN).

Met name de relatief hoge interne warmtelast in de EPN zorgt voor een beduidend lagere warmtevraag bij zowel de referentiewoning (EPC=0,8) als bij de passiefhuis variant. Dit zorgt ervoor dat maatregelen gericht op reductie van de warmtevraag in de EPN überhaupt maar weinig effect kunnen hebben. De EPN kent verder meer vaste instellingen dan PHPP voor o.a. luchtlekken en pompenergie.

De bevindingen van deze studie zijn ingebracht bij de EPG-commissie. De genoemde knelpunten tussen EPN en PHPP zoals interne warmtelast, te hanteren binnentemperatuur en waardering verbeterde luchtdichtheid zijn, mede aan de hand van de adviezen uit het rapport, aangepast in de nieuwe EPG-versie die per 1 januari 2011 van kracht zal worden. De verwachting is dat energiebesparende maatregelen in de nieuwe EPG norm (NEN 7120) in vergelijking met de NEN 5128 beter gewaardeerd zullen worden.

INLEIDING

Passiefhuizen zijn woningen met een bijzonder laag energiegebruik voor ruimteverwarming (minder dan 15 kWh/m^2) en een zeer laag totaal energiegebruik (minder dan 120 kWh/m^2 inclusief gebruikersenergie). De woningen hebben een extreem goed isolerende en luchtdichte schil en zijn in de regel uitgerust met een balansventilatiesysteem met warmteterugwinning dat voor een goede ventilatie van de vertrekken zorgt en de warmteverliezen door ventilatie minimaliseert. Een passiefhuis wordt voor het overgrote deel verwarmd door passieve zonbenutting en door de interne warmteontwikkeling door personen, verlichting, installaties en huishoudelijke apparaten. De resterende warmtevraag is zo laag geworden, dat voor het bereiken van een comfortabel en gezond binnenklimaat kan worden volstaan met een beperkt verwarmingsvermogen dat geleverd kan worden via de ventilatielucht.



Figuur 1 Schets van een passiefhuis [www.passiv.de]

Het bouwen van passiefhuizen en het renoveren met passiefhuistechnieken krijgen meer en meer ingang in Europa. De Europese Commissie heeft in haar 'Action Plan for Energy Efficiency' aangekondigd dat passiefbouwen in 2015 de standaard zou moeten zijn voor nieuwbouw in Europa. Ook voor de doelstelling om, ten opzichte van 1990, 20% energie te besparen in 2020 kan het passiefhuisconcept voor nieuwbouw en bij renovatie een belangrijke bijdrage leveren. Voor het uitvoeren van dit Europese beleid is het van groot belang dat rekenpakketten voor de energieprestatie van gebouwen op een juiste manier de effecten van passiefhuis maatregelen kunnen bepalen. Ieder land heeft zijn eigen methodiek om te bepalen wat de energieprestatie van een gebouw is. Ondanks de harmonisering binnen de EU bij de invoering van de Energy Performance Building Directive (EPBD) zullen er voorlopig verschillen blijven in de beoordeling van de energieprestatie. Soms lijken de gebruikte rekenmethoden op elkaar, maar veelal verschillen zij enorm. Voor het voeren Nederlands beleid ten aanzien van verbetering van de energieprestatie is het van groot belang dat de (momenteel geldende) EPN rekenmethodiek de energiebesparing die met passiefhuisconcepten behaald kan worden op een adequate wijze waardeert. Men is immers niet geholpen met een berekeningsmethodiek van het energiegebruik die in de praktijk een stuk lager of hoger uit zal vallen, noch met methodieken die bepaalde energiebesparende maatregelen onvolledig waarderen.

Bij het ontwerpen van een passiefhuis wordt doorgaans gebruik gemaakt van het door het Passivhaus Institut (PHI, Duitsland) ontwikkelde rekenpakket PHPP (PassivHaus Projectierungs Paket). Dit rekenpakket wordt gebruikt in aanvulling op de in ieder land verplichte methodieken voor de bepaling van de energieprestatie, die wordt vereist in nationale regelgeving. De internationale eis die aan passiefhuizen wordt gesteld is ook gedefinieerd in uitkomsten volgens de PHPP methodiek. In Nederland wordt voor toetsing aan bouwregelgeving de EPN-methodiek gehanteerd, die veelal van vaste normatieve waarden en correctiefactoren uitgaat. Het programma PHPP is daarentegen uitsluitend op fysische parameters gebaseerd en kent meer flexibiliteit in de invoer.

De eis die aan een passiefhuis wordt gesteld is dat de netto warmtevraag voor ruimteverwarming niet groter mag zijn dan 15 kWh (thermisch) per m² per jaar, berekend volgens PHPP, en dat de totale primaire energievraag voor het totale energiegebruik, inclusief huishoudelijk energiegebruik, in een woning niet meer mag zijn dan 120 kWh/m². De eis aan een passiefhuis is daarmee eigenlijk een tweetrapsraket die zowel het gebouwgebonden als het gebruikersenergiegebruik betreft. Bij de toetsing aan de EPN wordt uitsluitend het gebouwgebonden energiegebruik beschouwd.

Verkennde berekeningen en een eerdere studie [4] geven aan dat het passiefhuisconcept, uitgedrukt in een EPC waarde, niet de waardering in energiebesparing krijgt die het volgens het programma PHPP wel zou moeten krijgen. Omdat het programma PHPP een beproefd rekenprogramma is, met validatie op meer dan 300 gerealiseerde woongebouwen (passiefhuizen) [5], bestaat de indruk dat met de EPN methodiek de verbetering van de energetische prestaties van zeer energiezuinige passiefhuizen wordt ondergewaardeerd. Deze studie laat zien hoe de energieprestatie van passiefhuizen in de EPN wordt gewaardeerd en hoe dit zich verhoudt tot berekeningen in PHPP.

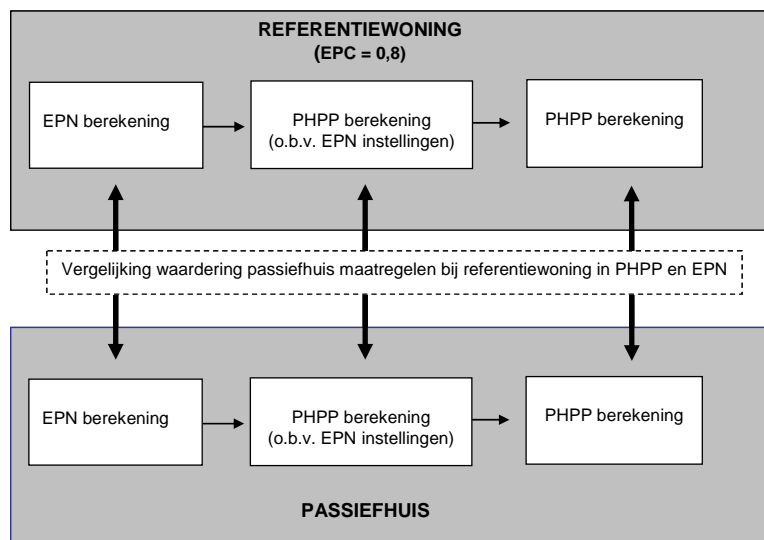
AANPAK

Door ECN, DHV en Trecodome is, in opdracht van SenterNovem, gezamenlijk onderzoek verricht naar de waardering van passiefhuizen volgens EPN en PHPP. Voor verschillende referentiewoningen van SenterNovem (rijwoning, vrijstaande woning en appartementencomplex) zijn zowel met EPN als met PHPP de energiebehoefes van deze woningen (met een EPC=0,8) bepaald. Hierbij is onderzocht wat de effecten zijn van het toepassen van verschillende maatregelen, om van de referentiewoningen passiefhuizen te maken. De maatregelen bestaan onder andere uit verbeterde isolatie R_c van 3,0 naar 7,0 m^2K/W , $U_w = 0,8$ i.p.v. 1,8 W/m^2K , lagere toelatabare infiltratie ($q_v; 10; kar$ van 0,625 naar 0,142) en toepassing van balansventilatie met warmteterugwinning.

Om de effecten van de passiefhuis maatregelen te onderzoeken zijn de woningen gemodelleerd met behulp van de EPN (EPW v2.1) en het Passive House Planning Package (PHPP 2007 EN). De berekeningmethoden verschillen doordat:

- De onderliggende rekenkern verschilt. De EPN is een eenvoudig te gebruiken rekenmethode waarbij de een beperkt aantal invoerparameters ingegeven moet worden. PHPP is een uitgebreidere rekenmethode waarbij meer invoerparameters vereist zijn.
- De standaard uitgangspunten in de rekenmethoden verschillen. In de EPN zijn standaardwaarden aangenomen als representatieve waarden voor een Nederlandse woning. PHPP is in Duitsland ontwikkeld en speciaal afgestemd op energiezuinige woningen. Deze verschillende achtergronden zorgen voor afwijkende uitgangspunten, zoals bijvoorbeeld de in rekening te brengen interne warmtelast. Uiteraard wordt bij de vergelijking wel van dezelfde meteogegevens uitgegaan.
- De invoerparameters verschillen. De woningen moeten op verschillende wijzen worden gemodelleerd. Bij de EPN wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van de binnenafmetingen, terwijl bij PHPP de buitenafmetingen worden gebruikt.

De verschillen tussen beide rekenmethoden zijn onderzocht door rekenmodellen te vergelijken van de referentietussenwoning (volgens eisen van het Bouwbesluit $EPC \leq 0,8$) met hetzelfde type referentiewoning maar dan uitgevoerd als passiefhuis. Daarnaast is de invloed van de verschillende uitgangspunten in de beide rekenmethoden onderzocht door modellering van de woningen in PHPP op basis van de uitgangspunten van de EPN en volgens PHPP. Ten slotte is met behulp van de referentie tussenwoning ook de waardering van de separate passiefhuismaatregelen onderzocht. In figuur 2 is de samenhang tussen de verschillende rekenmodellen weergegeven.

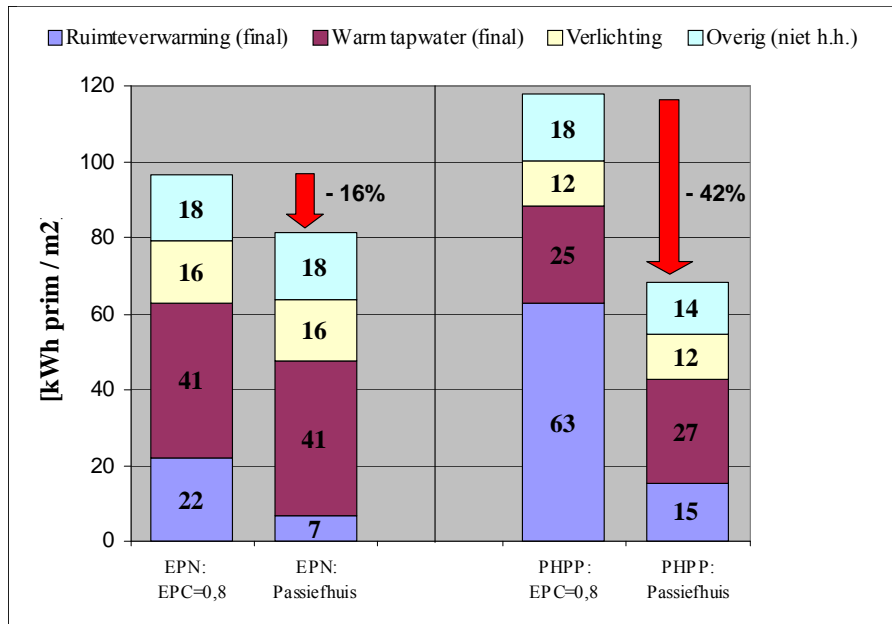


Figuur 2: Opzet van het onderzoek

ENERGIEPRESTATIE VOLGENS EPN VERSUS PHPP

Onderstaand worden de resultaten van de berekeningen voor de waardering van passiefhuismaatregelen van de referentiewoningen volgens de rekenprogramma's EPW en PHPP weergegeven. De resultaten geven het

primaire energiegebruik voor ruimteverwarming, warm tapwater, verlichting en overig gebouwgebonden (niet huishoudelijk) energiegebruik uitgedrukt in kWh primaire energie per m² woonoppervlak.



Figuur 3: Waardering van passiefhuismaatregelen volgens de rekenprogramma's voor EPN (l) en PHPP(r)

In figuur 3 is het verschil tussen PHPP en EPN in de waardering van passiefhuismaatregelen bij de referentiewoning (EPC=0,8) duidelijk te zien. Links de waardering volgens EPN (afname van 16%) en rechts het verschil in waardering volgens PHPP (afname van 42%). De verschillen in berekening voor de energieposten worden hieronder toegelicht:

1) Ruimteverwarming

Het energiegebruik voor ruimteverwarming volgens EPN is bij de referentiesituatie (EPC=0,8 variant) bijna een factor drie lager dan bij de referentiesituatie berekend volgens PHPP (22 kWh versus 63 kWh/m²). De procentuele besparing op de ruimteverwarming bij verandering naar passiefhuis is weliswaar bij EPN en PHPP ongeveer even groot (70% respectievelijk 76% afname) maar in absolute termen is er een groot verschil: 15 kWh/m² besparing volgens EPN versus 48 kWh/m² besparing bij de PHPP berekening en een resulterend energiegebruik van respectievelijk 7 kWh/m² versus 15 kWh/m².

Door deze grote verschillen in warmtevraag bij de referentiesituatie (EPC=0,8 woning) valt er volgens de EPN berekening veel minder winst te behalen met passiefhuismaatregelen dan volgens de PHPP berekening. De verschillen in energiegebruik voor ruimteverwarming bij de referentiesituatie worden voor een belangrijk deel veroorzaakt door de verschillen in standaard instellingen. Zo gaat de EPN uit van een beduidend hogere interne warmtelast dan PHPP (6,0 W/m² tegen respectievelijk 2,1 W/m²). Bij EPN is dit een standaardwaarde die niet veranderd kan worden. Bij de PHPP kan voor de interne warmtelast de specifieke (ontwerp)situatie worden ingevoerd danwel kan gekozen worden om de standaard waarde van 2,1 W/m² te kiezen. Het effectieve deel van de benutbare warmte wordt in beide berekeningen fundamenteel verschillend bepaald. Bij de EPN is de benuttingsgraad aanzienlijk lager dan bij de PHPP rekenmethodiek. Daarnaast ligt de standaard binnentemperatuur beduidend lager bij EPN (18 °C) dan bij de PHPP-berekening (20 °C). In het volgende hoofdstuk worden deze effecten in detail toegelicht.

2) Warm tapwater

De warm tapwatervraag is volgens EPN bij de referentiesituatie (EPC=0,8 variant) veel hoger dan bij de referentiesituatie berekend volgens PHPP (41 kWh/m² versus 25 kWh/m²). De oorzaak van dit verschil ligt in de standaardinstelling van het warm tapwatergebruik in PHPP en de EPN. In PHPP is het standaard warm watergebruik 25 liter per persoon per dag. Het energiegebruik voor tapwater wordt in de EPC berekening aan de hand van het vloeroppervlak bepaald. In de referentiesituatie komt dit energiegebruik overeen met circa 37 liter per persoon per dag volgens de PHPP calculatie.

Bij de EPN berekening treedt er geen verschil op in het energiegebruik voor warm tapwater wanneer de referentie naar passiefhuishuisniveau gaat. In PHPP neemt de tapwatervraag licht toe (25 naar 27 kWh/m²). De

oorzaak van de lichte toename in PHPP moet gezocht worden in het lagere rendement van de HR ketel voor tapwaterbereiding. Vanwege de lagere benodigde hoeveelheid warm water voor ruimteverwarming daalt ook het rendement van de ketel voor tapwater. Hoewel het energiegebruik voor warm tapwater geen directe passiefhuismaatregel is, is het wel gewenst om een zo realistisch mogelijke inschatting te hebben van het energiegebruik en de te behalen besparing voor warm tapwater in de EPN en in PHPP.

3) Verlichting

Het energiegebruik voor verlichting bij de EPN berekening bedraagt 760 kWh (elektriciteit) per jaar voor deze woning. In PHPP is voor de verlichting geen vaste waarde gegeven, er dient te worden gespecificeerd hoeveel lampen aanwezig zijn. Er wordt wel uitgegaan van een standaard percentage spaarlampen. Om een zo realistisch mogelijke inschatting van de verlichting te hebben is om deze reden gekozen voor een elektriciteitsverbruik van 559 kWh/jaar voor verlichting volgens BEK 2000. Het verbruik volgens BEK 2000 is aangenomen voor de PHPP berekeningen omdat dit realistischer wordt geacht dan de 760 kWh die de EPN hanteert. Zowel in PHPP als in EPN wordt de warmteafgifte van verlichting die ten goede komt aan de interne warmtelast als separate waarde meegerekend.

4) Overig gebouwgebonden

Het overig gebouwgebonden energiegebruik (voor de ventilatoren, pompen, e.d.) is voor de referentiesituatie bij EPN 18 kWh/m²/jr. In de PHPP berekening dient het vermogen van de apparaten te worden ingevoerd. Er is daarom hierbij gekozen om het elektriciteitsgebruik in de referentiesituatie bij PHPP gelijk te houden aan dat van de EPC berekening. Van de referentiesituatie naar passiefhuis is er bij EPN echter geen verschil terwijl bij PHPP het overig gebouwgebonden energiegebruik beduidend lager wordt (van 18 naar 13 kWh/m²).

De verlaging is bij PHPP te danken aan de verlaagde warmtevraag waardoor er minder energie voor pompen e.d. benodigd is. Het lijkt niet correct dat deze besparing in de EPC berekening achterwege blijft. Het energiegebruik voor de ventilatoren blijft gelijk omdat zowel in de referentiesituatie als bij de passiefhuisvariant balansventilatie wordt toegepast.

5) Totaal

In de EPN berekening resulteren de passiefhuismaatregelen in een afname van 16% van het totaal. Dit betekent een EPC verlaging met 0,12 EPC punt van 0,74 naar circa 0,62. Bij de PHPP berekening is het aandeel van ruimteverwarming in het totale energiegebruik in de referentiesituatie aanmerkelijk hoger ($63/118 = 53\%$) dan in de EPN berekening ($22/97 = 23\%$) waardoor er veel meer bespaard kan worden. De totale besparing van passiefhuismaatregelen is volgens PHPP met 42% aanmerkelijk groter dan de 16% van de EPN berekening. Ook in absolute zin is de besparing volgens PHPP met 50 kWh/m² veel groter dan de 16 kWh/m² besparing volgens de EPN berekening. Dit is een groot verschil in waardering en vraagt om nadere analyse van de invloed van verschillende invoervariabelen.

ENERGIEPRESTATIE IN PHPP BIJ GEBRUIK STANDAARD EPN-INSTELLINGEN

Invloed van verschil in gestandaardiseerde invoer

Om te achterhalen of het verschil in waardering tussen EPN en PHPP veroorzaakt wordt door de rekenmethodiek 'achter de schermen' of door verschillen in de (vaste of automatische) standaard instellingen van EPN en PHPP is de variant onderzocht waarbij de instellingen van EPN overgenomen zijn in het PHPP model. Hiermee wordt de invoer zo gelijk mogelijk gehouden en zijn de verschillen zo veel mogelijk aan de rekenmethodiek van de programma's zelf toe te schrijven. Deze variant wordt in onderstaande paragraaf toegelicht.

Het PHPP rekenpakket gaat uit van 'default' instellingen die aangepast kunnen worden aan de specifieke gebouwomstandigheden. Bij de EPN berekening is een aantal instellingen 'vast' of worden automatisch bepaald aan de hand van de ingevoerde m² woonoppervlak. Hierdoor is het niet mogelijk om volledig identieke input te geven aan het PHPP rekenprogramma en de EPC berekening. Als uitgangspunt bij de vergelijking is ervoor gekozen om in eerste instantie zo veel mogelijk de standaardinstellingen van de programma's aan te houden. Op deze wijze wordt verondersteld het meeste recht te doen aan het rekenprogramma's. Het is echter niet duidelijk of de verschillen te wijten zijn aan de achterliggende rekenmethodiek of alleen aan de verschillen in (vaste) invoer en/of default settings. Hierbij is de vraag wat de uitkomsten zouden zijn bij volledig gelijke input, ook voor de vaste instellingen en 'default settings'. Omdat de EPN-berekening beperkingen heeft in de invoer en omdat in de PHPP-berekening daarentegen bijna alles volgens de projectgegevens ingevuld kan worden, is

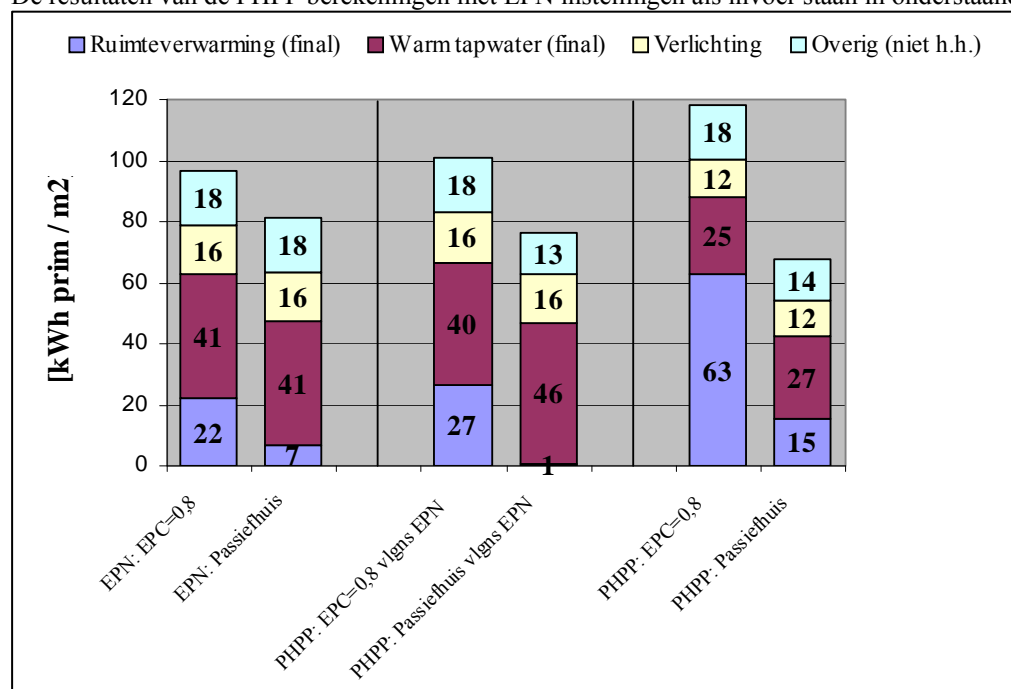
ervoor gekozen om een PHPP-berekening uit te voeren volgens de EPN-settings. De verschillen in invoer staan in onderstaande tabel.

Tabel 1 Overzicht invoerverschillen (standaard settings) bij EPN en PHPP berekening

	Invoervariabelen	EPN	PHPP
1.	Binnentemperatuur (T_i)	18 °C	20 °C
2.	Interne warmte last	6,0 W/m ²	2,1 W/m ²
3.	Volume	323 m ³	311 m ³
4.	Verliesoppervlak dak, gevel, vloer	divers	divers
5.	Lineaire warmteverliezen	divers	divers
6.	Ventilatiehoeveelheid	170 m ³ /uur	100 m ³ /uur
7.	Warm tapwater	equivalent van circa 37 liter per persoon per dag (volgens PHPP)	25 liter per persoon per dag
8.	HR ketel vermogen	25 kW	15 kW

Resultaat

De resultaten van de PHPP berekeningen met EPN instellingen als invoer staan in onderstaande tabel en grafiek



Figuur 4: Waardering van passiefhuismaatregelen volgens de rekenprogramma's voor EPN (links), PHPP volgens EPN (midden) en PHPP(rechts) (Tekstlabels in figuur nog aanpassen)

De resultaten van de PHPP berekeningen met EPN instellingen als invoer staan in het midden van de grafiek:

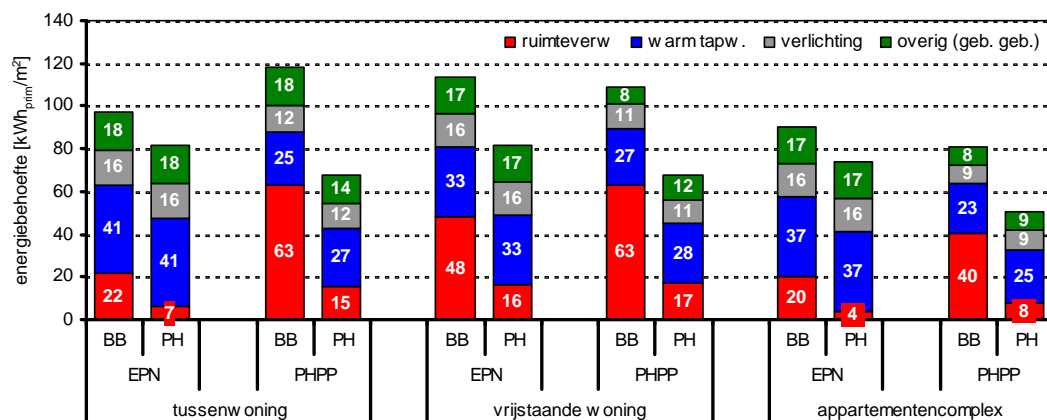
- Ruimteverwarming: verlaging van 27 naar 1 kWh/m² (reductie van 98%)
- Warm tapwater: verhoging van 40 naar 46 kWh (toename van 15%)
- Verlichting: 16 kWh, geen verandering
- Overig: afname van 18 naar 13 kWh (reductie van 28%)
- Totaal: het resultaat voor het totale energiegebruik is een afname van 101 naar 76 kWh (reductie van 24 %)

De afname van 98% van de ruimteverwarming van 27 naar 1 kWh/m² is zeer opmerkelijk te noemen. Hieruit blijkt, dat de verschillen in instellingen van de programma's een enorm verschil maken. Om de uitkomsten van deze modellen te vergelijken met de overige modellen en de verschillen te verklaren worden in onderstaande paragraaf de berekeningen in een overzicht gezet.

OVERIGE GEBOUWTYPES

In figuur 5 zijn de resultaten van de verschillende modellen van de referentie tussenwoning, vrijstaande woning en het appartementencomplex weergegeven [6]. Om de vergelijking goed uit te kunnen voeren zijn de berekende energiebehoeften voor ruimteverwarming, warm tapwater, verlichting en overig gebouwgebonden energie genormeerd aan het gebruiksoppervlak. De resultaten van de verschillende woningtypen zijn weergegeven, voor woningen die voldoen aan het Bouwbesluit (BB) en voor woningen uitgevoerd zijn als passiefhuis (PH). Door de vergelijking tussen de energiebehoefte van de BB en PH woningen, wordt de berekende potentiële besparing zichtbaar.

Uit de resultaten, weergegeven in figuur 5, blijkt dat de energiebehoefte voor ruimteverwarming door de toepassing van passiefhuismaatregelen aanzienlijk daalt in alle modellen. Zichtbaar is ook dat de meeste andere energieposten weinig veranderen. Door de verlaging van de energiebehoefte voor ruimteverwarming neemt het energiegebruik voor tapwater iets toe. Dit komt doordat bij een lagere warmtevraag het systeemrendement voor warm tapwaterbereiding daalt. De verlaging van de gebouwgebonden energiegebruik in PHPP wordt veroorzaakt doordat lagere energiebehoefte voor ruimteverwarming ook een verlaging tot gevolg heeft van de hulpenergie, doordat onder andere pompen minder vermogen hebben en minder draaien. Bij de EPN berekening worden dergelijke effecten niet in rekening gebracht doordat hier met vaste (forfaitaire) waarden wordt gerekend

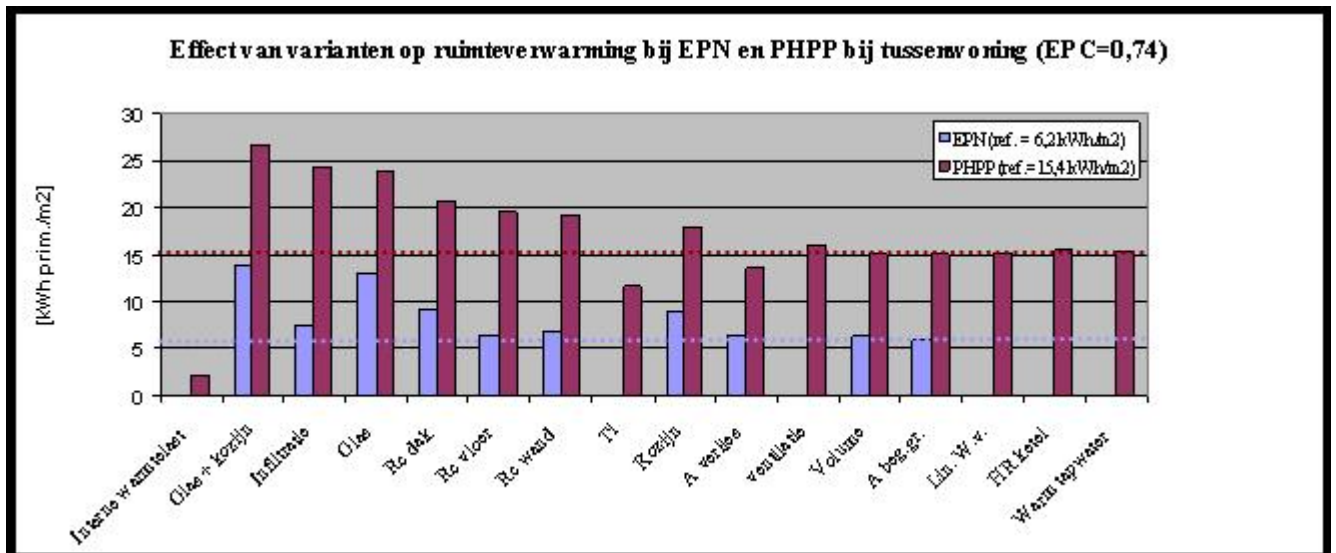


Figuur 5: Berekende primaire energievraag voor de referentiewoningen die voldoen aan de huidige eisen van het Bouwbesluit (BB) en de referentiewoningen uitgevoerd als passiefhuis (PH)

GEVOELIGHEIDSANALYSE

Een deel van de verschillen in uitkomsten tussen PHPP en EPN berekeningen is toe te schrijven aan verschillen in invoer en uitgangspunten (zie paragraaf 'energieprestatie in PHPP bij gebruik standaard EPN instellingen') terwijl een ander deel lijkt te moeten worden verklaard door de achterliggende rekenwijze van de twee programma's. Middels een gevoeligheidsanalyse wordt hier de mate waarin de PHPP en EPN berekeningen de afzonderlijke passiefhuismaatregelen en verschillen in uitgangspunten beoordelen, in kaart gebracht. Voor iedere wijziging in invoer of verschil in standaardinvoer is telkens het afzonderlijke effect op het berekende energiegebruik bepaald.

Het uitgangspunt bij de berekeningen is de passiefhuisvariant waarbij telkens een van onderstaande maatregelen op EPC=0,8 niveau in plaats van passiefhuisniveau zijn uitgevoerd. Daarnaast zijn, om de effecten van verschil in invoer tussen PHPP en EPN te duiden, in PHPP de vaste EPN instellingen in plaats van de standaard PHPP instelling toegepast. Hierbij is het effect van variatie in de enkele maatregel op het energiegebruik voor verwarming, warm tapwater, verlichting en overig elektrisch (gebouwgebonden) berekend, zowel bij PHPP als bij EPN. De resultaten zijn weergegeven in figuur 6.



Figuur 6: Effect van varianten op ruimteverwarming bij EPN en PHPP

De gevoeligheidsanalyse voor de waardering voor passiefhuismaatregelen en verschillen in instellingen tussen EPN en PHPP laat zien dat de belangrijkste factoren van invloed op het energiegebruik voor ruimteverwarming, zijn verschillen in:

Aanname interne warmtelast (2,1 W/m² standaardaanname bij PHPP versus 6,0 W/m² in EPN).

Het verschil in interne warmtelast blijkt te leiden tot 86 % reductie van de warmtevraag (volgens berekeningen in PHPP) en heeft daarmee een zéér grote invloed. De EPN geeft door de aanname van een relatief hoge interne warmtelast (6 W/m²) een beduidend lagere warmtevraag zowel bij de uitgangssituatie als bij de passiefhuisvariant dan de PHPP berekeningen. Aangezien het vermoeden bestaat dat de EPN waarde voor de interne warmtelast niet representatief is (te hoog) voor een gemiddeld huishouden wordt aanbevolen om te onderzoeken of deze waarde in de EPN aangepast moet worden. Een representatieve aanname voor de interne warmtelast is met name bij zeer goed geïsoleerde, energiezuinige woningen van belang omdat het aandeel in de warmtebalans hier relatief groot is.

Aanname binnentemperatuur (Ti = 18 bij EPN of 20 °C bij PHPP)

Een lagere instelling van de (gemiddelde) binnentemperatuur geeft een lager energiegebruik voor ruimteverwarming. In de EPN wordt uitgegaan van een gemiddelde binnentemperatuur van 18°C vanwege veronderstelde nachtverlaging. Bij de goed geïsoleerde passiefhuizen treedt deze nachtverlaging in de praktijk echter nauwelijks op. In PHPP wordt derhalve uitgegaan van 20 °C als etmaalgemiddelde binnentemperatuur. De aanname van een lagere binnentemperatuur geeft volgens PHPP een verlaging van 24% in de warmtevraag. Aanbevolen wordt, om verder te onderzoeken of deze instelling of rekenmethodiek in EPN aangepast zou moeten worden. Het moet dan uiteraard niet averechts gaan werken en leiden tot een hoger energiegebruik voor beter geïsoleerde woningen omdat met een hogere instelling van de binnentemperatuur wordt gerekend. Normaliter betekent het aanhouden van een hogere binnentemperatuur namelijk dat de thermostaat hoger wordt gezet en dit wordt in de rekenprogramma's gekoppeld aan hogere warmteverliezen. De hogere gemiddelde binnentemperatuur bij passiefhuizen is echter het gevolg van het ontbreken van nachtelijke afkoeling en niet van een hogere thermostaatstand. Aanbevolen wordt om in de EPN te onderzoeken hoe de minimale nachtelijke warmteverliezen in de winter bij goed geïsoleerde passiefhuizen reeler gewaardeerd kunnen worden.

Waardering van verbeterde isolatiewaarde

Bij het gebruik van 'EPN instellingen' voor de PHPP berekening bedraagt de reductie door passiefhuismaatregelen volgens PHPP circa 24% en volgens EPN 16% voor referentiewoning variant 2. Voor de waardering van hogere Rc waarden zijn de verschillen tussen PHPP en EPN groot. Zo wordt het effect van het niet verbeteren van de isolatie van wand en vloer (Rc = 3 m²K/W in plaats van Rc = 7 m²K/W) volgens EPN gewaardeerd op 0,3 respectievelijk 0,8 kWh/m² (5% respectievelijk 13% toename warmtevraag). Bij de PHPP berekening is dit effect 4,2 en 3,9 kWh/m² (27% respectievelijk 25% toename warmtevraag). Het effect van het achterwege laten van passiefhuisramen (Uw = 1,8 i.p.v. 0,8 W/m²K en Ufr = 0,8 i.p.v. 1,2 W/m²K) geeft in absolute zin ook een kleiner effect dan bij PHPP maar afgezet tegen de warmtevraag is het effect bij EPN toch relatief groot. Door de grote verschillen in energiegebruik bij de referentiesituatie in de EPN berekening en de PHPP berekening is het lastig om de relatieve en absolute effecten goed met elkaar te vergelijken en analyseren.

Aanbevolen wordt om deze verschillen in waardering tussen de EPN en PHPP verder te onderzoeken door middel van een dynamische simulatie (TRNSYS).

Waardering van verbeterde luchtdichtheid (lagere infiltratie)

In de EPN wordt de extreem goede luchtdichtheid van de gebouwschil van passiefhuizen slechts beperkt gewaardeerd. Hoewel het rekenprogramma EPW het toelaat om een zeer laag infiltratievoud in te voeren blijkt er een grens te zijn waarmee gerekend wordt in het EPW programma. Het blijkt dat een betere luchtdichtheid dan een waarde van $q_{v,10;kar} = 0,384$ in de EPC in het geheel niet wordt gewaardeerd. Aangezien passiefhuizen een luchtdichtheid dienen te hebben van minimaal 0,142 (conform de passiefhuis eis van 0,6/h bij 50Pa) wordt het effect van de luchtdichtheid duidelijk ondergewaardeerd in de EPN. Juist voor passiefhuizen is een waardering van de goede luchtdichtheid essentieel. Het heeft een grote invloed op het energiegebruik en het comfort. Het uitvoeren van een blowerdoortest is dan ook een voorwaarde om het predicaat 'passiefhuis' te krijgen. Aanbevolen wordt om deze tekortkoming in de EPN te herzien. Mogelijke oplossing kan wellicht zijn om een lagere waarde in de EPN wel te waarderen met daarbij de voorwaarde opgenomen dat deze waarde voor de luchtdichtheid in de praktijk moet worden aangetoond.

Reductie hulpenergie voor verwarming

De verminderde warmtevraag van passiefhuizen geeft volgens PHPP een vermindering van het overig gebouwgebonden energiegebruik (bijvoorbeeld voor de CV pomp) van 18 naar 13 kWh/m². Bij de EPN berekening blijft het gebouwgebonden energiegebruik echter onveranderd. Dit lijkt niet te verklaren en aanbevolen wordt om deze tekortkoming in de EPN te herzien.

ANALYSE EN CONCLUSIES

De hoofdconclusie van dit onderzoek luidt, dat de energieprestatie van passiefhuizen in de EPN ten opzichte van het gevalideerde programma PHPP ondergewaardeerd wordt. Met name door de relatief hoge interne warmtelast in de EPN is de warmtevraag bij zowel de referentiewoning (EPC=0,8) als bij de passiefhuisvariant beduidend lager dan in PHPP. Dit zorgt ervoor, dat maatregelen gericht op reductie van de warmtevraag in de EPN überhaupt weinig effect kunnen hebben.

Voor verschillende SenterNovem referentiewoningen (rijwoning, vrijstaand en appartement) met een EPC=0,8 is zowel in PHPP als in EPN onderzocht wat het effect is van het toepassen van passiefhuismaatregelen zoals verbeterde isolatie, lagere infiltratie, en balansventilatie. Uit de vergelijking blijkt, dat de energiebesparingen voor passiefhuismaatregelen volgens EPN beduidend lager uitvallen dan volgens de PHPP berekeningen. Zo kan bijvoorbeeld bij een EPC=0,8 tussenwoning (met zelfregelende roosters) volgens EPN circa 35% bespaard worden terwijl dit volgens PHPP 48% bedraagt. Bij een EPC=0,8 tussenwoning met balansventilatie wordt volgens EPN met passiefhuismaatregelen slechts 16% bespaard, terwijl dit volgens PHPP circa 42% bedraagt. Ook de berekeningen bij de vrijstaande woning en een appartementencomplex laten zien, dat de energiebesparing volgens EPN beduidend lager is dan volgens PHPP. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat in de EPN de EPC 0,8 woningtypen op energiegebruik voor ruimteverwarming veel beter scoren dan PHPP waardoor de besparing in EPN voor passiefhuismaatregelen relatief gering is.

De gevoeligheidsanalyse voor de waardering voor passiefhuismaatregelen, en verschillen in instellingen tussen EPN en PHPP, laat zien dat de belangrijkste factoren van invloed op het energiegebruik voor ruimteverwarming, verschillen zijn in:

- Aanname interne warmtelast (2,1 W/m² standaardaanname bij PHPP versus 6,0 W/m² in EPN).
- Aanname binnentemperatuur (T_i = 18 bij EPN of 20 °C)
- Waardering van verbeterde isolatiewaarde
- Waardering van verbeterde luchtdichtheid (lagere infiltratie)
- Reductie hulpenergie voor verwarming

Overige conclusies en aanbevelingen die uit de studie zijn getrokken:

1) Het energiegebruik voor verlichting lijkt in de EPN aan de hoge kant. Voor de PHPP berekeningen is het verbruik van 559 kWh per jaar (volgens BEK2000) aangenomen voor de PHPP berekeningen omdat dit, mede vanwege het toenemend gebruik van spaarlampen in de afgelopen jaren, realistischer wordt geacht dan de 760 kWh die in de EPN wordt gerekend.

2) Het energiegebruik voor warm tapwater lijkt in de PHPP berekeningen aan de lage kant. De indruk bestaat dat de 25 liter per persoon per dag volgens PHPP vrij laag is. Een verbruik van circa 35 liter per persoon per dag

lijkt een meer realistische waarde.. In de EPN komt het energiegebruik redelijk overeen met dit verbruik. Aanbevolen wordt om verder onderzoek te doen naar de juistheid van het warm tapwatergebruik in PHPP.

3) In de EPN zijn de energiestromen voor tapwater en ruimteverwarming complementair, waardoor de besparing op ruimteverwarming door passiefhuismaatregelen er soms goed, en soms niet goed uitkomt t.o.v. van referenties met een gelijke EPC waarde. De EPN laat een scala aan kWh/m² energiegebruik voor ruimteverwarming toe bij een even hoge EPC score. Voor een passiefhuis is via PHPP uitsluitend een fysisch bepaald maximum voor de vraag naar ruimteverwarming (en tevens het totale energiegebruik) relevant. Omdat bouwkundige maatregelen een veel langere levensduur hebben en in beperktere mate onderhoud nodige hebben dan installatietechnische maatregelen wordt aanbevolen om ook in de EPN (via het Bouwbesluit) een minimumstandaard te hanteren voor de gebouwschilkwaliteit (o.a. isolatiewaarde en infiltratie).

4) In de PHPP-berekening wordt het huishoudelijk energiegebruik wel en in de EPN-berekeningen niet gedefinieerd. Het is voor zeer energiezuinige woningen relevant en aan te bevelen om een grenswaarde te hebben voor de interne warmtelast. Aangezien hiervoor geen wettelijke beperkingen gelden is niet duidelijk hoe de eis van 120 kWh/m²a primair die aan passiefhuizen wordt gesteld in de EPN opgenomen zou kunnen worden. Naarmate woningen energiezuiniger worden, wordt de post voor huishoudelijk energiegebruik steeds dominantier in het totale energiegebruik.

5) In de EPN-berekening lijkt de invloed van maatregelen die temperatuuroverschrijding tegengaan zoals zonwering en ventilatie beperkter te zijn dan in PHPP. Omdat natuurlijke spui-ventilatie zoals zomer-nacht ventilatie in de EPN in het geheel niet en in PHPP wel kan worden meegenomen is een hoge mate van zomercomfort volgens EPN moeilijker te bereiken dan volgens PHPP. Voor de waardering van passiefhuismaatregelen ten opzichte van de EPC=0,8 variant blijkt er weinig verschil te zijn; het berekende virtuele energiegebruik voor koeling blijkt voor de passiefhuisvariant namelijk niet hoger dan bij de EPC=0,8 variant.

6) Deze studie heeft zich beperkt tot het effect van passiefhuismaatregelen in de energieprestatie van woningen. Aanbevolen wordt om ook voor andere sectoren (o.a. scholen en kantoren) de effecten van passiefhuismaatregelen op de energieprestatie te onderzoeken.

De bevindingen van deze studie zijn gepubliceerd en in 2009 gepresenteerd en ingebracht bij de EPG-commissie [3]. De genoemde knelpunten in de EPN zoals interne warmtelast, te hanteren binnentemperatuur en waardering verbeterde luchtdichtheid zijn, mede aan de hand van de adviezen uit het rapport, aangepast in de nieuwe EPG (NEN 7120) versie die per 1 januari 2011 van kracht zal worden. Op grond hiervan mag verwacht worden dat, in vergelijking met de NEN 5128, passiefhuismaatregelen in de nieuwe norm beter gewaardeerd zullen worden

REFERENTIES

- [1]: NEN 5028:2004/A1:2008, *Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - Bepalingsmethode*, NNI, 2008.
- [2] Feist, W, *Passive House Planning Package 2007*, PHI, 2007.
- [3]: Boer, B. de, Kondratenko, I, Jansen, D, Joosten, L, Boonstra C., *Passiefhuis en EPN - Onderzoek naar de waardering van passiefhuizen volgens EPN en PHPP*.
- [4] 'Wordt passiefhuistechnologie in Nederland via de EPN-methodiek gestimuleerd?' Anneleen Lagae / Erik Franke Stichting PassiefHuis Holland, 26 Juni 2006
- [5] Feist, W, e.a., CEPHEUS- Cost Efficient Passive Houses Project information No. 36, Final Technical Report, July 2001
- [6] ir.D.W.L.Jansen, ir B.J de Boer, ir L.J. Joosten, ir. J.M. Boonstra, 'Energiezuinige woningen ondergewaardeerd?' VV+ November 2009