

Passiefhuis en EPN

Onderzoek naar de waardering van passiefhuizen volgens EPN en PHPP

**B.J. de Boer, I. Kondratenko (ECN)
D. Jansen, L. Joosten (DHV)
C. Boonstra (Trecodome)**

Verantwoording

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van SenterNovem. Het project is door middel van een samenwerkingsverband tussen ECN, DHV en Trecodome tot stand gekomen. Het project is bij ECN uitgevoerd onder projectnummer 844239 'Passiefhuis en EPN'.

Abstract

Houses achieving the Passive House Standard are extremely well insulated and air-tight buildings with minimized heat losses, very efficient ventilation and optimized electricity use. The exceptionally low space heating energy demand is almost entirely covered by passive solar heat gains through windows and the use of incidental heat gains coming from people, household appliances and auxiliary systems. The remaining space heat demand is so little that a post-heating of ventilation air in heat recovery ventilation system suffices to obtain comfortable and healthy indoor climate.

It has been shown in many built examples throughout Europe and wider, the passivehouse concept can be reached in new build and in renovations, domestic and various other use of buildings. More so, there is growing justification and political commitment in European countries regarding the implementation of requirements towards very low energy buildings (on passive house level or similar). Therefore, passivehouse standard buildings can play an important role in reaching European and national targets for energy reduction from the built environment. In this context, it is very important that the calculation method in the Netherland that determines the energy performance of buildings (EPN) takes full account of passivehouse measures and their evaluation in the energy balance of a building is fully appreciated.

It is current impression amongst Dutch building energy specialists that implementing passivehouse measures when calculated with EPN are not favored correctly in the resulting EPC value. This study aims to make specific analysis and get insight into the way energy performance of passivehouses and its specific energy measures is calculated in EPN. Results were compared with the well established and internationally validated calculation tool Passive House Planning Package (PHPP).

The study methodology involved analyzing three SenterNovem reference houses (a terraced house, a detached house and an apartment building, all with EPC values of 0.8). In particular, the effect of introducing passive house measures (i.e. improved insulation, lower infiltration, and balanced ventilation) is examined, both in PHPP as in EPN.

The comparison study shows the total energy saving achieved with passivehouse measures are significantly lower in EPN calculations than PHPP calculations for all reference houses. For instance:

- Savings at EPC=0.8 terraced house (with self-regulating ventilation ducts) are 35% in EPN while this is 48% in PHPP.
- Savings at EPC=0.8 terraced house (with balanced ventilation system) are only 16% in EPN compared to 42% savings in PHPP.

The sensitivity analysis of passive house measures in EPN in comparison with the PHPP tool has identified the following main differences:

- the assumption value of internal heat gains (6.0 W/m^2 in EPN versus 2.1 W/m^2 standard at PHPP);
- the assumption value of indoor temperature ($T_i = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ at EPN or $20 \text{ }^\circ\text{C}$ in PHPP);
- appreciation of insulation value (i.e. improved u-value of building elements) is lower in EPN;
- appreciation of improved air tightness (limited value for infiltration in EPN);
- appreciation of improvement with efficiency of building systems for ventilation and hot water production and distribution systems (lower in EPN)

The relatively high heat gains in EPN give significantly lower heat demand both for the reference dwelling (EPC=0.8) and for the passivehouse variant. This is the reason why measures to reduce the heat demand in the EPN have little effect at all.

The study conclusions are that the EPN calculation method is more rigid, less flexible and less dynamic compared to the PHPP calculation tool. It also has more fixed settings without possibility for user-value input. Therefore it has less possibility for detailed input and to be project specific. For example, in EPN there is no change in pump related energy (needed for operating the central heating system) when the space heating demand has decreased dramatically. Another example is the limit to the level of air tightness value, embedded in the EPN calculation, which shows no difference in results if one aims for better air-tightness.

Based on the study results, it can be concluded that passivehouse measures are underrated in EPN, when compared to the validated calculation programme PHPP. The EPN method is therefore not well suited for an accurate determination of improvement in energy performance by passivehouse measures.

Inhoud

Lijst van tabellen	6
Lijst van figuren	6
Samenvatting	7
1. Inleiding	9
1.1 Probleemstelling	10
1.2 Onderzoeksaanpak	10
2. Beschrijving van de referentiewoningen, uitgangspunten en berekeningen	11
2.1 Selectie van referentiewoningen en uitgangspunten	11
2.1.1 Referentiewoningen	11
2.1.2 EPC=0,8 varianten bij referentiewoningen	11
2.2 Introductie passiefhuismaatregelen	12
3. Rekenprogramma's PHPP en EPN en rekenmodellen	14
3.1 Beschrijving Rekenprogramma's PHPP en EPN	14
3.1.1 PHPP rekenmethodiek	14
3.1.2 EPN rekenmethodiek	15
3.1.3 Achtergronden berekeningsmethodiek PHPP en EPN berekeningen	15
3.1.4 Gebruikte rekenmodellen voor de PHPP en EPN berekeningen	16
3.1.5 Werkwijze voor het vergelijken van PHPP en EPN berekeningen	17
4. Resultaten energiebehoefteberekeningen in EPN en PHPP	19
4.1 Van referentie tussenwoning naar passiefhuis tussenwoning	19
4.1.1 Energiebehoefte volgens EPN berekening	19
4.1.2 Energiebehoefte volgens PHPP berekening	20
4.1.3 Analyse verschillen tussen waardering bij tussenwoning in EPN en PHPP	20
4.2 Analyse van de invloed van verschillende invoerwaarden	23
4.2.1 Verschillen in invoer tussen EPN en PHPP	23
4.2.2 Resultaten PHPP berekening met EPN instellingen	25
4.2.3 Overzicht resultaten waardering passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP (en PHPP volgens EPN)	26
4.2.4 Conclusies	26
4.3 Gevoeligheidsanalyse passiefhuismaatregelen en standaardinstellingen	27
4.3.1 Invoer voor de varianten	27
4.3.2 Resultaten	28
4.4 Evaluatie van maatregelen en het effect op het energiegebruik	29
4.5 Zomercomfort en koelbehoefte	32
4.6 Totaal energiegebruik inclusief huishoudelijke apparatuur	33
5. Waardering van passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP bij overige referentiewoningen en varianten	35
5.1 Tussenwoning (SenterNovem variant 1)	35
5.2 Vrijstaande woning	36
5.3 Appartementencomplex	36
6. Conclusies en aanbevelingen	38
Bijlage 1 SenterNovem referentiewoningen	42
Bijlage 2 Invoer EPN en PHPP berekeningen	48
Bijlage 3 Overzicht effect van individuele passiefhuis maatregelen en programma instellingen bij tussenwoning	52

Lijst van tabellen

Tabel 2.1	Overzicht passiefhuis maatregelen	13
Tabel 3.1	Kenmerken van de SenterNovem referentie tussenwoning (2 varianten) en toe te passen passiefhuismaatregelen	16
Tabel 4.1	Overzicht invoerverschillen (standaard settings) bij EPN en PHPP berekening	23
Tabel 4.2	Overzicht bouwkundige maatregelen en verschillen in programma instellingen ...	27
Tabel 4.3	Effect van varianten op energiegebruik voor ruimteverwarming	28
Tabel 4.4	Effect van 'interne warmtelast' op energiegebruik voor ruimteverwarming	29
Tabel 4.5	Effect van 'glas en kozijn isolatie' op energiegebruik voor ruimteverwarming	30
Tabel 4.6	Effect van 'infiltratie' op energiegebruik voor ruimteverwarming	30
Tabel 4.7	Effect van 'Isolatie dak, vloer en wand' op energiegebruik voor ruimteverwarming	30
Tabel 4.8	Effect van 'Binnentemperatuur Ti' op energiegebruik voor ruimteverwarming	31
Tabel 4.9	Effect van 'Verliesoppervlakte' op energiegebruik voor ruimteverwarming	31
Tabel 4.10	Effect van 'Ventilatievoud' op energiegebruik voor ruimteverwarming	31
Tabel 4.11	Effect van 'Vloeroppervlakte' op energiegebruik voor ruimteverwarming	32
Tabel 4.12	Effect van 'Volume' op energiegebruik voor ruimteverwarming	32
Tabel 4.13	Effect van 'lineaire warmteverliezen' op energiegebruik voor ruimteverwarming	32
Tabel 4.14	Effect van 'HR-ketel' op energiegebruik voor ruimteverwarming	32

Lijst van figuren

Figuur 2.1	Schets van een passiefhuis [www.passiv.de]	12
Figuur 3.1	Metingen uit de praktijk (in blauw) en berekeningen volgens PHPP (de rode lijnen) [bron: Cepheus project, www.passiv.de]	14
Figuur 3.2	Voorbeeld overzichtsblad 'passieve house verification' van een PHPP berekening	15
Figuur 3.3	Gevolgde werkwijze voor de vergelijking van de waardering voor passiefhuismaatregelen volgens EPN en volgens PHPP	18
Figuur 4.1	Passiefhuiswaardering volgens EPN bij tussenwoning variant 2 (EPC=0,74)	19
Figuur 4.2	Passiefhuiswaardering volgens PHPP bij tussenwoning variant 2 (EPC=0,74)	20
Figuur 4.3	Passiefhuiswaardering volgens EPN en PHPP bij tussenwoning variant 2 (EPC = 0,74)	21
Figuur 4.4	Passiefhuiswaardering volgens PHPP met EPN instellingen bij tussenwoning variant 2 (EPC=0,74)	25
Figuur 4.5	Passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP (Model 1 t/m 6)	26
Figuur 4.6	Effect van varianten op ruimteverwarming bij EPN en PHPP	29
Figuur 4.7	Passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP (model 1t/m 6), inclusief huishoudelijke apparatuur	34
Figuur 5.1	Waardering van passiefhuismaatregelen volgens EPN en PHPP bij SN referentiewoning variant 1 (zelfregelende roosters en zonnecollector)	35
Figuur 5.2	Waardering van passiefhuismaatregelen volgens EPN en PHPP bij SN vrijstaande woning variant 2 (gebalanceerde ventilatie)	36
Figuur 5.3	Waardering van passiefhuismaatregelen volgens EPN en PHPP bij SN appartementencomplex variant 2 (gebalanceerde ventilatie)	37

Samenvatting

Passiefhuizen zijn extreem goed geïsoleerde woningen met uitzonderlijk lage infiltratieverliezen en een minimaal energiegebruik voor ruimteverwarming. Een passiefhuis wordt voor het overgrote deel verwarmd door passieve zonbenutting en door de interne warmteontwikkeling van personen, 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.

Het passiefhuisconcept kan zowel bij nieuwbouw als bij renovatie van woningen een belangrijke bijdrage leveren aan de nationale en Europese doelstellingen om energie te besparen in de gebouwde omgeving. Het is daarbij wel van groot belang dat de rekenmethodiek waarmee de energieprestatie wordt bepaald (EPN), de effecten van passiefhuismaatregelen op een adequate wijze waardeert. De indruk bestaat echter, dat het passiefhuisconcept, uitgedrukt in een EPC waarde, niet de waardering in energiebesparing krijgt die het zou moeten krijgen. In deze studie is onderzocht hoe de energieprestatie van passiefhuizen in de EPN wordt gewaardeerd en hoe dit zich verhoudt tot de berekeningen in het voor passiefhuizen geëigende, in de praktijk gevalideerde, programma PHPP.

Voor verschillende SenterNovem referentiewoningen (rijwoning, vrijstaand 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 verbeterde isolatie, lagere infiltratie, en balansventilatie. Uit de vergelijkende studie blijkt dat de energiebesparingen voor passiefhuismaatregelen volgens de EPN berekeningen 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 slechts 16% bespaard met passiefhuismaatregelen terwijl dit volgens PHPP circa 42% bedraagt. Ook de berekeningen bij de vrijstaande woning en een appartement laten zien dat de energiebesparing volgens EPN beduidend lager is dan volgens PHPP.

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

- aanname van de interne warmtelast ($6,0 \text{ W/m}^2$ in EPN versus $2,1 \text{ W/m}^2$ standaardaanname bij PHPP);
- aanname 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).

Vooral door de relatief hoge interne warmtelast in de EPN is er een beduidend lagere warmtevraag bij zowel de referentie woning (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 waardoor er minder mogelijkheden zijn voor projectspecifieke, gedetailleerde invoer. Zo is er bijvoorbeeld een grens aan de rekenwaarde voor de voor passiefhuizen benodigde luchtdichtheid. Daarnaast rekent de EPN methodiek minder dynamisch dan PHPP. Er is bijvoorbeeld geen verandering in pompenergie (voor centrale verwarming) bij een lagere ruimteverwarmingvraag. De EPN rekenmethodiek wordt om bovengenoemde redenen, uitgaande van PHPP als referentie, dan ook niet goed geschikt geacht voor een accurate bepaling van de verbeterde energieprestatie door passiefhuismaatregelen.

1. Inleiding

Passiefhuizen zijn woningen met een bijzonder laag energiegebruik voor ruimteverwarming en een zeer laag totaal energiegebruik. 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 van 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.

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'¹ 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 te 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 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 huishoudelijk energiegebruik betreft. Bij de toetsing aan de EPN wordt uitsluitend het gebouwgebonden energiegebruik beschouwd.

¹ Brussels, 19.10.2006, COM(2006)545 final, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION, Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential

Verkennde berekeningen en een eerdere studie² 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 woningen (passiefhuizen)³, bestaat de indruk dat met de EPN methodiek de verbetering van de energetische prestaties van zeer energiezuinige passiefhuizen wordt ondergewaardeerd. Deze studie moet uitwijzen hoe de energieprestatie van passiefhuizen in de EPN wordt gewaardeerd en hoe dit zich verhoudt tot berekeningen in PHPP.

1.1 Probleemstelling

Uit ervaring en eerder onderzoek is gebleken dat de energiebehoefte van een passiefhuis die bepaald wordt volgens een EPC berekening sterk afwijkt van de energiebehoefte die bepaald wordt met een PHPP berekening. De indruk bestaat dat de energiebehoefte voor ruimteverwarming (van passiefhuizen en ook EPC=0,8 woningen) wordt onderschat in de EPC berekening waardoor het besparingspotentieel minder groot is dan de PHPP berekening laat zien. In dit project wordt onderzocht wat verschillen zijn tussen de rekenprogramma's PHPP en EPN waar het de waardering van passiefhuismaatregelen betreft.

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt: "Wordt de energieprestatie van passiefhuizen in de EPN op een juiste wijze gewaardeerd?". Deze hoofdvraag wordt beantwoord door voor een aantal van de SenterNovem referentie nieuwbouw woningen (met een EPC=0,8) te bepalen hoe het energiegebruik volgens de EPN en volgens de PHPP rekenmethodiek wordt verlaagd wanneer deze woningen worden getransformeerd naar de passiefhuis standaard. Dit heeft weer geleid tot de volgende deelvragen:

- "Welke maatregelen zijn nodig om van de referentiewoning (EPC=0,8) een passiefhuis te maken?"
- "Hoe is de waardering van passiefhuismaatregelen bij de referentiewoningen volgens de EPN en hoe volgens PHPP?" en "Waardoor worden de verschillen veroorzaakt?"
- "Indien van toepassing: welke verbeteringen zijn mogelijk voor de waardering van passiefhuizen in de EPN?"

1.2 Onderzoeksaanpak

Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen is het volgende stappenplan gevolgd:

1. Selecteren van een aantal representatieve referentiewoningen waarop de passiefhuismaatregelen zullen worden getoetst
2. Vaststellen van de benodigde invoer voor de EPN en PHPP berekeningen
3. Waarderen van de (meest voorkomende) SenterNovem referentie tussenwoning, als EPC=0,8 referentie en als passiefhuisvariant door middel van EPN en PHPP programma's.
4. Vergelijken van rekenmethodieken en verklaren van de verschillen in uitkomst.
5. Uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse voor passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP.
6. Onderzoeken van de effecten bij de overige geselecteerd SenterNovem referentie types: vrijstaande woning en appartementencomplex. Waardering van de EPC=0,8 variant en als passiefhuisvariant door middel van EPN en PHPP programma's.
7. Conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de waardering van passiefhuizen volgens de EPN en volgens de PHPP berekeningen.

De bovenstaande stappen worden in dit rapport per hoofdstuk beschreven. De structuur van dit stappenplan is tevens aangehouden voor de indeling van dit rapport.

² "Wordt passiefhuistechnologie in Nederland via de EPN-methodiek gestimuleerd?" Anneleen Lagae / Erik Franke Stichting PassiefHuis Holland, 26 Juni 2006

³ Informatie van de website van het PHI: www.passiv.de

2. Beschrijving van de referentiewoningen, uitgangspunten en berekeningen

2.1 Selectie van referentiewoningen en uitgangspunten

2.1.1 Referentiewoningen

Voor de selectie van representatieve nieuwbouwwoningen is gebruik gemaakt van de zogenaamde SenterNovem referentiewoningen. Deze referentiewoningen zijn gebaseerd op de meest voorkomende woningtypen in Nederland. Een uitgebreide beschrijving van de woningen is terug te vinden op de website www.senternovem.nl en is in dit rapport bijgevoegd in 'bijlage 1 SenterNovem referentiewoningen'⁴. Omdat het hoofddeel van deze studie is gericht is op de verschillen met betrekking tot het energiegebruik voor ruimteverwarming, zijn een aantal verschillende referentiewoningtypen geselecteerd waarvan de warmtevraag per m² vloeroppervlak uiteenloopt. De warmtevraag bij een vrijstaande woning is bijvoorbeeld relatief groot ten opzichte van een appartement vanwege verschil in ratio tussen het verliesoppervlak en het vloeroppervlak. De volgende woningtypen zijn gebruikt voor het onderzoek:

- Tussenwoning
- Appartementencomplex
- Vrijstaande woning

Om de verschillen tussen de rekenmethoden in detail te onderzoeken is eerst een uitgebreide studie verricht met behulp van de berekeningen voor het type SenterNovem 'tussenwoning variant 2'. Daarna zijn van alle bovengenoemde woningtypen de standaard nieuwbouw referentiewoningen (EPC=0,8) en opgestelde passiefhuisvarianten berekend in zowel EPN als PHPP.

2.1.2 EPC=0,8 varianten bij referentiewoningen

Om het effect van de passiefhuismaatregelen op de energiebehoefte vast te stellen zijn voor de verschillende woningtypen telkens twee SenterNovem varianten gegeven die beiden aan dezelfde EPC eis van 0,8 voldoen:

- Variant 1 met mechanische afzuiging, zelfregelende roosters en een zonneboiler
- Variant 2 met mechanische toe- en afvoer (balansventilatie)

Bij variant 1 wordt vooral bespaard op het energiegebruik voor warm tapwater terwijl bij variant 2 aan de EPC=0,8 eis wordt voldaan door het energiegebruik voor ruimteverwarming te reduceren. Vanwege het verschil in energiegebruik voor ruimteverwarming zal het energiebesparingspotentieel (uitgedrukt in EPC verlaging) bij de uitvoering als passiefhuis bij variant 1 in principe groter zijn dan bij variant 2. Dit effect wordt overigens gedeeltelijk tenietgedaan doordat de EPC waarden licht blijken te verschillen. Variant 1 heeft namelijk een EPC van 0,78 en variant 2 een EPC van 0,74. Omdat variant 2 de meest voorkomende uitvoeringsvorm lijkt te zijn, is de analyse in deze studie in eerste instantie op dit type gericht.

De referentiewoningen die berekend zijn conform variant 1 zijn uitgerust met zelfregelende roosters en een zonneboiler. De EPC=0,8 varianten zijn zo eenduidig mogelijk met beide programma's berekend maar door de verschillen in standaardinstellingen en vaste rekenwaarden bij de EPN rekenmethodiek wijkt de input voor beide modellen van elkaar af. Het PHPP model

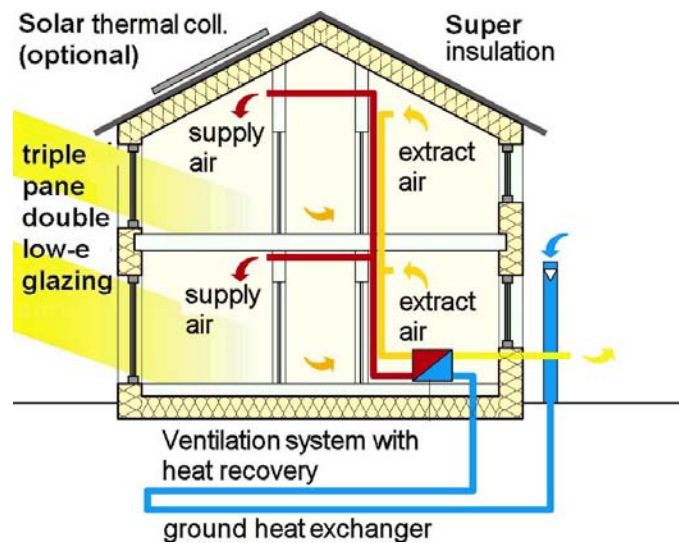
⁴ Referentiewoningen nieuwbouw- Kompas energiebewust wonen en werken in opdracht van VROM, www.senternovem.nl

kan in principe alle vormen van ventilatie modelleren, maar heeft geen voorgeprogrammeerde specifieke rekenroutines voor zelfregelende roosters. Bij de PHPP berekening is dit gemodelleerd door een identiek ventilatievoud te nemen van de situatie met balansventilatie maar dan zonder warmteterugwinning. Voor het modelleren van de passiefhuisvariant is dit niet relevant aangezien gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning tot het standaardpakket van passiefhuismaatregelen behoort en de zelfregelende roosters daardoor vervallen bij uitvoering als passiefhuis.

Hoewel een zonneboiler veelvuldig wordt toegepast bij passiefhuizen maakt de zonneboiler feitelijk geen onderdeel uit van de passiefhuismaatregelen. Door de aan passiefhuizen gestelde bovengrens van 120 kWh/m² voor het totale primaire energiegebruik voor ruimteverwarming, tapwater en inclusief huishoudelijke apparaten kan deze voorziening echter, samen met het gebruik van energiezuinige huishoudelijke apparatuur en verlichting, wel een impliciete eis zijn.

2.2 Introductie passiefhuismaatregelen

Het passiefhuisconcept is circa dertig jaar geleden voor het eerst gedefinieerd als: "A passive house is a building in which a comfortable interior climate can be maintained without active heating and cooling systems" (Adamson 1987 en Feist 1988). Deze definitie kan vertaald worden als: "Een passiefhuis is een woning waarbij een comfortabel binnenklimaat kan worden gehandhaafd zonder actieve verwarming en/of koelsystemen."



Figuur 2.1 Schets van een passiefhuis [www.passiv.de]

Op de website van het PassivHaus Institut (PHI) www.passiv.de staat de volgende definitie: "A Passive House is a building, for which thermal comfort (ISO 7730) can be achieved solely by postheating or postcooling of the fresh air mass, which is required to fulfill sufficient indoor air quality conditions (DIN 1946) - without a need for recirculated air."

Voor Duitse passiefhuizen komt laatstgenoemde definitie neer op een bovengrens voor de netto jaarlijkse verwarmingsbehoefte van 15 kWh (thermisch) per m² per jaar. Dit komt overeen met circa 1,5 m³ aardgas-equivalent per m² vloeroppervlak per jaar. Het totale gebouwgebonden én huishoudelijke primaire energiegebruik mag niet groter zijn dan 120 kWh/(m²a).

In Tabel 2.1 is een overzicht weergegeven van de eigenschappen van een passiefhuis. Er gelden richtlijnen voor de minimale eisen van de maatregelen. Om aan de energetische eisen van een passiefhuis te voldoen zullen voor iedere situatie de toe te passen maatregelen verschillen.

Tabel 2.1 Overzicht passiefhuis maatregelen

Passiefhuis maatregel	Beschrijving
Compacte vorm en goede isolatie:	Alle componenten van de buitenschil zijn geïsoleerd met een $R_c > 6,5$ en $< 10 \text{ m}^2\text{K/W}$ ($U < 0,15$ en $> 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Ondergrens is eis, te kiezen waarde is ontwerpvariabele.
Zuid oriëntatie en zonweringsvoorzieningen:	Passief gebruik van zonne-energie dekt, naast interne warmteproductie, een aanzienlijk deel van de ruimteverwarmingsvraag. Goede zonweringsvoorzieningen ter voorkoming van oververhitting zijn cruciaal.
Energie-efficiënte raambeglazing en kozijnen:	Ramen (beglazing en kozijnen gecombineerd) moeten een U_w -waarde $< 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ hebben, met ZTA waarden $> 50\%$.
Gebouwschil luchtdichtheid:	Luchtlekken door kieren moet minder zijn dan 0,6 maal het woningvolume per uur bij 50 Pa drukverschil.
Gebouwschil koudebruggen:	Koudebruggen moeten voorkomen worden. Voor passiefhuizen geldt de richtlijn $\psi_{e,\text{PHPP}} < 0,01 \text{ W/mK}$.
Hoog rendement warmteterugwinning van afvoerlucht m.b.v. lucht-lucht warmtewisselaar:	Het grootste deel van de voelbare warmte wordt overgedragen aan de inkomende verse lucht (warmteterugwinning $> 90\%$, rendement is ontwerpvariabele).
Optioneel: Passieve voorverwarming en koeling van verse lucht:	Verse lucht mag door ondergrondse kanalen worden geleid die warmte uitwisselen met de aarde. Dit warmt de toevoerlucht voor tot boven 5°C , zelfs op koude winterdagen.
Optioneel: Warmwatervoorziening met duurzame energiebronnen:	Zonnecollectoren voorzien grotendeels in de behoefte aan warm water.
Advies: Energie besparende huishoudelijke apparatuur:	De huishoudelijke apparatuur (koelkast, vriezer, lampen, wasmachine, droger, etc.) dienen zo veel mogelijk energiezuinige apparaten te zijn

Het PHI instituut geeft een keurmerk voor passiefhuizen uit. Om aan de criteria voor certificering van passiefhuizen te voldoen moeten aan de volgende eisen worden voldaan:

- de netto ruimteverwarmingsvraag (volgens een PHPP berekening) mag niet hoger zijn dan 15 kWh/m^2 per jaar
- het totale energiegebruik (inclusief huishoudelijke apparatuur) dient lager te zijn dan 120 kWh primair $/\text{m}^2$ per jaar, volgens een PHPP berekening
- de luchtdichtheid van de schil moet minimaal $0,6/\text{h}$ zijn bij 50 Pa drukverschil

Voor de passiefhuiscriteria ten aanzien van de ruimteverwarmingsvraag en het totale energiegebruik is een PHPP berekening benodigd. Het programma maakt daarmee een belangrijk onderdeel uit van de beoordeling (en certificering) van passiefhuizen. Daarnaast zijn er voor de certificering benodigd: tekeningen, technische informatie en produktgegevens, testrapport van de luchtdichtheid, inregeling ventilatiesysteem en een verklaring van de aannemer (zie voor meer informatie zie: www.passiv.de). De Stichting Passiefbouwen.nl geeft vanaf mei 2009 het Passiefbouwenkeur uit, gebaseerd op grotendeels vergelijkbare uitgangspunten en volgens de PHPP2009-NL rekenmethode (zie voor meer informatie www.passiefbouwen.nl).

Binnen het project is het ontwerp van de woningen als een gegeven aangenomen. De oriëntatie van de woning is overgenomen van de beschrijving van SenterNovem. Ook zijn de raamgroottes in de gevels ongewijzigd en zijn, behalve verbetering van isolatiewaarden voor dichte delen en beglazing, verbeterde luchtdichtheid en verminderde koudebruggen, geen verdere bouwkundige aanpassingen getroffen om de passiefhuisvariant te optimaliseren. Hierdoor kan het energiegebruik van de passiefhuis varianten mogelijk niet optimaal zijn.

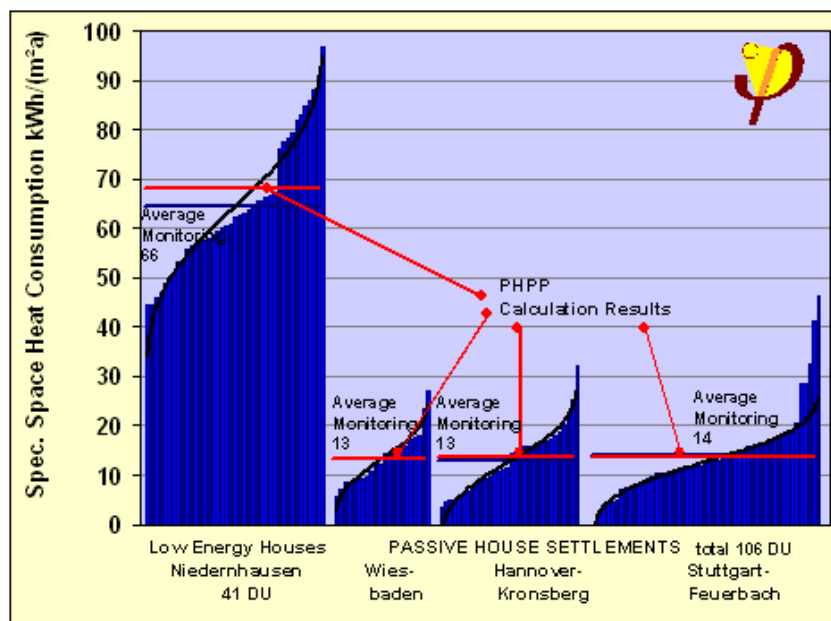
3. Rekenprogramma's PHPP en EPN en rekenmodellen

3.1 Beschrijving Rekenprogramma's PHPP en EPN

Verschiede rekenmodellen kunnen gebruikt worden om de energiebehoefte van een gebouw te bepalen. Om aan te tonen dat een gebouw(ontwerp) aan de eisen van een passiefhuis, ten aanzien van ruimteverwarming en totaal energiegebruik, voldoet wordt in de ons omringende landen veelal gebruik gemaakt van de PHPP rekenmethode. Om aan te tonen dat aan de geldende eisen van het Bouwbesluit met betrekking tot de energieprestatie wordt voldaan, wordt in Nederland gebruik gemaakt van de EPN berekeningsmethode conform NEN5128. In dit hoofdstuk worden beide berekeningsmethoden besproken.

3.1.1 PHPP rekenmethodiek

Om aan te tonen dat aan de eisen van een passiefhuis wordt voldaan, wordt de energiebehoefte van een passiefhuis bepaald met de PHPP (PassivHaus Projectierungs Paket) rekenmethodiek. De berekeningmethode is ontwikkeld door het in Duitsland gevestigde Passivhaus Institut (PHI, Duitsland). De PHPP berekeningsmethode gaat uitsluitend uit van fysische parameters en heeft gedetailleerde invoer en uitgebreide resultaten. Door het PHI zijn metingen in de praktijk gedaan die uitwijzen dat het PHPP programma een goede afspiegeling geeft van het werkelijke energiegebruik bij passiefhuizen, zoals ook valt op te maken in onderstaand Figuur 3.1. PHI zegt hierover: "The PHPP is continuously validated and refined based on measurements and new research results. As part of accompanying scientific research studies, measurements from more than 300 projects have so far been compared with calculation results".



Figuur 3.1 Metingen uit de praktijk (in blauw) en berekeningen volgens PHPP (de rode lijnen) [bron: Cepheus project, www.passiv.de]

In Figuur 3.2 is een voorbeeld van de uitvoer van een PHPP berekening weergegeven. Het is de zogenaamde 'verification sheet' waarop de belangrijkste invoergegevens en rekenresultaten samengevat zijn.

Passive House Verification			
Photo of Drawing			
Building:	Referentie-rijwoning - Niveau Passiefhuis		
Location and Climate:	Netherlands	De Bilt	
Street:	-		
Postcode/City:	-		
Country:	Netherlands		
Building Type:	Passiefhuis		
Home Owner(s) / Client(s):	-		
Street:	-		
Postcode/City:	-		
Architect:	-		
Street:	-		
Postcode/City:	-		
Mechanical System:	-		
Street:	-		
Postcode/City:	-		
Year of Construction:	2008		
Number of Dwelling Units:	1	Interior Temperature:	20,0 °C
Enclosed Volume V _e :	311,0 m ³	Internal Heat Gains:	2,1 W/m ²
Number of Occupants:	3,0		
Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area			
Treated Floor Area:	120,8 m ²		
Applied:	Monthly Method	PH Certificate:	Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	14 kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a)	Yes
Pressurization Test Result:	0,6 h⁻¹	0,6 h ⁻¹	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	113 kWh/(m²a)	120 kWh/(m ² a)	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	60 kWh/(m ² a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:	kWh/(m ² a)		
Heating Load:	17 W/m ²		
Frequency of Overheating:	0 %	over 25 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:	kWh/(m ² a)	15 kWh/(m ² a)	
Cooling Load:	W/m ²		
<i>We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The calculations with PHPP are attached to this application.</i>			Issued on: signed:

Figuur 3.2 Voorbeeld overzichtsbld 'passieve house verification' van een PHPP berekening

3.1.2 EPN rekenmethodiek

In Nederland moet bij een gebouwontwerp een EPC berekening uitgevoerd worden om te bewijzen dat voldaan wordt aan de geldende eisen voor de energieprestatie. In de EPC berekening wordt het gehele gebouw gemodelleerd inclusief de installaties. De EPC berekening maakt volgens NEN 5128 gebruik van een aantal normatieve waarden om rendementen van installaties vast te stellen. In dit project is voor de berekeningen gebruik gemaakt van NPR 5129 'Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - rekenprogramma EPW' versie ICS 91.120.10, januari 2009.

3.1.3 Achtergronden berekeningsmethodiek PHPP en EPN berekeningen

De PHPP en de EPN berekeningen zijn beide modellen waarmee de energiebehoefte van een geheel gebouw bepaald kan worden. De berekeningen bestaan beide uit o.a. een berekening van de warmtebehoefte voor ruimteverwarming en warm tapwater. Aan deze berekeningen zijn een aantal elementen toegevoegd waarmee de energiebehoefte van de installaties en het uiteindelijke primaire energiegebruik voor verwarming, warm tapwater, gebouwgebonden

elektriciteitsgebruik (ventilatoren, pompen, e.d.) en verlichting bepaald kan worden. Bij de PHPP berekening dient daarnaast ook het huishoudelijk energiegebruik bepaald te worden.

3.1.4 Gebruikte rekenmodellen voor de PHPP en EPN berekeningen

Om de resultaten van de PHPP en de EPN rekenmethoden te bepalen is telkens een vergelijking gemaakt tussen de standaard nieuwbouw woning die voldoet aan de geldende eisen van het Bouwbesluit (EPC=0,8) en hetzelfde type woning die voorzien is van de passiefhuismaatregelen en daarmee voldoet aan de eisen van passiefhuizen. Beide situaties zijn met zowel EPN als de PHPP rekenmethodiek doorgerekend.

Voor de standaard referentie woningtypen (EPC=0,8) geeft SenterNovem telkens twee varianten, zoals al is aangegeven in paragraaf '2.1.2 EPC=0,8 varianten bij referentiewoningen.' Bij variant 1 wordt de EPC=0,8 eis bereikt door voornamelijk op de warm tapwatervraag te besparen door toepassing van een zonneboiler. Bij variant 2 wordt voornamelijk op het energiegebruik voor ruimteverwarming bespaard door balansventilatie toe te passen in plaats van zelfregelende roosters. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de kenmerken van de SenterNovem referentie tussenwoning variant 1 en 2 en de bij beide varianten toe te passen passiefhuismaatregelen.

Tabel 3.1 Kenmerken van de SenterNovem referentie tussenwoning (2 varianten) en toe te passen passiefhuismaatregelen

	Variant 1 (mechanische afzuiging + zonneboiler)	Variant 2 (gebalanceerde ventilatie)	Passiefhuismaatregelen (bij variant 1 en 2)
Kenmerk			
Beukmaat	5,1 m	5,1 m	5,1 m
Woningdiepte	8,9 m	8,9 m	8,9 m
Verdiepingshoogte	2,6 m	2,6 m	2,6 m
Gebruiksoppervlakte Ag	124,3 m ²	124,3 m ²	124,3 m ²
Verliesoppervlakte Averlies	156,9 m ²	156,9 m ²	156,9 m ²
Verhouding Ag/Averlies	0,8	0,8	0,8
Gemiddelde gebruiksoppervlakte in MNW	125,0 m ²	125,0 m ²	125,0 m ²
Bouwkundige gegevens			
Rc-waarde gevel	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W	7,0 m²K/W
Rc-waarde dak	4,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W	8,0 m²K/W
Rc-waarde Begane grondvloer	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W	7,0 m²K/W
U-waarde ramen	1,8 W/m ² K	1,8 W/m ² K	0,8 W/m²K
U-waarde voordeur	2,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K	0,8 W/m²K
Buitenzonwering op	Z	Z	Z
Infiltratie	2,63/h @50 Pa	2,63/h @50 Pa	0,6/h @50 Pa
Installatietechnische gegevens			
Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, HT met radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer (gebalanceerde ventilatie)	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	-	95%*	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom	Gelijkstroom

Type warmtapwatersysteem	combiketel CW4	HRww	combiketel CW4	HRww	combiketel HRww CW4
Rendement tapwater	70%*		62%		62%
Zonneboiler	2,8 m ² collectoroppervlak, alleen voor tapwater		-		-
Energieprestatie					
EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,78		0,74		
Jaarlijks energieverbruik per m ² volgens NEN 5128	359 MJ/m ²		339 MJ/m ²		
Jaarlijkse CO ₂ emissie	2583 kg		2520 kg		
<i>* met behulp van een kwaliteitsverklaring</i>					

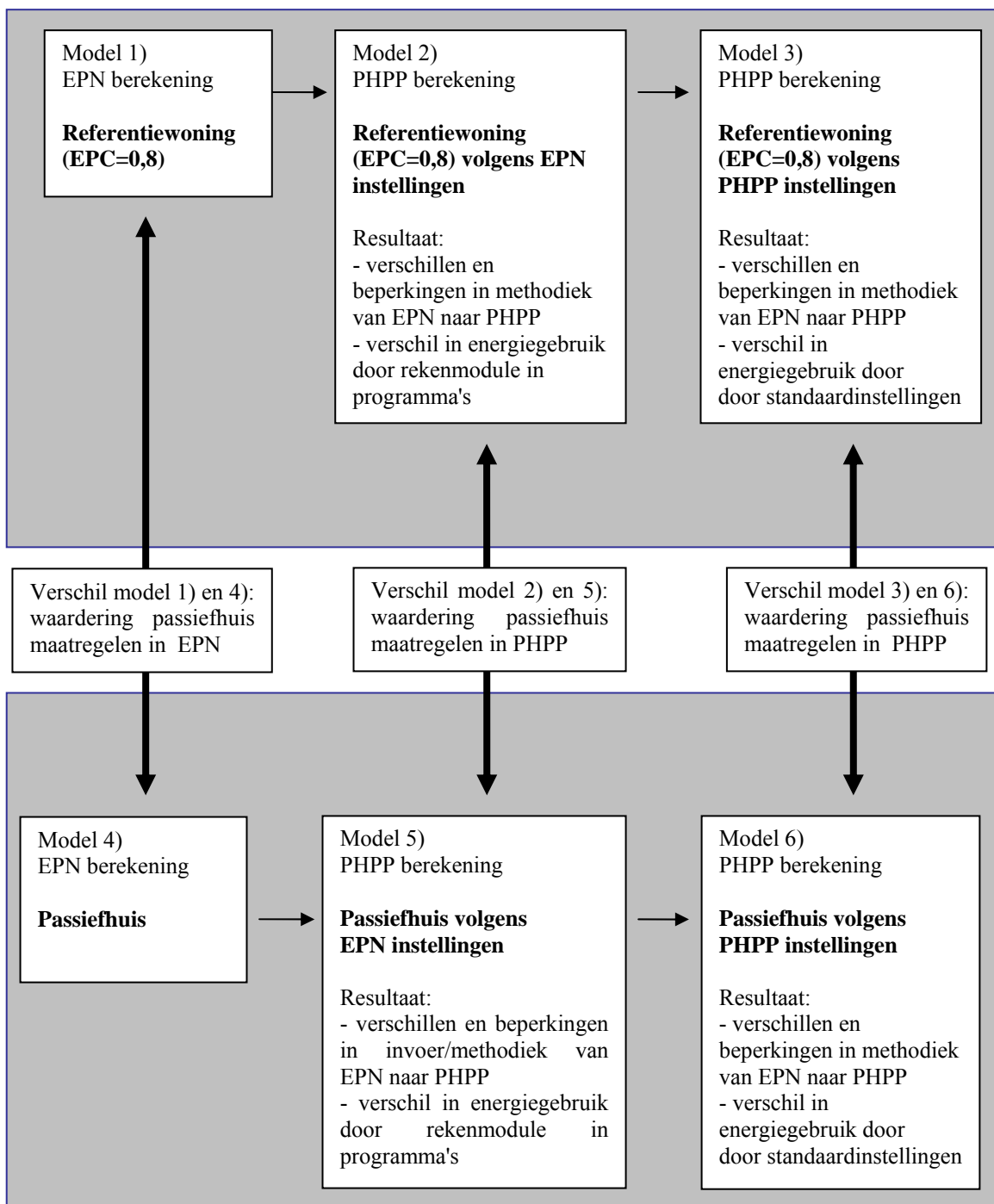
3.1.5 Werkwijze voor het vergelijken van PHPP en EPN berekeningen

De SN referentie tussenwoning is als woningtype gekozen om in detail de verschillen tussen de rekenmethodieken te onderzoeken. De andere woningtypen (vrijstaand en appartement) worden niet in detail geanalyseerd maar alleen in PHPP en EPN doorgerekend. In figuur 4.2 is weergegeven hoe de verschillende rekenmodellen zijn opgezet. Van de tussenwoning zijn 6 modellen gemaakt. Model 1 en 3 zijn modellen van de referentie tussenwoning in respectievelijk EPN en PHPP. Modellen 4 en 6 zijn modellen van de passiefhuis tussenwoning in respectievelijk EPN en PHPP. De modellen 2 en 5 zijn modellen van respectievelijk de referentie en de passiefhuis rijwoning, beiden in PHPP maar dan met de programma 'settings' volgens de EPN standaard.

Bij het vaststellen van de benodigde invoervariabelen is zoveel mogelijk uitgegaan van de 'default' instellingen of standaard instellingen van de rekenprogramma's EPW en PHPP. Op deze manier worden de twee rekenprogramma's met elkaar vergeleken, zoals de gebruiker verondersteld wordt ermee te rekenen. Verder wordt zo veel mogelijk uitgegaan van algemeen aanvaarde en bekende gegevens.

Om echter ook de effecten van de verschillen in rekenmethodiek van de programma's 'achter de schermen' te onderzoeken zijn er modellen samengesteld waarbij de instellingen wel zoveel mogelijk met elkaar overeen komen. Omdat de EPN methodiek minder flexibel is in de invoer, is het echter niet mogelijk om in de EPC berekeningen exact dezelfde invoer te geven als in een standaard PHPP berekening. Het effect van de beperkingen in invoervariabelen voor de EPC berekening wordt hierbij inzichtelijk gemaakt door in eerste instantie de 'EPC-waarde' instelling over te nemen in PHPP en deze, in een tweede stap, op de volgens PHPP gebruikelijke methodiek in te voeren. Op deze manier kan er een vergelijking worden gemaakt voor het effect van passiefhuismaatregelen in de EPN en in PHPP en volgens PHPP met de instellingen van de EPN methodiek.

Een uitgebreide tabel met alle invoergegevens voor zowel de EPC als de PHPP berekeningen is in bijlage 2 opgenomen. De beperkingen bij de invoer van de passiefhuismaatregelen in de EPC zijn hierbij aangegeven.



Figuur 3.3 Gevolgde werkwijze voor de vergelijking van de waardering voor passiefhuismaatregelen volgens EPN en volgens PHPP

4. Resultaten energiebehoefteberekeningen in EPN en PHPP

In dit hoofdstuk worden de resultaten gegeven van de waardering van passiefhuismaatregelen volgens de rekenprogramma's voor EPN en PHPP. 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.

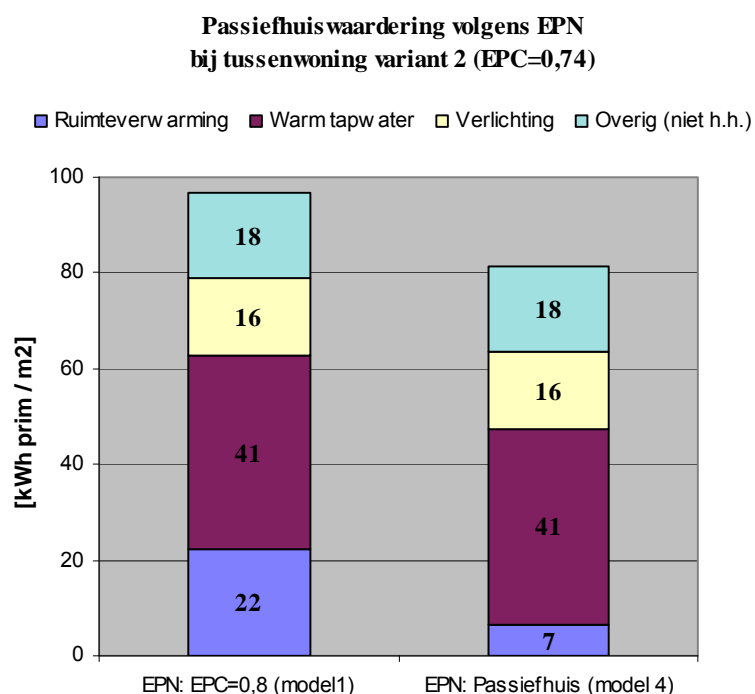
Voor de omzetting van het gasgebruik 'op de meter' naar primaire energie is bij beide programma's een omrekenfactor van 1,06 gebruikt. Voor het omrekenen van kWh elektriciteit naar kWh primaire energie is in beide programma's gerekend met een elektriciteitscentrale opwekkingsrendement van 0,39%.

4.1 Van referentie tussenwoning naar passiefhuis tussenwoning

De waardering van passiefhuismaatregelen bij de SN referentietussenwoning (variant 2 met een EPC=0,74) is bepaald volgens de EPN berekening en volgens de PHPP berekening, met in beide programma's de standaard te hanteren instellingen.

4.1.1 Energiebehoefte volgens EPN berekening

Uit onderstaande tabel en grafiek blijkt de waardering in EPN van passiefhuismaatregelen bij de referentiewoning (variant 2) met een EPC=0,74, model 1 versus model 4. In de figuur is duidelijk zichtbaar dat het energiegebruik voor ruimteverwarming aanzienlijk kleiner wordt door toepassing van de passiefhuismaatregelen. Het energiegebruik neemt af van 22 naar 7 kWh/m² per jaar. De overige posten (tapwater, verlichting en overig) blijven onveranderd.



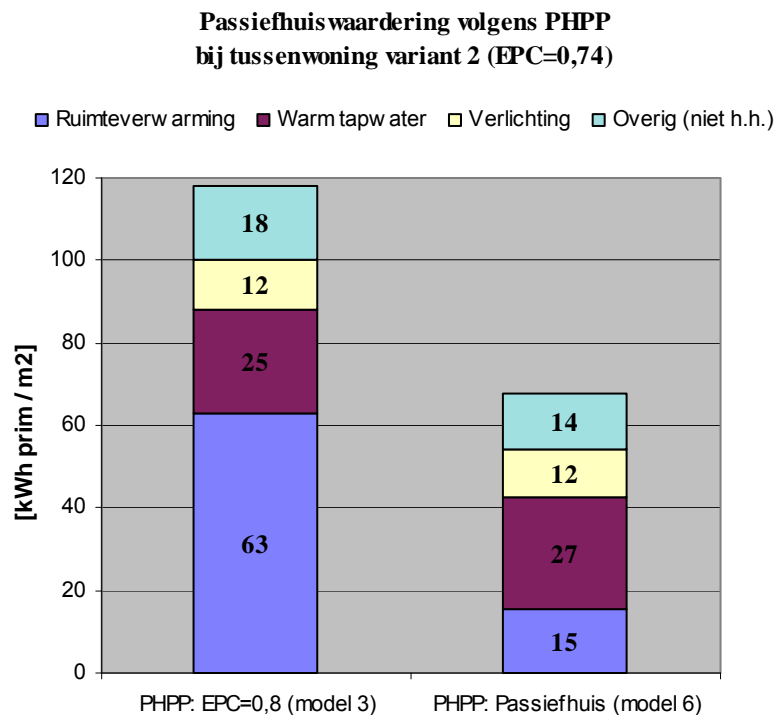
Figuur 4.1 Passiefhuiswaardering volgens EPN bij tussenwoning variant 2 (EPC=0,74)

Bevindingen:

- Ruimteverwarming: verlaging van 22 naar 7 kWh/m² (reductie 70%)
- Warm tapwater: geen verandering
- Verlichting: geen verandering
- Overig gebouwgebonden elektriciteitsverbruik: geen verandering.
- Totaal: het resultaat voor het totaal is een afname van 97 naar 81 kWh/m². Dit is een afname van 16% van het totaal. Dit betekent een EPC verlaging van 0,74 naar circa 0,62

4.1.2 Energiebehoefte volgens PHPP berekening

Uit onderstaande tabel en grafiek blijkt de waardering in PHPP voor passiefhuismaatregelen bij de referentiewoning EPC=0,74 (variant 2), model 3 versus model 6.



Figuur 4.2 Passiefhuiswaardering volgens PHPP bij tussenwoning variant 2 (EPC=0,74)

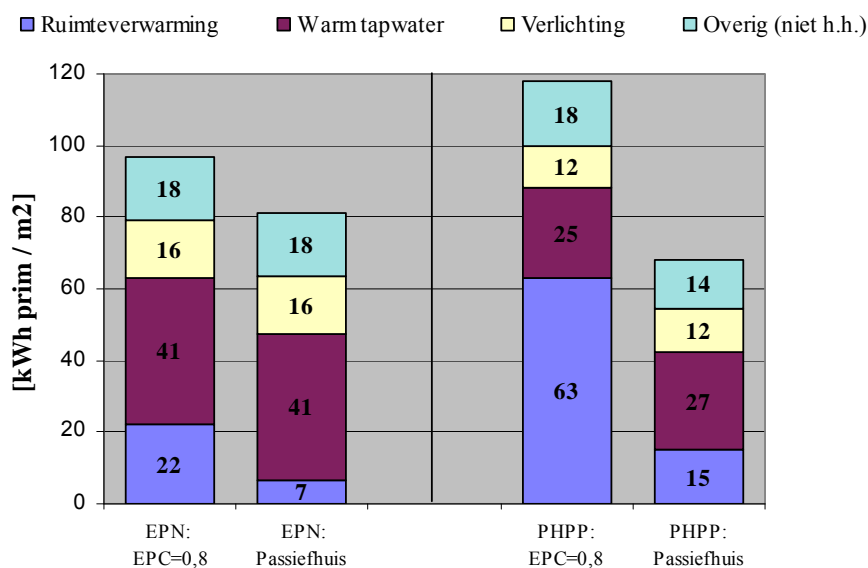
Bevindingen:

- Ruimteverwarming : verlaging van 63 naar 15 kWh/m² (reductie van 76%)
- Warm tapwater: verhoging van 25 naar 27 kWh/m² (stijging van 8%).
- Verlichting: geen verandering
- Overig: verlaging van 18 naar 13 kWh (reductie van 27%).
- Totaal: het resultaat is een totale afname van 118 naar 68 kWh. Dit is een afname van 50 kWh/m² (reductie van 42%).

4.1.3 Analyse verschillen tussen waardering bij tussenwoning in EPN en PHPP

Uit de grafiek in Figuur 4.4 is het verschil tussen PHPP en EPN in de waardering van passiefhuismaatregelen bij de referentiewoning (EPC=0,8) duidelijk te zien. Model 1 versus model 4 geeft het verschil in waardering volgens EPN en model 3 versus model 6 geeft het verschil in waardering volgens PHPP.

**Passiefhuiswaardering volgens EPN en PHPP
bij tussenwoning variant 2 (EPC=0,74)**



Figuur 4.3 Passiefhuiswaardering volgens EPN en PHPP bij tussenwoning variant 2 (EPC = 0,74)

1) Ruimteverwarming

- Het energiegebruik voor ruimteverwarming volgens EPN is bij de referentiesituatie (EPC=0,74 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 de grote verschillen in warmtevraag bij de referentiesituatie (EPC=0,74 woning) valt er volgens de EPN berekening veel minder winst te behalen met passiefhuismaatregelen dan volgens de PHPP berekening. Hierbij blijkt ook dat de 15 kWh/m² voor warmtevraag die als grens voor passiefhuizen is gesteld alleen bij de PHPP methodiek geldt. Volgens de EPN berekening zou een EPC=0,74 woning namelijk deze grens al bijna halen terwijl in PHPP een drie maal zo hoge waarde wordt berekend voor dezelfde woning (met standaard PHPP invoer).

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 standaard instelling 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 passiefhuisniveau 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.

4.2 Analyse van de invloed van verschillende invoerwaarden

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 (model 2 en 5) onderzocht waarbij de instellingen van EPN overgenomen zijn in het PHPP model zodat de invoer zo gelijk mogelijk is gehouden en de verschillen zo veel mogelijk aan de rekenmethodiek van de programma's zelf zijn 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 4.1 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	In PHPP: equivalent van circa 37 liter per persoon per dag	25 liter per persoon per dag
8.	HR ketel vermogen	25 kW	15 kW

4.2.1 Verschillen in invoer tussen EPN en PHPP

1) Binnentemperatuur T_i

De gemiddelde binnentemperatuur is in de EPN 18 °C omdat er van nachtelijke afkoeling wordt uitgegaan. NEN 5128 zegt hierover: "Voor de getalswaarde voor de binnentemperatuur bij de berekening van de warmtebehoefte geldt het volgende: De getalswaarde $\theta_{i,verw}=18$ is de rekenwaarde voor de etmaalgemiddelde resulterende temperatuur in een verwarmde zone zonder rekening te houden met eventuele stijging van de gemiddelde temperatuur door onbenutte warmte van zon en interne warmtebronnen, in °C. De resulterende temperatuur is het gemiddelde van luchttemperatuur en temperatuur die wordt gevoeld door uitwisseling van warmtestraling met de oppervlakken van de omhulling van de desbetreffende ruimte. OPMERKING 1 in deze rekenwaarde is de daling van de temperatuur door nachtverlaging van de temperatuurinstelling verdisconteerd, zie echter ook E.4. De eventuele stijging van de

temperatuur door onbenutte warmtewinst is via de benuttingsfactor voor warmtewinst verdisconteerd."

In passiefhuizen is 's winters nauwelijks sprake van afkoeling en nachtverlaging van de thermostaat. Ook is er weinig verschil tussen de verschillende vertrekken binnen de thermische schil. De binnentemperatuur dient in PHPP derhalve voor de berekeningen op 20°C te worden gehouden.

2) Interne warmtelast

Onder de interne warmtelast wordt de warmteproductie door personen, apparatuur, huishoudelijke apparaten, e.d. verstaan. Bij de EPN berekeningen is de vaste waarde 6,0 W/m². Bij PHPP wordt standaard uitgegaan van 2,1 W/m². In het programma PHPP bestaat wel de mogelijkheid om de elektrische apparaten (en personen) voor een specifieke situatie in te voeren en aan de hand hiervan de interne warmtelast te berekenen.

3) Vloeroppervlak

In PHPP valt het netto vloeroppervlak net wat lager uit dan in de EPN berekening (120 versus 124 m²). Dit heeft te maken met verschil in berekening voor o.a. de trappen.

4) Verliesoppervlak dak, gevel, vloer

Voor het bepalen van de gebouwmhulling (verliesoppervlakte) voor het berekenen van de transmissieverliezen wordt in PHPP met de buitenmaten van het gebouw gerekend en in EPN met de binnenmaten.

5) Lineaire warmteverliezen

Bij de PHPP berekeningen wordt een ψ -waarde voor buitenmaten van de gebouwfmetingen genomen. Voorwaarde hierbij is dat de koudebruggen kleiner dan 0,01 W/mK zijn. In de EPN methode wordt een ψ -waarde voor de binnenmaten genomen. Dit kan een forfaitaire waarde voor de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt óf een toeslag op de U-waarde van daken en gevels van 0,1 W/m²K zijn.

6) Ventilatiehoeveelheid

De EPN heeft als uitgangspunt voor de berekening van het ventilatievoud bij balansventilatie 25m³/h per persoon. In de EPC berekening staat als default instelling: (qv,i,k = 44,75 l/s).

PHPP gaat uit van het Duitse DIN 1946: 30 m³/h per persoon en gemiddeld 35 m³ per persoon. Het resulterend ventilatievoud volgens EPN bedraagt circa 0,6 - 0,85 volumewisselingen per uur. PHPP gaat uit van minimaal 0,3 volumewisselingen per uur.

7) Warm tapwater

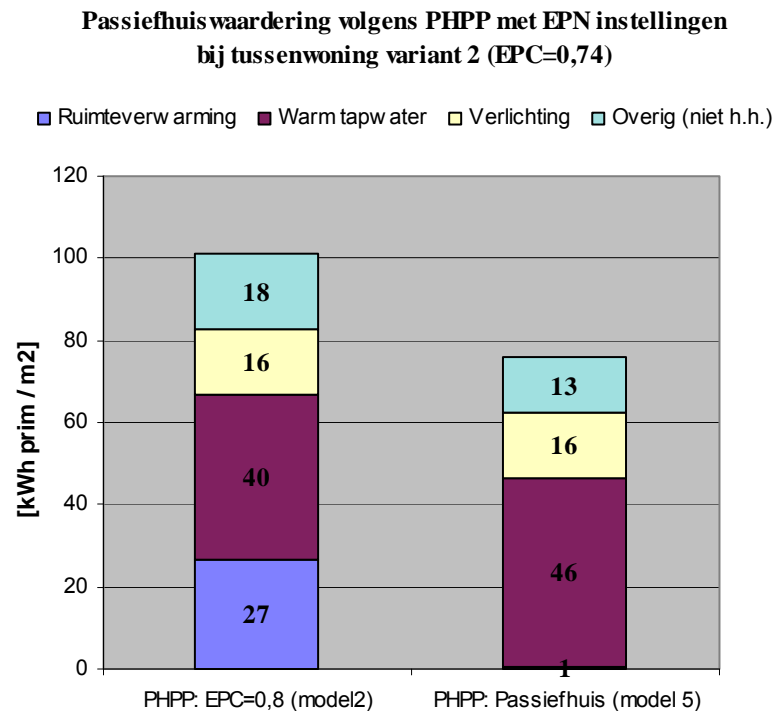
PHPP gaat uit van 25 liter warm water (60 °C) per persoon per dag. In de EPN berekening wordt uitgegaan van een dagelijkse warmtapwatervraag gebaseerd op het aantal tappunten in de woning (methode a: $n \text{ aanrecht} * 0.176 * A_g + n \text{ badruimte} * 0.704 * A_g$) of het gebruiksoppervlak van de woning (methode b: $0,881 * A_g$). Wanneer de hoeveelheid energie die volgens de EPN wordt verbruikt, vertaald wordt naar PHPP standaard komt dit overeen met circa 37 liter per persoon per dag in PHPP. De aanname van 25 liter in PHPP lijkt aan de lage kant aangezien het TNS NIPO onderzoek 'Watergebruik thuis 2007' aangeeft dat gemiddeld 50 liter per persoon per dag wordt gedoucht en dat dit circa 75% van het totale warm tapwatergebruik betreft. Het totale warm tapwatergebruik komt daarmee op circa 63 liter per persoon per dag. Uitgaande van een temperatuur van circa 38°C voor het douchewater en een gemiddelde aanvoertemperatuur van circa 10°C betekent dit dat er circa 28/50 liter water van 60°C nodig is om een liter water van 38°C te krijgen. Dit komt neer op ruwweg circa 35 liter per persoon per dag.

8) HR ketel vermogen

Het ketelvermogen van een gasgestookte ketel (in PHPP 'condensing gas boiler' genoemd) staat default ingesteld op 15 kW in PHPP. Hoewel bij de EPC berekening geen specifiek vermogen hoeft te worden opgegeven om het opwekkingsrendement te bepalen wordt in PHPP het vermogen van een gemiddelde HR combiketel op circa 25 kW aangenomen.

4.2.2 Resultaten PHPP berekening met EPN instellingen

De resultaten van de PHPP berekeningen met EPN instellingen als invoer staan in onderstaande tabel en grafiek (model 2 voor de EPC=0,8 referentie en model 5 voor de passiefhuisvariant).



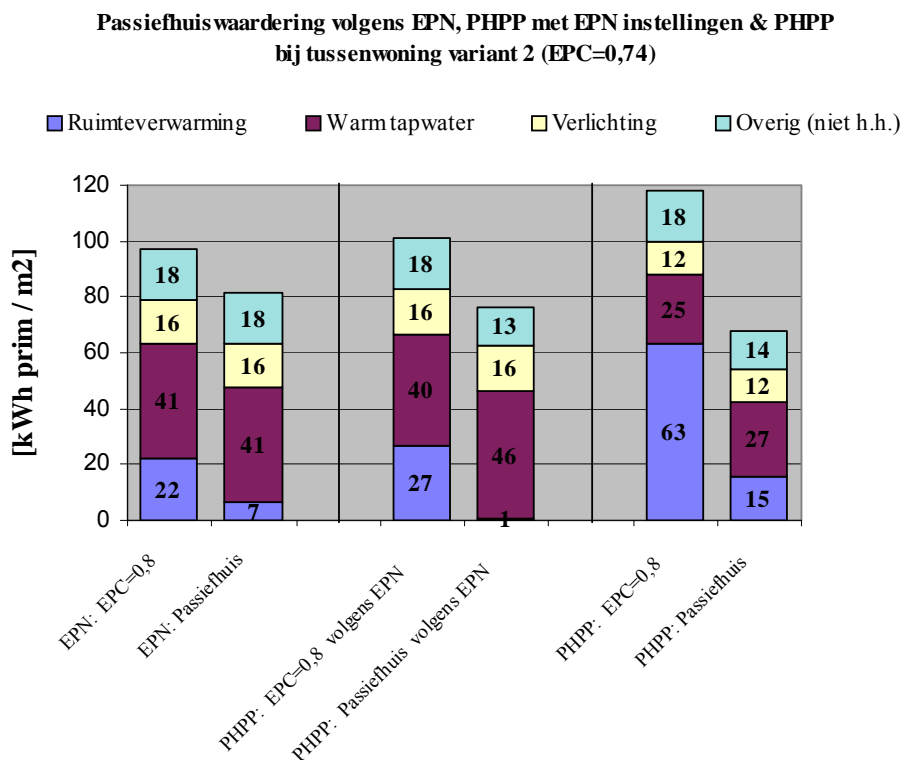
Figuur 4.4 Passiefhuiswaardering volgens PHPP met EPN instellingen bij tussenwoning variant 2 (EPC=0,74)

Bevindingen:

- 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.

4.2.3 Overzicht resultaten waardering passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP (en PHPP volgens EPN)



Figuur 4.5 Passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP (Model 1 t/m 6)

4.2.4 Conclusies

Door de veranderingen van de standaardinstellingen van PHPP naar EPN instellingen (zie 'Tabel 4.1 Overzicht invoerverschillen (standaard settings) bij EPN en PHPP berekening') is het energiegebruik van de referentiesituatie in PHPP (model 2) redelijk overeenkomend met het energiegebruik volgens de EPN berekening (model 1). Zowel de verdeling van het energiegebruik over de verschillende posten als de absolute waarden in model 2 liggen nu dicht in de buurt van model 1. De warmtevraag van de 'standaard' PHPP berekening (Model 3) is teruggebracht van 63 naar 27 kWh/m² (Model 2) en is daarmee nagenoeg gelijk geworden aan de warmtevraag van Model 1 (25 kWh/m²).

Bij verandering naar passiefhuisniveau valt op dat het energiegebruik voor ruimteverwarming (1 kWh/m²) bij PHPP berekening miniem geworden is terwijl dit bij de EPN berekening nog 7 kWh/m² bedraagt. In absolute zin is het verschil in de afname van 27-1=26 kWh/m² vergeleken met 22-7=15 kWh/m² bijna een factor twee kleiner en is het resulterende energiegebruik voor ruimtewarmtevraag een factor zeven kleiner en zelfs nagenoeg verdwenen.

Het PHPP rekenprogramma blijkt een veel lager energiegebruik te berekenen door een hogere veronderstelde waarde van de interne warmtelast. Wanneer in deze variant namelijk de interne warmtelast wordt teruggezet van 6,0 naar 2,1 W/m² loopt het energiegebruik voor verwarming namelijk weer op naar 7 kWh/m². Het effect van de verschillende waarden voor deze post wordt in het volgende hoofdstuk 'Gevoeligheidsanalyse' verder onder de loep genomen.

De warm tapwatervraag van de 'standaard' PHPP berekening (Model 3) is toegenomen van 25 naar 40 kWh (model 2) en ligt hier dicht bij de warmtevraag van model 1 (41 kWh). Het verschil in aanname tussen EPN en PHPP voor het warm tapwatergebruik per m² respectievelijk het aantal liters per persoon per dag blijkt het verschil te verklaren tussen de warm tapwatervraag in model 3 en model 1.

4.3 Gevoeligheidsanalyse passiefhuismaatregelen en standaardinstellingen

Een deel van de verschillen in uitkomsten tussen PHPP en EPN berekeningen is toe te schrijven aan verschillen in invoer en uitgangspunten 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. Het gaat hierbij enerzijds om het verschil in energiegebruik voor invoervariabelen die benodigd zijn om het passiefhuisniveau te bereiken (infiltratie, warmteweerstand van de dichte schildelen, warmtegeleiding van de beglazing, etc.) vergeleken met de referentiesituatie. Anderzijds gaat het hier, zoals gezegd, om verschillen in input ten gevolge van verschil in uitgangspunten tussen EPN en PHPP. Voor iedere wijziging in invoer is telkens het afzonderlijke effect op het berekende energiegebruik separaat bepaald. Doel van de gevoeligheidsanalyse is inzicht te verkrijgen in enerzijds de effecten van afzonderlijke passiefhuismaatregelen en anderzijds in de effecten van verschillen in vaste of default instellingen in de EPN en de PHPP rekenmethodiek.

Het uitgangspunt bij de berekeningen is de passiefhuisvariant waarbij telkens een van onderstaande maatregelen op EPC=0,8 niveau in plaats van passiefhuisniveau en (in PHPP) op de vaste EPN instelling in plaats van de standaard PHPP instelling is uitgevoerd. 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.

4.3.1 Invoer voor de varianten

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de verschillen in invoer voor de doorgerekende varianten. Variant 1 t/m 7 hebben betrekking op de verschillen tussen maatregelen op passiefhuisniveau en op EPC=0,8 niveau. Variant 8 t/m 16 hebben betrekking op de geconstateerde verschillen in standaardwaarde bij EPN en default (variabel) instelling bij PHPP.

Tabel 4.2 Overzicht bouwkundige maatregelen en verschillen in programma instellingen

4.3.2 Resultaten

In onderstaande tabel zijn de resultaten gegeven voor het effect op ruimteverwarming. De tabellen voor warm tapwater, verlichting, overig gebouwgebonden en het totale energiegebruik zijn terug te vinden in Bijlage 2.

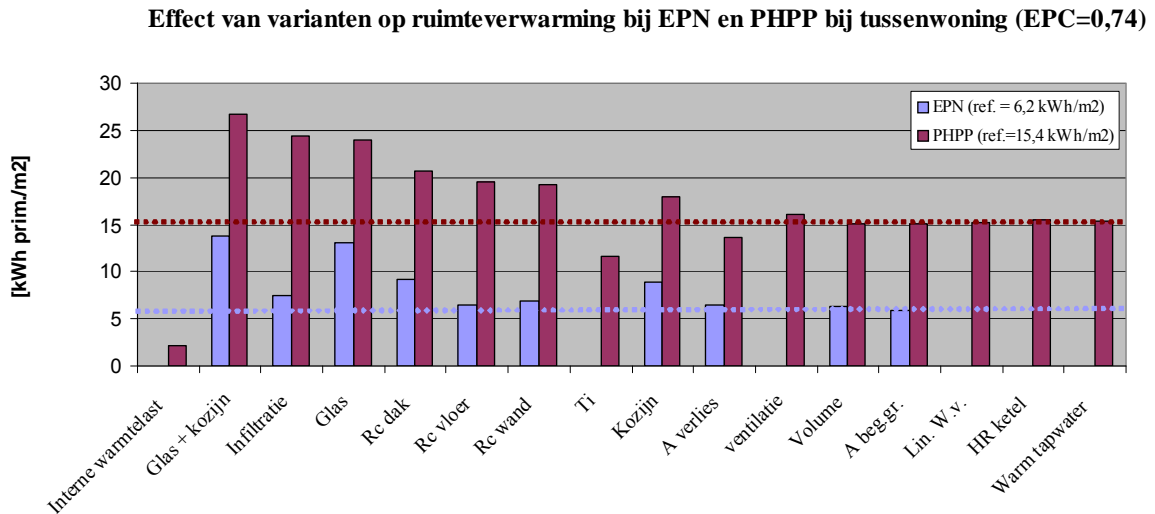
Voor zowel de EPN als de PHPP berekeningen is telkens het energiegebruik van de 'Variant' en de referentie (Ref.) gegeven, alsmede het verschil uitgedrukt in energiegebruik en als percentage ten opzichte van de referentie. De maatregelen zijn in onderstaande tabel gerangschikt op volgorde van effect (als percentage verandering ten opzichte van de referentiesituatie) bij de PHPP berekeningen.

Tabel 4.3 Effect van varianten op energiegebruik voor ruimteverwarming

	EPN				PHPP			
kWh prim/m²	Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m²)				Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m²)			
<i>Variant:</i>	<i>Variant</i>	<i>Ref.</i>	<i>Vershil</i>	<i>%</i>	<i>Variant</i>	<i>Ref.</i>	<i>Vershil</i>	<i>%</i>
Interne warmtelast					2,1	15,4	-13,3	-86%
Glas + kozijn	13,8	6,2	7,63	124%	26,7	15,4	11,4	74%
Infiltratie	7,5	6,2	1,30	21%	24,5	15,4	9,1	59%
Glas	13,1	6,2	6,91	112%	24,0	15,4	8,6	56%
Rc dak	9,2	6,2	2,99	49%	20,6	15,4	5,2	34%
Rc vloer	6,4	6,2	0,28	5%	19,6	15,4	4,2	27%
Rc wand	7,0	6,2	0,79	13%	19,2	15,4	3,9	25%
Ti					11,6	15,4	-3,8	-24%
Kozijn	8,9	6,2	2,76	45%	17,9	15,4	2,5	16%
A verlies	6,4	6,2	0,26	4%	13,7	15,4	-1,7	-11%
ventilatie					16,1	15,4	0,7	5%
Volume	6,4	6,2	0,20	3%	15,1	15,4	-0,3	-2%
A beg.gr.	5,8	6,2	-0,33	-5%	15,0	15,4	-0,4	-2%
Lin. W.v.					15,3	15,4	-0,1	-1%
HR ketel					15,5	15,4	0,2	1%
Warm tapwater					15,4	15,4	0,0	0%

Bij het beoordelen van de effecten van passiefhuismaatregelen ligt de focus op het energiegebruik voor ruimteverwarming. In de onderstaande grafieken zijn de resultaten van Tabel 4.3 grafisch weergegeven. De passiefhuis referentiesituatie is voor de EPC varianten met 6,2 kWh/m² beduidend lager dan de passiefhuis referentiesituatie volgens PHPP (15,4 kWh/m²).

In de onderstaande figuur zijn de resultaten voor EPN en PHPP voor de vergelijking van het effect op de ruimteverwarming samen weergegeven.



Figuur 4.6 Effect van varianten op ruimteverwarming bij EPN en PHPP

4.4 Evaluatie van maatregelen en het effect op het energiegebruik

De maatregelen worden hieronder geëvalueerd op volgorde van grootte van het effect, dat zij hebben, uitgedrukt als procentuele verandering, op de warmtevraag bij de PHPP berekeningen.

- 1) Interne warmtelast (-86% bij PHPP)

Tabel 4.4 Effect van 'interne warmtelast' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
Interne warmtelast					2,1	15,4	-13,3	-86%

Deze variant heeft in PHPP met een vermindering van 86% een zeer groot effect op de warmtevraag. In de EPN is het niet mogelijk om een andere waarde te kiezen dan 6 W/m². De verhoging van 2,1 W/m² naar 6 W/m² voor de interne warmtelast geeft in PHPP een drastisch verschil. De vraag rijst welke waarde het meest realistisch is? Het voert te ver om hier in deze studie een eenduidig antwoord op te kunnen geven. Wel kan er een indicatie worden gegeven door de hoogte van de interne warmtelast af te leiden (in PHPP). Door uit te gaan van een gemiddeld elektriciteitsgebruik (BEK 2000/Home 2005) kan in het invoerblad 'Electricity' alle huishoudelijke apparatuur, verlichting (en personen) ingevoerd worden en kan dit (middels een stelpost) precies gelijk worden gesteld aan het jaarlijks gemiddeld elektriciteitsverbruik volgens Home 2005 of BEK. Vervolgens kan de bijbehorende interne warmtelast worden bepaald en (naar keuze in PHPP) worden ingevoerd in de berekening. De resulterende interne warmtelast bedraagt in dit geval circa 3 W/m² en zit daarmee dicht bij de PHPP waarde dan de EPN waarde. De warmtevraag bedraagt bij de passiefhuisvariant in PHPP in dat geval 10 kWh/m². Er wordt in PHPP uitgegaan van de standaard 2,1 W/m² omdat ook bij een huishouden met een lagere interne warmtelast een passiefhuis op de juiste temperatuur moet kunnen worden gehouden.

2) Glas + kozijn (74% bij PHPP, 124% bij EPN)

Tabel 4.5 Effect van 'glas en kozijn isolatie' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
Glas + kozijn	13,8	6,2	7,63	124%	26,7	15,4	11,4	74%
Glas	13,1	6,2	6,91	112%	24,0	15,4	8,6	56%
Kozijn	8,9	6,2	2,76	45%	17,9	15,4	2,5	16%

Deze variant heeft zowel in PHPP (74%) als in EPN (124%) een groot effect op de warmtevraag. In de EPN is de verhoging in absolute zin kleiner (verschil van 7,63 kWh/m² t.o.v. de referentie) dan bij PHPP (verschil van 11,4 kWh/m² t.o.v. de referentie) maar relatief gezien is de invloed zeer groot. Van de separate varianten 'glas' en 'kozijn' heeft het glas het grootste effect, zowel bij PHPP als EPN. Opmerkelijk is het relatief grote effect van de kozijnen in EPN (45%), vergeleken met het effect in PHPP (16%). Voor de exacte oorzaak van deze verschillen zal de rekenmethodiek meer in detail moeten worden geanalyseerd.

3) Infiltratie (59% bij PHPP, 21% bij EPN)

Tabel 4.6 Effect van 'infiltratie' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
Infiltratie	7,5	6,2	1,30	21%	24,5	15,4	9,1	59%

Het effect van een lagere infiltratie door de verbeterde luchtdichtheid van de gebouwschil wordt in PHPP duidelijk beter beloond dan in de EPN. In PHPP bedraagt het verschil 9,1 kWh/m² (59%) terwijl in de EPC berekening het verschil 1,3 kWh/m² (21%) is. Zowel absoluut als relatief is het effect in de EPN methodiek duidelijk minder groot.

Het blijkt dat een betere luchtdichtheid dan een waarde van $q_{v,10};k_{ar}=0,384$ in de EPN in het EPW rekenprogramma 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.

4) Rc dak, vloer en wand (92% bij PHPP, 80% bij EPN)

Tabel 4.7 Effect van 'Isolatie dak, vloer en wand' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
Rc dak	9,2	6,2	2,99	49%	20,6	15,4	5,2	34%
Rc vloer	6,4	6,2	0,28	5%	19,6	15,4	4,2	27%
Rc wand	7,0	6,2	0,79	13%	19,2	15,4	3,9	25%
Rc dak, vloer + wand	11,1	6,2	4,94	80%	29,6	15,4	14,2	92%

Het effect van de isolatie van de gebouwschil wordt in de EPN over et geheel genomen minder gewaardeerd dan in PHPP. De waardering van dakisolatie blijkt in EPN (49%) weliswaar

relatief groot ten opzichte van PHPP (34%) maar het effect van vloerisolatie in de EPN (5%) is minimaal vergeleken bij de PHPP berekening (27%). De isolatie van wanden wordt eveneens slechter gewaardeerd in EPN dan in PHPP, zowel in absolute als in relatieve zin.

Wanneer het uitvoeren van isolatie maatregelen, op EPC=0,8 niveau bij de passiefhuis variant, tegelijk worden beschouwd is het effect in PHPP een toename van de warmtevraag van 14 kWh/m² (92%) en in EPN een toename van 5kWh/m² (80%).

5) Binnentemperatuur T_i (24% bij PHPP)

Tabel 4.8 Effect van 'Binnentemperatuur T_i' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
T _i					11,6	15,4	-3,8	-24%

Het effect van een lagere binnentemperatuur, zoals EPN hanteert, kan alleen in PHPP worden berekend. Het verlagen van de gemiddelde temperatuur van 20 °C naar 18 °C geeft een verlaging van de warmtevraag van 3,8 kWh/m² (24%). Omdat bij passiefhuizen geen nachtverlaging benodigd is, lijkt het niet logisch om deze lagere gemiddelde temperatuur te hanteren. EPN geeft vergeleken met PHPP een onderschatting van de warmtevraag voor passiefhuizen. De lagere nachtelijke verliezen bij passiefhuizen dienen niet simpelweg te worden benaderd door een hogere binnentemperatuur setting aan te nemen omdat dit volgens de PHPP en EPN methodiek in een verhoging van de warmtevraag zal resulteren.

6) A verlies (-11% bij PHPP, 4% bij EPN)

Tabel 4.9 Effect van 'Verliesoppervlakte' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
A verlies	6,4	6,2	0,26	4%	13,7	15,4	-1,7	-11%

De verschillende rekenwaarden voor de verliesoppervlakten geven een 4% hoger energiegebruik voor ruimteverwarming bij de EPN berekening en een 11% lager energiegebruik bij de PHPP berekening.

7) Ventilatie (5% bij PHPP)

Tabel 4.10 Effect van 'Ventilatievoud' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
ventilatie					16,1	15,4	0,7	5%

Het verhoogde ventilatievoud van 100 m³ naar 170 m³ geeft slechts een toename van 0,7 kWh/m² (5%) in PHPP. Dit ligt aan het hoog rendement warmteterugwinning (95%) van de WTW unit. Het elektriciteitsgebruik (zie Bijlage 3) is met 24% toegenomen van 13,5 naar 16,7 kWh/m².

- 8) A begane grond (-5% bij EPN, -2% bij PHPP)

Tabel 4.11 Effect van 'Vloerooppervlakte' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
A beg.gr.	5,8	6,2	-0,33	-5%	15,0	15,4	-0,4	-2%

De verschillen in oppervlakte waarmee gerekend wordt in PHPP (52,4 m²) en EPN (46,2 m²) geeft in de EPN relatief gezien een iets groter effect op de afname van de warmtevraag.

- 9) Volume (3% bij EPN, -2% bij PHPP)

Tabel 4.12 Effect van 'Volume' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
Volume	6,4	6,2	0,20	3%	15,1	15,4	-0,3	-2%

De verschillen in volume waarmee gerekend wordt in PHPP (323 m³) en EPN (311 m³) geeft in de EPN een verhoging van 3% en in PHPP een verlaging van 2%.

- 10) Lineaire warmte verliezen (-1% bij PHPP)

Tabel 4.13 Effect van 'lineaire warmteverliezen' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
Lin. warmteverl.					15,3	15,4	-0,1	-1%

De lineaire warmteverliezen zijn alleen in de PHPP berekening aan te passen en geven een 1% lagere warmtevraag.

- 11) HR ketel vermogen (1% bij PHPP)

Tabel 4.14 Effect van 'HR-ketel' op energiegebruik voor ruimteverwarming

kWh prim/m ²	EPN Ruimteverwarming (Ref.=6,2 kWh/m ²)				PHPP Ruimteverwarming (Ref.= 15,4 kWh/m ²)			
	Variant	Ref.	Vershil	%	Variant	Ref.	Vershil	%
HR ketel					15,5	15,4	0,2	1%

In de EPN is het standaard ketelvermogen niet gespecificeerd. In PHPP is de standaardinstelling 15kW voor een 'condensing boiler'. Wanneer wordt uitgegaan wordt van 25kW (de waarde van een in Nederland gebruikelijk vermogen) dan neemt het energiegebruik met 1% toe.

4.5 Zomercomfort en koelbehoefte

In de EPN wordt een (virtueel) energiegebruik voor zomercomfort/ koeling in rekening gebracht. Bij afwezigheid van een koelsysteem wordt een energiegebruik voor zomercomfort bepaald. Doel hiervan is dat al bij het ontwerp van een woonfunctie of woongebouw rekening wordt gehouden met het minimaliseren van de koelbehoefte omdat bewoners bij onvoldoende

zomercomfort veelal toch tot de aanschaf van (mobiele) koelapparatuur overgaan. Zomercomfort is daarmee mede bepalend voor de energieprestatie van een woning.

De koudebehoefte wordt in de EPN bepaald door de niet-benutte warmtewinst door zoninstraling en interne warmteproductie. De benutte warmtewinst is dat deel van de warmtewinst dat via transmissie en ventilatiewarmteverlies wegvloeit. Passiefhuizen hebben een hoger aandeel niet-benutte warmtewinsten in de zomer en dus in potentie een hoger virtueel energiegebruik voor koeling.

In de EPN berekening lijkt de invloed van maatregelen die temperatuuroverschrijding tegengaan zoals zonwering en ventilatie beperkter te zijn dan in PHPP. Omdat natuurlijke spuiventilatie 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. In de EPC berekening bedraagt het energiegebruik voor zomercomfort bij de EPC=0,8 tussenwoning 722 MJ (0,016 EPC punt) en bij de passiefhuisvariant is dat met 696 MJ (0,015 EPC punt) zelfs nog wat lager.

PHPP en EPN laten zich wat moeilijk onderling vergelijken omdat het zomercomfort in PHPP wordt uitgedrukt in een percentage van overschrijdingsuren boven 25 °C en het zomercomfort in de EPN wordt uitgedrukt in een virtueel energiegebruik en een indeling in 3 klassen voor risico van temperatuuroverschrijdingen. In PHPP neemt het aantal overschrijdingsuren bij de toepassing van passiefhuismaatregelen in eerste instantie toe van 0% naar 2% wanneer de EPC=0,8 woning naar passiefhuis standaard wordt gebracht, zonder additionele maatregelen. Door echter de zomernacht ventilatie te verhogen kan het aantal overschrijdingsuren weer naar 0% worden teruggebracht. Hieruit blijkt dat het, volgens PHPP, met maatregelen ter preventie van overschrijdingsuren ook bij passiefhuizen zeer goed mogelijk is om een uitstekend zomercomfort, zonder actieve koeling, te behalen.

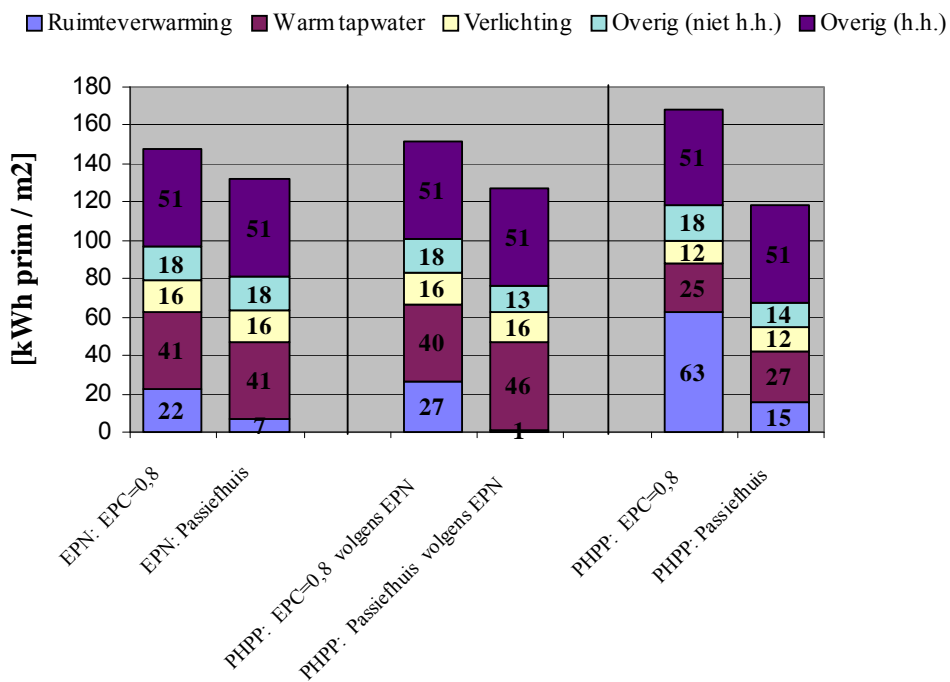
Het comfortaspect is bij de vele in Europa gerealiseerde passiefhuizen uitgebreid gemeten en geëvalueerd. Passiefhuizen worden daarbij zowel 's zomers als 's winters als zeer comfortabel ervaren. De temperatuuroverschrijdingsuren volgens PHPP blijken goed overeen te komen met de gemeten waarden en kunnen ook bij zeer goed geïsoleerde passiefhuizen tot een absoluut minimum worden beperkt. Er moet hierbij wel uitgegaan kunnen worden van bewust bewonersgedrag, zoals het gebruiken van zonwering om de zonnewarmte buiten te houden en eventueel (zomernacht-) ventilatie om de woning koel te houden.

Het is essentieel voor het comfort in passiefhuizen om goede zonweringsvoorzieningen te treffen en andere maatregelen ter verbetering van zomercomfort te treffen. Het is daarom ook goed dat dit hier aandacht aan wordt geschonken in de EPN berekening. Het is echter de vraag of het toepassen van deze maatregelen in de EPN op een juiste wijze wordt gewaardeerd. Enerzijds zijn de effecten van maatregelen in de EPN zeer gering terwijl anderzijds, door het ontbreken van de mogelijkheid voor zomernachtventilatie in de EPN, de koelbehoefte voor passiefhuizen juist hoger wordt ingeschat dan volgens PHPP en de praktijk nodig is.

4.6 Totaal energiegebruik inclusief huishoudelijke apparatuur

Het programma PHPP berekent onder meer het totaal van gebouwgebonden en huishoudelijk energiegebruik. Om aan de passiefhuiscriteria te voldoen dient het energiegebruik (zoals bepaald volgens PHPP) lager te zijn dan 120 kWh (primair)/m². Hoewel de EPN methodiek geen post voor huishoudelijke apparatuur kent is in onderstaand overzicht in Figuur 4.7 het huishoudelijk energiegebruik zowel bij de PHPP als EPN berekening toegevoegd. Voor het bepalen van de post huishoudelijke apparatuur is uitgegaan van het gemiddelde elektriciteitsgebruik volgens BEK2000 en Home2005.

**Passiefhuiswaardering volgens EPN, PHPP met EPN instellingen & PHPP
bij tussenwoning variant 2 (EPC=0,74)**



Figuur 4.7 Passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP (model 1t/m 6), inclusief huishoudelijke apparatuur

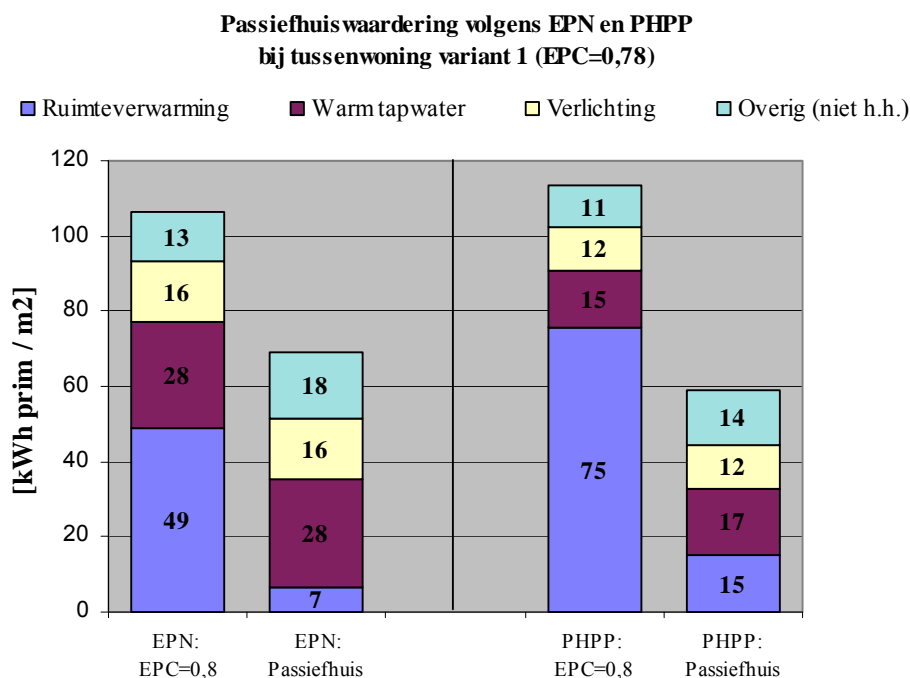
Uit de figuur valt af te lezen dat de grens van 120 kWh/m² alleen wordt gehaald bij de passiefhuis variant volgens de PHPP berekening.

5. Waardering van passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP bij overige referentiewoningen en varianten

De in het vorige hoofdstuk beschreven analyse heeft zich toegespitst op de SenterNovem tussenwoning variant 2 zoals beschreven in Tabel 3.1. In dit hoofdstuk wordt de waardering van passiefhuismaatregelen in EPN en PHPP bij de overige referentiewoningen en varianten onderzocht en toegelicht.

5.1 Tussenwoning (SenterNovem variant 1)

In tegenstelling tot SenterNovem variant 2 heeft variant 1 geen balansventilatie maar zelfregelende roosters. Daarnaast heeft deze variant een zonneboiler. In vergelijking met variant 2 is het energiegebruik voor ruimteverwarming hoger en voor tapwater juist lager. Het effect van passiefhuismaatregelen bij de tussenwoning variant 1 (EPC=0,8 met zonnecollector en zelfregelende roosters) is weergegeven in Figuur 5.1.

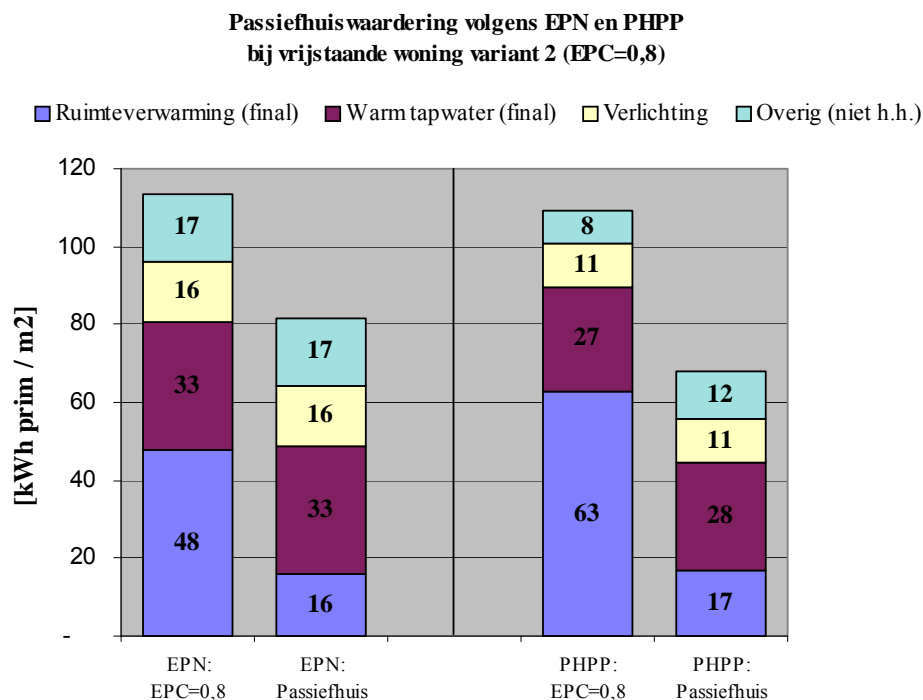


Figuur 5.1 Waardering van passiefhuismaatregelen volgens EPN en PHPP bij SN referentiewoning variant 1 (zelfregelende roosters en zonnecollector)

Bij deze variant is het besparingspotentieel voor ruimteverwarming groter dan bij variant 2. Het totale effect van passiefhuismaatregelen op de energieprestatie is volgens EPN een besparing van 35% (EPC=0,78 naar EPC=0,51). Het effect is volgens de PHPP berekening een stuk groter met 48% besparing op het totaal energiegebruik.

5.2 Vrijstaande woning

De eigenschappen van de SenterNovem vrijstaande woning zijn in 'Bijlage 1 SenterNovem referentiewoningen' gegeven. De genomen passiefhuismaatregelen zijn identiek aan de maatregelen bij de tussenwoning, zoals weergegeven in Tabel 2.1. De berekening van de vrijstaande woning betreft variant 2 met gebalanceerde ventilatie.



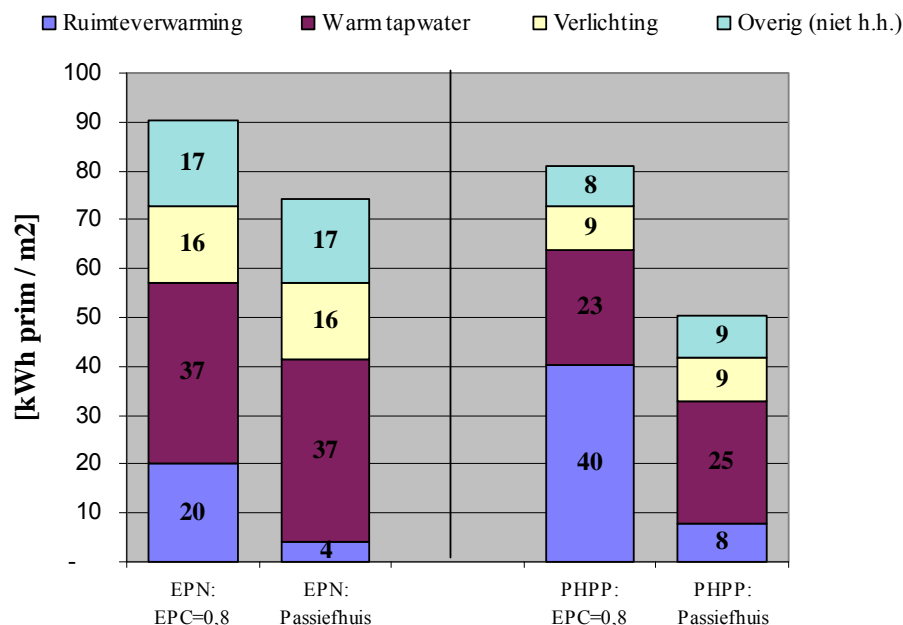
Figuur 5.2 Waardering van passiefhuismaatregelen volgens EPN en PHPP bij SN vrijstaande woning variant 2 (gebalanceerde ventilatie)

Bij de SN referentiewoningtype 'vrijstaande woning' geven de passiefhuismaatregelen volgens EPN een besparing van totaal 28% terwijl de besparing volgens PHPP 38% bedraagt. Ten opzichte van de tussenwoning is hier een minder groot verschil in waardering voor passiefhuismaatregelen. Het energiegebruik voor ruimteverwarming is bij de passiefhuisvariant volgens EPN en PHPP nagenoeg gelijk. Het verschil in waardering wordt veroorzaakt door de relatief goede waardering van de EPC=0,8 variant in de EPN methodiek.

5.3 Appartementencomplex

De eigenschappen van het SenterNovem appartementencomplex zijn in 'Bijlage 1 SenterNovem referentiewoningen' gegeven. De genomen passiefhuismaatregelen zijn identiek aan de maatregelen bij de tussenwoning, zoals weergegeven in Tabel 2.1. De berekening betreft variant 2 met gebalanceerde ventilatie.

**Passiefhuiswaardering volgens EPN en PHPP
bij appartementencomplex variant 2 (EPC=0,78)**



Figuur 5.3 Waardering van passiefhuismaatregelen volgens EPN en PHPP bij SN appartementencomplex variant 2 (gebalanceerde ventilatie)

Bij het SN referentiewoningtype 'appartementencomplex' geven de passiefhuismaatregelen volgens EPN een besparing van totaal 18 % terwijl de besparing volgens PHPP maar liefst 44% bedraagt. Net als bij de tussenwoning is ook hier het verschil tussen waardering voor de EPC=0,8 variant erg groot. De relatief goede waardering van de EPC=0,8 woning in EPN zorgt ervoor dat de waardering van passiefhuismaatregelen in vergelijking met PHPP relatief klein is. In absolute zin scoort de passiefhuisvariant voor het energiegebruik voor ruimteverwarming in de EPN beter dan in PHPP (4 kWh/m² respectievelijk 8 kWh/m²). Opvallend is dat het energiegebruik voor ruimteverwarming, zowel voor de EPC=0,8 variant als voor de passiefhuisvariant, precies twee keer zo hoog is in PHPP als in EPN.

6. Conclusies en aanbevelingen

Hoewel het niet het doel van deze studie is om de EPN rekenmethodiek op zijn exacte fysische juistheid te gaan beoordelen, moet wel inzichtelijk worden of recht wordt gedaan aan de waardering van passiefhuizen in de EPN. Het voor passiefhuizen ontworpen en gevalideerde rekenprogramma PHPP is hierbij als referentie genomen.

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 referentie woning (EPC=0,8) als bij de passiefhuis variant 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, zijn:

- Verschil in aanname van de 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.
- Verschil in aanname binnentemperatuur ($T_i = 18$ bij EPN of 20 °C)
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 aveerchts 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 beter gewaardeerd kunnen worden.

- **Verskil in 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 R_c waarden zijn de verschillen tussen PHPP en EPN groot. Zo wordt het effect van het niet verbeteren van de isolatie van wand en vloer ($R_c = 3 \text{ m}^2\text{K/W}$ in plaats van $R_c = 7 \text{ m}^2\text{K/W}$) 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 ($U_w = 1,8$ i.p.v. $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ en $U_{fr} = 0,8$ i.p.v. $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$) 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).
- **Verskil in 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.

Aan de hand van bovenstaande resultaten en gevoeligheidsanalyse kan de hoofdconclusie worden getrokken dat in de EPN passiefhuismaatregelen ondergewaardeerd worden ten opzichte van het gevalideerde PHPP programma. De EPN methodiek is niet goed geschikt voor een accurate bepaling van de vermindering van het energiegebruik door passiefhuismaatregelen doordat in de EPN:

- o met een veel hogere interne warmtelast en lagere binnentemperatuur wordt gerekend dan in PHPP waardoor het referentie energiegebruik, en daarmee het besparingspotentieel voor passiefhuismaatregelen, veel lager ligt dan in PHPP;
- o het effect van verbeterde gebouwschil isolatiewaarde minder effect sorteert dan in PHPP;
- o de verbeterde luchtdichtheid van de gebouwschil slechts gedeeltelijk meegerekend wordt;
- o het gebouwgebonden (hulp)energiegebruik onveranderd blijft na verlaging van de warmtevraag;
- o in de EPN de maatregelen minder nauwkeurig kunnen worden ingevoerd dan in PHPP

Overige conclusies die uit de studie kunnen worden getrokken zijn:

- 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 persoonpersoon per dag lijkt een meer realistische waarde is. 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 bepaalde 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 hier geen wettelijke beperkingen voor 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.

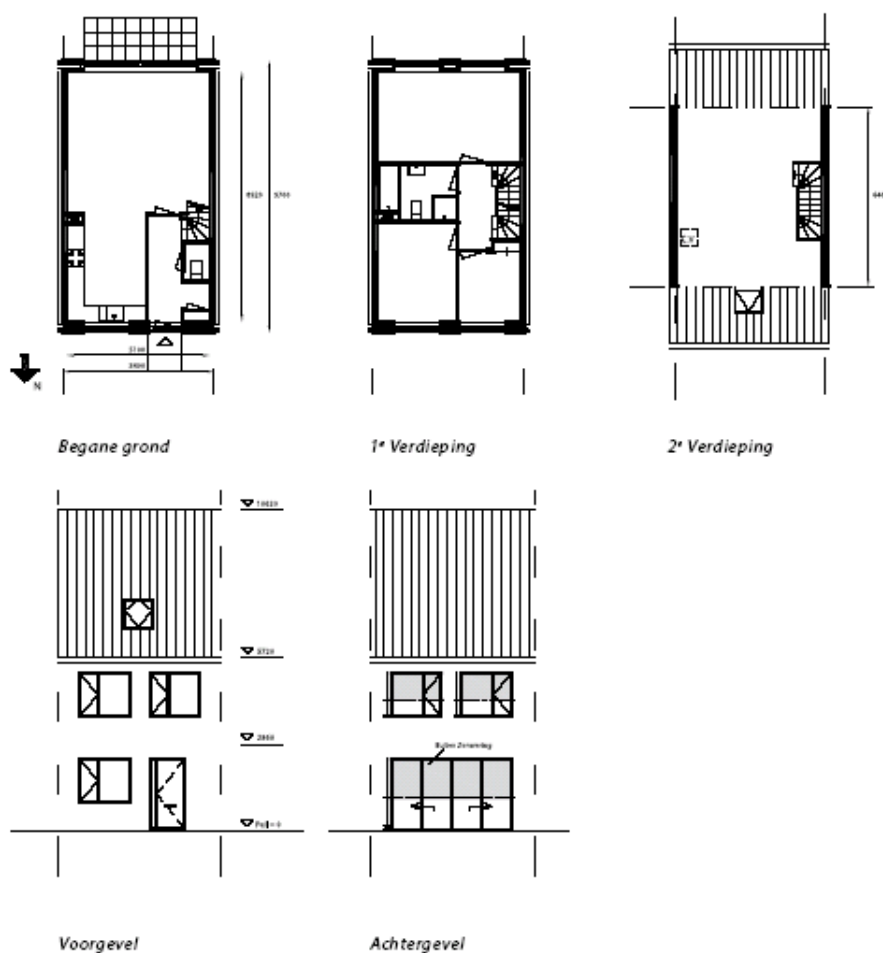
- 6) Deze studie heeft zich beperkt tot het effect van passiefhuismaatregelen in de energieprestatie van woningen. Aanbevolen wordt om ook voor andere sectoren (o.a. scholen en kantoren) de effecten van passiefhuismaatregelen op de energieprestatie te onderzoeken.

Bijlage 1 SenterNovem referentiewoningen ⁵

A) Tussenwoning

Algemene beschrijving

De rijwoningen vertegenwoordigen bijna 50% van de woningproductie in Nederland. Van die 50% is bijna driekwart een tussenwoning. In totaal is 6,5% van de nieuwbouwwoningen een tussenwoning. 20% van de rijwoningen wordt in de huursector gerealiseerd, 80% in de koopsector. De oppervlakte van een tussenwoning bedraagt gemiddeld 125 m² (bron: MNW). In een tussenwoning zijn doorgaans drie slaapkamers aanwezig. Een tussenwoning komt in verschillende uitvoeringen voor, zowel met een zadel- of een lessenaarsdak als met een plat dak. Een zadeldak komt relatief vaak voor.



⁵ Referentiewoningen nieuwbouw- Kompas energiebewust wonen en werken in opdracht van VROM, www.senternovem.nl

Kenmerken tussenwoning:

KENMERKEN VAN DE WONING

Beukmaat	5,1 m
Woningdiepte	8,9 m
Verdiepingshoogte	2,6 m
Gebruiksoppervlakte A_g	124,3 m ²
Verliesoppervlakte $A_{verlies}$	156,9 m ²
Verhouding $A_g/A_{verlies}$	0,8

BOUWKUNDIGE GEGEVENS

	VARIANT MET MECHANISCHE AFZUIGING	VARIANT MET GEBALANCEERDE VENTILATIE
Rc-waarde gevel	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Rc-waarde dak	4,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W
Rc-waarde begane grondvloer	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
U-waarde ramen	1,8 W/m ² K	1,8 W/m ² K
U-waarde voordeur	2,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K
Buitenzonwering op	Z	Z

INSTALLATIETECHNISCHE GEGEVENS

Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, HT met radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	n.v.t.	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom
Type warmtapwatersysteem	combiketel HRww CW4	combiketel HRww CW4
Rendement tapwater	70%*	62%
Zonneboiler	2,8 m ² collectoroppervlak, alleen voor tapwater	

* met behulp van een kwaliteitsverklaring

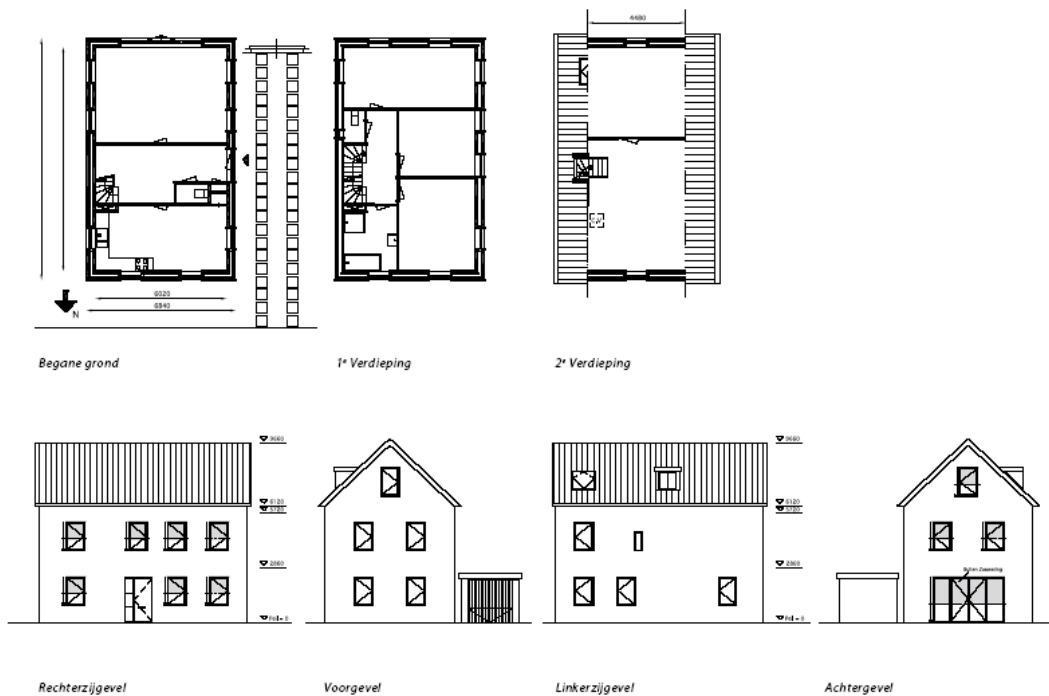
ENERGIEPRESTATIE

EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,78	0,74
Jaarlijks energieverbruik per m ² volgens NEN 5128	359 MJ/m ²	340 MJ/m ²
Jaarlijkse CO ₂ emissie	2583 kg	2521 kg

B) Vrijstaande woning

Algemene beschrijving

De vrijstaande woningen vertegenwoordigen circa 5% van de woningproductie in Nederland. Alle vrijstaande woningen worden gerealiseerd in de koopsector. De oppervlakte van een vrijstaande woning bedraagt gemiddeld 164 m² (bron: MNW). In een vrijstaande woning zijn doorgaans drie slaapkamers aanwezig. Een vrijstaande woning komt in verschillende uitvoeringen voor, zowel met een zadel- of een lessenaarsdak als met een plat dak. Een zadeldak komt relatief vaak voor.



Kenmerken vrijstaande woning:

KENMERKEN VAN DE WONING

Beukmaat	6,0 m
Woningdiepte	10,2 m
Verdiepingshoogte	2,6 m
Gebruiksoppervlakte A_g	169,5 m ²
Verliesoppervlakte A_{wv}	358,4 m ²
Verhouding A_g / A_{wv}	0,5

BOUWKUNDIGE GEGEVENS

	VARIANT MET MECHANISCHE AFZUIGING	VARIANT MET GEBALANCEERDE VENTILATIE
Rc-waarde gevel	4,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Rc-waarde dak	4,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W
Rc-waarde begane grondvloer	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
U-waarde ramen	1,7 W/m ² K	1,8 W/m ² K
U-waarde voordeur	2,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K
Buitenzonwering op	Z, W	Z, W

INSTALLATIETECHNISCHE GEGEVENS

Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, LT met vloerverwarming en radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	n.v.t.	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom
Type warmtapwatersysteem	combiketel HRww CW5	combiketel HRww CW4
Rendement tapwater	72,5%*	72,5%*
Zonneboiler	5,6 m ² collectoroppervlak, voor tapwater en ruimteverwarming	

* met behulp van een kwaliteitsverklaring

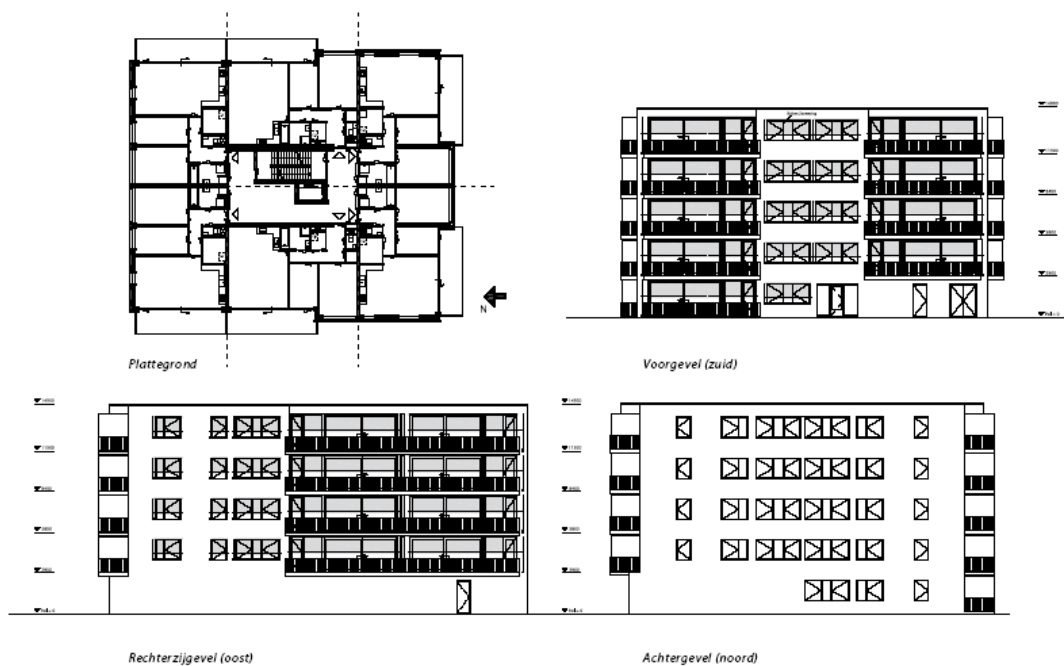
ENERGIEPRESTATIE

EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,80	0,80
Jaarlijks energieverbruik per m ² volgens NEN 5128	417 MJ/m ²	418 MJ/m ²
Jaarlijkse CO ₂ emissie	4012 kg	4151 kg

C) Appartementencomplex

Algemene beschrijving

Appartementen vertegenwoordigen circa % van de woningproductie in Nederland. Eenderde van de appartementen wordt in de huursector gerealiseerd, tweederde in de koopsector. De oppervlakte van een appartement in de koopsector bedraagt gemiddeld 105 m² (bron: MNW); in dit gemiddelde zijn zowel luxe penthouses als eenvoudige galerijwoningen opgenomen. Een appartement is veelal voorzien van twee slaapkamers. Hoewel in de MNW (zie hoofdstuk) geen onderscheid gemaakt wordt in verschillende typen appartementen is er voor gekozen om naast het galerijcomplex ook een appartementencomplex op te nemen met wat grotere woningen (oppervlakte per woning circa 92 m²).



Kenmerken appartementencomplex:

KENMERKEN PER WONING		KENMERKEN VAN HET WOONBOUW	
Beukmaat	8,3 m	Aantal bouwlagen	5
Woningdiepte	11,9 m	Aantal woningen	27
Verdiepingshoogte	2,6 m	Gebruiksoppervlakte A_g	3034,8 m ²
Gebruiksoppervlakte A_g	92,1 m ²	Verliesoppervlakte $A_{verlies}$	2644,2 m ²
		Verhouding $A_g/A_{verlies}$	1,1

BOUWKUNDIGE GEGEVENS		
	VARIANT MET MECHANISCHE AFZUIGING	VARIANT MET GEBALANCEERDE VENTILATIE
Rc-waarde gevel	4,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Rc-waarde dak	5,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W
Rc-waarde begane grondvloer	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
U-waarde ramen	1,7 W/m ² K	1,8 W/m ² K
U-waarde voordeur	2,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K
Buitenzonwering op	Z, W, O	Z

INSTALLATIETECHNISCHE GEGEVENS		
Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, LT met vloerverwarming en radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	n.v.t.	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom
Type warmtapwatersysteem	combiketel HRww CW4	combiketel HRww CW4
Rendement tapwater	70%*	58%
Zonneboiler	33,6 m ² collectoroppervlak, voor tapwater**	

* met behulp van een kwaliteitsverklaring

** alleen de woningen op de bovenste twee verdiepingen zijn aangesloten op een zonneboiler

ENERGIEPRESTATIE		
EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,80	0,78
Jaarlijks energieverbruik per m ² volgens NEN 5128	346 MJ/m ²	337 MJ/m ²
Jaarlijkse CO ₂ emissie	61162 kg	60007 kg

Bijlage 2 Invoer EPN en PHPP berekeningen

Invoergegevens voor de EPC=0,8 tussenwoning - pagina 1 van 2

INVOER	Vergelijkingstudie EPN berekening en PHPP berekening		
	Niveau EPC=0,8		
	Invoer EPN	Invoer PHPP (Invoer volgens EPN methode)	Invoer PHPP (Invoer volgens PHPP methode)
	Model 1	Model 2	Model 3
Geometrie			
Vloer opp.	Ag=124,30m2.	Ag=124,30m2.	Ag=120,8m2.
Volumen, m3	geen invoer benodigd	V=323 m3 (124,30x2,6)	V=311 m3
Net Air Volume for Press. Test	geen invoer benodigd	V=323 m3 (124,30x2,6)	311 m3
Verdiepingshoogte	geen invoer benodigd	h=2,6 m	h=2,5 m
Bouwkundig windows and doors			
Begane grond			
Vloer	A=46,20 m2 int. dim. (8,92x5,10)	A=46,20 m2	A=52,38 m2 (ext. dim. (5,40x9,70)).
Voorgevel	A=14,60 m2 int. dim. (5,1x2,86)	A=14,60 m2	A=15,45 m2 (ext. dim. (5,40x2,86))
Ramen	A=2,55 m2 / 0,48 m2 (1,50x1,70m2 / 0,20x2,40m2)	A=2,55 m2 / 0,48 m2	A=2,55 m2 / 0,48 m2
Deuren	A=2,40 m2 (1,0 x 2,4m2)	A=2,40 m2	A=2,40 m2
Achtergevel	A=14,60 m2 zie opm. Voorgevel	A=14,60 m2	A=15,45 m2
Ramen	A=9,60 m2 (4,00x2,40m2)	A=9,60 m2	A=9,60 m2
Deuren	niet aanwezig	-	-
Zijgevel	geen invoer benodigd	A=25,51 m2 (8,92x2,86 m2)	A=30,65 m2 (9,70x3,16 m2)
Zijgevel	geen invoer benodigd	A=25,51 m2 (8,92x2,86 m2)	A=30,65 m2 (9,70x3,16 m2)
1e Verdieping			
Vloer	Ag=45,50 m2	-	-
Voorgevel	A=14,60 m2 int. dim. (5,1x2,86)	A=14,60 m2	A=15,44 m2 (5,10x2,86 m2)
Ramen	A=5,10 m2 (2x1,50x1,70 m2)	A=5,10 m2	A=5,10 m2
Deuren	niet aanwezig	-	-
Achtergevel	A=14,60 m2 int. dim. (5,1x2,86)	A=14,60 m2	A=15,44 m2 (5,10x2,86 m2)
Ramen	A=5,10 m2 (2x1,50x1,70 m2)	A=5,10 m2	A=5,10 m2
Deuren	niet aanwezig	-	-
Zijgevel	geen invoer benodigd	A=25,51 m2 (8,92x2,86 m2)	A=27,74 m2 (9,70x2,86 m2)
Zijgevel	geen invoer benodigd	A=25,51 m2 (8,92x2,86 m2)	A=27,74 m2 (9,70x2,86 m2)
2e Verdieping			
Vloer	Ag=32,84 m2	-	-
Dak voor	A=31,1 m2 int. dim.	A=31,1 m2	A=37,26 m2 (6,90x5,4 m2)
Ramen	A=1,40 m2	A=1,40 m2	A=1,40 m2
Dak achter	A=31,1 m2 int. dim.	A=31,1 m2	A=37,26 m2 (6,90x5,4 m2)
Ramen	niet aanwezig	-	-
Zijgevel	geen invoer benodigd	A=19,62 m2 (1/2x8,92x4,40 m2)	A=23,77 m2 (1/2x9,70x4,90 m2)
Zijgevel	geen invoer benodigd	A=19,62 m2 (1/2x8,92x4,40 m2)	A=23,77 m2 (1/2x9,70x4,90 m2)
Lineaire warmteverliezen			
Begane grondvloer			
aansl vloer-voorgvl	l=5,00 m int. dim.	l=10,2 m (2*5,1m)	l=10,8 m (2*5,4m)
aansl vloer-kozijn	l=5,20 m int. dim.	-	-
Voorgevel			
- kozijnen			
Onderkant	l=1,70 m int. dim.	l=1,70 m	l=1,70 m ext. dim.
Zijkant	l=7,70 m int. dim.	l=7,70 m	l=7,70 m ext. dim.
Bovenkant	l=2,90 m int. dim.	l=2,90 m	l=2,90 m ext. dim.
Achtergevel			
- kozijnen			
Onderkant	Aansluiting vloer	-	-
Zijkant	l=4,80 m int. dim.	l=4,80 m	l=4,80 m ext. dim.
Bovenkant	l=4,00 m int. dim.	l=4,00 m	l=4,00 m ext. dim.
Zijgevel	-	-	-
Zijgevel	-	-	-
1e Verdieping			
Vloer			
aansl vloer-voorgvl	-	-	-
aansl vloer-zijgvl	-	-	-
Voorgevel			
- kozijnen			
Onderkant	l=3,40 m int. dim.	l=3,40 m	l=3,40 m ext. dim.
Zijkant	l=6,00 m int. dim.	l=6,00 m	l=6,00 m ext. dim.
Bovenkant	l=3,40 m int. dim.	l=3,40 m	l=3,40 m ext. dim.
Achtergevel			
- kozijnen			
Onderkant	l=3,40 m int. dim.	l=3,40 m	l=3,40 m ext. dim.
Zijkant	l=6,00 m int. dim.	l=6,00 m	l=6,00 m ext. dim.
Bovenkant	l=3,40 m int. dim.	l=3,40 m	l=3,40 m ext. dim.
Zijgevel	no entry required	-	-
Zijgevel	no entry required	-	-
2e Verdieping			
Dakvlak voorgevel			
aansl dak-voorgvl	l=5,10 m int. dim.	l=5,10 m	l=5,40 m ext. dim.
aansl dak-zijgvl	l=6,10 m int. dim.	l=6,10 m	l=6,90 m ext. dim.
aansl nok	l=5,10 m int. dim.	l=5,10 m	l=5,40 m ext. dim.
- kozijnen			
Onderkant	l=1,00 m int. dim.	l=1,00 m	l=1,00 m ext. dim.
Zijkant	l=2,80 m int. dim.	l=2,80 m	l=2,80 m ext. dim.
Bovenkant	l=1,00 m int. dim.	l=1,00 m	l=1,00 m ext. dim.
Dakvlak achtergevel			
aansl dak-voorgvl	l=5,10 m int. dim.	l=5,10 m	l=5,40 m ext. dim.
aansl dak-zijgvl	l=6,10 m int. dim.	l=6,10 m	l=6,90 m ext. dim.
Fysische parameters			
Dichte geveldelen			
Vloer	Rc=3,00 m2K/W	U=0,30 W/m2K	U=0,30 W/m2K
Voor en Achtergevel	Rc=3,00 m2K/W	U=0,32 W/m2K	U=0,32 W/m2K
Zijgevel	no entry required	U=1,82 W/m2K	U=1,82 W/m2K
Dak	Rc=4,00 m2K/W	U=0,24 W/m2K	U=0,24 W/m2K
zijgevel	no entry required	U=1,82 W/m2K	U=1,82 W/m2K
Deuren	U=2,00 W/m2K raam ZTA=0	U=2,00 W/m2K	U=2,00 W/m2K
Beglazing			
Ramen - glas	U=1,80 W/m2K ZTA=0,6	U=1,80 W/m2K g=0,6	U=1,80 W/m2K g=0,6
Ramen - kozijn	U=1,2 W/m2K optioneel Uw-formulier	U=0,045W/m2K ψ-afst en ψ-inst	U=0,045W/m2K ψ-afst en ψ-inst
Dakraam - glas	U=1,80 W/m2K ZTA=0,6	U=1,8 W/m2K dikte=0,14 m	U=1,8 W/m2K dikte=0,14 m
Dakraam - kozijn	U=1,2 W/m2K optioneel Uw-formulier	U=0,045W/m2K ψ-afst en ψ-inst	U=0,045W/m2K ψ-afst en ψ-inst
		U=1,8 W/m2K dikte=0,14 m	U=1,8 W/m2K dikte=0,14 m

Invoergegevens voor de EPC=0,8 tussenwoning - pagina 2 van 2

INVOER	Vergelijkingsstudie EPN berekening en PHPP berekening		
	Niveau EPC=0,8		
	Invoer EPN	Invoer PHPP (Invoer volgens EPN methode)	Invoer PHPP (Invoer volgens PHPP methode)
	Model 1	Model 2	Model 3
ψ-waarden			
Begane grondvloer			
aansl vloer-voorgvl	ψgr=-0,139 ψe=0,765 W/mK Eps=0,0012 m2/m	ψ=0,765 W/mK	ψ=0,765 W/mK
aansl vloer-kozijn	ψgr=-0,110 ψe=0,861 W/mK Eps=0,0012 m2/m	ψ-inst=0,861 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK	ψ-inst=0,861 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK
Ramen			
aansl gvl-rm onder	ψ=0,081 W/mK	ψ-inst=0,081 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK	ψ-inst=0,081 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK
aansl gvl-rm zij	ψ=0,061 W/mK	ψ-inst=0,061 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK	ψ-inst=0,061 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK
aansl gvl-rm boven	ψ=0,100 W/mK	ψ-inst=0,100 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK	ψ-inst=0,100 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK
Dakaansluitingen			
aansl dak-gevel	ψ=-0,005 W/mK	ψ=-0,005 W/mK	ψ=-0,005 W/mK
aansl dak-zijgevel	ψ=0,164 W/mK	ψ=0,164 W/mK	ψ=0,164 W/mK
aansl nok	ψ=0,019 W/mK	ψ=0,019 W/mK	ψ=0,019 W/mK
aansl dak-rm onder	ψ=0,084 W/mK	ψ-inst=0,084 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK	ψ-inst=0,084 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK
aansl dak-rm zij	ψ=0,088 W/mK	ψ-inst=0,088 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK	ψ-inst=0,088 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK
aansl dak-rm boven	ψ=0,065 W/mK	ψ-inst=0,065 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK	ψ-inst=0,065 W/mK ψ-afst=0,045 W/mK
Infiltratie	qv;10;kar=0,625 dm3/sAg	n50=2,63 h-1	n50=2,63 h-1
Thermische capaciteit	Traditioneel, gemend zwaar	spec.cap=204 Toverh.=25oC	spec.cap=204 Toverh.=25oC
Diverse opmerkingen			
Kruipruimte en grond	Invoer hoogte van de kruipruimte. Bij lineaire warmteverliezen deel van de grond meenemen in de berekening.	Gedetailleerd eigenschappen van de grond (warmtegeleiding, grondwaterpeil e.d.) definiëren en vloertype.	Gedetailleerd eigenschappen van de grond (warmtegeleiding, grondwaterpeil e.d.) definiëren en vloertype.
Installatie			
Ruimteverwarming	individueel centraal verwarmingstoestel HR-107 Ketel hoog temperatuursysteem afgifte bijv. Radiatoren	lengte disstr. Pipes = 25m Heat loss coeff. = 0,166W/mK Design flow temperature = 70oC lengte disstr. Pipes = 25m	lengte disstr. Pipes = 25m Heat loss coeff. = 0,166W/mK Design flow temperature = 70oC lengte disstr. Pipes = 25m
Tapwaterverwarming	individueel toestel gasgestookte combiketel HRww toepassingsklasse 4 1 badruimte, leidinglengte 5,9m 1 aanrecht, leidinglengte 9,2m inwendige diameters10mm	lengte circulation pipes = 0m lengte individual pipes = 15,1m Heat loss coeff. = 0,166W/mK Design flow temperature = 60oC lengte disstr. Pipes = 25m Daily circulation period=18h outside diameter 14mm watergebruik: 37l/p/d	lengte circulation pipes = 0m lengte individual pipes = 15,1m Heat loss coeff. = 0,166W/mK Design flow temperature = 60oC lengte disstr. Pipes = 25m Daily circulation period=18h outside diameter 14mm watergebruik 25l/p/d
Ketel/boiler	zie bij ruimte- en tapwaterverwarming	design output=25kW installation indoors efficiency at 30% load=99% efficiency at Nominal output=93% standby heat loss=2,7% average return temperature=30oC	design output=15kW installation indoors efficiency at 30% load=99% efficiency at Nominal output=93% standby heat loss=2,7% average return temperature=30oC
Zonneboiler opslagvat type collector			
Ventilatie			
Overall efficiency	mechanische luchttoe- en afvoer rendement 95% voorverwarming door wtw niet regelbaar door bewoners 100% bypass aanwezig gelijkstroom ventilatoren	mechanische luchttoe- en afvoer WTWeff=92,4% ventilatoren gevolg van gedetailleerde invoer lengten en isolatie kanalen en systeem en standenregeling. Bypass can be selected. Fan power also definable as well	mechanische luchttoe- en afvoer WTWeff=92,4% ventilatoren gevolg van gedetailleerde invoer lengten en isolatie kanalen en systeem en standenregeling. Bypass can be selected. Fan power also definable as well
Zelfregelende roosters Sub-soil heat exchanger			
Debiet	V=170m3/h (qv;1;k=44,75l/s en nv;1;k=0,95)	V=170 m3/h	V=100 m3/h
Zomernachtventilatie	no entry required	gedetailleerd ramen en luiken invoeren met gebruikstijden.	gedetailleerd ramen en luiken invoeren met gebruikstijden.
Beschaduwung	Per kozijn beschermd segment aangeven	Gedetailleerd de afmetingen van de overstekken en belemmeringen aangeven. Bij definitie van de kozijnen ook de diepte meenemen.	Gedetailleerd de afmetingen van de overstekken en belemmeringen aangeven. Bij definitie van de kozijnen ook de diepte meenemen.
Zomerventilatie	Optioneel beschaduwingsformulier invullen	Invoer mogelijk via by-pass or opening windows	Invoer mogelijk via by-pass or opening windows
Gebruikersinvloeden			
Aantal gebruikers	fixed value	3 personen	3 personen
Verlichting	fixed value	Afstemming met HOME2005.	Afstemming met HOME2005.
Interne bronnen			
Huishoudelijke apparatuur	fixed value 6 W/m2 niet in berekening meegenomen.	6 W/m2	Invoer standaard (2,1 W/m2) Afstemming met HOME2005.
Binnentemperatuur monthly Method or Annual Method	fixed value 18°C fixed maandelijks	18°C monthly method	20°C zonder nachtverlaging monthly method
Weerdata	TRY De Bilt	De Bilt weerfile	De Bilt weerfile
Diverse parameters			
roosters			Heat recovery efficiency = 0% Electrical efficiency = 100%

Invoergegevens voor de tussenwoning op passiefhuisniveau - pagina 1 van 2

INVOER	Niveau Passiefhuis		
	Invoer EPN	Invoer PHPP (Invoer volgens EPN methode)	Invoer PHPP (Invoer volgens PHPP methode)
	Model 4	Model 5	Model 6
Geometrie			
Vloer opp.	Ag=124,30m2.	Ag=124,30m2.	Ag=120,8m2.
Volume, m3	-	V=323 m3 (124,30x2,6)	311 m3
Net Air Volume for Press. Test	-	V=323 m3 (124,30x2,6)	311 m3
Verdiepingshoogte	-	h=2,6 m	h=2,5 m
Bouwkundig windows and doors			
Begane grond			
Vloer	A=45,50m2	A=46,20 m2	A=52,38 m2
Voorgevel	A=14,60 m2	A=14,60 m2	A=15,45 m2
Ramen	A=2,55 m2 / 0,48 m2	A=2,55 m2 / 0,48 m2	A=2,55 m2 / 0,48 m2
Deuren	A=2,40 m2	A=2,40 m2	A=2,40 m2
Achtergevel	A=14,60 m2	A=14,60 m2	A=15,45 m2
Ramen	A=9,60 m2	A=9,60 m2	A=9,60 m2
Deuren	-	-	-
Zijgevel	-	A=25,51 m2 (8,92x2,86 m2)	A=30,65 m2
Zijgevel	-	A=25,51 m2 (8,92x2,86 m2)	A=30,65 m2
1e Verdieping			
Vloer	Ag=45,50 m2	-	-
Voorgevel	A=14,60 m2	A=14,60 m2	A=15,44 m2
Ramen	A=5,10 m2	A=5,10 m2	A=5,10 m2
Deuren	-	-	-
Achtergevel	A=14,60 m2	A=14,60 m2	A=15,44 m2
Ramen	A=5,10 m2	A=5,10 m2	A=5,10 m2
Deuren	-	-	-
Zijgevel	-	A=25,51 m2 (8,92x2,86 m2)	A=27,74 m2
Zijgevel	-	A=25,51 m2 (8,92x2,86 m2)	A=27,74 m2
2e Verdieping			
Vloer	Ag=32,64 m2	-	-
Dak voor	A=31,1 m2	A=31,1 m2	A=37,26 m2
Ramen	A=1,40 m2	A=1,40 m2	A=1,40 m2
Dak achter	A=31,1 m2	A=31,1 m2	A=37,26 m2
Ramen	-	-	-
Zijgevel	-	A=19,62 m2 (1/2x8,92x4,40 m2)	A=23,77 m2
Zijgevel	-	A=19,62 m2 (1/2x8,92x4,40 m2)	A=23,77 m2
Lineaire warmteverliezen			
Begane grondvloer aansl vloer-voorgvl aansl vloer-kozijn	l=5,00 m l=5,20 m	l=10,2 m (2*5,1m)	l=10,8 m (2*5,4m)
Voorgevel - kozijnen			
Onderkant	l=1,70 m	l=1,70 m	l=1,70 m
Zijkant	l=7,70 m	l=7,70 m	l=7,70 m
Bovenkant	l=2,90 m	l=2,90 m	l=2,90 m
Achtergevel - kozijnen			
Onderkant	Aansluiting vloer		
Zijkant	l=4,80 m	l=4,80 m	l=4,80 m
Bovenkant	l=4,00 m	l=4,00 m	l=4,00 m
Zijgevel	-	-	-
Zijgevel	-	-	-
1e Verdieping			
Vloer aansl vloer-voorgvl aansl vloer-zijgv	-	-	-
Voorgevel - kozijnen			
Onderkant	l=3,40 m	l=3,40 m	l=3,40 m
Zijkant	l=6,00 m	l=6,00 m	l=6,00 m
Bovenkant	l=3,40 m	l=3,40 m	l=3,40 m
Achtergevel - kozijnen			
Onderkant	l=3,40 m	l=3,40 m	l=3,40 m
Zijkant	l=6,00 m	l=6,00 m	l=6,00 m
Bovenkant	l=3,40 m	l=3,40 m	l=3,40 m
Zijgevel	-	-	-
Zijgevel	-	-	-
2e Verdieping			
Dakvlak voorgevel aansl dak-voorgvl aansl dak-zijgvl aansl nok	l=5,10 m l=6,10 m l=5,10 m	l=5,40 m l=6,90 m l=5,40 m	l=5,40 m l=6,90 m l=5,40 m
- kozijnen			
Onderkant	l=1,00 m	l=1,00 m	l=1,00 m
Zijkant	l=2,80 m	l=2,80 m	l=2,80 m
Bovenkant	l=1,00 m	l=1,00 m	l=1,00 m
Dakvlak achtergevel aansl dak-voorgvl aansl dak-zijgvl	l=5,10 m l=6,10 m	l=5,40 m l=6,90 m	l=5,40 m l=6,90 m
Fysische parameters			
Dichte geveldelen			
Vloer	Rc=6,50 m2K/W	U=0,148 W/m2K	U=0,148 W/m2K
Voor en Achtergevel	Rc=7,00 m2K/W	U=0,140 W/m2K	U=0,140 W/m2K
Zijgevel	-	U=1,82 W/m2K	U=1,82 W/m2K
Dak	Rc=8,00 m2K/W	U=0,123 W/m2K	U=0,123 W/m2K
zijgevel	-	U=1,82 W/m2K	U=1,82 W/m2K
Deuren	U=0,80 W/m2K raam ZTA=0	U=0,80 W/m2K	U=0,80 W/m2K
Beglazing			
Ramen - glas	U=0,80 W/m2K ZTA=0,6	U=0,80 W/m2K g=0,6	U=0,80 W/m2K g=0,5
Ramen - kozijn	U=0,8 W/m2K optioneel Uw-formulier	U=0,045W/m2K ψ-afst en ψ-inst	U=0,045W/m2K ψ-afst en ψ-inst
Dakraam - glas	U=0,80 W/m2K ZTA=0,6	U=0,8 W/m2K dikte=0,14 m	U=0,8 W/m2K dikte=0,14 m
Dakraam - kozijn	U=0,8 W/m2K optioneel Uw-formulier	U=0,80 W/m2K g=0,6	U=0,80 W/m2K g=0,5
		U=0,045W/m2K ψ-afst en ψ-inst	U=0,045W/m2K ψ-afst en ψ-inst
		U=0,8 W/m2K dikte=0,14 m	U=0,8 W/m2K dikte=0,14 m

Invoergegevens voor de tussenwoning op passiefhuisniveau - pagina 2 van 2

INVOER	Niveau Passiefhuis		
	Invoer EPN	Invoer PHPP (Invoer volgens EPN methode)	Invoer PHPP (Invoer volgens PHPP methode)
	Model 4	Model 5	Model 6
ψ-waarden			
Begane grondvloer	ψ=0,360 W/mK	ψ=0,360 W/mK	ψ=0,360 W/mK
aansl vloer-voorgvl			
aansl vloer-kozijn	ψ-afst=0,045 W/mK ψ-inst=0,220 W/mK	ψ-afst=0,045 W/mK ψ-inst=0,220 W/mK	ψ-afst=0,045 W/mK ψ-inst=0,220 W/mK
Ramen			
aansl gvl-rm onder	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst
aansl gvl-rm zij	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst
aansl gvl-rm boven	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst
Dakaansluitingen			
aansl dak-gevel	ψ=-0,010 W/mK	ψ=-0,010 W/mK	ψ=-0,010 W/mK
aansl dak-zijgevel	ψ=-0,010 W/mK	ψ=-0,010 W/mK	ψ=-0,010 W/mK
aansl nok	ψ=-0,010 W/mK	ψ=-0,010 W/mK	ψ=-0,010 W/mK
aansl dak-rm onder	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst
aansl dak-rm zij	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst
aansl dak-rm boven	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst	ψ=0,045 W/mK ψ-afst en ψ-inst
Infiltratie	qv;10;kar=0,142 dm3/sAg	n50=0,6 h-1	n50=0,6 h-1
Thermische capaciteit	Traditioneel, gemend zwaar	spec.cap=204 Toverh.=250C	spec.cap=204 Toverh.=250C
Diverse opmerkingen			
Kruipruimte en grond	Invoer hoogte van de kruipruimte. Bij lineaire warmteverliezen deel van de grond meenemen in de berekening.	Gedetailleerd eigenschappen van de grond (warmtegeleiding, grondwaterpeil e.d.) definiëren en vloertype.	Gedetailleerd eigenschappen van de grond (warmtegeleiding, grondwaterpeil e.d.) definiëren en vloertype.
Installatie			
Ruimteverwarming	individueel centraal verwarmingstoestel HR-107 Ketel laag temperatuursysteem afgifte bijv. Radiatoren	lengte disstr. Pipes = 25m Heat loss coeff. = 0,166W/mK Design flow temperature = 55oC lengte disstr. Pipes = 25m	
Tapwaterverwarming	individueel toestel gastestookte combiketel HRww toepassingsklasse 4 1 badruimte, leidinglengte 5,9m 1 aanrecht, leidinglengte 9,2m inwendige diameters:10mm	lengte circulation pipes = 0m lengte individual pipes = 15,1m Heat loss coeff. = 0,166W/mK Design flow temperature = 60oC lengte disstr. Pipes = 25m Daily circulation period=18h outside diameter 14mm	lengte circulation pipes = 0m lengte individual pipes = 15,1m Heat loss coeff. = 0,166W/mK Design flow temperature = 60oC lengte disstr. Pipes = 25m Daily circulation period=18h outside diameter 14mm
Ketel/boiler	zie bij ruimte- en tapwaterverwarming	design output=25kW installation indoors efficiency at 30% load=99% efficiency at Nominal output=93% standby heat loss=2,7% average return temperature=30oC	design output=15kW installation indoors efficiency at 30% load=99% efficiency at Nominal output=93% standby heat loss=2,7% average return temperature=30oC
Zonneboiler opslagvat type collector			
Ventilatie			
Overall efficiency	mechanische luchttoe- en afvoer rendement 95% voorverwarming door wtw niet regelbaar door bewoners 100% bypass aanwezig gelijkstroom ventilatoren	mechanische luchttoe- en afvoer WTWeff=90,8% ventilatoren gevolgd van gedetailleerde invoer lengten en isolatie kanalen en systeem en standenregeling. Bypass can be selected. Fan power also definable as well	mechanische luchttoe- en afvoer WTWeff=90,8% ventilatoren gevolgd van gedetailleerde invoer lengten en isolatie kanalen en systeem en standenregeling. Bypass can be selected. Fan power also definable as well
Zelfregelende roosters Sub-soil heat exchanger			
Debiet	170	V=170 m3/h	V=100 m3/h
Zomernachtventilatie	no entry required	gedetailleerd ramen en luiken invoeren met gebruikstijden.	gedetailleerd ramen en luiken invoeren met gebruikstijden.
Beschaduwning	Per kozijn beschermd segment aangeven Optioneel beschaduwingsformulier invullen	Gedetailleerd de afmetingen van de overstekken en belemmeringen aangeven. Bij definitie van de kozijnen ook de diepte meenemen.	Gedetailleerd de afmetingen van de overstekken en belemmeringen aangeven. Bij definitie van de kozijnen ook de diepte meenemen.
Zomerventilatie	no entry required	Invoer mogelijk via by-pass or opening windows	Invoer mogelijk via by-pass or opening windows
Gebruikersinvloeden			
Aantal gebruikers	fixed value	3 personen	3 personen
Verlichting	fixed value	Afstemming met HOME2005.	Afstemming met HOME2005.
Interne bronnen			
Huishoudelijke apparatuur	fixed value 6 W/m2 niet in berekening meegenomen.	6 W/m2	Invoer standaard (2,1 W/m2) Afstemming met HOME2005.
Binnentemperatuur monthly Method or Annual Method	18°C fixed maandelijks	18°C monthly method	20°C monthly method
Weerdata	TRY De Bilt	De Bilt weerfile	De Bilt weerfile
Diverse parameters			
roosters			
zonnecellen	opp = 2.8m2 orientatie: zuid, 43° helling		area = 2.8m2 orientatie: zuid, 43° helling, hoogte 6 m improved flat plate collector storage: 120l standby loss 0.7W/K, total loss 3.0W/K

Bijlage 3 Overzicht effect van individuele passiefhuis maatregelen en programma instellingen bij tussenwoning

EPC berekeningen	Ruimteverwarming (Ref = 6,2 kWh/m2)			Tapwater (Ref PH=40,8 kWh/m2)			Verlichting			Overigt (Geb. Gebonden) (Ref PH=13,5 kWh/m2)			Totaal (Ref. PH=93,8 kWh/m2)						
	Variant	Ref.	Verschiil %	Variant	Ref.	Verschiil %	Variant	Ref.	Verschiil %	Variant	Ref.	Verschiil %	Variant	Ref.	Verschiil %				
Interne warmtebelast	13,8	6,2	7,63	40,8	40,8	0,0	16,1	16,1	0	48,7	41,7	7,04	89,6	82,5	7,04	9%			
Glas + kozijn	7,5	6,2	1,30	40,8	40,8	0,0	16,1	16,1	0	43,0	41,7	1,30	83,8	82,5	1,30	2%			
Infiltratie	13,1	6,2	6,91	40,8	40,8	0,0	16,1	16,1	0	48,0	41,7	6,36	88,9	82,5	6,36	8%			
Glas	9,2	6,2	2,99	40,8	40,8	0,0	16,1	16,1	0	44,6	41,7	2,97	85,5	82,5	2,97	4%			
Rc dak	6,4	6,2	0,28	40,8	40,8	0,0	16,1	16,1	0	41,9	41,7	0,21	82,7	82,5	0,21	0%			
Rc vloer	7,0	6,2	0,79	40,8	40,8	0,0	16,1	16,1	0	42,4	41,7	0,73	83,2	82,5	0,73	1%			
Rc wand	8,9	6,2	2,76	40,8	40,8	0,0	16,1	16,1	0	44,2	41,7	2,48	85,0	82,5	2,48	3%			
Ti	6,4	6,2	0,26	42,2	40,8	1,4	3%	16,1	16,1	0	43,5	41,7	1,82	85,7	82,5	3,18	4%		
Kozijn	6,4	6,2	0,20	40,0	40,8	-0,8	-2%	16,1	16,1	0	41,0	41,7	-0,68	81,0	82,5	-1,47	-2%		
A verlies	5,8	6,2	-0,33	42,2	40,8	1,4	3%	16,1	16,1	0	42,9	41,7	1,23	85,1	82,5	2,59	3%		
ventilatie																			
Volume																			
A beg gr.																			
Lin. W.v.																			
HR ketel																			
Warm tapwater																			
IJ naar kWh/m2	0,00229485																		
Openstak	120,8																		
PHPP (ref=15,4 kWh/m2)																			
PHPP berekeningen																			
kWh primim2	Ruimteverwarming (Ref = 15,4 kWh/m2)			Tapwater (Ref PH=31,3 kWh/m2)			Verlichting (Ref. PH=31,3 kWh/m2)			Overigt (Geb. Gebonden) (Ref PH=13,5 kWh/m2)			Totaal (Ref. PH=93,8 kWh/m2)						
	Variant	Ref.	Verschiil %	Variant	Ref.	Verschiil %	Variant	Ref.	Verschiil %	Variant	Ref.	Verschiil %	Variant	Ref.	Verschiil %				
Interne warmtebelast	2,1	15,4	-43,3	34,0	29,1	4,9	17%	11,9	11,9	0,0	0%	13,4	13,5	-0,1	-1%	61,3	68,8	-8,5	-12%
Glas + kozijn	26,7	15,4	11,4	27,6	29,1	-1,4	-5%	11,9	11,9	0,0	0%	13,9	13,5	0,3	3%	80,1	69,8	10,3	15%
Infiltratie	24,5	15,4	9,1	28,3	29,1	-0,8	-3%	11,9	11,9	0,0	0%	13,5	13,5	0,0	0%	78,1	69,8	8,3	12%
Glas	24,0	15,4	8,6	27,9	29,1	-1,2	-4%	11,9	11,9	0,0	0%	13,5	13,5	0,0	0%	77,2	68,8	7,4	11%
Rc dak	20,6	15,4	5,2	28,3	29,1	-0,8	-3%	11,9	11,9	0,0	0%	13,5	13,5	0,0	0%	74,3	69,8	4,4	6%
Rc vloer	19,6	15,4	4,2	28,4	29,1	-0,7	-2%	11,9	11,9	0,0	0%	13,5	13,5	0,0	0%	73,0	69,8	3,5	5%
Rc wand	19,2	15,4	3,9	28,4	29,1	-0,6	-2%	11,9	11,9	0,0	0%	13,4	13,5	-0,1	-1%	73,0	69,8	3,2	5%
Ti	11,6	15,4	-3,8	29,5	29,1	0,5	2%	11,9	11,9	0,0	0%	13,1	13,5	-0,4	-3%	66,1	69,8	-3,7	-5%
Kozijn	17,9	15,4	2,5	28,6	29,1	-0,4	-1%	11,9	11,9	0,0	0%	13,5	13,5	0,0	0%	71,9	69,8	2,1	3%
A verlies	13,7	15,4	-1,7	29,3	29,1	0,2	1%	11,9	11,9	0,0	0%	13,5	13,5	0,0	0%	68,4	69,8	-1,4	-2%
ventilatie	16,1	15,4	0,7	28,9	29,1	-0,1	0%	11,9	11,9	0,0	0%	16,7	13,5	3,2	24%	73,6	69,8	3,8	5%
Volume	15,1	15,4	-0,3	29,1	29,1	0,0	0%	11,9	11,9	0,0	0%	13,3	13,5	-0,2	-2%	69,4	69,8	-0,4	-1%
A beg gr.	15,0	15,4	-0,4	29,1	29,1	0,0	0%	11,9	11,9	0,0	0%	13,5	13,5	0,0	0%	69,5	69,8	-0,3	0%
Lin. W.v.	15,3	15,4	-0,1	29,1	29,1	0,0	0%	11,9	11,9	0,0	0%	13,5	13,5	0,0	0%	69,7	69,8	-0,1	0%
HR ketel	15,5	15,4	0,2	34,7	29,1	5,6	19%	11,9	11,9	0,0	0%	13,6	13,5	0,1	1%	75,7	69,8	5,9	8%
Warm tapwater	15,4	15,4	0,0	36,3	29,1	7,2	25%	11,9	11,9	0,0	0%	13,7	13,5	0,2	2%	77,3	69,8	7,4	11%