

Theoretische kaders en Stappenplan naar Duurzame



energiewoningen volgens het 'Passiefhuis'-concept

Een afstudeeronderzoek naar de achtergronden en toepassingsmogelijkheden Passiefhuis-concept

Afstudeercode: TBWK-AFT8-03

Naam: Arjan Dekker

Adres: Batouwse Singel 27

Tel: 0642854248

ID NR. 1506252

2 september 2008 te Lienden

Voorwoord	5
Samenvatting	6
Hoofdstuk 1 Oriëntatie op de keuze thema afstudeeronderzoek “energiewoning bouwen”	8
§ 1.1 Inleiding	8
§ 1.2 Het afstudeerbedrijf	8
§ 1.3 Visie van de architect	8
§ 1.4 Voorkomende milieumaatschappelijke vraagstukken en haar invloed op bouwen	8
§ 1.5 Energiebronnen	9
§ 1.6 Energiewoning (duurzaam) bouwen	9
§ 1.7 Energiewoning leven	9
§ 1.8 Opbouw van het document	10
Hoofdstuk 2 Definiering van de onderzoekscontext	11
§ 2.1 Probleemdefinitie	11
§ 2.2 Vraagstelling	11
§ 2.3 Doelstelling van het onderzoek	12
§ 2.4 Inschatting van het te verwachten kennis- en begripsniveau	12
§ 2.5 Randvoorwaarden HU	12
Hoofdstuk 3 Basisprincipes en toepassingen Passiefhuis-concept	13
§ 3.1 Inleiding	13
§ 3.2 Definitie van een Passiefhuis	13
§ 3.3 Basisprincipes van het Passiefhuis	13
§ 3.3.1 Basisprincipe 1: Maximaal isoleren	14
§ 3.3.2 Basisprincipe 2: Optimale ventilatievoorzieningen treffen	16
§ 3.3.3 Basisprincipe 3: Passieve warmtewinsten realiseren	21
§ 3.3.4 Basisprincipe 4: Luchtdicht bouwen	22
§ 3.3.5 Basisprincipe 5: Gebruik van efficiënte huishoudapparaten	23
§ 3.4 Energiebronnen, (hernieuwbare) energie en de winst in het Passiefhuis-concept	23
§ 3.4.1 Hernieuwbare energie	24
§ 3.5 Referentieprojecten als klankbord	27
§ 3.6 Conclusie en aanbevelingen	28
Hoofdstuk 4 Ontwerpmaatregelen voor een succesvolle bouw van een Passiefhuis	30
§ 4.1 Inleiding	30
§ 4.2 Methode tot bepalen van een energiewoning ontwerp: Trias Energetica	31
§ 4.3 Methodiek naar optimale energieprestatie-ontwerp	32
§ 4.4 Vormgevingstechnische maatregelen	33
§ 4.4.1 Oriëntatie op stedenbouwkundige wensen	33
§ 4.4.2 Stapsgewijze oriëntatie op beeldkwaliteitseisen	34
§ 4.4.3 Nut en noodzaak van een beeldkwaliteitplan	40

§ 4.4.4	Ontwerp- en uitwerkingsfase	41
§ 4.5	Bouwtechnische maatregelen	43
§ 4.6	Installatietechnisch	45
Hoofdstuk 5 Ruimteverwarming en energievoorziening volgens het Passiefhuis-concept		49
§ 5.1	Inleiding	49
§ 5.2	Maatregelen voor een hoog en energiezuinig wooncomfort	49
§ 5.3	Dossiervorming	50
§ 5.4	Criteria Passiefhuis-certificaat voor bouwsystemen	50
§ 5.5	Criteria Passiefhuis-certificaat voor ventilatiesystemen	51
§ 5.6	Keuze om tot een juist bouwsysteem te komen	52
§ 5.7	Keuze om tot het juiste installatieconcept te komen	52
§ 5.8	Conclusie en aanbeveling	59
Hoofdstuk 6 Evaluatie van de Passiefhuis-criteria op gebouwniveau		60
§ 6.1	Inleiding	60
§ 6.2	Berekening van de netto energiebehoefte voor verwarming	60
§ 6.3	Visualisatie berekeningsmodel PHPP 2003 netto energiebehoefte verwarming	60
§ 6.4	Aandachtspunten bij de PHPP 2003 berekening	62
§ 6.5	Conclusies en aanbevelingen bij de PHPP 2003 berekening	63
Hoofdstuk 7 Onderzoekservaringen en -resultaten EPC en PHPP 2003 berekeningsmodellen		64
§ 7.1	Inleiding	64
§ 7.2	Onderzoek naar toepassingsovereenkomsten en –verschillen van EPC en PHPP 2003 berekeningsmodellen	64
§ 7.3	Deelonderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik ruimteverwarming	64
§ 7.4	Samenvatting vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik ruimteverwarming	67
§ 7.5	Deelonderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik voor koeling	68
§ 7.5.1	Toelichting	68
§ 7.5.2	Resultaten vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik voor koeling	68
§ 7.6	Samenvatting vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik voor koeling	69
§ 7.7	Vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 energiegebruik inzake tapwater	69
§ 7.7.1	Verschillen EPC en PHPP 2003	70
§ 7.8	Grafische visualisatie vergelijking EPC versus PHPP 2003	70
§ 7.9	Eindconclusie EPC versus PHPP 2003	70
§ 7.9.1	Appels en Peren: rekenmodellen kennen fundamentele verschillen	70
§ 7.9.2	EPC rekenmodel is beleidsinstrument en wordt ingezet als ontwerpinstrument	71
§ 7.9.3	EPC rekenmodel meest geschikt voor korte termijn beleidsplanning	71
§ 7.9.4	EPC berekening alleen goed toepasbaar bij toevoeging van waarden	71

Hoofdstuk 8 Nut en noodzaak instrument GPR gebouw bij de ontwikkeling van het Passiefhuis	72
§ 8.1 Inleiding	72
§ 8.2 Meerwaarde van GPR gebouw bij Passiefhuis-concept	72
§ 8.3 Werkwijze van GPR gebouw	72
§ 8.4 Visualisatie uitwerking van GPR gebouw	73
§ 8.5 Toepassingservaring GPR gebouw in context tot het Passiefhuis-concept	73
§ 8.6 Conclusies GPR gebouw in context tot het Passiefhuis-concept	73
Hoofdstuk 9 Maatregelen realisatiefase Passiefhuis-woning in Otterlo	74
§ 9.1 Inleiding	74
§ 9.1.1 Uitwerking concept aansluitingsdetails	74
§ 9.1.2 Uitwerking detail 1: goede aansluiting tussen fundering en wand	74
§ 9.1.3 Uitwerking detail 2: goede aansluiting fundering – deur	76
§ 9.1.4 Uitwerking detail 3: een horizontale doorsnede buitenhoek	77
§ 9.1.5 Uitwerking detail 4: een horizontale snede raamaansluiting	78
§ 9.1.6 Uitwerking detail 5: een verticale snede raamaansluiting	79
§ 9.1.7 Uitwerking detail 6: goede aansluiting nok	80
§ 9.1.8 Uitwerking detail 7: goede aansluiting wand – dak	81
§ 9.2 Algemene aandachtspunten van het Passiefhuis in de bouwpraktijk	81
§ 9.3 Controlemetingen in de bouwpraktijk	82
§ 9.3.1 De Blowerdoor-test	83
§ 9.3.2 Test/check: Juiste afstemming isolatiemateriaal op plaatsing en structuur	83
§ 9.3.3 Test/check: Efficiënte maatvoering en detaillering voor optimale afdichting	83
§ 9.4 Voorbereidingen op de a.s. gebruiksfase Passiefhuis	84
§ 9.5 Kostenvergelijking Passiefhuis t.o.v. traditionele bouw	84
§ 9.5.1 Uitgangspunt vergelijking	84
§ 9.5.2 Overwegingen tot extra investeren	85
§ 9.5.3 Ervaringsdeskundigheid is goud waard: kennis delen is platina!	86
Hoofdstuk 10 Conclusies en aanbevelingen	87
§ 10.1 Inleiding	87
§ 10.2 Algemene conclusies en aanbevelingen	87
§ 10.2 Specifieke ontwerp,- en bouwtechnische conclusies en aanbevelingen	88
Bijlagen:	
1) Literatuurlijst	
2) Gebruik van efficiënte huishoudapparaten in relatie tot het energielabel	
3) Ontwerpboek	
4) EPC Energieprestatie berekening	
5) PHPP 2003 berekening	
6) GPR berekening	
7) Verslag projectbezoek 'de Kroeven' - Roosendaal	
8) Gevelbekleding Eternit sidings	

Voorwoord

Dit rapport is het resultaat van mijn afstudeeronderzoek naar bouwconcepten van woningen met duurzame energievoorzieningen. Het onderzoek richt zich op 'Het Passiefhuis' concept. De term Passiefhuis staat voor een specifieke constructiestandaard voor woongebouwen met een goed binnenklimaat gedurende winter zowel als zomer, zonder traditioneel verwarmings- of koelsysteem.

Dit houdt een zeer goede thermische isolatie en zeer goede lucht-/kierdichting van de constructie in, terwijl een goed binnenklimaat verzekerd is door gebalanceerde ventilatie met hoge mate van warmteterugwinning.

Door mijn opgedane kennis uit het onderzoek naar het Passiefhuis-concept te bundelen is een hulpmiddel ontstaan, getiteld stappenplan "Passiefhuis" die anderen en mij helpt bij het realiseren van woningen met duurzame energievoorzieningen'.

Waarom dit onderzoek?

Voor mijn afstudeeronderzoek heb ik de mogelijkheden onderzocht om tot een 'Passiefhuis' te komen welke wij als architectenbureau in opdracht hebben gekregen, en hoop hiermee een bijdrage te hebben geleverd aan het inzichtelijk maken van het realisatieproces van een 'passiefhuis'.

Met dit onderzoek en haar resultaten ga ik mijn studie bouwkunde dual aan de HU afronden. Bij deze opleidingsvorm studeer ik af vanuit het bedrijf waarvoor ik op dit moment werkzaam ben, Hans Been Architecten BNA. Het stappenplan, als praktisch resultaat van mijn onderzoek, is bruikbaar in mijn huidige beroepspraktijk waarin het de verwachting is dat meer en meer gebruik gemaakt zal worden van kennis en inzichten over energiezuinig (duurzaam) bouwen.

Voorgeschiedenis

Mijn interesse naar het Passiefhuis- concept is gewekt tijdens een bezoek dit jaar aan de BouwRAI in Amsterdam. Op de BouwRAI was een themaplein ingericht gefocust op energiezuinigheid en duurzaam bouwen. Mijn interesse gaat hier, naast persoonlijke motieven, ook beroepsmatig naar uit.

Het themaplein beoogde ontwerpers en bouwers bewust te laten worden van de mogelijkheden om energiegebruik in gebouwen anders (duurzaam) in te richten om zo de schadelijke uitstoot van CO₂ gasen te beperken.

Een manier om energiegebruik in woningen te beperken is het realiseren van een 'Passiefhuis' waarbij de totale energievraag voor verwarming en koeling beperkt blijft tot 15 kWh/m² gebruiksoppervlakte (circa 1,5 m³ gas/m², dus 4 à 5 keer minder als een vergelijkbare woning volgens het huidige Bouwbesluit). De energievraag voor alle huishoudelijke toepassingen, warm tapwater, ruimteverwarming en koeling blijft met het Passiefhuis concept beneden de 120 kWh/m² gebruiksoppervlakte.

Begeleiding afstudeeronderzoek

Tijdens mijn Afstudeeronderzoek heb ik mij laten begeleiden door:

Dhr. Hein van 't Hof als eerste begeleider

Dhr. Jean Spreksel als tweede begeleider

Vanuit ons bureau heb ik mij laten begeleiden door:

Dhr. Koen Dekker voor het onderdeel bouwtechniek

Dhr. Arno Harting voor het onderdeel bouwfysica

Ik wil hierbij van de gelegenheid gebruik maken om alle collega's, die mij tijdens mijn onderzoeks,- en afstudeerperiode hebben begeleid, te bedanken voor hun overdracht van vakmanschap en visie op duurzaam bouwen en wonen.

Het onderzoek naar “hoe bereik je een optimale energieprestatie binnen een woning” heeft zich gefocust rond het duurzaam energiezuinige bouwconcept, getiteld “Passiefhuis”. De term Passiefhuis staat voor een specifieke constructiestandaard voor woongebouwen met een goed binnenklimaat gedurende winter zowel als zomer, zonder traditioneel verwarming- of koelsysteem. Dit houdt een zeer goede thermische isolatie en zeer goede lucht-/ kierdichting van de constructie in, terwijl een goed binnenklimaat verzekerd is door gebalanceerde ventilatie met hoge mate van warmterecuperatie / terugwinning. Om tot een ‘passiefhuis’ te komen is het belangrijk dat alle betrokken partijen het ‘passiefhuis’ op dezelfde wijze definiëren en onderschrijven.

Met de opgedane kennis en inzichten over de maatregelen die getroffen moeten worden om tot een ‘Passiefhuis’ te komen, is vervolgens een methodiek / stappenplan ontwikkeld, dat het zowel voor de opdrachtgever als voor de opdrachtnemer mogelijk maakt om in elke fase, van het ontwerp tot het realisatieproces van het Passiefhuis, middelen en maatregelen in kaart te brengen die helpen het doel te bereiken.

Het stappenplan is slechts bedoeld als een leidraad bij het beantwoorden van de verschillende vraagstukken die voorkomen zowel tijdens de ontwerp als de realisatie (bouw)fase en opleveringsfase. Deze leidraad is continu in ontwikkeling vanwege de zich continu aandienende nieuwe inzichten rond energiezuinig en duurzaam bouwen binnen Nederland, Europa en daarbuiten.

Uit het onderzoek blijkt dat drie ontwerpstappen belangrijk zijn op weg naar een optimale energieprestatie:

- 1^e stap: de ontwerpstap
- 2^e stap: de integratie van bouwtechnische maatregelen
- 3^e stap: de integratie van energie-efficiënte installatieconcepten

1^e stap: de ontwerpstap

De eerste ontwerpstap is het maken van een (stedenbouwkundig) ontwerp. Immers, in het stedenbouwkundige ontwerp wordt de concentratie van de bebouwing, bijvoorbeeld een hoge dichtheid, en de meest geschikte oriëntatie vastgelegd. Deze punten spelen in een later stadium namelijk een belangrijke rol bij het gebruik kunnen maken van passieve zonne-energie. Daarnaast leidt een goed woningontwerp tot een lagere energievraag en voorkomt “onnodig” energiegebruik.

2^e stap: de integratie van bouwtechnische maatregelen

In de tweede fase is het van belang te komen tot integratie van bouwtechnische maatregelen zoals hoogwaardige isolatie en kierdichting. Hierdoor kunnen namelijk transmissie- en ventilatieverliezen, vaak aanleiding tot onnodig energieverlies, worden beperkt.

3^e stap: de integratie van energie-efficiënte installatieconcepten

De derde fase bestaat uit het voorkomen van onnodig energiegebruik en het gebruiken van duurzame energie door toepassing van een energie-efficiënt installatieconcept, bijvoorbeeld met behulp van een zonneboiler en zonnecollectoren.

Om te komen tot de gewenste energiezuinigheid van dit type woning zijn per fase verschillende middelen en/of maatregelen nodig.

Tijdens de ontwerpfase is het van belang gebruik te maken van de wensen en verwachtingen van de opdrachtgever en kennis te hebben van de locatie waar gebouwd gaat worden. Vervolgens helpen

berekeningsmodellen zoals de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) en het Passief Huis Projecterings Pakket (PHPP). EPC en PHPP zijn softwarepakketten die ieder op een geheel eigen wijze op een overzichtelijke manier alle gebouw- en installatieparameters kunnen inbrengen waarbij het effect op het eindverbruik kan worden geëvalueerd. Men kan dus aan de hand van de berekeningen het ontwerp bijsturen tot men op een uiterst energiezuinig gebouw uitkomt.

Daarnaast is de zogenaamde Gemeentelijke Praktijk Richtlijn (GPR) methode zeer bruikbaar voor het maken van duurzaamheidskeuzes bij nieuwbouw, renovatie van woningen, utilitaire gebouwen en scholen.

Tijdens de bouwfase is het van belang de gekozen maatregelen uit de ontwerpfase op de bouwlocatie op te volgen. Immers de maatregelen worden nu overgenomen door een aannemer die in staat moet zijn met precisie en expertise de berekende doelstellingen ook daadwerkelijk te realiseren. Dit houdt in dat een controlerend bezoek van de opdrachtgever op de locatie van belang is zodat alle toepassingen om te komen tot een optimaal Passiefhuis-concept, ook gaat gerealiseerd worden. Daarnaast heeft ook de architect en de gemeente belang bij strikte naleving van de maatregelen vanwege de afgifte van het Passiefhuis-certificaat aan toekomstige bewoners.

Ook bij de verkoop en oplevering van dit type woningen zijn bepaalde aandachtspunten rond het gebruik van energiezuinige toepassingen essentieel. Zo is het van belang de bewoners vroegtijdig te informeren over het nut en noodzaak van bepaalde installaties en hun gebruikersgemak. Inzicht in de functies geeft de bewoners bewustwording dat ze hebben gekozen voor duurzaam wonen en leven.

Hoofdstuk 1 Oriëntatie op de keuze thema afstudeeronderzoek “energiezuinig bouwen”

§ 1.1 Inleiding

In dit rapport kunt u de resultaten lezen van mijn afstudeeronderzoek naar de mogelijkheden van energiezuinig bouwen, samenkomend in het bouwconcept, genaamd “Passiefhuis”.

In dit hoofdstuk treft u vooraleerst een introductie over mijn afstudeerbedrijf, Hans Been Architecten BNA. Vervolgens krijgt u een inleiding over energiezuinig bouwen bedoeld als een gepaste reactie op de bestaande en toekomstige milieuproblematiek alwaar de uitdaging ligt om nader onderzoek naar te doen.

§ 1.2 Het afstudeerbedrijf

Hans Been Architecten BNA¹ is een architectenbureau met twaalf medewerkers waaronder twee architecten, twee ontwerpers en een uitwerkteam van acht bouwkundigen. Onze projecten zijn gericht op woningbouw en appartementen. Daarnaast richt het bedrijf zich ook op projecten voor particulieren, zorginstellingen en kerkgenootschappen.

Mijn onderzoek is uitgevoerd bij Hans Been Architecten BNA in Amerongen. Het doel van het onderzoek is te komen tot een bruikbaar stappenplan voor ontwerpers en bouwers van passiefhuizen. Het stappenplan helpt om een goed beeld te geven over het ontwerp van een ‘Passiefhuis’. De opgedane kennis is bruikbaar bij de opdracht van een middelgrote projectontwikkelaar aan Hans Been Architecten BNA.

§ 1.3 Visie van de architect

“Hans Been Architecten bureau BNA heeft een uitgesproken visie op bouwen. Een citaat van de grondlegger, Hans Been:” *Omdat de mens centraal staat in mijn werk, zoek ik een gevoelsmatig proces naar sfeervolle oplossingen die rationeel te bouwen zijn. De stedenbouwkundige inpassing speelt hierbij een cruciale rol. In een open discussie met alle betrokkenen zoek ik naar uitdagende concepten, die een antwoord geven op een veranderende tijd. Ik zet daarbij mijn vakmanschap in om duurzame architectuur te maken, met gevoel voor ruimtelijkheid en zorg voor detail.*”

Als toekomstig ingenieur onderschrijf ik de visie van dit bedrijf. De combinatie innoveren en vakmanschap, gehouden tegen het licht van een veranderende energievoorziening dagen mij uit in mijn vak scherp te blijven. Als beroepsbeoefenaar ben ik het aan mijzelf en anderen verplicht de uitdaging van energiezuinig bouwen aan te gaan.

§ 1.4 Voorkomende milieumaatschappelijke vraagstukken en haar invloed op bouwen

Uit klimatologische onderzoeken, die mede door het KNMI verricht worden, staat inmiddels vast dat:

- De opwarming van de aarde doorzet waardoor er vaker zachte winters en warme zomers zijn.
- De winters gemiddeld natter worden en ook de extreme neerslaghoeveelheden toenemen.
- De hevigheid van extreme regenbuien in de zomer toeneemt, maar het aantal zomerse regendagen juist minder wordt.
- De berekende veranderingen in het windklimaat klein zijn ten opzichte van de natuurlijke grilligheid.
- De zeespiegel blijft stijgen (voetnoot: bron: KNMI)

1 Voor overige informatie en onze portfolio kunt u de website www.hansbeen.nl raadplegen.

Naast klimatologische invloeden wordt Nederland sterk afhankelijk van andere landen die brandstoffen bezitten en/of produceren. Wereldwijd leidt dit tot spanningen en tot grote onzekerheid over de levering. Daarnaast worden ook voor Nederland de brandstoffen schaarser en dus duurder.

Voldoende redenen om als maatschappij bewust(er) en duurzaam(er) om te gaan met energie. Om te komen tot verduurzaming van energie hebben betrokken en belanghebbende partijen er belang bij te weten welke duurzame energievormen er zijn, en inzicht te hebben in welke wettelijke en politieke afspraken er gelden; zowel binnen Nederland, Europa als daarbuiten.

§ 1.5 Energiebronnen

Duurzame energie (ook wel hernieuwbare energie genoemd) is energie die is opgewekt door bronnen die niet vervuilen en die oneindig zijn. De drie meest bekende duurzame energiebronnen zijn waterenergie,- zonne-energie, en windenergie. Naast deze drie bronnen is er ook een groeiende belangstelling voor de zogenoemde 'groene stroom'.

§ 1.6 Energiezuinig (duurzaam) bouwen

Er zijn vele manieren om in woningen energie te besparen, ook wel duurzaam energie gebruiken genoemd. Bijvoorbeeld door het toepassen van geavanceerde energie-efficiënte technieken. Een andere benadering is juist het optimaliseren van de bouwkundige elementen en het maximaal benutten van passieve energie. Het verantwoordelijk ministerie van VROM gaat er vanuit dat eind 2011 de energieprestatie van 500.000 gebouwen aanzienlijk verbeterd zal zijn. De minister gaat hiertoe nauw(er) samenwerken met de bouwsector.

Het energiegebruik van de gebouwde omgeving ten opzichte van het totale landelijke energieverbruik bedraagt 8 % tijdens de bouw en 35 % in de gebruiksfase. In totaal 43 %².

Een van de onderdelen van duurzaam bouwen is energie-extensivering: het verminderen van energieverbruik, het benutten van duurzame energie en het beperken van het gebruik van fossiele brandstoffen. Een bijdrage aan energiebesparing kan geleverd worden door het energiegebruik in woningen te beperken. Dit kan onder andere door middel van het bouwen en ontwikkelen van 'Passiefhuizen'. Woningen waarbij de totale energievraag voor verwarming en koeling beperkt blijft tot 15 kWh/m² gebruiksoppervlakte (circa 1,5 m³ gas/m²).

Met de invoering van de energie-prestatie-coëfficiënt (epc) in Nederland, heeft energiezuinig bouwen een vlucht genomen. Deze eis beschrijft de mate van energiezuinigheid van een woning en wordt sinds 1996 steeds strenger toegepast. Begon de epc-eis in 1996 op een niveau van 1,4, sinds 2006 is een epc-eis van 0,8 van kracht. En in de toekomst zal deze eis alleen nog maar hoger worden. Eén van de beleidsmaatregelen van de huidige minister 'voor wonen, wijken en integratie' is de aanscherping van de energieprestatie-eis voor nieuwe gebouwen (zowel woningen als utiliteitsgebouwen). In 2011 gaat deze EPC naar 0,6 en in 2015 naar 0,4³. Dit gaat verder dan het al eerder bekendgemaakte doel om de gloeilamp in Nederland uit te bannen. Vooral het aanbrengen van goede isolatie en zuiniger apparatuur leidt tot energiebesparing.

§ 1.7 Energiezuinig leven

Als individu, als toekomstig beroepsbeoefenaar en als vader van (bijna) 3 kinderen heeft energiezuinig bouwen en leven de interesse van de onderzoeker. Het is zijn mensvisie de aarde en al zijn energiebronnen optimaal te benutten, maar bij voorkeur niet zinloos uit te putten vanwege gebrek aan visie en mentaliteit. Dat deze

² Bron: duurzaam bouwen

³ Bron: VROM

opdracht op zijn pad komt is een goede gelegenheid invulling te geven aan de eigen manier van werken en kijken naar energiezuinig leven en werken, waaronder energiezuinig bouwen.

§ 1.8 Opbouw van het document

U treft een introductie over het afstudeerbedrijf waar het afstudeeronderzoek is uitgevoerd. Dit bedrijf heeft een heldere visie op bouwen.

Om vervolgens een beeld te vormen van het nut en de noodzaak van energiezuinig bouwen wordt in het kort de achterliggende milieuproblematiek geschetst waarop menig concept rond energiezuinig bouwen anticipeert. Daarnaast wordt een beknopte beschrijving gegeven van energievriendelijke bronnen.

Hoofdstuk 1 bevat een oriëntatie op de keuze rond het thema energiezuinig bouwen als afstudeeronderzoek.

Hoofdstuk 2 bevat een nadere beschrijving van de probleemdefiniëring van het onderzoek. Hiermee worden de kaders van het onderzoek geschetst.

Hoofdstuk 3 bevat de basisprincipes om te komen tot een Passiefhuis.

Hoofdstuk 4 omschrijft de mogelijkheden en maatregelen om tot een 'Passiefhuis ontwerp' te komen en worden de onderdelen nader toegelicht.

Hoofdstuk 5 bevat de uitwerking van het ontwerp.

Hoofdstuk 6 bevat een evaluatie van de PHPP berekening.

Hoofdstuk 7 bevat toepassingservaringen van EPC en PHPP 2003 berekeningsmodellen.

Hoofdstuk 8 bevat een beschrijving van nut en noodzaak van het instrument GPR gebouw.

Hoofdstuk 9 bevat de maatregelen realisatiefase 'Passiefhuis-woning' in Otterlo.

Hoofdstuk 10 bevat de conclusies en aanbevelingen, zowel ten aanzien van mijn onderzoek als ten aanzien van de evaluatie.

De geraadpleegde literatuur, detailbeschrijvingen en afbeeldingen, en begrippen en afkortingen treft u aan in de bijlagen. Afbeeldingen zonder bronvermelding zijn van eigen hand.

Hoofdstuk 2 Definiëring van de onderzoekscontext

Hoofdstuk 2 bevat een nadere beschrijving van de probleemdefiniëring van het onderzoek. Hiermee worden de kaders van het onderzoek geschetst.

§ 2.1 Probleemdefinitie

Via een middelgrote projectontwikkelaar heeft Hans Been Architecten de opdracht om in het dorp 'Otterlo' een woongebied te ontwikkelen, waarbij de exclusiviteit van dit schitterende gebied met z'n landschappelijke en natuurlijke waarde, tegen het 'park de hoge Veluwe' aan, vraagt om een hoogwaardige en duurzame aanpak van wooncomfort en energiegebruik. De vrijstaande woningen in dit gebied wil de ontwikkelaar met een 'Passiefhuis' certificering opleveren. De reden daarvan is, dat bij dit concept een hoogwaardig comfort en duurzaamheid verenigbaar in één ontwerp zijn. De woningen gaan immers garant staan voor een optimale duurzaamheidsbeleving vanuit zowel het openbare gebied als vanuit de woning.

Hans Been Architecten BNA gaf aan onvoldoende bekend te zijn met de (on)mogelijkheden van het "Passiefhuis" concept. Voldoende redenen om deze ontbrekende kennis om te zetten in een (afstudeer)onderzoek naar de (on)mogelijkheden van het "Passiefhuis- concept" en de weg uit te stippelen die moet worden bewandeld om dit woonconcept, voldoende aan de voorwaarden, op te leveren.

§ 2.2 Vraagstelling

De generieke onderzoeksvragen zijn:

- Welke kennis en inzichten heeft Hans Been Architecten BNA nodig om aan de opdracht te kunnen voldoen?
- Welk stappenplan is noodzakelijk om dit project, zowel intern, als in samenwerking met de opdrachtgever, zo goed mogelijk aan te pakken, zodat in elke fase van het ontwerpproces een zo compleet mogelijk beeld kan worden gegeven van wat is er zowel op bouwfysisch als op bouwtechnisch gebied van invloed is op een passieve woning en andere aspecten in de bouwkolom. Daarbij wordt niet nadrukkelijk gekeken naar de kosten maar naar de meest wenselijke uitvoerbaarheid.
- De woningen in het plan moeten doorgerekend worden middels de 'PHPP' software om te kunnen voldoen aan het predikaat 'passiefhuis' en met een EPC waarde tussen de 0,4 en 0,5.
- Maak een zorgvuldige detaillering en materiaalkeuze, in zowel zichtbare als onzichtbare delen van de woning, dat bijdraagt aan het duurzame karakter.
- Toets het plan aan het instrument GPR-gebouw, waarbij ontwerpgegevens van de Passiefhuis-woning omgezet worden in kwaliteit- en duurzaamheidprestaties; van woonkwaliteit tot toekomstwaarde. Streven is uit te komen op een gemiddelde waarde van 7,0.
- Welke energieberekening is hierop van toepassing? EPC of PHPP?
- Onderbouw weloverwogen de stappen uit ontwerp, bouw en opleveringsfase, waardoor optimale afstemming plaats vindt tussen ontwerp, bouwfysische uitvoering en technische opties.

Specifieke onderzoeks(deel)vragen:

Met het beantwoorden van een aantal specifieke deelvragen wordt de kennis die nodig is voor het opstellen van het stappenplan verworven:

De deelvragen zijn:

- a) Waar moet het stappenplan toe leiden? In het antwoord op deze deelvraag wordt beschreven wat een 'Passiefhuis' precies is, waar een dergelijke woning dus aan moet voldoen.
- b) Hoe moet het ontwerptraject eruit gaan zien? In dit antwoord worden het ontwerptraject afgebakend.

- c) Hoe realiseer ik een 'Passiefhuis'? De maatregelen waarmee aan het Passiefhuis- concept voldaan kan worden, worden hier beschreven.
- d) De kennis over de maatregelen om tot een 'passiefhuis' te komen wordt opgedaan bij het beantwoorden van deelvragen A en B.
- e) Bestudeer literatuur waarbij helder moet worden: De kennis over het ontwikkelingsproces van de woning wordt opgedaan bij het beantwoorden van subdeelvragen
 - Wat de invloed is van stedenbouwkundige, bouwtechnische-, bouwfysische-, en installatiemaatregelen op de energiezuinigheid;
 - Wat de kosten zijn van deze maatregelen;
 - Wat de invloed is van de maatregelen op de EPC;

§ 2.3 Doelstelling van het onderzoek

Het beschikken over kennis en inzicht, vertaald in een stappenplan, waarbij in elke fase van het ontwerpproces van het 'Passiefhuis' een zo compleet mogelijk beeld kan worden gegeven van wat is er zowel op bouwfysisch als op bouwtechnisch gebied van invloed is op een passieve woning. Daarbij wordt ook duidelijk welke aspecten meewegen in de bouwkolom zoals energiezuinigheid, kosten en uitvoerbaarheid.

De woning zal uiteindelijk moeten voldoen aan een EPC-eis van 0,45, een PHPP-certificatie en op basis van duurzaamheid moet een minimale gemiddelde GPR score van een 7 gehaald worden.

§ 2.4 Inschatting van het te verwachten kennis- en begripsniveau

Om tot een gedegen stappenplan te komen schat de onderzoeker aan kennis en inzicht nodig te hebben:

- Kennis over de interne middelen maatregelen die genomen dan wel getroffen moeten worden om tot een 'Passiefhuis' te komen;
- Kennis en inzicht over criteria (normen en standaarden) die gelden voor het Passiefhuis-concept.
- Kennis over het ontwikkelingstraject om tot een 'Passiefhuis' te komen;
- Kennis van wet en regelgeving in Nederland;
- Kennis van toepassingsmogelijkheden energiezuinig bouwen;
- Inzicht van de invloed van het politieke en economische klimaat op de toepassing van middelen en maatregelen waaronder de berekeningen

§ 2.5 Randvoorwaarden HU

Het afstudeeronderzoek moet in de periode April-September 2008 worden afgerond.

De basis voor het onderzoek wordt gevormd uit literatuuronderzoek naar vormen van energiezuinig bouwen, en berekeningsmodellen waaronder toegepaste berekeningen en tekeningen. De benodigde informatie is betrouwbaar en kan zowel via het Internet, publicaties, gemeenten als via externe adviseurs worden verkregen.

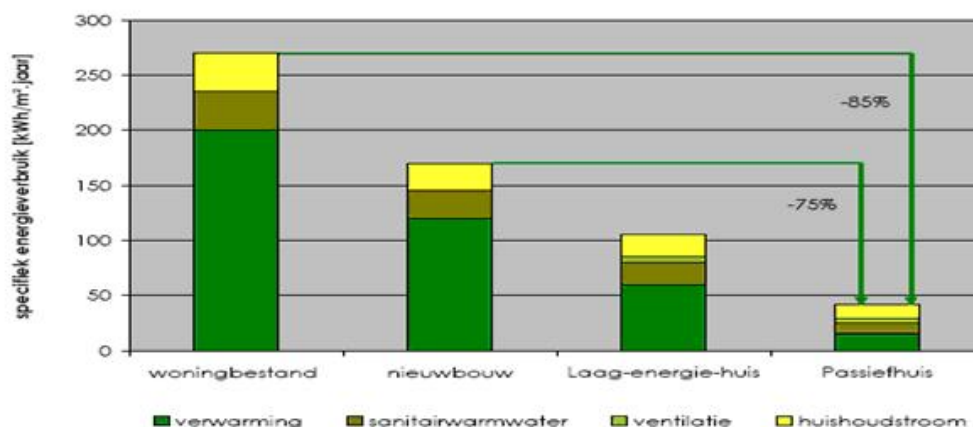
§ 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de basisprincipes om te komen tot Passiefhuis-concept uiteengezet. Allereerst wordt een definitie gegeven van het 'Passiefhuis' om de kaders aan te geven van de context van duurzaam energiezuinig bouwen en wonen. Om te spreken van een Passiefhuis-concept moet worden voldaan aan een aantal criteria. Deze criteria hebben te maken met maximale ruimteverwarming $\text{m}^2/\text{per jaar}$, met de juiste isolatiewijzes, type beglazing, luchtdichtheid, energiezuinige huishoudelijke apparaten en de mogelijkheid tot gebruik van hernieuwbare energiebronnen. Door middel van referentieprojecten wordt een nadere kennis gemaakt met de mogelijkheden.

§ 3.2 Definitie van een Passiefhuis

De term Passiefhuis staat voor een specifieke constructiestandaard voor woongebouwen met een goed binnenklimaat gedurende winter zowel als zomer, zonder traditioneel verwarmings- of koelsysteem.

Om tot een 'Passiefhuis' te komen is het belangrijk dat alle betrokken partijen het 'Passiefhuis' op dezelfde wijze definiëren en onderschrijven. Bij de Passiefhuizen ligt de energieconsumptie vier keer lager dan bij de gemiddelde nieuwbouwwoning van vandaag.



Figuur 1: Energiebesparing bij verschillende soorten huizen. (Bron: Wat is een Passiefhuis? –Technische folder)

§ 3.3 Basisprincipes van het Passiefhuis

Het optimale energiegebruik van een 'Passiefhuis', wordt bereikt door een goede balans tussen warmteverliezen en warmteopbrengsten.

Er gelden 5 basisprincipes voor de 'Passiefhuis'- constructiestandaard. Deze principes zijn:

1. Maximaal isoleren
2. Optimale ventilatievoorzieningen treffen
3. Passieve warmtewinsten organiseren
4. Luchtdicht bouwen
5. Gebruik van efficiënte huishoudapparaten

Vanwege de specifieke kennis en inzichtwens rondom de toepassing van deze basisprincipes op het project in Otterlo worden de items expliciet behandeld en veel voorkomende vragen rond deze basisprincipes toegelicht.

§ 3.3.1 Basisprincipe 1: Maximaal isoleren

Maatregel:

- Doeltreffend isoleren
- Koudebruggen vermijden
- U-waarden aanhouden

Toelichting:

Om een conventioneel verwarmingssysteem te kunnen vermijden, zonder in te boeten aan warmtecomfort, is een dikkere en/of meer doeltreffende isolatielaag nodig. Typische isolatiediktes voor muren, daken en vloeren variëren van 10 cm tot 35 cm naargelang het type isolatiemateriaal en het bouwsysteem. De beglazing is drieboudig en het schrijnwerk is extra geïsoleerd. Het is eveneens belangrijk dat koudebruggen vermeden worden⁴.

Een koudebrug is een plaats waar de isolatie onderbroken is en waarlangs de koude gemakkelijk naar binnen dringt. Wanneer warme lucht afkoelt, doordat het bijvoorbeeld in contact komt met een koud oppervlak, kan er condensatie ontstaan. Condensatie betekent vocht en vocht geeft kans op bouwschade. Hoe meer er geïsoleerd wordt, hoe beter de andere energiebesparende maatregelen renderen. Enkele voorbeelden van koudebruggen zijn drempels, slecht geplaatste ramen en onderbroken isolatie. Als er goed geïsoleerd wordt, kan er niet alleen gespaard worden op het milieu, maar wordt het binnencomfort ook verbeterd. Zo voelen de muren bijvoorbeeld warmer aan.

Het Passiefhuis-Platform stelt dat voor een passiefhuis de volgende normen gelden:

- U-waarde van vloeren, muren en daken: $< 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-waarde van buitenschrijnwerk: $< 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$
- U-waarde van beglazing: $< 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$

In Nederland wordt een gemiddelde isolatiedikte toegepast van 10 cm.

Het isolatiepeil van een gebouw wordt berekend met een aantal formules en eenheden. De voornaamste grootheden worden nader toegelicht in de volgende subparagrafen.

λ- waarde: op niveau van het materiaal

Elk materiaal heeft een bepaald warmtegeleidend vermogen. Hoe beter een materiaal de warmte geleidt, hoe minder goed het isoleert. Isolatiematerialen hebben een zogenaamde "lambda waarde" van minder dan 0,065 W/mK. Hoe kleiner dit getal, hoe beter de isolerende waarde. Andere materialen kunnen ook vrij goede isolerende eigenschappen hebben, maar dan is er een dikkere laag nodig. Dat betekent verlies aan ruimte en verspilling van materiaal. Volgens het maandblad 'Duurzaam Bouwen' (2005) hebben kunststoffen, bijvoorbeeld PVC, polyurethaan, polystyreen en polyethyleen de gunstigste lambda waarden.

4 Bron: Passiefhuizen in Nederland

Materiaal	Lambda-waarden
Marmer	2,3
Beton	2
Kalkzandsteen	0,9
Glas	0,8
Baksteen	0,5 – 0,65
Cellenbeton	0,29
Hout	0,17
Houtwolcementplaat	0,09
Minimum om te spreken over een isolatiemateriaal	0,065
Vermiculiet	0,065
Geëxpandeerd perliet	0,058
Kokosvezel, rietdak	0,055
Kurk	0,05
Papiervlokken-isolatie	0,045
Houtvezelplaten	0,045
Geëxpandeerde kurk	0,042
Mineraal wol/glaswol	0,041
Papier/jutte-matten	0,04
Schapevool	0,037
Geëxpandeerd polystyreen	0,033 – 0,038
Geëxtrudeerd polystyreen	0,034 – 0,038
Polyurethaanschuim	0,023 – 0,029

Tabel 1: Enkele voorbeelden van λ - waarden. (Bron: Duurzaam bouwen, 2005)

U-waarde: op niveau van een gebouw (W/m^2K)

Een constructiedeel (dak, vloer, wand, raam, e.d.) is steeds samengesteld uit verschillende bouwdelen of bouwmaterialen, die elk een eigen warmtedoorgangscoefficiënt hebben (in België ook wel aangeduid met K-waarde). De U-waarde geeft aan hoeveel warmte er per m^2/s verloren gaat door een constructiedeel als er tussen 'binnen' en 'buiten' een temperatuurverschil van $1\text{ }^\circ\text{C}$ is. Hoe lager deze U-waarde, hoe beter het isolerende vermogen van dit constructiedeel. De eenheid is W/m^2K . In formule:

$$U = \frac{1}{R_i} \text{ of } U = \frac{1}{R_c + R_{si} + R_{se}}$$

De termen R_{si} en R_{se} geven de overgangsweerstanden aan van de warmtestroom van materiaal naar lucht. De volgende waarde moeten worden aangehouden:

Constructie onderdeel	R_{si}	R_{se}
Wand grenzend aan buitenlucht, bijvoorbeeld spouwmuur	0,13	0,04
Wand grenzend aan water / grond, bijvoorbeeld kelder	0,13	0
Binnenwanden (geen garages)	0,13	0,13
Vloeren boven buitenlucht, warmtestroming naar beneden, bijvoorbeeld uitkragend bouwwerk	0,17	0,04
Vloeren boven onverwarmde ruimtes of kruipruimtes, warmtestroming naar beneden	0,17	0,17
Vloeren boven onverwarmde ruimtes, warmtestroming omhoog	0,1	0,1
Verdiepingsvloeren tussen verwarmde bouwlagen	0,13	0,13
Daken met een hellingshoek van meer dan 75 graden	0,13	0,04

Daken met een hellingshoek gelijk aan of groter dan 0 graden en kleiner dan of gelijk aan 75 graden (hellende daken, platte daken, omkeerdaken)	0,1	0,04
Vloer grenzend aan water / grond	0,17	0

De U-waarde van het materiaal glas wordt meer in detail uitgelegd. Gedurende de laatste twee decennia is de U-waarde van toegepast glas met een factor 10 verbeterd. Terwijl de vroeger gebruikelijke enkele beglazing een U-waarde van 5,6 W/m²K had, is men over dubbel glas en verbeterd dubbel glas geëvolueerd naar drievoudige passiefhuis-beglazing met U-waarden van 0,8 W/m²K en lager (Passiefhuis-Platform, *Technologiewijzer – Glas*, 2005).

Volgens de brochure 'Bewust Duurzaam Bouwen' betekent compact bouwen dat een woning zo gebouwd wordt dat er een zo groot mogelijk bewoonbaar volume gecreëerd wordt met een zo klein mogelijke buitenoppervlakte. Deze buitenoppervlakte (wand, vloer, dak, glas) is de oppervlakte waarlangs de warmte kan verdwijnen, ook het warmteverliesoppervlakte genoemd. Huizen met één of meer verdiepingen zijn niet alleen compacter, ze sparen ook meer ruimte dan huizen waarbij alles op de benedenverdieping gehuisvest is. Compact bouwen heeft dus niets te maken met groot of klein bouwen. Om een vergelijking te maken tussen de isolatiewaarden van een conventionele woning, een energiezuinige woning en een passiefhuis, wordt volgende tabel gebruikt.

	Warmteverliezen in een typisch bestaande woning	Maximale warmteverliezen volgens de wettelijke norm	Maximale warmteverliezen zuinige woning	Isolatiedikte zuinige woning
Muren	1.5	1.0	< 0.25	c.a. 15 cm
Ramen	6.0	3.0	< 1.30	verbeterd dubbel glas
Dak	2.0	0.6	< 0.20	c.a. 20 cm
Vloeren (op volle grond)	3.0	1.2	< 0.35	c.a. 10 cm
Totaal (gemiddeld)	1.5	0.55	0.35 - 0.40	

U- waarden in W/m²K. (Bron: Zuinig met energie, Greenpeace, België)

§ 3.3.2 Basisprincipe 2: Optimale ventilatievoorzieningen treffen

Het basisprincipe van het Passiefhuis is dat de uiteindelijke warmtebelasting gedragen kan worden door het ventilatiesysteem. Door de ventilatielucht (ong. 150 a 250 m³ per uur) 20°C a 30°C op te warmen, kan zelfs bij extreem lage buitencondities de woning op een comfortabele temperatuur gehouden worden. De uitgangstemperatuur is max. 52°C. Het debiet van het ventilatiesysteem bepaalt de capaciteit van de verwarming. Het voordeel van na- verwarming van ventilatielucht is dat geen additionele infrastructuur nodig is om de warmte te dragen.

Wanneer er een storing in het ventilatiesysteem optreedt zal de temperatuur in de woning zeer snel dalen. Een oplossing kan zijn het installeren van lage temperatuur radiatoren (LTR) en/of lage temperatuur vloerverwarming (LTV)

Maatregel:

- Waarborgen goede binnenluchtkwaliteit voor een gezond binnenmilieu
- Beperken van risico's onderkoelen / oververhitting

Middelen:

- Ventilatievoorzieningen

Om in gebouwen steeds een goede binnenluchtkwaliteit te waarborgen, worden ook eisen aan het binnenklimaat opgelegd, onder de vorm van minimale ventilatievoorzieningen en het beperken van het risico op oververhitting 's zomers in woongebouwen. Voor een gezond binnenmilieu is een goede ventilatie onontbeerlijk.

Toelichting:

Ventilatie zorgt voor de afvoer van verontreinigde lucht en voor de toevoer van verse buitenlucht. De wijze waarop dat gebeurt varieert van plaatsing van ventilatieroosters en klappen tot toepassing van volledig mechanische systemen.

- Comfortventilatie

Ventileren is noodzakelijk omdat de binnenlucht ongeveer tweemaal meer vervuild is dan de buitenlucht.

Toelichting:

Elk gezin produceert per dag 10 à 20 liter woonvocht door koken, wassen, douchen, etc. Vervuilde lucht kan geur en ademhalingsproblemen veroorzaken en door te ventileren wordt een gezondere luchtkwaliteit gegarandeerd aan de bewoners. Ventilatie vermindert eveneens de kans op allergieën en CO vergiftiging door kooktoestellen⁵.

Passiefhuizen hebben een constante aanvoer van verse lucht nodig om het comfort van de gebruikers zo hoog mogelijk te houden. De verse lucht wordt aangevoerd in de droge ruimtes (slaapkamers, leefruimtes, etc.) en via doorstroom ruimtes (gang, trappenhal, etc.) afgevoerd uit de natte ruimtes (keuken, badkamer, wc's, etc.). Bovendien kan het gebouw door middel van filters op de ventilatie-eenheid, gemakkelijk stof - en allergievrij gehouden worden. Om het energieverbruik van dit systeem te beperken wordt een hoogrendement warmtewisselaar gebruikt (Bron: Passiefhuizen in Nederland). De warmtewisselaar wordt gebruikt om de verse binnenkomende lucht te verwarmen met de lucht die naar buiten wordt afgevoerd. Hierbij wordt typisch 90% van die warmte teruggewonnen zonder de twee luchtstromen te mengen. De binnenkomende lucht wordt dikwijls al opgewarmd door hem door een warmtewisselaar. In een passiefhuis wordt bijna altijd een mechanisch ventilatiesysteem met warmteterugwinning gebruikt. De standaard die vooropgesteld wordt door Passiefhuis-Platform is een mechanische balansventilatie met warmteterugwinning met een temperatuurrendement > 75%.

- Vraaggestuurd ventileren

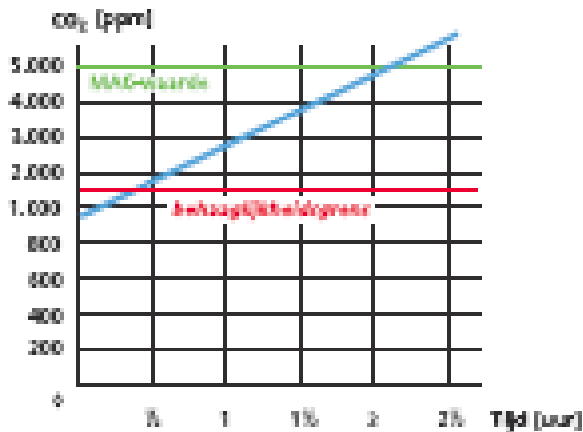
Wanneer de luchtkwaliteit goed is, hoeft er weinig te worden geventileerd.

Toelichting:

De luchtkwaliteit wordt minder door de aanwezigheid van bewoners in bijvoorbeeld de woonkamer of de slaapkamer.

De verdeling van de toegevoerde ventilatielucht vindt gebruikelijk plaats op basis van de grootte van de diverse ruimtes. Het is beter verse buitenlucht naar die ruimtes te brengen waar het noodzakelijk is. Dat kan met vraaggestuurd ventileren op basis van aanwezigheid (CO₂-meting) of tijdsprogrammering (klokfunctie). Een verklaring van gelijkwaardigheid van TNO geeft aan dat het EPC-voordeel door middel van deze vraagsturing 0,072 (2-zone tijdregeling) tot 0,081 (2-zone CO₂-regeling) bedraagt.

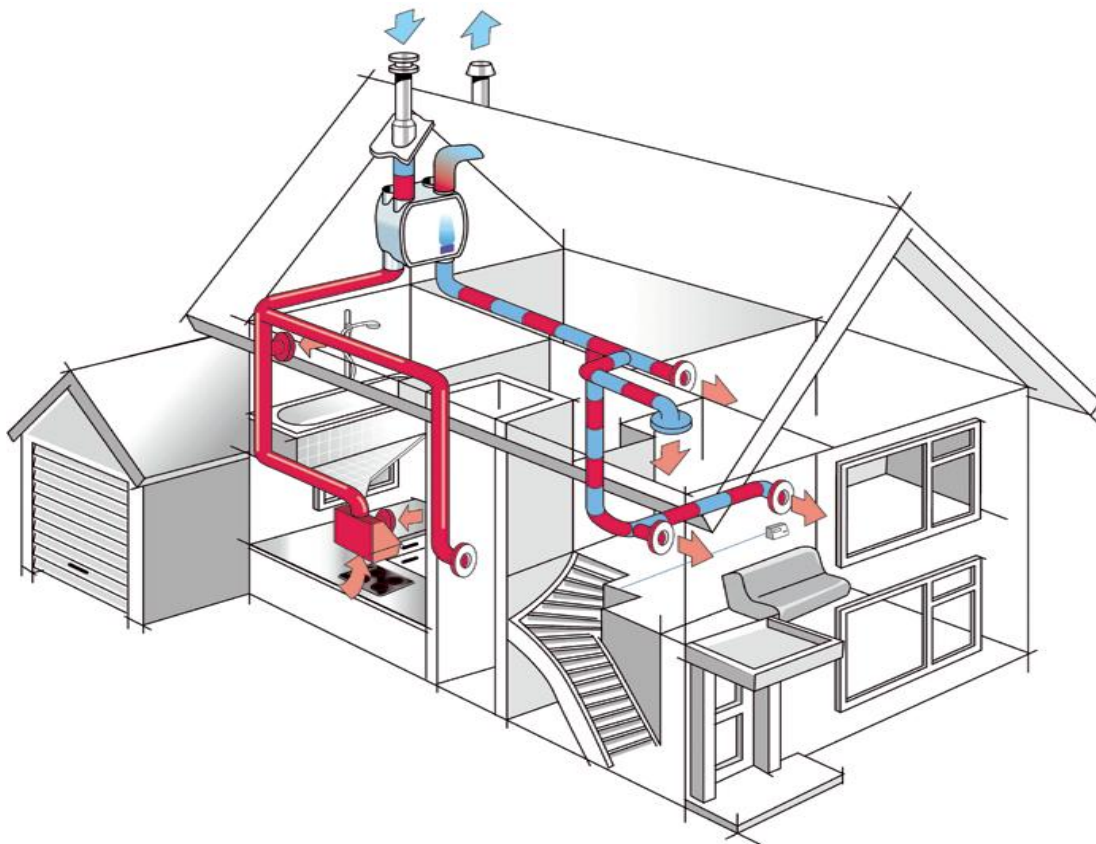
⁵ Bron: www.VROM.nl



Figuur 2 vraaggestuurd en gebalanceerd ventilatiesysteem

Bovenstaande grafiek laat zien dat het CO₂ gehalte in een slecht geventileerde slaapkamer al in 2,5 uur de max. aanvaardbare concentratie (MAC-waarde) bereiken. In dat geval zal eerst de beschikbare ventilatielucht op een intelligente manier naar de slaapkamer worden gestuurd. Als blijkt dat dit onvoldoende is, zal pas daarna de hoeveelheid ventilatielucht worden verhoogd. Op deze manier wordt er op maat geventileerd, de beschikbare ventilatielucht wordt gestuurd naar de plaats waar de ventilatielucht gevraagd wordt. Een lager ventilatie-debiet betekent een lager energieverbruik en een lager geluidsniveau.

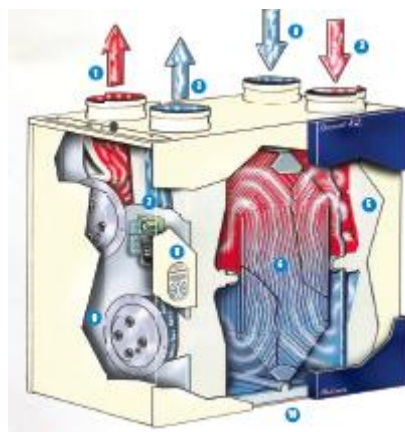
Onderstaand figuur geeft een schematische voorstelling van een vraaggestuurd en gebalanceerd ventilatiesysteem.



Figuur 3: vraaggestuurd en gebalanceerd ventilatiesysteem

➤ Gebruik van de warmteterugwin-unit

De warmteterugwin-unit is voorzien van filters die eenvoudig uitneembaar zijn door het openen van een filterdeur. Deze filters halen 95% van het stof uit de lucht. Eén filter filtert de verse buitenlucht voordat deze de woning ingaat. De andere filtert de verbruikte lucht uit de woning voordat deze via het toestel de woning weer verlaat. De warmteterugwin-unit kan worden voorzien van een bypasscassette. Zie figuur 4.



Legenda

1. Lucht naar woning
2. Lucht naar buiten
3. Lucht uit woning
4. Lucht van buiten
5. Filters
6. Warmtewisselaar
7. Regelprint
8. Display
9. Gelijkstroomventilatoren voor een constant volume
10. Condensafvoer

Figuur 4. De warmteterugwin-unit

➤ Verversen en filteren

Toelichting 1:

De aanwezige warmte in de vervuilde lucht, die uit de woning wordt afgevoerd, wordt gebruikt om de frisse, schone buitenlucht die wordt binnengehaald te verwarmen. Het toestel zorgt ervoor dat de binnenlucht continu wordt verversd en gefilterd.

De eerder genoemde bypass cassette zorgt er gedurende de zomer voor dat de koele nachtlucht de warme binnenlucht van overdag zoveel mogelijk vervangt. Dit noemen we ook wel 'nachtventilatie'. Hierbij wordt de lucht door de bypasscassette geleid. Het toestel is voorzien van een automatische regeling die bepaalt of de bypassklep opent of sluit. Bij de bypasscassette wordt ca. 70% om de warmtewisselaar heen gevoerd. De filters moeten regelmatig worden schoongemaakt om een goede werking van het systeem mogelijk te maken. Vooral de eerste weken na oplevering van de woning is dit van groot belang. Het toestel dient eenmaal per jaar een controlebeurt te krijgen. Dan moeten ook de filters worden vervangen.

➤ Raam open?

Toelichting 2:

Op de vraag of er een raam open mag is het antwoord bevestigend.

Met een gebalanceerd ventilatiesysteem heeft is het heel goed mogelijk om een raam open te zetten. Maar voor een goed geventileerde woning is het niet nodig. Als het in de zomer binnen warm wordt, kan het wél aangenaam zijn om extra te ventileren. In het stookseizoen de ramen open zetten wanneer het buiten veel kouder is dan de gewenste binnentemperatuur, kost dat natuurlijk extra energie. De koude buitenlucht moet dan immers worden opgewarmd zonder dat gebruik kan worden gemaakt van WTW.

Ruimte	Eis
Verblijfsgebied	>0,9 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte met een minimum van 7 dm ³ /s
Verblijfsruimte	>0,9 dm ³ /s per m ² vloeroppervlakte met een minimum van 7 dm ³ /s
Toiletruimte	> 7 dm ³ /s
Badruimte	> 14 dm ³ /s
Keuken	> 21 dm ³ /s (opstelplaats max. 15 kW)
Meterruimte	>2 dm ³ /s per m ³ netto inhoud van de meterruimte, met een minimum van 2 dm ³ /s

Tabel: Eisen voor ventilatie in nieuwe gebouwen, vastgelegd in het bouwbesluit. Bron: Bouwbesluit.)

➤ Voordelen van gebalanceerde ventilatie

Toelichting 3:

Om partijen te overtuigen van de noodzaak van een gebalanceerde ventilatie volgen onderstaand de belangrijkste argumenten:

- Vervuilde binnenlucht en vocht worden direct naar buiten afgevoerd.
- Er wordt continu verse lucht in de slaapkamers en woonkamer gebracht.
- Er kan altijd met de juiste hoeveelheid lucht geventileerd worden.
- Door de warmteterugwinning wordt per jaar ca. 400 m³ aardgas bespaard.
- Doordat er minder gas wordt gebruikt, is een woning met warmteterugwinning; milieuvriendelijker.
- De buitenlucht wordt gefilterd, waardoor het binnen schoner is.

Balansventilatie negatief in de publiciteit vanwege gezondheidsklachten?

Wat is hiervan terecht en onterecht?

Toelichting 4

De ervaring leert dat er een grote mate van tevredenheid is over balansventilatie. Waarom bij bepaalde projecten in Nederland dan toch niet?

De belangrijkste conclusie is, dat er geen reden is om aan te nemen dat een goed ontworpen, goed aangelegde, goed onderhouden en juist gebruikte balansventilatie schadelijk is voor de gezondheid.

Er zijn verbanden aangetoond tussen koken op gas, de locatie (bijvoorbeeld als een wijk is gelegen tussen snelwegen en een vuilverbranding), en het slechtere binnenmilieu.

Indien blijkt dat de wettelijk verplichte afzuighoeveelheden bij 85% van de balansventilatie en bij 72% bij mechanische afzuiging niet worden gerealiseerd, is de mogelijke eerste oorzaak te zoeken bij het niet correct ontworpen, gemonteerde en ingeregelde van de ventilatiesystemen.

Wat betekent een te hoog CO₂ concentratie in relatie tot ventilatiesystematiek?

Toelichting 5

Indien een te hoog CO₂-concentratie wordt vastgesteld dan betekent is er een signaal dat er te weinig wordt geventileerd (onze Bouwbesluit -eisen zijn gebaseerd op een maximaal toelaatbare concentratie van 1200 PPM per m³ binnenlucht). Oorzaak is tweeledig: het ventilatiegedrag van de bewoners en de onvoldoende volumestromen die het systeem moet leveren.

Is geluidsoverlast mogelijk bij balansventilatie?

Het Bouwbesluit geeft aan dat in elke verblijfsruimte gespuid moet worden (dus een draaiende deel moet hebben)

➤ **Ontwerpfase:** Realiseer je de invloed op nabijheid van snelwegen en industriegebieden
Nederland is een dicht bevolkt land, bouwen in de buurt van snelwegen, industrie, vuilverwerkinginstallaties, geeft risico's. Deze risico's zijn bekend en er worden maatregelen getroffen, zoals de verplichting om schonere auto's te gaan produceren en ook zijn zuiveringsinstallaties in centrales en industrie verplicht. Aandacht voor luchtkwaliteit is er, gebruikers van balansventilatie kunnen aan de vervuiling van hun filters in de aanzuigpijp van de buitenlucht "aflezen" dat deze filters hun werk blijkbaar goed doen.

- **Opleveringsfase:** Geef voldoende voorlichting over de (on)mogelijkheden van balansventilatie.

Bewoners blijken vaak onvoldoende of zelfs verkeerd te zijn voorgelicht. Veel mensen verkeerden in de veronderstelling dat ramen niet open gezet mochten worden, toen bewoners te horen kregen dat dit wel mocht, leverde dit direct een forse verbetering van de binnenluchtkwaliteit op.

- **Gebruiksfase:** bij overlast geluidsdempers plaatsen

Indien er sprake is van geluidsoverlast bij balansventilatie zijn oplossingen voorhanden door bijvoorbeeld geluidsdempers op de aanzuigpijp te monteren.

De Woningwet maakt duidelijk waar de verantwoordelijkheden liggen, bij de opdrachtgever (voor het ontwerp), bij de bouwer (voor de uitvoering) en voor de gebruiker voor een veilig en gezond gebruik. Een omslag in denken (de consument heeft recht op een energiezuinige, een comfortabele, een gezonde en een mooie woning), een omslag in het onderwijs (up-to-date kennis vergaren, toepassen en communiceren) en het nemen van verantwoordelijkheden⁶.

§ 3.3.3 Basisprincipe 3: Passieve warmtewinsten realiseren

Maatregel:

1. Zonnecollectie door het gebruik van driedubbele beglazing
2. Optimaal benutten van gebruiksfuncties woon-, keuken en slaapkamers en zonne-energie
3. Bewaak de balans tussen warmtewinst en warmteverliesactiviteiten
4. Bewaak bouwtechnische aandachtspunten

Toelichting 1

Driedubbele beglazing werkt als een soort zonnecollector die gratis warmte levert (Bron: Passiefhuizen in Nederland).

Toelichting 2

De auteur van het boek 'Passiefhuizen in Nederland' stelt voor "de winterzon maximaal toe te laten tot de woning en de zomerzon maximaal te weren". De kamers die tijdens de dag meestal gebruikt worden (woonkamer, eetkamer, zitkamer) kunnen het beste aan de zuidkant gepland worden. Slaapkamers kunnen het beste aan de zuidoostkant gesitueerd worden. Zo genieten ze van de zonsopgang 's morgens en zijn ze tegen de avond afgekoeld. In de keuken kunnen het beste zuidwestelijke ramen vermeden worden, want die zijn vaak oorzaak van oververhitting. Weinig gebruikte en minder verwarmde plaatsen kunnen het beste aan de noordwest zijde van de woning liggen.

⁶ Bron: Interview met Drs.ing. H.M. Nieman (Adviesburo Nieman B.V.-Utrecht) n.a.v. de cursus 'duurzaam bouwen'

Toelichting 3

Auteur M. van der Laan, 'Balansen' stelt dat de warmtebalans van een woning bestaat uit verlies- en winstposten.

Verliesposten bestaan uit transmissie en ventilatie. Transmissie slaat op de warmte die door materialen van dak, gevels, vensters en vloeren verloren gaat. Dit verlies wordt beperkt door een goede isolatie. Ventilatie is nodig om verse lucht aan te voeren en om vocht en geuren af te voeren. Deze lucht wordt opgewarmd en verdwijnt weer naar buiten. Warmtewinsten daarentegen komen van de zon, van elektrische toestellen en van de bewoners. Zonlicht dringt via de ramen binnen, wordt omgezet in warmte en draagt bij tot de warmtewinsten.

De warmtewinsten door bewoning komen van de warmteafgifte van personen, koken, warmwatergebruik, verlichting, elektrische apparaten etc. Het verschil tussen warmteverliezen en warmtewinsten is de bijdrage die de verwarming- of koelinginstallatie moet leveren. Volgens Passiefhuis-Platform (2005) kunnen passieve warmtewinsten ongeveer 40% van de warmteverliezen van de woning compenseren.

Toelichting 4

In het boek 'Passiefhuizen in Nederland' wordt opgemerkt dat een woning het beste met overstekken boven het raam ontworpen kan worden. Vooral aan de zuidzijde. Op deze manier kan de hoge zomerzon niet tot diep in de woning doordringen. De lage winterzon kan wel optimaal benut worden voor de opwarming van het huis. Bij zeer goed geïsoleerde huizen moet er opgepast worden met de installatie van te veel glas. Ramen blijven immers koudebruggen. Anderzijds levert veel glas ook veel daglicht, wat een besparing is op kunstlicht in huis. In de Technologiewijzer-Glas (2005), uitgegeven door het Passiefhuis-Platform, wordt gewezen op het feit dat glas op zich geen isolatieproduct kan zijn mits zijn lambda waarde veel groter is dan 0,065 W/mK. Ook al zijn de transmissieverliezen van passiefhuis-beglazing en passiefhuis-schrijnwerk gevoelig lager dan deze van gewoon dubbel glas, de vensters blijven maar matig geïsoleerde wanddelen. Beglazingen met U-waarden van minder dan 0,5 W/m²K zijn nog altijd niet commercieel beschikbaar. Om aan de eisen van het thermische comfort te voldoen, moet dan ook voorzichtig worden omgesprongen met grote glasoppervlakten.

Verder wordt er gesteld dat het feit dat goed gepositioneerde ramen meer energie binnenbrengen dan dat er door transmissie verloren gaat, geenszins een vrijgeleide mag betekenen voor overmatige glasarchitectuur. Overmatige glasoppervlakten zonder afdoende bescherming tegen zonnestraling kunnen immers leiden tot oververhitting. Ter beperking van de zoninstraling wordt in passiefhuizen gebruik gemaakt van buitenzonwering. In tegenstelling tot zonwerende beglazing biedt buitenzonwering het voordeel dat in winter- en tussenseizoenen nog volop van de gratis zonne-energie kan worden genoten.

§ 3.3.4 Basisprincipe 4: Luchtdicht bouwen

Het doel van luchtdichte afwerking tweeledig is. Het is in de eerste plaats de stilstaande lucht, opgesloten in het isolatiemateriaal, die voor een goede isolatie zorgt. Een luchtdichte afwerking is bijgevolg cruciaal om de juiste isolatiewaarden te bereiken. Verder voorkomt de luchtdichte afwerking dat vocht de isolatie binnendringt, waardoor aantasting van isolatie en condensatie voorkomen wordt.

Maatregel:

➤ Luchtdicht afwerken

De luchtdichte afwerking kan verwezenlijkt worden door het aanbrengen van een dampscherm (een sterke plastic folie) aan de binnenzijde van de belangrijkste oppervlakken zoals het dak. Op plaatsen waar dit dampscherm onderbroken wordt (bv de schoorsteen) dient het dampscherm met sterke kleefband hersteld te worden. Hieronder wordt een foto getoond van het dampscherm dat in een passiefhuis in Heusden-Destelbergen werd gebruikt.



Figuur 5: Dampscherf (Bron: Passiefhuis-Platform)

Toelichting

Het Passiefhuis-Platform (2005) stelt dat het gebouw zeer luchtdicht moet zijn om warmteverliezen via kieren en aansluitingen te vermijden. De standaard voor een passiefhuis in verband met gebouwlekverliezen is een luchtdichtheidsgraad $n_{50} < 0.6 \text{ h}^{-1}$. Dit wil zeggen dat luchtverliezen door kieren minder moeten zijn dan 0,6 keer het volume van het huis per uur bij n_{50} . n_{50} is de verhouding van het volume lucht bij een drukverschil van 50 Pascal dat door de gebouwschil gedrukt wordt gedurende één uur, gedeeld door het binnenvolume van het gebouw. Wind, verwarming en mechanische ventilatie veroorzaken luchtdrukverschillen tussen binnen en buiten. Daardoor probeert warme vochtige lucht via kieren e.d. naar buiten te ontsnappen, terwijl koude droge buitenlucht een weg zoekt naar binnen. Constructies moeten daarom aan de binnenzijde luchtdicht gemaakt worden. Bij metselwerk wordt deze functie normaal vervuld door het pleisterwerk. Bij daken en houtskeletbouw wordt een aparte luchtdichte laag aangebracht, die de functie van dampscherf vervult⁷.

Het dampscherf moet damptransport in de constructie tegengaan en inwendige condensatie vermijden. Het heeft grote afmetingen waardoor het aantal naden en dus het aantal potentiële kansen op lekken tot een minimum beperkt worden.

§ 3.3.5 Basisprincipe 5: Gebruik van efficiënte huishoudapparaten⁸

Door in een Passiefhuis gebruik te maken van energiezuinige elektrische apparaten kan volgens het Passiefhuis-Platform (2005) het resterend energieverbruik tot de helft worden verminderd, zonder dat de gebruiker hier hinder van ondervindt.

Zuinige huishoudapparaten zijn over hun levensduur goedkoper dan conventionele toestellen aangezien zij zichzelf terugbetalen onder de vorm van energiebesparing. Door een goede inval van daglicht wordt eveneens de nood aan kunstverlichting verminderd (zie bijlage 2).

§ 3.4 Energiebronnen, (hernieuwbare) energie en de winst in het Passiefhuis-concept

Om kennis te maken met het fenomeen "Passiefhuis" is een onderzoekend bezoek gebracht aan de BouwRAI in Amsterdam. Hiertoe werd onder andere het 'Themaplein Energie & Duurzaamheid' bezocht, waarbij informatie is verzameld, uitleg is gevraagd en door experts naar nuttige bronnen werd verwezen.

Via het internet leverde de website van Passiefhuis-Platform in België relevante informatie op en hun maandelijkse nieuwsbrief leverde de laatste ontwikkelingen op dit gebied. Deze website bundelt informatie over Passiefhuizen zoals persberichten en promotiemateriaal voor particulieren tot technische informatie voor architecten. Tijdens het bezoek aan het themaplein en het onderzoek naar relevante informatie over meerwaardes, middelen en materialen kreeg ook hernieuwbare energie gerichte aandacht. Deze energievorm is een duurzame winst op het Passiefhuis-concept.

⁷ Bron: Bewust duurzaam bouwen, 2003

⁸ Bron: Energie besparen, 101 tips en adviezen

Maatregel: inschakelen van hernieuwbare energiebronnen

Toelichting

Het wordt zinvol hernieuwbare energiebronnen in te schakelen, zonder de kosten gevoelig te verhogen of de beperkte mogelijkheden van deze energiebronnen te overschrijden. De overgebleven energiebehoefte van een Passiefhuis bedraagt slechts 25% ten opzichte van een traditionele nieuwbouwwoning.

Middelen:

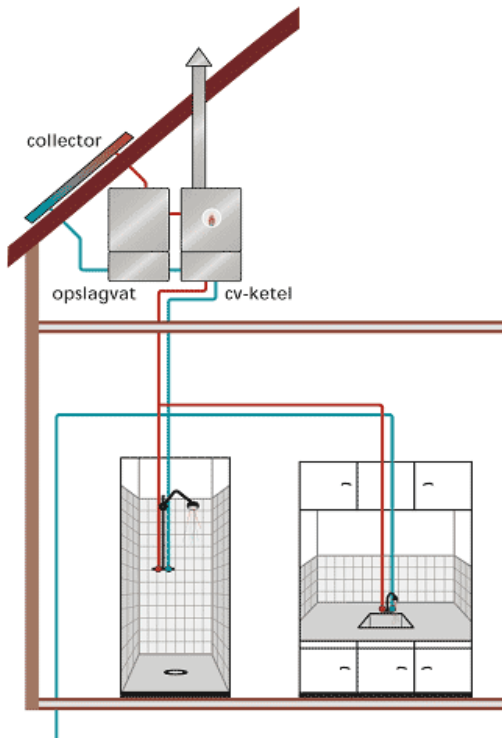
1. De Zonneboiler
2. Zonnecellen en zonnepanelen
3. De warmtepomp

Toelichting 1

De Zonneboiler

Bij zonneboilers wordt de warmte die de zon afgeeft opgevangen en alleen ingezet wanneer er behoefte aan is. De zonneboiler bestaat uit een zonnecollector en een opslagvat.

De zonnecollector wordt op het dak geplaatst en vangt zonlicht op. Zo'n collector bestaat uit een donker gekleurd buizenstelsel dat afgedekt is met een vlakke glasplaat. Het zonlicht verwarmt de vloeistof die door het buizenstelsel stroomt, bijvoorbeeld water. Bij felle zon kan de temperatuur van die vloeistof oplopen tot negentig graden Celsius. De verwarmde vloeistof geeft zijn warmte vervolgens via een warmtewisselaar af aan het water in het opslagvat. Wordt de warmwaterkraan geopend, dan stroomt het opgewarmde water in het opslagvat naar de kraan. Als het water niet warm genoeg is, dan verwarmt de cv-ketel, de geiser of een warmtepomp het verder tot de gewenste temperatuur (Bron: warm wonen, 2006). Voor een gemiddeld gezin van vier personen is een collectoroppervlak van minimum 2 m² p.p. nodig, de collector is vlak of buisvormig en is georiënteerd naar ZO tot ZW met een helling van 20 tot 60°. Het voorraadvat heeft een inhoud van 100 tot 300 liter, met een ingebouwde warmtewisselaar. De installatie moet worden gekoppeld aan een bestaand of nieuw naverwarmingssysteem. De hierboven beschreven installatie levert jaarlijks ongeveer 1,3 GJ/m² warmte. Dit is ongeveer 50 tot 60 % van de behoeften aan sanitair warm water. In de zomer warmt de zonneboiler probleemloos voldoende water op tot comforttemperatuur. Op heldere winterdagen verwarmt hij het water tot 20 à 40°C. Via naverwarming wordt het water dan op de gewenste temperatuur gebracht (Bron: VROM).

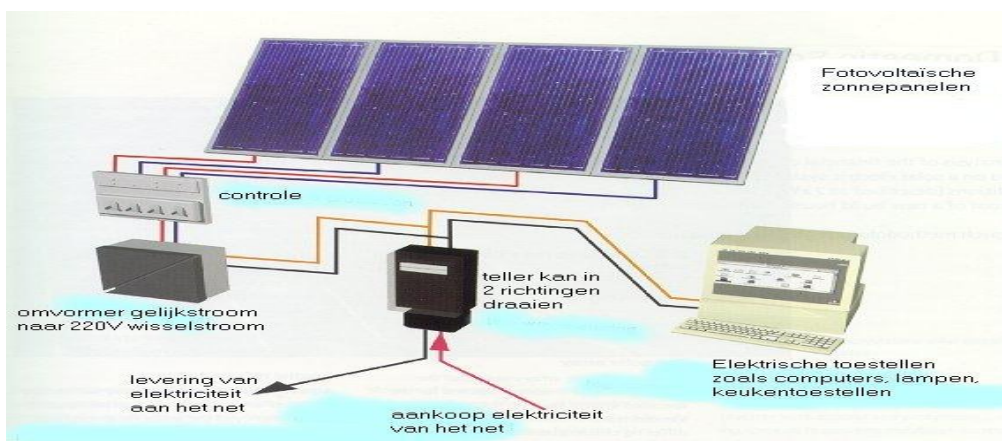


Figuur 6: Onderdelen van een zonneboiler. (Bron: warmwonen, 2006)

Toelichting 2

Zonnecellen en zonnepanelen

In een fofovoltaïsche zonnecel wordt zonlicht rechtstreeks omgezet in elektriciteit door absorptie van zonlicht in een halfgeleidermateriaal. Een standaardzonnecel van 10 x 10 cm levert ongeveer 1,3W. Met losse zonnecellen kan dus in de praktijk niets gedaan worden, want ze wekken te weinig elektriciteit op. Daarom worden zonnecellen onderling verbonden en samen in een zogenaamde PV module geplaatst. Een fofovoltaïsch systeem bestaat uit een serie- en/of parallelschakeling van PV-modules, gekoppeld aan elektrische randapparatuur. Een dergelijk systeem produceert typisch elektriciteit op 12V gelijkspanning of 230V wisselspanning. Voor een optimale opbrengst zijn een goede oriëntatie (bij voorkeur tussen ZO en ZW) en hellingshoek (tussen 20° en 60° t.o.v. het horizontaal vlak) belangrijk. Bovendien moet schaduw zoveel mogelijk vermeden worden, omdat zelfs een kleine schaduw op één module de opbrengst van het hele PV-systeem sterk vermindert. PV-systemen kunnen ofwel onafhankelijk van het openbare elektriciteitsnet werken (autonome systemen) ofwel stroom leveren aan het openbare net (netgekoppelde systemen).

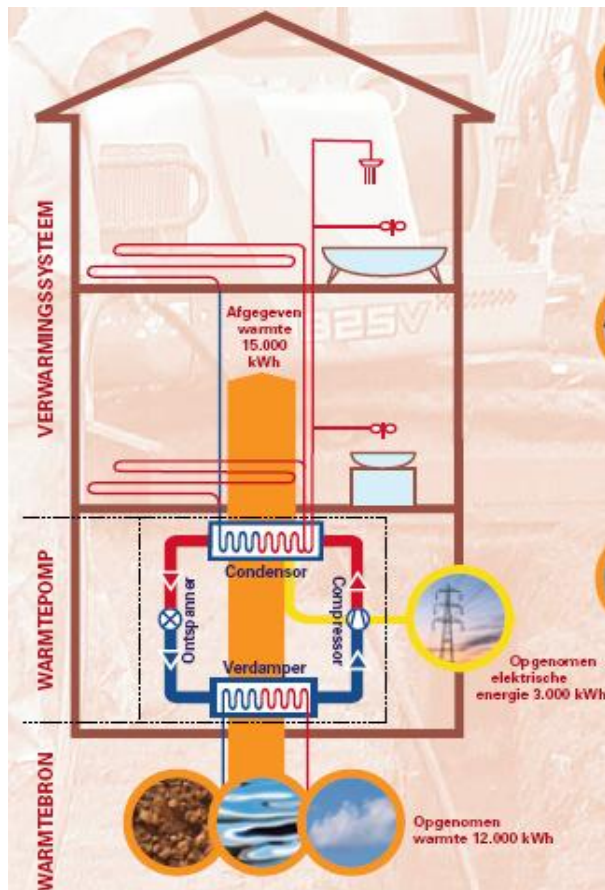


Figuur 7: Zonnepanelen en randapparatuur (Bron: Warm wonen, 2006)

Een net gekoppeld systeem met goede oriëntatie en helling produceert jaarlijks ongeveer 75 à 95 kWh/m². Een gezin dat per jaar bijvoorbeeld 1.500 kWh elektriciteit verbruikt, kan met een net gekoppeld PV-systeem van 10 m² de helft van het jaarverbruik uit de zon halen.

Toelichting 3 De warmtepomp

Een alternatief voor een conventionele verwarmingsinstallatie is een warmtepomp. Een warmtepomp werkt ongeveer als een koelkast, maar in omgekeerde richting. Met een compressor wordt warmte uit de grond, het water of de lucht gehaald. Die warmte wordt vervolgens op hogere temperatuur gebracht via compressie en in de woning gepompt. De opgepompte warmte wordt in de woning verdeeld via radiatoren, convectors, vloerverwarming of luchtkanalen. Hooguit een vierde van de geleverde warmte wordt geproduceerd met elektriciteit om de compressor aan te drijven, 65 à 80% van de warmte is gratis. Dankzij het lage energieverbruik is ook de CO₂ uitstoot bij verwarming met een warmtepomp lager dan die van een conventioneel verwarmingssysteem. Om warmte aan de omgeving te kunnen onttrekken en in de woning te kunnen afgeven, maakt de warmtepomp gebruik van een speciale vloeistof die warmte kan transporteren. De belangrijkste eigenschap van deze vloeistof is dat ze al op lage temperatuur verdampt en weer terug vloeibaar wordt.



Figuur 8: werking warmtepomp

Er is de laatste jaren veel aandacht voor energiezuinigheid en energiezuinig bouwen. Mede daardoor zijn er in Nederland al een aantal Passiefhuizen gerealiseerd, waarvan gegevens door de 'Stichting Passiefhuis Holland' beschikbaar zijn gesteld. Uit dit aanbod zijn twee referentieprojecten gekozen.

1. Dijkvilla's in Sliedrecht
2. Passiefhuizen de 'Kroeven' in Roosendaal

Bij evaluatie van de bezoeken aan de referentieprojecten is duidelijk dat de architecten durf en daadkracht hebben. Zij moeten onconventioneel kunnen denken en werken, en deze kennis en inzichten op een goede wijze kunnen vertalen aan hun opdrachtgevers. Overtuigingskracht komt naar voren in de duurzame materiaalkeuze, hoge rendementkeuzes, en keuzes voor duurzame energiebronnen zoals de zon. In maatschappelijk opzicht is de reductie van CO₂- uitstoot een opvallende meerwaarde die steeds meer belanghebbende en betrokken (politieke) partijen enthousiast zullen maken.

Dijkvilla's in Sliedrecht



Figuur 9

Deze zes dijkvilla's maken deel uit van het project van drieëntwintig woningen en één bedrijfsruimte, gebouwd tegen de (verzwaarde) dijk langs de rivier de 'Merwede' in Sliedrecht. De woningen sluiten aan op de historisch zo kenmerkende diversiteit van de Hollandse dijkbebouwing, maar zijn tegelijkertijd functioneel en eigentijds, uitgevoerd in duurzame materialen en energie-efficiënt. Deze woningen zijn ontworpen op basis van het Passiefhuis concept en zijn niet uitgerust met een conventioneel verwarmingssysteem.

De Passiefhuis kwaliteit met extreme isolatie, driedubbele beglazing, zonnecollector met zonneboiler voor warmwaterbereiding en een hoogrendement warmteterugwin- / ventilatiesysteem met naverwarming levert veel wooncomfort, een grote mate aan energiezuinigheid en reductie van de CO₂- uitstoot.



Figuur 10

Na een bezoek van woningcorporatie Aramis aan een Passiefhuis project van een woningcorporatie in Zweden, besloot Aramis ook met het passief bouwen concept aan de slag te gaan. Aramis vond partners in VDM, Rockwool en Brink die eveneens ervaring wilden opdoen met passief bouwen met als doelstelling ervaring opdoen met duurzame opwekking van energie koos Aramis voor drie woningtypes volgens het passief bouwen concept in Roosendaal:

- 1 woning met een zonnecollector
- 1 woning met photovoltaïsche cellen
- 1 woning met een serre voor passieve zonne-energie

De oorspronkelijke ontwerpen van de drie woningen hebben een bouwaanvraag voor EPC 1,0. De epc voor de uiteindelijke ontwerpen is niet opnieuw bepaald, maar ligt uiteraard aanzienlijk lager. Wel is de warmtevraag volgens het Passiefhuis-concept bepaald. Oorspronkelijk hadden de woningen een warmtevraag voor verwarming van 94 kWh/m^2 . Door het toepassen van de passiefhuis technologie en de eisen van maximaal 15 kWh/m^2 (verwarmen) en 120 kWhprim/m^2 (totaal energiegebruik) wordt een aanzienlijke besparing op het energieverbruik gerealiseerd. Per woning zal ongeveer 1.400 m^3 gas en 770 kWh elektriciteit worden bespaard, resulterend in een kostenbesparing van € 820 per jaar voor de bewoners.

Naast een kostenbesparing voor de bewoners levert dit een CO_2 -reductie op van 2.923 kg per woning, met in totaal voor dit project 8.770 kg . Voor het afstudeeronderzoek is het project in aanbouw bezichtigd. Het verslag hiervan is als bijlage 7 bijgevoegd.

§ 3.6 Conclusie en aanbevelingen

Om succesvol Passiefhuizen te ontwerpen en te (laten) bouwen is specifieke kennis noodzakelijk rond innovatieve (alternatieve) energievoorzieningen, ruimtelijke ordening (wegens belasting gezondheidsmilieu) Hanteer, om te voldoen aan de kwalificatie-eisen van een Passiefhuis-concept de 5 basisprincipes. Door maximaal te isoleren, optimale ventilatievoorzieningen te treffen, passieve warmtewinsten te realiseren luchtdicht te bouwen, en gebruik te maken van efficiënte huishoudapparaten wordt de kans op verlening van het certificaat 'Passiefhuis' bevorderd.

Naast kennis en vaardigheden is het inzicht hebben in de eigen grondhouding rond duurzaam leven en wonen van belang. Indien de betrokken partij in opdracht handelt zonder goede motivatie bestaat een gerede kans dat

zowel in de ontwerpfase als in de totale bouw en afwerkingsfase de succeschansen afnemen om tot een succesvol 'Passiefhuis' te komen.

Aanbeveling:

- Naast het vergaren van kennis en inzicht rond ontwerp en bouwtechnische aspecten van het Passiefhuis-concept is het tevens van belang dat de betrokken partijen rond het Passiefhuis-concept hun eigen motivatie kennen om volgens dit concept te denken en te werken. Het vraagt immers van betrokken partijen nieuwe competenties als leren en ontwikkelen, secuur werken, analytisch vermogen en daadkracht (overtuigingskracht). Deze competenties kunnen alleen succesvol worden als er voldoende kennis en inzicht is in het principe achter het Passiefhuis-concept.
- Raadpleeg de basisprincipes en toets of je opdrachtgever deze onderschrijft als belangrijk.
- Vergelijk conventionele visies met innovatieve en onderzoek de meerwaarde van beide visies op relevantie en meerwaarde voor een opdrachtgever.
- Raadpleeg de wensen van de toekomstige bewoners als het gaat om brede toepassing van alle functies van een Passiefhuis.

Hoofdstuk 4 Ontwerpmaatregelen voor een succesvolle bouw van een Passiefhuis

§ 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt op methodische wijze beschreven welke maatregelen al tijdens het ontwerpproces nodig zijn om tot de bouw van een woning, die voldoet aan de Passiefhuis voorwaarden, te komen. Bij de keuze van de maatregelen zijn vanzelfsprekend uitdagingen, maar ook (wettelijke) voorwaarden en (sociaal / economische) gevolgen verbonden. Deze aandachtspunten worden in dit hoofdstuk belicht.

Het is van belang dat de verwachtingen rond het vaststellen van eisen door betrokken partijen samen komen in een programma van eisen voordat de vormtechnische, bouwtechnische en installatietechnische maatregelen onderzocht worden.

Gehanteerde achterliggende onderzoeksvragen tijdens het bepalen van de ontwerpmaatregelen zijn:

Aan welke uitgangspunten moet de woning voldoen:

- Welke eisen stelt de opdrachtgever?
- Welke eisen stelt een ontwerper?
- Welke eisen stelt een bouwer?
- Welke eisen stelt de toekomstige bewoner?

Zoals reeds eerder in § 1.1 aangegeven wil de opdrachtgever zes vrijstaande woningen als een 'Passiefhuis' gaan uitvoeren. De reden is, dat bij dit concept een hoogwaardig wooncomfort en duurzaamheid van materialen en energiegebruik verenigbaar zijn in één ontwerp.

Woningen worden gebouwd om er bepaalde activiteiten (wonen, werken, en ontspanning) in te ontwikkelen in optimale omstandigheden. Om die optimale comfortcondities te realiseren zijn klimaatinstallaties (verwarming, koeling, ventilatie, verlichting) nodig die energie gebruiken. Energiegebruik betekent ook milieubelasting.

Om deze milieubelasting te beperken en de gezondheid van de bewoners te garanderen zijn door de overheid regels uitgevaardigd voor bijv. isolatie, ventilatie, energieprestatie, etc. Een aangenaam thermisch comfort in winterse omstandigheden en het realiseren van thermisch comfort in zomervoorwaarden (vermijden van oververhitting) is een hoge eis voor onze woningen. Thermisch comfort veronderstelt dat het binnenklimaat het hele jaar door binnen aanvaardbare limieten wordt gehouden en dit is een eerste uitdaging voor onze woningen. Een tweede uitdaging is een aanvaardbare luchtkwaliteit garanderen. Visueel comfort is een hoge eis. Tenslotte is een akoestisch comfortabele omgeving een essentiële voorwaarde. Deze aspecten van het binnenklimaat bepalen of de bewoners comfortabel in de woningen zullen verblijven. Het binnenklimaat in al zijn deelaspecten dient dan ook het uitgangspunt te zijn voor dit ontwerp. Om een aangenaam binnenklimaat te realiseren moet de woning en de installatie op een doordachte wijze worden ontworpen en uitgevoerd. Zo kunnen het energiegebruik en de milieubelasting minimaal gehouden worden. Het hele project moet tenslotte beantwoorden aan de verwachtingen van de opdrachtgever: Het moet betaalbaar blijven, het moet esthetisch aanvaardbaar zijn, het moet functioneel en bruikbaar zijn.

De maatregelen zijn geprioriteerd ingedeeld over drie vakgebieden:

1. Vormgevingstechnische maatregelen
2. Bouwtechnische maatregelen
3. Installatietechnische maatregelen

Door deze volgorde aan te houden volgen de maatregelen het ontwikkelingsproces van de woning. Om op het juiste moment over het al dan niet toepassen van deze maatregelen te kunnen beslissen komt hun invloed op de energiezuinigheid per fase van het bouwproces aan de orde.

§ 4.2 Methode tot bepalen van een energiezuinig ontwerp: Trias Energetica

Een methode bij het maken van een ontwerp van een woning en het kiezen van de juiste maatregelen om te komen tot een energiezuinige omgeving is het Trias Energetica model, ontwikkeld door de TU Delft. Het Trias Energeticamodel is een betrouwbaar model om te komen tot een energiezuinig ontwerp (zie fig. 11).



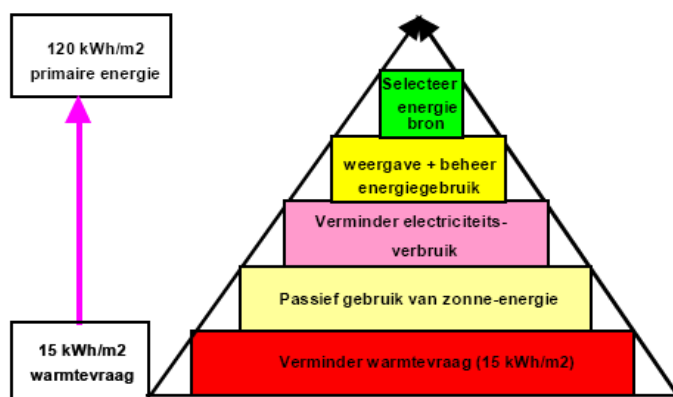
Figuur 11: Trias Energetica model

Door dit model te volgen, opgebouwd in een logisch stappenplan, kan in drie stappen een betrouwbaar energiezuinig ontwerp gemaakt worden. De strategie die hierbij wordt gevolgd is het nemen van drie opeenvolgende stappen om een zo duurzaam mogelijke energievoorziening te ontwikkelen, waarbij de nadruk komt te liggen op de volgorde van de te nemen stappen.

Deze stappen zijn:

- Stap 1: Beperk de energievraag (goed geïsoleerd en luchtdicht bouwen, warmteterugwinning).
- Stap 2: Gebruik duurzame energiebronnen (bodemwarmte, zonne-energie, wind, etc.).
- Stap 3: Gebruik eindige energiebronnen efficiënt (hoog rendement).

Alle maatregelen kunnen ondergebracht worden onder één van de drie stappen.



Figuur 12: Piramide van het Passiefhuis ontwerpproces

Uit het onderzoek blijkt dat met name de bewustwording (kennis en inzicht van toepassingsmogelijkheden en timing) van de toepassing van de maatregelen van essentieel belang zijn. Deze kennis en inzichten moeten al beschikbaar zijn bij de opdrachtgever omdat deze tijdens de initiatieffase zich oriënteert en laat informeren door experts, zoals bijvoorbeeld een architectenbureau. Immers bij onvoldoende kennis en inzicht in de maatregelen kunnen de voordelen van het Passiefhuis-concept worden beperkt. Het gaat hierbij om de bewustwording van:

- De maatregelen

Om te komen tot een optimale energieprestatie is de ontwerper zich bewust van drie ontwerpstappen in de eerste fase van het ontwerpproces;

1^e ontwerpstap: Het maken van een stedenbouwkundig ontwerp

In het stedenbouwkundige ontwerp wordt de concentratie van de bebouwing en de oriëntatie vastgelegd. Deze zaken spelen in een later stadium een rol om gebruik te kunnen maken van passieve (zonne)-energie.

Een goed woningontwerp leidt tot een lagere energievraag en voorkomt onnodig energiegebruik. Dit zijn de vormgevingstechnische maatregelen.

2^e ontwerpstap: het integreren van de bouwtechnische maatregelen.

Met deze maatregelen kunnen transmissie- en ventilatieverliezen worden beperkt. Bewustzijn van de bouwtechnische maatregelen is van invloed op de latere keuzes om te komen tot het gewenste niveau van energiezuinigheid en de daaruit voortvloeiende kosten. Dit zijn de bouwtechnische maatregelen.

3e ontwerpstap: het bepalen van duurzaam energiegebruikerswensen

Deze maatregel is bedoeld om onnodig energiegebruik te voorkomen en de gebruikmaking van een energie-efficiënt installatieconcept te stimuleren. Dit zijn de installatietechnische maatregelen.

- De juiste inzetbaarheid van de maatregelen tijdens de initiatieffase en het ontwerpproces.

Om te komen tot een juiste inbedding van de maatregelen is het van belang dat de ontwerper weet wanneer hij welke maatregel dient te borgen per ontwerpfase. De informatie van de opdrachtgever is daarin echter al bepalend. Het is immers belangrijk naast het weten welke maatregelen toegepast moeten worden, ook te weten wanneer in het ontwerpproces met welke maatregel rekening gehouden moet worden. Per maatregel moeten immers in specifieke fases keuzes worden gemaakt.

Deze fases zijn:

- Initiatief-/programmafase;

In de programmafase stelt de opdrachtgevende partij de eisen voor de Passiefhuis-woning op. De opdrachtgever oriënteert zich en laat zich informeren over de verschillende mogelijkheden en uitgangspunten om tot een Passiefhuis-concept te komen. De opdrachtnemer, het architectenbureau, kan hierin een adviserende rol bekleden. Vervolgens ontstaat een definitief programma van eisen die gecommuniceerd wordt naar belanghebbende partijen. Pas nadat de opdrachtgever de ambities ten aanzien van het Passiefhuis-concept definitief heeft vastgesteld schakelt zij een opdrachtnemende partij in om over te gaan tot de ontwerp-/verwerkingsfase.

- Ontwerp-/uitwerkingsfase;

In de ontwerpfase wordt de opdrachtnemende partij (bijvoorbeeld een architect) ingeschakeld en een woningontwerp gemaakt op basis van de gestelde eisen. Deze eisen moeten worden vertaald naar een ontwerp, waarin het Passiefhuis-concept ook daadwerkelijk gehaald wordt. Een ontwerper heeft bij voorkeur kennis en

inzicht in de ontwerp- en technische mogelijkheden, de omliggende maatregelen en wettelijke ruimtes om tot een 'Passiefhuis' te kunnen komen.

- Realisatiefase;

In de realisatiefase wordt de woning daadwerkelijk gebouwd volgens het overeengekomen programma van eisen. Hierin ligt de eindverantwoordelijkheid bij de opdrachtnemende partij (bijvoorbeeld een aannemer). De opdrachtgevende partij heeft in deze fase een sturende en controlerende functie waarbij zowel de opvolging van het programma van eisen als de kostenbeheersing een belangrijke rol spelen.

- Gebruiksfase;

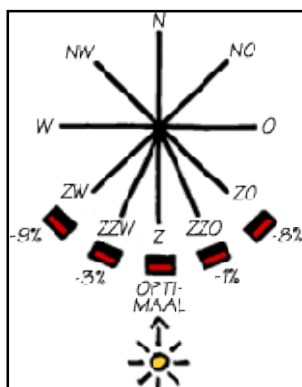
Om te controleren of de beoogde effecten van het Passiefhuis- concept daadwerkelijk behaald worden, is het aan te bevelen de woning in de gebruiksfase een bepaalde periode te monitoren. Om de voorspellingen over energiegebruik en comfort in de woning te toetsen, zullen na de oplevering metingen moeten worden uitgevoerd in de woningen. Gedurende een jaar zal het energiegebruik voor verwarming, ventilatie en apparaten vastgelegd worden. Ook moeten in de woningen luchttemperaturen, relatieve luchtvochtigheden en CO₂ concentraties gemeten worden. Hiermee zal de behaaglijkheid in de woning beoordeeld worden. Daarnaast zal het gebruik van de ventilatievoorzieningen en de werking van het verwarmingssysteem bestudeerd worden.

§ 4.4 Vormgevingstechnische maatregelen

Bij het bepalen van de maatregelen ondersteunt het Trias Energetica model welke stappen genomen moeten worden. Tijdens de vormgevingstechnische bepaling van maatregelen zijn de volgende stappen van belang:

§ 4.4.1 Oriëntatie op stedenbouwkundige wensen

Bij het maken van een stedenbouwkundig plan moet al rekening gehouden worden met de wens om een 'Passiefhuis' te realiseren. In de stedenbouwkundige opzet kunnen straten op de zon georiënteerd worden waarbij ook rekening gehouden wordt met de belemmeringshoek van de gebouwen. Toekomstige woningen kunnen zo georiënteerd worden dat zonlicht en -warmte maximaal benut worden. Bij enige afwijking van de zuidoriëntatie treedt immers al rendementsverlies op. Het rendementsverlies bij afwijking van optimale oriëntatie is af te lezen uit de figuur 13.



Figuur 13: Oriëntatie

§ 4.4.2 Stapsgewijze oriëntatie op beeldkwaliteitseisen

Ondanks dat we ongeveer negentig procent van ons leven in gebouwen doorbrengen, zijn veel mensen zich er niet van bewust dat de gebouwde omgeving invloed op de mens uitoefent. Vanuit het stedenbouwkundig plan

en de visie van de architect is door de onderzoeker een zogenaamd “beeldkwaliteitplan” gemaakt om de gewenste beeldkwaliteitseisen bij de verdere uitwerking als leidraad te kunnen gebruiken. Hierbij komen vooral de ruimtelijke en visuele aspecten aan de orde. Deze aspecten zullen de bebouwing, de inrichting van de kavels en de openbare ruimte beschrijven. In het beeldkwaliteitplan wordt een beeld gegeven van de ontwikkelingsrichting. Met dit beeldkwaliteitplan kunnen opdrachtgever en opdrachtnemer de gezamenlijke ambities rond energiezuinig wonen in beeld brengen en van toepassing maken op de locatie “Otterlo”.

Het beeldkwaliteitsplan bouwt zich op in vier stappen:

1. Het ontstaan en de ligging van het dorp ‘Otterlo’
2. Het plangebied (aan de hand van foto's)
3. Het bepalen van de uitgangspunten en de randvoorwaarden van betrokken en belanghebbende partijen inzake het te ontwikkelen woongebied
4. Het vaststellen en beschrijven van de uiteindelijke visie m.b.t. de structuur, bebouwing, groen- en openbare ruimten en het thema ‘Hout’ in beeld brengen

Stap 1 Het ontstaan en de ligging van het dorp ‘Otterlo’

Ontstaan van Otterlo

Otterlo is in de 9^e eeuw ontstaan op kruispunten van handelsroutes. Karakteristieke elementen van het enk dorp Otterlo zijn de spinvormige wegenstructuur en het brinkachtige centrum met daar omheen akkerbouwgronden (de zogenaamde enken). ‘Otterlo’ betekende vroeger waarschijnlijk ‘aan de rand / buitenkant gelegen bos (plek in het bos)’. Cultuurhistorisch zijn de N.H. kerk, en de school. Veel nog bestaande wegen behoorden tot de oorspronkelijke spinstructuur, o.a. Zandingsweg, Eikenzoom en Onderlangs (tevens straten die het plangebied omranden). Op de kaart is de enk die tegen het plangebied aan ligt duidelijk zichtbaar.



Figuur 14a: Ligging Otterlo



Figuur 14b: Ontstaan Otterlo

Ligging Otterlo

Otterlo is een dorp gelegen aan een komvormige inham van de Veluwe met ongeveer 2500 inwoners. Het groene karakter en de aantrekkelijke dorpskern bepalen in sterke mate het karakter van Otterlo. In het zuidwesten ligt Ede en in Noordoosten Apeldoorn. De dorpen Harskamp en Wekerom liggen op resp. 5 en 6 kilometer afstand van Otterlo. Otterlo ligt aan de ingang van het Nationaal Park Hoge Veluwe, een druk bezocht toeristengebied. Hierdoor bestaan een relatief groot aantal toeristische en recreatieve accommodaties in en om het dorp Otterlo, zoals hotels en campings. Het Nationaal Park Hoge Veluwe is samen met het Tegelmuseum een bezoekerstrekker.

Stap 2: Het plangebied

Het plangebied ligt in het zuidoosten van Otterlo aan de rand van de Veluwe. Het plangebied kijkt uit op een groot en wijds akkerland(enk). Dit akkerland wordt omringd door bos. Op dit moment bevindt zich op deze locatie een houtzagerij. De houtzagerij veroorzaakt milieu en geluidshinder en kan daardoor niet in deze woonomgeving blijven staan. De houtzagerij zal verplaatst worden.

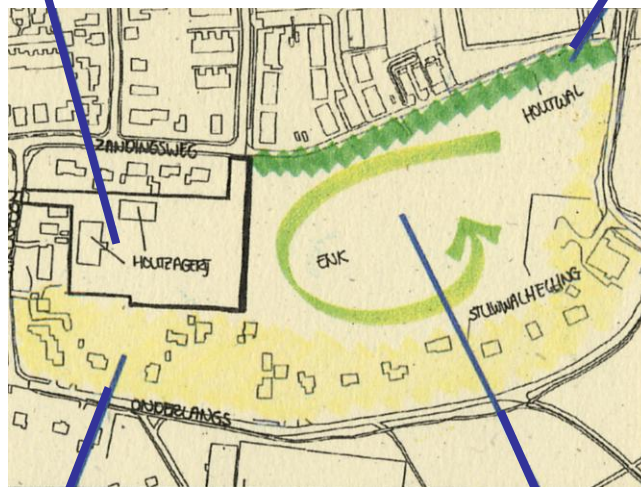
De noordzijde van het plangebied wordt begrensd door de bebouwing. Aan de oostzijde is de enk, welke in het noorden begrensd wordt door een houtwal en in het zuiden en oosten door een beboste stuwwalheiling. Aan de zuidzijde van het plangebied grenst bovenstaande beboste stuwwalheiling met vrijstaande woningen. Deze bosstrook ligt onderlangs Otterlo. Aan de westzijde ligt de bebouwing aan de eikenzoom, waar ook het Tegelmuseum gehuisvest is. Hieronder een visualisatie van de bestaande situatie.



Grens zandingsweg



houtwal



bosstrook



enk

Figuur 15

Stap 3: Het bepalen van de uitgangspunten en de randvoorwaarden van partijen inzake het te ontwikkelen woongebied;

De gemeente Ede heeft een aantal randvoorwaarden en uitgangspunten opgesteld om het dorpse karakter en de aansluiting op de groene omgeving van Otterlo te behouden bij de toekomstige bebouwing op de locatie van de huidige houtzagerij.

De randvoorwaarden zijn:

1. Woningbouw is toegestaan na sanering en verplaatsing van de houtzagerij
2. Sparen van het aangrenzende waardevolle enkgebied en bouwmogelijkheden beperken tot de grenzen van het huidige door de houtzagerij aangetaste gebied
3. Minimaal 25% van de te bouwen woningen in de categorie goedkope woningbouw en minimaal 25% in de categorie middelduur aanbieden
4. Realiseren van 29 rijwoningen met een maximale bloklengthe van 6 woningen
5. Zo transparant mogelijke overgang naar de enk of het plangebied omranden met een groene zoom
6. Een maximale goothoogte van 3 meter. Plaatselijk is voor bepaalde accenten of om architectonische overwegingen een goothoogte van 6 meter toegestaan

Bij de ontwikkeling van het plangebied hanteert de gemeente een visie. Zo moet er ingespeeld worden op de kwaliteiten van de omgeving, zoals de enk en de ligging nabij de Veluwe. Hier wordt een woongebied ontwikkeld met een groen karakter die met een knipoog refereert aan de voormalige houtzagerij. Een woongebied dat aansluit bij het karakter van het dorp, maar door de opzet en architectuur ook iets nieuws toevoegt. De gemeente heeft een aantal uitgangspunten opgesteld voor de invulling van het plangebied.

De gemeentelijke uitgangspunten bij de ontwikkeling van het woongebied zijn:

1. Ontwikkelen van een duurzaam gebied (zowel duurzaam bouwen als duurzame stedenbouw).
2. De woningen worden centraal gesitueerd en worden omzoomd door veel groen dat bestaat uit gras en bomen. Vanuit de centrale ligging moet een doorkijk zijn naar het open enkgebied.
3. De woningen bij de entrees en nabij de enk moeten door hun bijzondere ligging een bijzondere vormgeving krijgen.
4. Het groen moet het dorp worden binnengehaald zodat er niet alleen een mooie woonomgeving ontstaat maar ook nieuwe wandelroutes toegevoegd kunnen worden.
5. De oostelijke rand is een duidelijke grens van het plangebied. Door de groene omzoming wordt de tegenstelling met de open enk vergroot.
6. Om te refereren aan de voormalige houtzagerij en aan te sluiten op de Veluwe moet bij het ontwerpen van de woningen ingespeeld worden op het thema "Hout".

Stap 4: Het vaststellen en beschrijven van de uiteindelijke visie

De stedenbouwkundige (in dit geval onze architect) geeft vanuit zijn visie, waaronder die op duurzaam bouwen, een uitwerking op het plangebied en heeft een voorstel gedaan voor een mogelijke verkaveling. Daarbij is rekening gehouden met de voormalige houtzagerij en het verzoek van de gemeente aan te sluiten op de Veluwe. Deze aandachtspunten zijn beschreven onder thema "Hout".

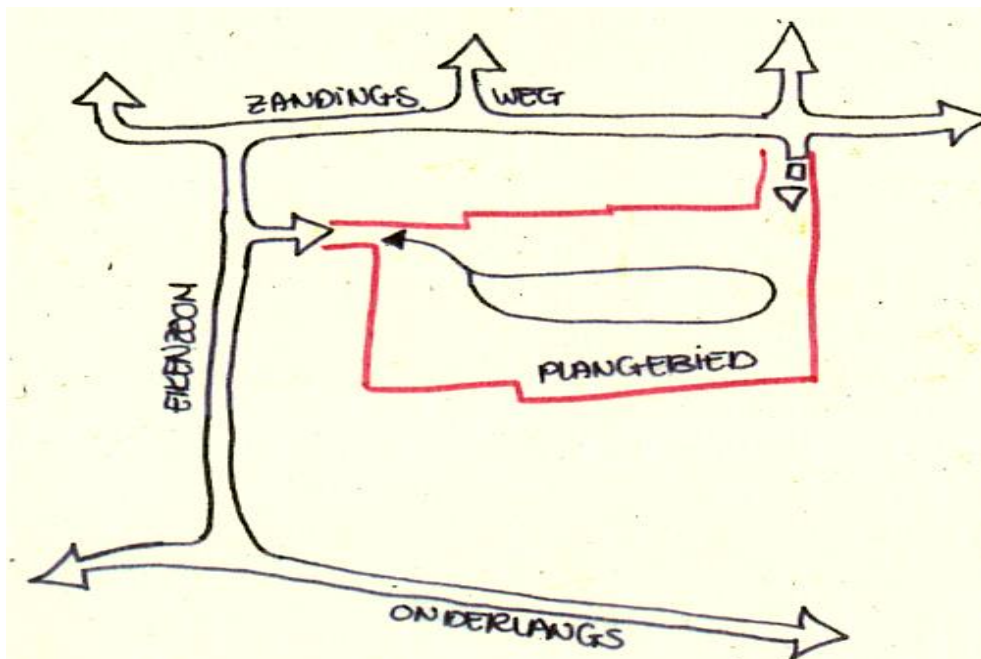
Het advies is gebaseerd op:

- o Structuur
- o Bebouwing

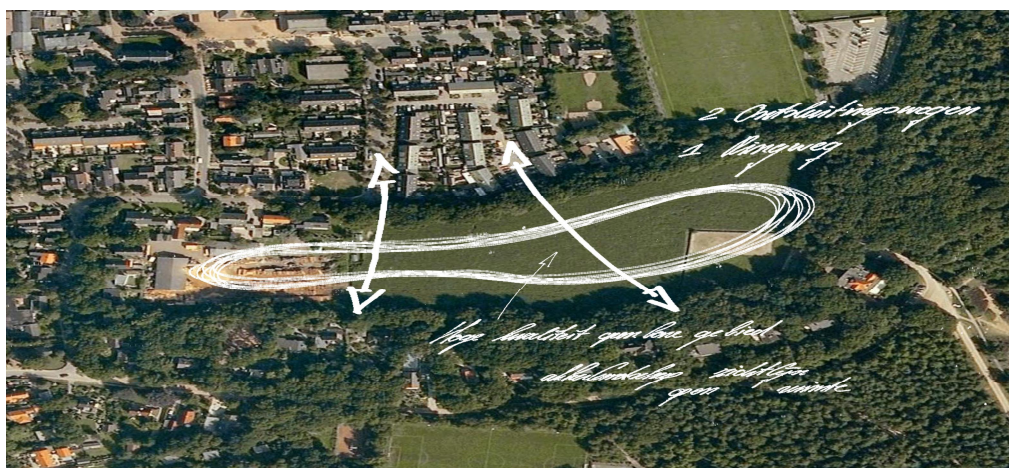
- o Architectuur
- o Thema Hout en duurzaam bouwen
- o Groen en Openbare ruimte

Structuur

Het ligt voor de hand gebruik te maken van de deels bestaande toegangen als ontsluitingswegen. Ten eerste de bestaande toegang aan de eikenzoom. Deze weg moet de toegang worden voor het autoverkeer. Ten tweede kan gebruik gemaakt worden van de toegang tot het akkergebied naast de zandingsweg. Dit pad vormt tevens de grens van het plangebied. Deze toegang is vooral bedoeld voor het langzame verkeer. Vanuit de toegang aan de eikenzoom loopt de straat, om in de groene binnenruimte richting het open enkgebied. De toegang aan de zandingsweg is alleen toegankelijk voor het langzame verkeer. De ontsluitingswegen sluiten goed aan op de al bestaande stratenstructuur in Otterlo. De toegangen bestaan al en hoeven enkel een meer toegankelijk karakter te krijgen.



Figuur 16



Figuur 17

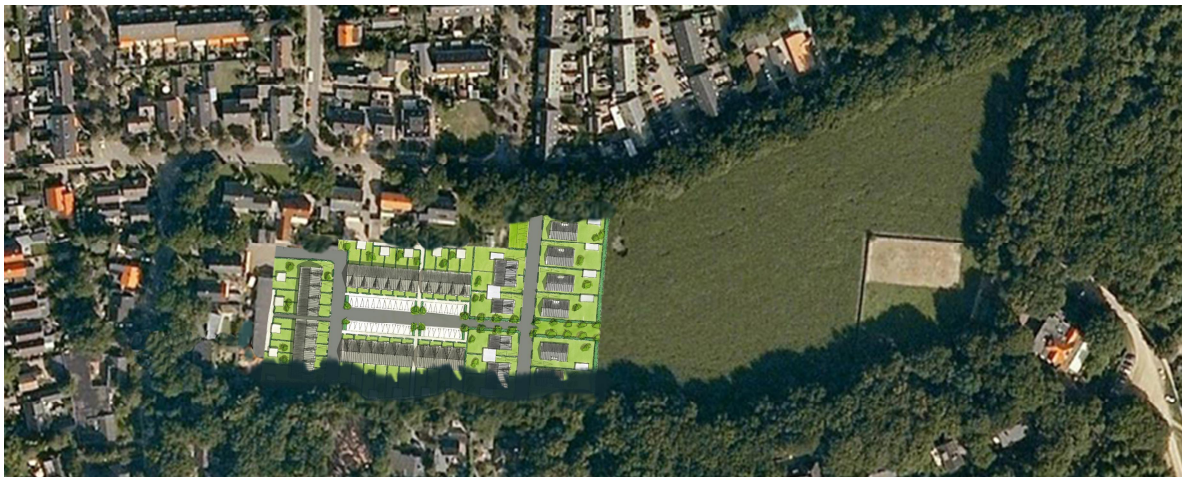
Bebouwing

De bebouwing zal bestaan uit rijwoningen, 2-onder-1-kap woningen en vrijstaande woningen. De woningen moeten een moderne uitstraling hebben en passen in de groene dorpsachtige omgeving. De bebouwing is gesitueerd aan de groene binnenruimte, wat een grote woonkwaliteit oplevert.

De vrijstaande en de 2-onder-1-kap woningen verspringen iets van elkaar wat een speels karakter geeft. Deze woningen zijn gesitueerd op 40 tot 60 graden noorderbreedte en voldoen daarmee aan de eisen die worden gesteld aan de situering van een 'Passiehuys'.



Figuur 18: Geschetste situatie plangebied



Figuur 19: Inpassing situatie plangebied

Architectuur

De architectuur moet divers zijn, maar wel een eenheid vormen. Diversiteit kan bereikt worden door kleine afwijkingen aan de woningen aan te brengen. Bijvoorbeeld: Wel of geen balkon. Erker, uitbouw, dakkapel, verschillende daken, formaat ramen etc. Een eenheid kan bereikt worden door bijvoorbeeld een zelfde materiaal van de daken, een zelfde steen/hout van de muren. De bebouwing dient te refereren aan hout, omdat dit associeert met de omgeving(bos) en de voormalige functie(houtzagerij). Dit kan gecreëerd worden door de architectuur en materiaalgebruik.

Als er hout wordt gebruikt voor de buitenkant van de woningen, dient vastgelegd te worden dat het hout in dezelfde, ruwe versie gehandhaafd blijft en niet in allerlei kleuren geschilderd wordt. De woningen hebben altijd een kapvorm en 1 of 2 bouwlagen. De overgang van het plangebied naar het enkgebied moet vloeiend in elkaar overlopen en een eenheid vormen door middel van bijvoorbeeld houten hekjes of door lage hagen zodat vanuit de woonkamer van de vrijstaande woningen uitgekeken kan worden op het groene binnengebied.



Figuur 20: Vogelvlucht plangebied

Thema Hout in relatie tot Duurzaam bouwen

De huidige functie (houtzagerij) en zijn omgeving (Veluwe) geven de gemeente en ontwerpers aanleiding om met het thema hout in het plangebied aan de slag te gaan. Hout als materiaal straalt een bepaalde warmte, intimiteit en sfeer uit, welke uitstekend past in de omgeving van het plangebied. Echter vanuit het milieutechnisch oogpunt hebben wij gekozen voor een alternatief. De zogenaamde vezelcement sidings met houtstructuur. Doordat dit materiaal zeer slijtvast is en op milieuvriendelijke wijze wordt geproduceerd past het geheel in de huidige trend van duurzaam en milieuvriendelijk bouwen. Hout wordt vaak geassocieerd met traditioneel materiaal en een wat ouderwetse architectuur en uitstraling. Dat hoeft echter niet het geval te zijn.

De bedoeling is met de hier voor genoemde positieve eigenschappen van vezelcement sidings een wat moderner beeld neer te zetten, maar met behoud van het dorpse karakter⁹.

Het thema 'hout' geeft aanleiding om over duurzaam bouwen en een duurzame omgeving na te denken. Duurzaamheid is natuurlijk uit te drukken in een lage Energie Prestatie Norm.

Maar ook het gebruik van duurzame materialen in zowel de zichtbare als onzichtbare delen van de woning dragen bij aan het duurzame karakter. De ambitie is om in dit plangebied duurzaamheid te integreren en daarbij ook aandacht te besteden aan nieuwe ontwikkelingen betreffende duurzaam bouwen.

Binnen dit project zal voor de vrijstaande woningen een voor Nederlandse begrippen relatief nieuw duurzaamheids-concept toegepast gaan worden: Het Passiefhuis-concept. De term Passiefhuis staat voor een specifieke constructiestandaard voor woongebouwen met een goed binnenklimaat gedurende winter zowel als zomer, zonder traditioneel verwarming- of koelsysteem. Dit houdt een zeer goede thermische isolatie en zeer goede lucht-/ kierdichting van de constructie in, terwijl een goed binnenklimaat verzekerd is door gebalanceerde ventilatie met hoge mate van warmterugwinning. De achterliggende gedachte is, door bouwkundige aanpassingen, in plaats van dure installatietechnieken, een zeer energiezuinig huis te realiseren.

Groen- en openbare ruimten

De bewoners moeten optimaal kunnen genieten van het uitzicht en de omgeving.

Het is belangrijk om een informele sfeer te creëren. In de openbare ruimte staat hout centraal door bijvoorbeeld houten bankjes en speelgelegenheden. Het straatmeubilair (lantaarnpalen, straatnaamborden en vuilnisbakken) moet passen in het geheel en de sfeer van het plangebied. Dit betekent dat dit zal afwijken van het standaard straatmeubilair. Het gebied moet voorzien zijn van voldoende straatverlichting zodat er geen onveilige omgeving ontstaat door de donkere, bosrijke omgeving.

§ 4.4.3 Nut en noodzaak van een beeldkwaliteitplan

a) Aansluiten bij maatschappelijke ontwikkelingen over duurzaamheid

Duurzame woningbouw omvat meer dan alleen de planontwikkeling. Omdat het Passiefhuis-concept betrekkelijk nieuw is in Nederland, is een informatief georiënteerd traject met uitvoeringsbegeleiding en voorlichting aan de bewoners over hun nieuwe woning van belang. Hierbij kan met name aandacht uitgaan naar de gebruiks-, onderhouds- en beheersaspecten. Dit volledige traject biedt de grootste kans op duurzaamheid voor eigenaars/gebruikers. In het ontwerp is een mooi evenwicht gezocht en gevonden tussen wonen in het collectieve groene landschap van Otterlo en het individuele belang van privacy en wooncomfort.

b) Aansluiten bij de levensverwachting van woning en woonomgevingen

Bij de planontwikkeling is een zeer lange levensverwachting van zowel de woningen als de woonomgeving uitgangspunt. Ondanks het feit dat de architect de wooneisen en -wensen van toekomstige gebruikers niet voldoende kent, creëert deze alvast de randvoorwaarden van duurzaam en energiezuinig woongenot waardoor de woningen ook op de lange termijn functioneel en aantrekkelijk zijn.

⁹ Bron: www.eternit.nl

c) Flexibel inspelen op behoeftes van alle betrokken partijen

In het licht van duurzaam en energiezuinig wonen is een optimale flexibiliteit in het ontwerp een belangrijk kenmerk voor deze woningen in Otterlo. Daarbij is rekening gehouden met de wooncarrière van de woning. De aanpassingen van de woningen, mede naar aanleiding van specifieke woonwensen, zijn in een later stadium, ook een onderdeel van het duurzaam benaderen van deze woningbouwopgave. Daarnaast zullen de toe te passen geveldelen voorzien zijn van eternit sidings. Dit zijn stroken van geperste vezelcement met een opgedrukte houtstructuur (zie bijlage 8). Hiervoor is gekozen omdat dit product slijtvast is en een kleurgarantie van 20 jaar heeft. Hierdoor hoeven er geen bomen gekapt te worden. Iedere woning krijgt een eigen tint; verschillende nuances in het hout en de afwerking zorgen voor een individuele en unieke uitstraling.



Figuur 21: Artist impression definitief ontwerp 'Passiefhuis'

§ 4.4.4 Ontwerp en uitwerkingsfase

Passieve zonne-energie (stap 2)

Met het gebruik van passieve zonne-energie wordt bedoeld dat de warmte en het licht van de zon direct benut worden. De woning maakt optimaal gebruik van passieve zonne-energie. Relatief grote raamoppervlakken en de zonnecollector van de zonneboiler vragen een oriëntatie tussen zuidwest en zuidoost. Woonkamers en slaapkamers met deze oriëntatie vangen de zonnewarmte op, maar de zon moet in de zomer worden geweerd. In de zomer staat de zon op het zuiden hoog, waardoor een aan te brengen uitvalscherp maar een klein stukje open hoeft. Het eventueel vergroten van de gevelopeningen kent een omslagpunt. Op een bepaald punt speelt het energieverlies door het glas in de winter een grotere rol dan de warmtewinst door binnen schijnende zon. Om optimaal gebruik van daglicht te maken moeten de gevelopeningen zo dicht mogelijk tegen het plafond eindigen. Op die manier valt er ook licht verder in het vertrek. Leefvertrekken die verwarmd worden, zoals de woonkamer, moeten dan wel aan de zuidgevel liggen om gebruik te kunnen maken van de zon.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,03. De invloed op de EPC is kleiner dan de werkelijke energiebesparing omdat in de EPC geen rekening gehouden wordt met temperatuurdifferentiaties en indeling van de woning.

Kosten: neutraal.

Fase(s): ontwerpfase (schetsontwerp).

Dakvorm (stap 2)

In het bestemmingsplan van de gemeente kunnen de toegestane dakvormen worden bepaald. Op een schuin dak kunnen alleen zonnecollectoren en PV-panelen aangebracht worden als het onder de juiste helling (circa 40-60 graden) op het zuiden gericht is. In ons ontwerp is daar al rekening mee gehouden. De dakhelling is 60 graden. Dit is een architectonische eis. Niet optimaal, maar wel binnen het grensgebied.

EPC: deze maatregel wordt niet in de EPC gewaardeerd.

Kosten: neutraal.

Fase(s): ontwerpfase (schetsontwerp).

Type woning (stap 2)

Een vrijstaande woning kent meer transmissieverliezen dan bv. Een rijwoning. Hier dient dus rekening mee gehouden te worden.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,15.

Kosten: neutraal.

Fase(s): ontwerpfase (stedebouwkundig ontwerp).

Compacte vorm (stap 2)

Door een compacte woningvorm met weinig inspringingen blijft het verliesoppervlak klein en treedt er weinig transmissieverlies door de schil op.

EPC: een klein verliesoppervlak zou positief gewaardeerd moeten worden in de EPC-berekening. Echter door de aard van de formule kan -als de Rc-waarden hoger dan 3 m²K/W zijn- het invoeren van een groter verliesoppervlak soms leiden tot een lagere EPC.

Kosten: de gevel is het duurste onderdeel van een gebouw, minder geveloppervlak levert zal dus een aanzienlijke kostenbesparing opleveren.

Fase(s): ontwerpfase (schetsontwerp).

Compartimentering en zonering van de woning (stap 1)

De plaats van de woningontsluiting is belangrijk. Om de passieve zonne-energie optimaal te kunnen benutten dienen de leefvertrekken aan de zuidgevel te liggen. Het is niet handig als de woningontsluiting ook aan de zuidgevel van de woning gelegen is omdat de woning dan vrij breed wordt. Het groeperen van leefvertrekken met ongeveer dezelfde temperaturen in de woning kan energieverliezen beperken. Bij een open keuken treedt energieverlies op omdat enerzijds de keuken onnodig verwarmd wordt en anderzijds de woonkamer onnodig geventileerd en gespuid. Tegenwoordig is een open keuken door veel bewoners wel gewenst. De woning zou zo ontworpen moeten worden dat eenvoudig naar wens van de bewoner een open dan wel gesloten keuken gerealiseerd kan worden. Een open trap in de woonkamer zorgt ook voor energieverlies omdat de warmte uit de woonkamer opstijgt. De trap situeren in de hal verdient dus de voorkeur, maar zal ontwerptechnisch niet altijd gekozen worden. Een tochtportaal bij de voor- en achterdeur ten slotte houdt in de winter de koude buiten.

EPC: deze maatregelen worden niet gewaardeerd in de EPC.

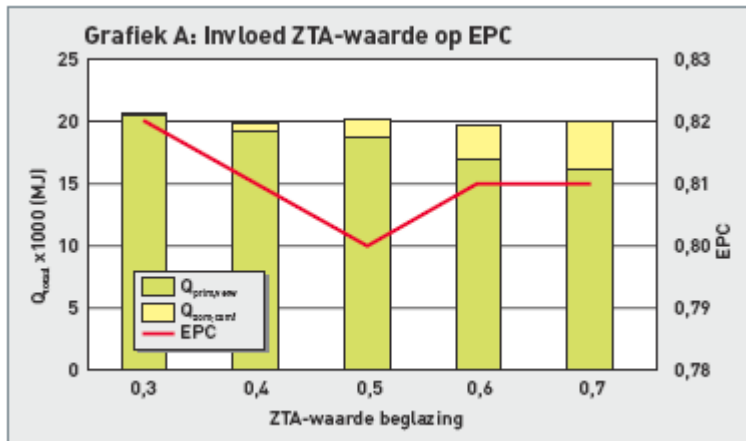
Kosten: lichte binnenwand € 24,- /m².

Fase(s): ontwerpfase (schetsontwerp).

Zonwering (stap 1)

In het woningontwerp moet optimaal gebruik worden gemaakt van passieve zonne-energie. Hierdoor kan optimaal van de laagstaande zon in het stookseizoen worden geprofiteerd, en wordt de hoogstaande zon in de zomer geweerd. Uit referentie berekeningen blijkt dat het toepassen van zonwerende beglazing niet leidt tot een lagere EPC en bij zeer lage ZTA-waarden (0,3) zelfs een iets hogere EPC oplevert. De reden hiervan is dat bij dalende ZTA-waarden de (fictieve) koelbehoefte weliswaar afneemt, maar dat de energiepost voor

ruimteverwarming in het stookseizoen sneller toeneemt omdat er minder warmtewinst is door zontoetreding. Zie figuur 22 (Bron: Senternovem)



Figuur 22

Het toepassen van een buitenzonwering op de zuidgevel levert een reductie van de EPC van gemiddeld 0,02 op. We zien in de praktijk echter dat deze in de winterperiode ook vaak gebruikt wordt om verblinding door de laagstaande zon te voorkomen. Het is dan ook de vraag of er hier in de praktijk nog enige warmtewinst te boeken is. Een vaste zonwering in de vorm van een constant overstek op het zuiden of rondom het gebouw, screens en/of uitvalschermen leveren eveneens een EPC-reductie van 0,01 tot 0,02 op.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,02

Kosten: € 1800,-.per geveldeel

Fase(s): ontwerpfase (voorlopig ontwerp).

§ 4.5 Bouwtechnische maatregelen

Thermische isolatie(stap 1)

Door maximale isolatie en luchtdichting is de warmtevraag gering. De dikte van de isolatie is afhankelijk van de benodigde R_c en het type isolatiemateriaal. Het verhogen van de isolatiewaarde van de schil is een relatief eenvoudige en goedkope maatregel met veel effect. Zorg ervoor, dat de isolatie zorgvuldig aangebracht wordt. Hoe beter de isolatie, hoe groter de warmtestroom en dus het warmteverlies bij onzorgvuldige aansluitingen. Controle op warmtelekken is mogelijk met infrarood.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een R_c van 9,0 m^2K/W referentie EPC van 1 is 0,2.

Kosten: gem. € 17,20 / m^2 . (afhankelijk van soort isolatiemateriaal)

Fase(s): uitwerkfase (definitief ontwerp).

o Risico op oververhitting:

Is het nog zinvol om de gebouwschil extra te isoleren omdat dit kan bijdragen aan oververhitting in de zomerperiode? Dat blijkt zeker zinvol te zijn. De energiepost $Q_{zom;comf}$ neemt weliswaar enigszins toe bij stijgende gebouwisolatie (+ 400 MJ), maar dit weegt niet op tegen de verlaging van de energiebehoefte voor ruimteverwarming (- 7100 MJ). De thermische capaciteit (warmtebufferend vermogen) van de woning is van duidelijke invloed op de EPC.

Geïsoleerde voordeur en HR++ glas (stap 1)

Als de schil van de woning (de gevels, het dak en de vloer) goed geïsoleerd is, worden de gevelopeningen en aansluitingen de zwakke plekken. De warmtestroom en dus het warmteverlies door de minder geïsoleerde

delen wordt groter naarmate de isolatiewaarde van de geïsoleerde delen hoger is. Bij een goed geïsoleerde schil is de isolatiewaarde van de gevelopeningen dus belangrijk.

Dat betekent dat een geïsoleerde voordeur en HR+++ glas in de gevelopeningen moeten worden toegepast.

o Geïsoleerde voordeur:

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,02.

Kosten: € 300,- ten opzichte van een ongeïsoleerde voordeur.

Fase(s): uitwerkingsfase (definitief ontwerp).

o HR+++ glas:

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 10 %.

Kosten: € 20,- / m² (ten opzichte van HR++ glas, dat nu standaard toegepast wordt).

Fase(s): uitwerkingsfase (definitief ontwerp).

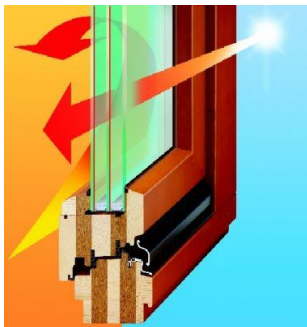
Geïsoleerd kozijn (stap1)

Met het toepassen van HR+++ glas met een U-waarde van 0,8 W/m²K wordt het kozijn de zwakste schakel. Gebruik geïsoleerde kozijnen waarbij ook de afstandhouder van de beglazing isolerend uitgevoerd wordt en maak het aantal strekkende meters kozijn zo klein mogelijk ten opzicht van het glasoppervlak. Dat betekent bijvoorbeeld geen roedeverdeling (vlakverdeling) in de kozijnen. het kozijn dient op de juiste wijze aangesloten te worden op de gevel, teneinde warmteverliezen door de aansluiting te beperken. De glasoppervlakken, de glaskwaliteit (driedubbele beglazing) en de zeer goede U-waarde worden zo gekozen dat het glas geen voelbare koudestraling veroorzaakt;

EPC: deze maatregel wordt vooralsnog niet gewaardeerd in de EPC.

Kosten: onbekend

Fase(s): uitwerkingsfase (Definitief ontwerp).



Figuur 23a



Figuur 23b

Kierdichting (stap 1)

Als de schil goed geïsoleerd is, worden -zoals reeds genoemd- de gevelopeningen en aansluitingen de zwakke plekken. De warmtestroom en dus het warmteverlies door de minder geïsoleerde delen zal groter worden naarmate de isolatiewaarde van de geïsoleerde delen hoger wordt. Bij een goed geïsoleerde schil is de kierdichting dus extra belangrijk. De extreme luchtdichting wordt gerealiseerd door uitgekiende detaillering en het afplakken van alle naden, kieren en doorvoeren. Uitgegaan wordt van een $q_{v,10;kar}$ waarde van 0,15 dm³/s.m² (referentie is 0,625).

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,02.

Fase(s): uitwerkingsfase (definitief ontwerp), realisatiefase.

De volgende aansluitingen zijn aandachtspunten voor een goede kierdichting:

- Begane grond vloer / leidingdoorvoeren

- Gevelelementen / draagconstructie
- Gevel / kozijn
- Hellend dak / gevel / zoldervloer

Isoleren kruipluik en warmwater-, centrale verwarmings- en distributieleidingen (stap 1)

Andere warmteverliesbeperkende maatregelen zijn het isoleren van het kruipluik en alle warmwater-, cv-, en distributieleidingen.

o Isoleren kruipluik:

EPC: deze maatregel wordt niet direct gewaardeerd in de EPC, behalve als de koudebruggen met de ingevoerde eigen waarden worden berekend en niet forfaitair. Het kruipluik hoeft dan niet als koudebrug ingevoerd te worden.

Kosten: onbekend / m²

Fase(s): uitwerkingsfase (definitief ontwerp).

o Isoleren warmwater-, cv-, en distributieleidingen:

EPC: deze maatregel wordt niet gewaardeerd in de EPC.

Kosten: isoleren leidingen € 8 / m².

Fase(s): uitwerkingsfase (definitief ontwerp).

Verder dienen koudebruggen te worden voorkomen. De isolatie dient overal continu door te lopen, ook bij aansluitingen tussen wanden, daken en vloeren en in verbindingen met kozijnen. Een detail is in Passiefhuis-terminologie koudebrug-vrij indien de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt (ψ_e) *gelijk aan of kleiner is dan 0,01 W/mK, refererend aan buitenmaten (in afwijking met NEN 1068 waarin gerefereerd wordt aan binnenmaten)*. *Aandacht moet besteed worden aan correcte detaillering en uitvoering ervan, vooral bij verbindingen tussen raam- en deurkozijnen, vloeren en daken;*

§ 4.6 Installatietechnische maatregelen

Bij deze ontwerpstap zet de onderzoeker een aantal mogelijkheden uiteen die toepasbaar zijn bij een Passiefhuis-concept. Niet elke mogelijkheid is gunstig qua kosten, energieprestatie of toepasbaarheid. Hierin is een afweging te maken om kosten wat het kost de EPC te verlagen, of een installatie concept te kiezen wat afgestemd is op de EPC eis van 0,45 tegen een gunstige prijs.

Zonnecollector (stap 2)

Een zonnecollector zet zonne-energie om in warmte. Deze warmte wordt opgeslagen in een boiler en kan dan gebruikt worden voor warmtapwater en verwarming. Een zonnecollector levert de warmte voor een zonneboiler of zonneboilercombi en wordt altijd in combinatie met één van beide gebruikt. Voor een gemiddelde woning is ongeveer 2 m² collectoroppervlak per persoon vereist voor een zonneboiler

Fase(s): ontwerpfase (stedenbouwkundig ontwerp, definitief ontwerp).

Zonneboiler (stap 2)

De zonnewarmte die door de collectoren wordt opgevangen wordt opgeslagen in de zonneboiler. De warmte wordt overgedragen aan het warm tapwater. Er wordt altijd een extra verwarmingsapparaat bijgeplaatst (een HR-ketel of warmtepomp) om bij te springen als de collectoren niet genoeg warmte leveren of er ineens een grote warmtevraag is. Daarnaast verwarmt de HR-ketel regelmatig het water boven de 60 graden Celsius (°C) om legionellabesmetting te voorkomen. Zonneboilers worden meestal gedimensioneerd op een dekking van

circa 50% van de energiebehoefte voor warmtapwater. Het boilervat heeft dan een inhoud van 100 tot 200 liter, een diameter van circa 65 cm. en een hoogte van 100-120 cm.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,2.

Kosten: € 6200,- (inclusief 2 m² collectoroppervlak).

Fase(s): ontwerpfase (stedenbouwkundig ontwerp, Definitief ontwerp).

Warmtepomp (stap 3)

Een warmtepomp is een apparaat dat met behulp van elektriciteit laagwaardige warmte (met een lage temperatuur, bijvoorbeeld 20°C) in hoogwaardige warmte (met een hoge temperatuur, bijvoorbeeld 40°C) omzet. Deze laagwaardige warmte moet wel ergens vandaan komen, een bron hebben. Zo'n bron kan bijvoorbeeld zijn: (ventilatie-)lucht, bodem of (grond-)water.

Hoe hoogwaardiger de warmte moet worden, hoe meer elektriciteit er nodig is. Het is dus het voordeligst als de temperatuur niet zo veel hoeft te stijgen. Een warmtepomp is daarom heel geschikt als warmteopwekking-apparaat voor een laag temperatuurverwarmingssysteem.

Het rendement van een warmtepomp is zeer hoog, er is dus maar weinig elektriciteit nodig om hoogwaardige warmte te produceren.

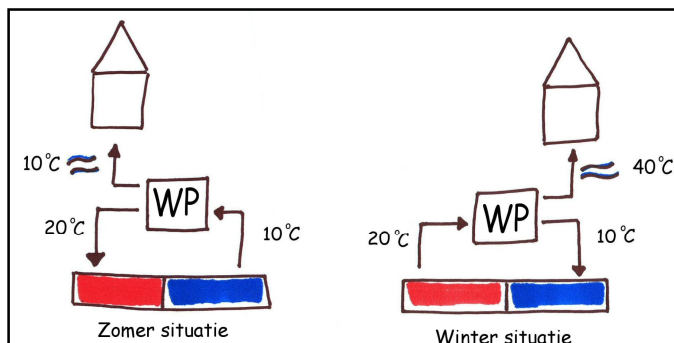
Een warmtepomp kan ook andersom werken, en zet dan laagwaardige koude om in hoogwaardige koude. Dit apparaat staat bij iedereen in de keuken, namelijk de koelkast!

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,03 - 0,12 ten opzicht van een HR-107 combiketel.

Kosten: € 5000,-.

Fase(s): ontwerpfase (definitief ontwerp).

Seizoensopslag in de bodem (stap 2/3) (Figuur 24)



Het is logisch dat in de zomer warmte beschikbaar is en koude juist nodig, en dat dit in de winter andersom geldt. De warmte die in de zomer, en de koude die je in de winter beschikbaar is, moet dus eigenlijk bewaard worden om het in het andere seizoen te kunnen gebruiken.

Dit kan met seizoensopslag in de bodem. Onder de grond zitten zandlagen die grondwater vasthouden. Het is mogelijk om in

deze zandlagen laagwaardige warmte en koude op te slaan. Op het moment dat er behoefte is aan warmte of koude kan deze worden opgepompt en met behulp van een warmtepomp omgezet worden in hoogwaardige warmte en koude die geschikt is om te gebruiken voor installaties. Omdat in de zomer de koude en in de winter de warmte benut blijft, is over een jaar heen de temperatuur van de grond in balans. Seizoensopslag wordt momenteel wel bij utiliteitsbouw toegepast en nog niet in de woningbouw. Het wordt namelijk pas economisch rendabel als het te verwarmen / koelen oppervlak groter is dan 3000 m². Dit systeem zou wel als (kleinschalige) collectieve voorziening toegepast kunnen worden.

EPC: onbekend. (Wordt wel in EPC-utiliteitsbouw gewaardeerd, maar omdat in kantoren de warmtepomp vooral ingezet wordt om te koelen en dit bij woningen weinig voorkomt, vraag ik mij af of dat vergelijkbaar is (zie aanbevelingen).

Kosten: onbekend. Fase(s): programmafase.

Warmteterugwinning (stap 2/3)

Een warmte-terugwin-systeem doet precies wat het woord al zegt: het haalt de warmte uit de afgevoerde ventilatielucht en voegt deze weer toe aan de verse aangevoerde lucht. Warmterugwinning is alleen toe te passen in combinatie met gebalanceerde ventilatie. Bij gebalanceerde ventilatie wordt de lucht door middel van ventilatoren mechanisch ingeblazen en afgezogen.

Gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning gebruikt maar weinig energie en de teruggewonnen warmte weegt ruimschoots op tegen het energieverbruik van de ventilator.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,15.

Kosten: € 1000,- ten opzichte van natuurlijke ventilatie met mechanische afvoer.

Fase(s): ontwerpfase (definitief ontwerp).

Warmtepompboiler (stap 2/3)

De warmtepompboiler is een alternatief voor de zonneboiler als de woning niet op het zuiden georiënteerd is en wel over gebalanceerde ventilatie beschikt. Warmte uit afgevoerde ventilatielucht wordt als bron gebruikt om het warmtapwater mee te verwarmen. Een warmtepompboiler kan niet worden gecombineerd met gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning, omdat de warmte uit de ventilatielucht al gebruikt wordt voor verwarming van het tapwater.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,07.

Kosten: €1500,-.

Fase(s): ontwerpfase (definitief ontwerp).

Lage temperatuurverwarming (LTV) (stap 2/3)

Voor een verwarming geldt: hoe lager de aanvoertemperatuur hoe groter het stralingsoppervlak moet zijn. Bij een gewone radiator is de aanvoertemperatuur 90°C. Als je de aanvoertemperatuur wilt verlagen tot bijvoorbeeld 40 °C heb je dus een groter stralingsoppervlak nodig, ongeveer 2,7 keer zo groot. Gelukkig is dat beschikbaar, namelijk de vloer en de wand. Vloerverwarming is dus een laag temperatuur verwarmingssysteem.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,02.

Kosten: € 1000,- ten opzichte van hoge temperatuur verwarming.

Fase(s): ontwerpfase (definitief ontwerp).

In sommige gevallen waarin 'krappe' huizen gebouwd worden, bijvoorbeeld bij sociale woningbouw moet er in de stedenbouwkundige fase al rekening mee worden gehouden. Bij wandverwarming worden de muren enkele centimeters dikker en deze ruimte gaat van het vloeroppervlak van de woningen af.

Hotfill-aansluitingen (stap 3)

Het opwarmen van water in de was- en afwasmachine gebeurt elektrisch en kost veel energie. Voorzie in een hotfill-aansluiting voor de was- en afwasmachine. Met deze hotfill-aansluiting is het mogelijk de wasmachine of afwasmachine aan te sluiten op de warmwaterleiding. De machine wordt dan gevuld met warm water in plaats van koud, dat net als al het andere gebruikte warme water centraal wordt opgewarmd door het verwarmingssysteem.

EPC: deze maatregel wordt niet gewaardeerd in de EPC.

Kosten: € 50,-. per aansluiting.

Fase(s): uitwerkingsfase (definitief ontwerp).

Korte leidingen en kanalen (stap 1)

Water en lucht die worden getransporteerd over een korte afstand verliezen minder warmte. De plaatsen van de technische ruimte, badkamer en keuken bepalen de leidinglengten. Het is dus handig deze bij elkaar in de buurt te plaatsen.

EPC: de maximale EPC verlaging bij een referentie EPC van 1 is 0,04.

Kosten: minderkosten leiding € 6,- /m¹.

Fase(s): ontwerpfase (schetsontwerp).

(In)regelvoorzieningen (stap 3)

Het goed (in)regelen en de mogelijkheid om de verwarming per vertrek te kunnen regelen voorkomt dat er onnodig gestookt wordt. Het inregelen van installaties is verplicht gesteld door de GIW, het niet goed inregelen is dus eigenlijk een installatiefout. Plaats inregelvoorzieningen ten behoeve van de verwarmingsinstallatie en zorg voor een goede inregeling en energiebesparende warmteregeling per vertrek zoals bijvoorbeeld klokthermostaten.

EPC: deze maatregelen worden niet gewaardeerd in de EPC.

Kosten: € 400,-. per woning.

Fase(s): uitwerkingsfase (definitief ontwerp).

Hoofdstuk 5 Ruimteverwarming en energievoorziening volgens het Passiefhuis-concept

§ 5.1 Inleiding

Bewoners van een Passief-energiezuinig woonconcept in Otterlo willen het zomers heerlijk koel en in de winter behaaglijk warm hebben. Dit comfort kan gerealiseerd worden door middel van een uitgekiende combinatie van bouwfysische en bouwtechnische maatregelen waarbij uitgegaan wordt van:

- primaire energievraag ruimteverwarming + koelen: 15 kWh/m² GBO/jaar
- primaire energievraag totale woning: 120 kWh/m² GBO/jaar

Het gasverbruik ligt ca. 60% lager dan in een vergelijkbare woning met een EPC van 0,8. Alle voorzieningen in de woning zullen relatief eenvoudig te bedienen zijn.

In dit hoofdstuk komen de specifieke aandachtspunten aan de orde voor de Passiefhuis-woningen in Otterlo. Met het benoemen van de maatregelen en de criteria worden handvatten gegeven en toepassingsmogelijkheden aangeboden. Alhoewel het als een apart hoofdstuk is opgenomen dient de gebruiker de aangereikte kennis en inzichten in te passen in het totaalplan.

§ 5.2 Maatregelen voor een hoog en energieuinig wooncomfort

In het Passiefhuis-concept is de vraag naar energie minimaal. Instraling van de zon zorgt voor een belangrijk deel van de ruimteverwarming (passieve zonne-energie). Zonnecollectoren verzorgen meer dan de helft van de warmtapwatervraag. Uitgekiende ventilatie zorgt voor een gezond binnenklimaat. Door zomernacht-ventilatie plus zonwering is de woning in de zomer ook lekker koel.

Het maken van een huis dat en hoog wooncomfort heeft en energieuinig is, is een belangrijk doel van het Passiefhuis-concept. Deze doelstelling is te bereiken door het toepassen van enkele maatregelen zoals:

- Het ontwerpen, vakkundig installeren en onderhouden van een goed ventilatiesysteem. Hierdoor wordt een goede luchtkwaliteit gewaarborgd.
- Het afgeven en realiseren van verse lucht garanties vanuit het ventilatiesysteem. Hiervoor is extra aandacht nodig vanwege het streven naar extreme luchtdichting van de woning. In een lage ventilatiestand wordt voldoende verse lucht gegarandeerd door:

A) In elk vertrek spui-ventilatie te realiseren (met andere woorden er moet een raam open kunnen).

B) In elk vertrek voorzieningen te realiseren ten behoeve van nachtventilatie, waarmee in de zomerperiode gedurende de nacht extra geventileerd kan worden met koele buitenlucht.

C) Een extra dakraam plaatsen om gebruik te kunnen maken van "natuurlijke trek".

D) Extra luchtdichting van de gevel, en daarmee hoge geluidsisolatie van de gevel te realiseren. Dit maakt een stille installatie noodzakelijk en is te realiseren door het ventilatiesysteem te voorzien van extra geluiddempende maatregelen waarmee een extra stille installatie wordt gerealiseerd.

- Het aanbrengen van goede isolatie en beglazing. In het stookseizoen wordt door de goede isolatie en drievoudige beglazing een behaaglijk comfort geboden, waarbij de verwarming slechts incidenteel aanvullend nodig is. Het temperatuurniveau is constant op een comfortabel niveau.
- Gelijkmatische warmte in de woning door effectieve warmteterugwinning van ventilatielucht. Het ontbreken van koudestraling, tocht en geluid van de ventilatie zorgen voor het hoge comfort.
- Aanbrengen van zonwering en nachtventilatie. Door te kiezen voor ruim gedimensioneerde spuivoorzieningen, voorkomen hoge binnentemperaturen in de zomer en bewerkstelligen een behaaglijk binnenklimaat. Het aantal TO-uren > 25 °C blijft onder de 50 uur per jaar.

- Het realiseren van warmtapwater met voldoende capaciteit. Een tapwatersysteem garandeert voldoende warm water voor gelijktijdig gebruik van twee tappunten.

§ 5.3 Dossiervorming

De opdrachtgever in Otterlo stelt bij aanvang vast dat de vrijstaande woningen volgens het Passiefhuis-concept gerealiseerd en gecertificeerd moeten worden. De certificaten die behaald dienen te worden zijn:

- a) een Passiefhuis-certificaat voor bouwsystemen
- b) een Passiefhuis-certificaat voor ventilatiesystemen.

Voor de certificering moet een dossier worden voorgelegd aan het 'Passivhaus Institut' die de volgende documenten moeten bevatten. Het dossier bevat de volgende documenten:

1. Architectuurplannen van het bouwproject inclusief de stedenbouwkundige inpassing, de oriëntatie en omgevende bebouwing met evt. bomen e.d., plattegronden, een doorsnede en een gevelbeeld
2. PHPP- gegevens en berekeningen, aangevuld met de technische informatie van de gekozen systemen en producten
3. Details van de aansluitingen van isolatielagen, kozijnen, wanden, vloeren, daken en evt. bijzondere knooppunten aangevuld met bijv. fotomateriaal en product/systeem gegevens
4. Voorts moeten de gebruikte materialen vermeld worden met een thermische geleidingscoëfficiënt. Bij twijfel over koudebruggen een koudebrug berekening
5. Productinformatie van de installatietechniek (ventilatie, warm water bereiding, naverwarming)
6. Verslag blowerdoortest.

Deze documenten moeten al in de ontwerpfase worden opgeslagen in het dossier.

§ 5.4 Criteria Passiefhuis-certificaat voor bouwsystemen

Het Passivhaus Institut biedt twee vormen van certificatie voor bouwsystemen.

- 1) Certificatie voor buitenwanden
- 2) Certificatie voor bouwcomponenten.

Voor de beoordeling van de buitenwanden en de bouwcomponenten hanteert het instituut de volgende criteria:

- Binnentemperatuur: 20°C
- Buitentemperatuur: 0°C
- Keldertemperatuur: 10°C
- Bodemtemperatuur: 10°C
- Warmteovergangswaarde buiten: 0,04 m²K/W

Het energiegebruik van de volledige woning dient dan beneden een bepaalde grenswaarde te liggen:

- Warmteovergangswaarde binnen: 0,13 m²K/W
- Warmteovergangswaarde kelder: 0,17 m²K/W
- Warmteovergangswaarde bodem: 0 m²K/W

Voor het bouwsysteem gelden de volgende criteria:

- a. Comfort- en energiecriterium:

U-waarde buitenwand $\leq 0,15$ W/(m²K) en luchtdichte doorsnede. Deze begrenzing is noodzakelijk om discomfort ten gevolge van koudestraling te vermijden. Het Passiefhuis-concept veronderstelt immers dat er niet noodzakelijk verwarmingselementen aanwezig zijn ter hoogte van de buitenwanden. Tevens dienen eventuele bevestigingselementen te worden meegerekend in de totale U-waarde van het wandsysteem.

b. Geen koudebruggen:

$\psi_{\text{buiten}} \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$ en luchtdichte aansluiting.

Oppervlaktetemperatuur $> 17^\circ\text{C}$ voor alle bouwdetails

Voor alle gebruikelijke lineaire aansluitpunten (aansluiting met de fundering, met het dak, met binnenwanden, met vensters) dienen detailtekeningen te worden voorgelegd en dient condensatie te worden vermeden.

In het bijzonder dienen zogenaamde Passiefhuis-gecertificeerde ramen te worden ingezet (U-waarde maximaal $0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, inclusief schrijnwerk en glasrandeffect). Alle aansluitingen moeten luchtdicht worden uitgevoerd. De luchtdichte aansluitingen moeten duidelijk herkenbaar worden aangeduid in de uitvoeringsplannen.

§ 5.5 Criteria Passiefhuis-certificaat voor ventilatiesystemen

Het Passivhaus Instituut biedt tevens een certificatie voor warmteterugwinning-eenheden voor ventilatie-installaties. Voor Passiefhuis projecten is het van belang om Passiefhuis-gecertificeerde producten in te zetten, of om op zijn minst te voldoen aan de volgende criteria:

- Passiefhuis-comfortcriterium:

Een minimale toevoertemperatuur van $16,5^\circ\text{C}$ dient te worden bereikt bij -10°C buitenluchttemperatuur. Reden: in passiefhuizen zijn meestal geen verwarmingsoppervlakken aan buitenbouwdelen geplaatst. Om oncomfortabele inval van koude lucht te vermijden, moet de toevoerluchttemperatuur begrensd worden.

- a. Efficiëntiecriterium warmte:

Het effectieve droge warmteterugwinrendement moet bij gebalanceerde ventilatie bij buiten temperaturen tussen -15 en 10°C en bij droge lucht (21°C) hoger zijn dan:

$$\eta_{\text{WTW},t,\text{eff}} \geq 75\%$$

- b. Efficiëntiecriterium elektriciteit:

Het totale specifieke opgenomen elektrisch vermogen van het ventilatie- of compacttoestel mag niet meer bedragen dan wat is voorzien voor passiefhuizen in bedrijfstoestand: $\leq 0,45 \text{ W}$ per m^3/h aangevraagd toevoerdebiet.

- c. Luchtdichtheid en isolatie van het toestel:

De interne en externe lekdebieten mogen niet meer bedragen dan 3% van het nominaal extractiedebiet.

- d. Geluidswering:

De fabrikanten dienen richtwaarden te geven van het geluiddrukkniveau. Indien nodig dienen maatregelen te worden getroffen om geluidoverdracht naar,- en tussen ruimtes te vermijden.

- e. Hygiëne van de ventilatielucht:

Er dient voor gezorgd te worden dat de hygiënische luchtkwaliteit kan worden gewaarborgd door het gebruik en het onderhoud van aangepaste filters. De toekomstige gebruikers dienen te worden geïnstrueerd omtrent het gebruik en het onderhoud van de installatie.

- f. Vorstbeveiliging:

De ventilatie-installatie moet zijn voorzien van vorstbeveiliging; hetzij door een systeem in het warmteterugwinsysteem zelf, hetzij door het voorzien van een extern systeem (bv. een correct gedimensioneerde bodem-luchtwarmtewisselaar).

§ 5.6 Keuze om tot een juist bouwsysteem te komen

Uit de opdracht aan de architect blijkt dat er bij de keuze van het meest geschikte bouwsysteem voor het Passiefhuis-concept een zo compact mogelijk bouwsysteem dient te zijn, in verband met de geringe afmeting van de kavels. Wil de architect kunnen voldoen aan deze eis dan blijkt uit het onderzoek dat er een bouwsysteem gekozen moet worden waarbij de isolatiedikte zo dun mogelijk is. Uit onderzoek blijkt dat deze optie realiseerbaar is met PIR-isolatie, een hoogwaardige harde persing isolatieplaat. Uit onderzoek naar een geschikt bouwsysteem blijkt 'Calduran Kalkzandsteen' in combinatie met prefab houten gevelelementen, waarin de PIR-isolatie is verwerkt, kan worden uitgevoerd. De stabiliteit moet dan worden verkregen door inklemming van vloeren en wanden. Dit systeem geniet nu de voorkeur van de opdrachtgever. De afwerking moet een natuurlijke uitstraling krijgen zoals eerder in het beeldkwaliteitplan (paragraaf 4.4.3) is omschreven.

Het kalkzandsteenbouwsysteem is uitgewerkt d.m.v. tekeningen en bouwdetails in bijlage 3.

§ 5.7 Keuze om tot het juiste installatieconcept te komen

De installatieconceptkeuze en de daarbij komende investeringskosten zijn gebaseerd op de projectgrootte: in de context van het onderzoek gaat het hier om het aantal van zes vrijstaande woningen. Door deze projectomvang en dit woningtype zijn collectieve installaties over het algemeen economisch niet interessant en is het ook niet raadzaam om een geavanceerd energieconcept te kiezen, omdat de advieskosten die daarmee gemoeid zijn over te weinig woningen gedeeld kunnen worden.

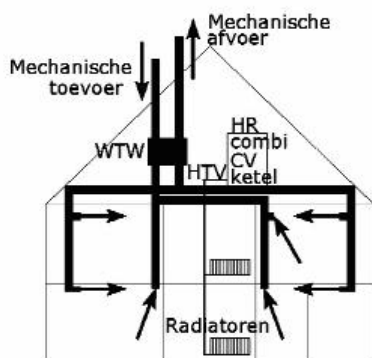
Dit alles wetende zijn vervolgens drie installatieconcepten bekeken:

- 1) Variant 1 Radiatoren
- 2) Variant 2 Vloerverwarming
- 3) Variant 3 Combiwarmtepomp

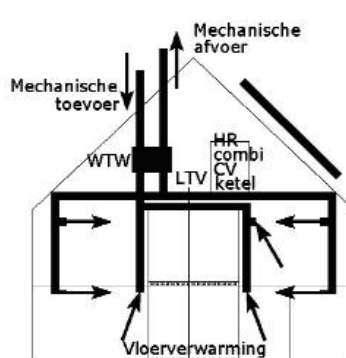
Daarbij zijn zowel tijdens het onderzoek als tijdens de afwegingen tot het juiste installatieconcept de volgende aspecten meegenomen:

- Gezondheidsbeïnvloeding
- Comfortbeleving
- Energetische kenmerken
- Installaties

Installatieconcepten variant 1 en 2:



Variant 1



Variant 2

Installatietechnische kenmerken OFDSTUK2 HOOFDSTUK 1

- Type verwarmen en opwekking: individuele gasgestookte CV-HR-combiketel HR 107 aangesloten op 12 m² zonnecollectoren en een 200 liter voorraadvat, die voorziet in de ruimteverwarming en de verwarming van warmtapwater.
- Warmte afgiftesysteem: bij variant 1 wordt de warmte afgegeven via radiatoren. Bij variant 2 wordt de warmte afgegeven via vloerverwarming LTV.
- Koelen/opwekking, temperatuurniveau: er vindt geen actieve koeling plaats. Door de massa van de woning, het bieden van spuiventilatie mogelijkheden en het bieden van een gevel waar buitenzonwering op aangebracht wordt, kan de temperatuuroverschrijding 's zomers beperkt blijven.
- Koude afgiftesysteem: niet van toepassing.
- Ventilatie: balansventilatie HR-WTW (met onderhoudsplan) bedienbaar met 3-standenschakelaar in de keuken en spuivoorzieningen in elke ruimte.
- Warmtapwater: in variant 1 zorgt de individuele HR-combiketels HR 107 voor verwarming van het tapwater. In variant 2 wordt de tapwaterverwarming gerealiseerd door de zonneboiler. De zonneboiler, gekoppeld aan een gasgestookte naverwarming (HR-combiketel HR 107), verzorgt de tapwaterverwarming. Het voorraadvat van 200 liter staat garant voor een hoog comfortniveau.

- Gezondheidsbeïnvloeding

Om het kwaliteitsaspect gezondheid op 'Passiefhuis' niveau te brengen, worden voor deze varianten de volgende extra prestaties verlangd:

- Roosters en kanalen moeten zo zijn ontworpen dat de lichtsnelheid in de leefzone < 0,1 m/s bedraagt.
- Het ventilatiesysteem moet zo gedimensioneerd en ontworpen worden dat in de gehele periode tussen twee onderhoudsbeurten toch het vereiste debiet gehaald kan worden, zonder dat geluidhinder optreedt. Daarom overdimensioneren op 130% van bouwbesluit.
- In elk vertrek een te openen raam en/of bovenlicht (spuiventilatie).
- Vanwege de aanwezigheid van luchttoevoerkanalen moet bij de oplevering een onderhoudsplan meegeleverd worden, met daarin reinigingsinstructies van de luchtkanalen, filters en inblaasventielen.
- Om luchtbewegingen door convectie te beperken wordt bij variant 2 vloerverwarming toegepast.

- Comfortbeleving

Zomers kan de binnentemperatuur langdurig boven de 25 °C uitkomen, met name in "op het zuiden" georiënteerde vertrekken. Het aantal temperatuuroverschrijdingsuren is te beperken door te zorgen voor spuiventilatie en door het aanbrengen van buitenzonwering.

- Energetische kenmerken

De LTV vloerverwarming bij concept is comfortabel en in de toekomst, wanneer de CV-ketel aan vervanging toe is, kan de installatie eenvoudig aangesloten worden op een energie-efficiënte laag temperatuurwarmte opwekkingssysteem. In de winter zorgt de HR-WTW voor een energiezuinige toe- en afvoer van ventilatielucht, terwijl in de zomer 's nachts de ramen open kunnen met alleen de ventilatieafvoer aan, waardoor de woning kan afkoelen.

De genoemde installatievarianten zijn op overzichtelijke wijze uitgewerkt in onderstaande tabellen:

	Variant 1	Variant 2
Ventilatiesysteem	HR-WTW	HR-WTW
Regeling ventilatie	3-standenmeter	3-standenmeter
Warmteopwekking	CV-ketel-HR-107	CV-ketel-HR-107
Temperatuurniveau	HTV	LTV
Afgiftesysteem	Radiatoren	Vloerverwarming
Tapwaterverwarming	Combiketel	Zonneboiler + combiketel
Koudeopwekking	n.v.t.	n.v.t.
Koude afgifte	n.v.t.	n.v.t.

Kostenaspect varianten 1 en 2:

Vrijstaande woning		Variant	
Kosten en investeringen klimaatinstallaties		1	2
Jaarlijkse verbruikskosten bewoner		€ 635	€ 520
Woninggebonden maatregelen	Installatiekosten	€ 8.500	€ 8.500
	Kosten ventilatiesysteem	€ 3.500	€ 3.500
	Kosten vloerverwarming	€ 0	€ 800
	Kosten warmte/koude opwekking	€ 0	€ 3.450
	Totale investeringskosten woninggebonden installatie	€ 12.000	€ 16.250

Energieprestaties		
EPC	0.65	0.45
CO2 uitstootreductie	26%	39%

Voordelen en beperkingen variant 1 (radiator) en 2 (vloerverwarming)

Voordeel Variant 1 (radiator)

Een van de meest efficiënte concepten waar het gaat om CO₂-reductie versus kosten. De balansventilatie met HR-WTW is een effectieve maatregel om CO₂ te reduceren, maar extra aandacht is nodig om geluid- en tochtklachten te voorkomen.

Beperking variant 1:

- De spuivoorziening is noodzakelijk om samen met door de aan te brengen zonwering, te zorgen voor een goed comfortniveau.
- Uit de EPC berekening (zie bijlage 4) blijkt, dat de vereiste waarde van 0,45 niet wordt gehaald.

Voordeel Variant 2 (vloerverwarming)

Een technisch eenvoudig concept met een hoge CO₂-reductie.

De Balansventilatie met HR-WTW is een effectieve maatregel om CO₂ te reduceren, maar extra aandacht is nodig om geluid- en tochtklachten te voorkomen.

Voordeel variant 2:

- Een zorgvuldig ontworpen HR-WTW balansventilatie draagt bij aan een gezond binnenklimaat.
- De toepassing van vloerverwarming bij variant 2 geeft die woning meer toekomstwaarde.
- De vloerverwarming draagt bij aan een gezond binnenmilieu.

Installatietechnische kenmerken

- Type verwarmen/opwarming: in variant 3 wordt uitgegaan van individuele combiwarmtepompen voor elk van de woningen met per woning als bron een bodemwarmtewisselaar. De warmtepomp voorziet in warmte voor het LTV verwarmingssysteem.
- Warmte afgiftesysteem: vloerverwarming LTV.
- Koelen/opwarming, temperatuurniveau: koelen geschiedt door vrije koeling (HTK) met de bodemwarmtewisselaars. De bodem wordt hiermee geregenereerd, zodat er in de winterperiode weer warmte kan worden onttrokken.
- Koude afgiftesysteem: vloerkoeling HTK.
- Ventilatie: HR-WTW (met onderhoudsplan) en spuivoorzieningen in elke ruimte.
- Warmtapwater: in dit concept verzorgt een zonneboiler de tapwaterverwarming. In deze variant zorgt de per woning individuele combiwarmtepomp voor de naverwarming. Het voorraadvat van 170 liter staat garant voor het comfortniveau.

- Gezondheidsbeïnvloeding

Om het kwaliteitsaspect gezondheid op 'passiefhuis' niveau te brengen, worden voor deze variant de volgende extra prestaties verlangd:

- Roosters en kanalen moeten zo zijn ontworpen dat de lichtsnelheid in de leefzone $< 0,1$ m/s bedraagt.
- Het ventilatiesysteem moet zo gedimensioneerd en ontworpen worden dat in de gehele periode tussen twee onderhoudsbeurten toch het vereiste debiet gehaald kan worden, zonder dat geluidhinder optreedt. Daarom overdimensioneren op 130% van bouwbesluit.
- In elk vertrek een te openen raam en/of bovenlicht (spuiventilatie)
- Vanwege de aanwezigheid van luchttoevoerkanalen moet bij de oplevering een onderhoudsplan meegeleverd worden, met daarin reinigingsinstructies van de luchtkanalen, filters en inblaasventielen.
- Om luchtbewegingen door convectie te beperken wordt vloerverwarming toegepast.

- Comfortbeleving

Uitgangspunt bij het kiezen voor vloerkoeling is dat gegarandeerd kan worden dat per jaar de temperatuur niet meer dan 50 uur boven de 25°C komt. Door extra aandacht voor de plaats en ophanging van de ventilatieunit, wordt geluidsoverlast van de installatie vermeden. Het warmtapwatersysteem wordt voor dit concept zo gedimensioneerd dat met een voorraadvat van 170 liter dat minimaal 16 liter water van 40°C per minuut gegarandeerd is, wat voldoende is voor het gelijktijdig gebruik van twee tappunten.

- Energetische kenmerken

De LTV vloerverwarming is comfortabel en in combinatie met de warmtepomp erg efficiënt. In de winter zorgt de HR-WTW voor een energiezuinige toe- en afvoer van ventilatielucht, terwijl in de zomer ramen open kunnen en met 's nacht alleen de afzuiging aan, kan de woning goed afkoelen. De hoge eisen t.a.v. comfort en gezondheid vragen extra aandacht bij het ontwerp en de realisatie van de HR-WTW. Koelen via de vloer zal de woning extra comfortabel maken.

De genoemde installatievarianten zijn op overzichtelijke wijze uitgewerkt in onderstaande tabellen:

	Variant 3
Ventilatiesysteem	HR-WTW
Regeling ventilatie	3-standenschakelaar
Warmteopwekking	Combi-WP bodemwisselaar
Temperatuurniveau	LTV
Afgiftesysteem	Vloerverwarming
Tapwaterverwarming	Zonneboiler + combi-WP
Koudeopwekking	Bodem
Koude afgifte	Vloerkoeling

Kostenaspect variant 3:

Vrijstaande woning	Variant
Kosten en investeringen klimaatinstallaties	3
Jaarlijkse verbruikskosten bewoner	€ 446
Woninggebonden maatregelen	Installatiekosten
	Kosten ventilatiesysteem
	Kosten vloerverwarming
	Kosten warmte/koude opwekking
	Totale investeringskosten woninggebonden installatie
	€ 7.000
	€ 3.000
	€ 2.300
	€ 15.200
	€ 27.500

Voordelen en beperkingen variant 3 (Combiwarmtepomp)

Variant 3 realiseert een hoge CO₂-reductie wat gebeurt met een compleet individueel WP systeem + zonneboiler.

Voordeel:

- Een projectgrootte van 6 woningen is relatief klein voor een collectief systeem. Met variant 3 zou ik daarom voor een individuele oplossing met warmtepompen kiezen, zowel voor ruimteverwarming als warmtapwater.
- De warmtepomp voedt het vloerverwarmingsysteem, welke ter voorkoming van tochtklachten wordt gecombineerd met HR-WTW.
- De toepassing van vloerverwarming en bodemwarmtewisselaars maakt het mogelijk om met een en hetzelfde systeem te verwarmen en te koelen. Vanwege de aanwezigheid van een WTW, gecombineerd met de comforteis om < 50 uur temperatuuroverschrijding te accepteren is een systeem van actief koelen noodzakelijk (koelbehoefte).

Een zorgvuldig ontworpen HR-WTW ventilatie draagt bij aan een gezond binnenklimaat.

De warmwatervoorziening in de vorm van zonneboiler, naverwarming en een voorraad van 170 liter voldoet voor een huishouden van meerdere personen ruim aan het comfortniveau van 16 liter per minuut van 40 °C.

Beperking:

- Een spuivoorziening is noodzakelijk om ook zonder zonwering de comforteis te kunnen halen.

a. Bouwfysische controle

Omdat het een concept met warmtepomp betreft, is het beperken van het warmteverlies van groot belang. Daarom moet grote aandacht worden besteed aan de optimalisatie en realisatie van:

- Rc-waarde gevel en dak
- Qv10-waarde van de gebouwschil
- U-waarde raam (glas+kozijn)

De warmteverliezen door isolatie en luchtdichtheid mogen niet afwijken van de ontwerpwaarden omdat anders het verwarmingsvermogen van de vloerverwarming en de warmtepomp te klein is, dan wel de gewenste CO₂-reductie niet gehaald wordt. Daarom is controle van werktekeningen, van details en controle op de uitvoering op de bouwplaats noodzakelijk.

Aanvullend is het steekproefsgewijs meten van de luchtdichtheid van woningen nodig. Het ontwerp van de installatie heeft geen overcapaciteit.

b. Installatietechnische controle

De warmtepomp haalt zijn hoogste energetisch rendement bij lage temperaturen. Daarom moet de vloerverwarming voor verwarmen op een zo laag mogelijke aanvoertemperatuur worden gekozen. Bij koelbedrijf moet worden voorkomen dat er condensvorming optreedt ten gevolge van te lage aanvoertemperaturen.

Een foutieve uitvoering wordt niet door een overdimensionering opgevangen. Controle op het inregelen en beproeven installatie en regeltechniek waarborgt dat de ontwerpwaarden ook in de praktijk worden gerealiseerd.

c. Consumentenvoorlichting

Omdat het hier om een installatie gaat die trager is en anders bediend moet worden dan een traditionele cv-ketel met radiatoren is voorlichting over gebruik en onderhoud van de warmtepomp, vloerverwarming en HR-WTW aan te bevelen.

d. Risicobeheersing realisatiefase

Isolatiemateriaal moet droog en nauwsluitend worden aangebracht, geen naden. Ingestorte luchtkanalen mogen niet vervormen omdat anders de luchtweerstand verhoogt waardoor de debieten niet meer worden gehaald.

Samenvattend:

Variant 1 (Radiator):

is een efficiënt en redelijk goedkoop concept waar het gaat om CO₂-reductie versus kosten. De Balansventilatie met HR-WTW is een effectieve maatregel om CO₂ te reduceren. Echter de EPC eis van 0,45 wordt niet gehaald. Een nadeel is ook dat de radiatoren en hun leidingwerk veel plaats innemen en esthetisch gezien zijn radiatoren niet mooi.

Variant 2 (Vloerverwarming)

is een technisch eenvoudig maar wel een iets duurder concept dan variant 1 met een hoge CO₂-reductie. De Balansventilatie met HR-WTW is een effectieve maatregel om CO₂ te reduceren. De EPC van 0,45 wordt wel gehaald. Het grote voordeel is de afwezigheid van radiatoren met het daarbij behorende leidingwerk.

Variant 3 Warmteboiler

geeft de grootste CO₂-reductie van de 3 varianten. De toepassing van vloerverwarming en bodemwarmtewisselaars maakt het mogelijk om met een en hetzelfde systeem te verwarmen en te koelen. Echter door de hoge installatiekosten prijst dit systeem voor deze projectgrootte zich uit de markt.

§ 5.8 Conclusie en aanbeveling

- Conclusie

Het is van belang de voordelen en beperkingen van de varianten goed tegen elkaar af te wegen tegen de voorafgaand vastgestelde criteria van de opdrachtgever enerzijds maar die mede bepaald worden door gezondheidsbeïnvloeding, comfortbeleving, en energetische kenmerken. Deze aandachtspunten kunnen vanuit de architect ter overweging aan de opdrachtgever worden aangereikt.

- Aanbeveling

Passend binnen de doelstellingen van het Passiefhuis-concept en kijkend naar het totaal aantal woningen (6) in relatie tot kostenbeheersingsaspecten dan komt variant 2 (vloerverwarming) als meest gunstige optie naar voren. In deze variant is voor een gebalanceerd ventilatiesysteem gekozen, waarmee voldaan kan worden aan de gevraagde capaciteit, de energieprestatie en het gevraagde comfort (geluidsarm, gebruiksvriendelijk en goed te onderhouden). Uit het productaanbod zal een zonneboiler geselecteerd moeten worden die voldoet aan gevraagde capaciteit. Het is van belang dat zowel de gewenste ventilatie als de op enig moment gewenste verwarming separaat door de bewoners geregeld kunnen worden. Er is eigenlijk alleen warmtevraag in de woonkamer/keuken en de badkamer. In alle gevallen is een HR-ketel met een klein vermogen voldoende. Een te grote HR-ketel kan zelfs tot extra verliezen leiden, wanneer niet tot een heel laag vermogen kan worden teruggemoduleerd. Warmtevraag in de slaapvertrekken komt in de praktijk nauwelijks voor.

§ 6.1 Inleiding

Het belangrijkste criterium van de netto energiebehoefte voor verwarming in Passiefhuizen is de bepaling dat het jaarlijks verbruik voor ruimteverwarming maximaal 15 kWh/m² nuttige vloeroppervlakte per jaar mag bedragen. Dit criterium moet voor elk gebouw berekend worden om het certificaat Passiefhuis te kunnen verkrijgen. De berekening en toetsing geschiedt aan de hand van een gestandaardiseerde Passivhaus ProjekterungsPakket (PHPP 2003) berekening (zie bijlage 5). Deze berekeningswijze is conform de Europese Norm EN 832 voor de berekening van energieprestaties van gebouwen.

In dit hoofdstuk wordt beschreven op welke wijze de berekening uitgevoerd dient te worden en welke aandachtspunten daarbij voorkomen. Vervolgens worden een aantal aandachtspunten beschreven die tijdens het onderzoek (en het gebruik van de methode) naar voren kwamen. Daarnaast worden een aantal conclusies aangereikt inzake het gebruik van berekeningsmodellen energiebehoefte verwarming.

§ 6.2 Berekening van de netto energiebehoefte voor verwarming

De Nederlandse norm eist dat ieder gebouw aan de nationale EPC norm voldoet, sinds 2006 gesteld op 0,8. Deze norm zal in de toekomst verder worden aangescherpt, waardoor het aan te bevelen is deze jaarlijks te verifiëren. Uiteindelijk zal de EPC norm in 2020 0 (neutraal) zijn. PHPP stelt het jaarlijks verbruik voor ruimteverwarming. Deze moet lager zijn dan 15 kWh/m² nuttige vloeroppervlakte.

De PHPP berekening voor het jaarlijks verbruik voor ruimteverwarming kent de volgende stappen:

- Stap 1 Kies type gebouw;
- Stap 2 Bereken de transmissieverliezen;
- Stap 3 Bereken de ventilatieverliezen;
- Stap 4 Bereken de warmtewinsten;
- Stap 5 Trek de warmtewinsten af van de warmteverliezen, rekeninghoudend met gelijktijdigheden.

Eindresultaat: het jaarlijks verbruik voor ruimteverwarming. Deze moet lager zijn dan 15 kWh/m² nuttige vloeroppervlakte.

§ 6.3 Visualisatie berekeningsmodel PHPP 2003 netto energiebehoefte verwarming**Stap 1: Beschrijving van de typegebouwen**

De energieprestatieberekening (PHPP 2003) is getoetst op een open bebouwing (OB). Dit houdt in: een vrijstaande woning.

Kies: Open bebouwing (OB) vrijstaande woning

Stap 2 Bereken de transmissieverliezen

Bereken de transmissieverliezen en houdt rekening met de oppervlakten en de isolatiewaarden van de bouwdelen en de typische klimaatfactoren voor Nederland.

Passiefhuis-ProjektPakket

ENERGIEKENGETAL VERWARMING

Klimaat:	Standaard	Binnentemperatuur:	20,0 °C
Object:	passiefhuis 'de Houtzagerij'	Type gebouw/benutting:	vrijstaande woning
Standplaats:	Utrecht	Beschermd oppervlakte A _{ES} :	146,5 m²
Berekening:	Hans Been Architecten	Standaard aantal personen:	4,0 Pers per m²

Bouwdeel	Temperatuurzone	Oppervlakte m²	U-Waarde W/(m²K)	Reductiefactor f _i	G _i kKh/a	kWh/a	Beschermd oppervlakte
1. Buitenwand	A	190,6	0,111	1,00	73,9	1563	
2. Dak	D	107,0	0,108	1,00	73,9	854	
3. Bodem	B	62,5	0,147	0,45	73,9	304	
4.							
5.							
6.							
7.							
8. Venster	A	48,2	1,044	1,00	73,9	3716	
9. Koudebruggen buiten (lengte/m)	A			1,00			
10. Koudebruggen bodem (lengte/m)	B			0,45			
Som van alle hulpoppervlakken		406,3					
Transmissieverliezen Q _T						Som 6437	kWh/(m²a) 43,9

Figuur 26

Stap 3 bereken de ventilatieverliezen

Houdt bij de berekening aandacht voor de eisen voor luchtdichtheid en warmteterugwinning.

Systeem verluchting:	referentie luchtvolume V _L	A _{ES} m²	vrije hoogte m	m²
effektief warmteleveringsrendement van de lucht-lucht warmtewisselaar (LLWW)	η _{LLWW} 87%	146,5	2,50	366,3
Warmteleveringsrendement van de bodem-lucht warmtewisselaar (BLWW)	η _{BLWW} 33%			
	referentie ventilatievoud n _L	n _{L, systeem} 1/h	Φ _{WW}	n _{L, rest} 1/h
	0,252	(1 · 0,92)		0,020
	V _L m³	n _L 1/h	c _{Lucht} Wh/(m³K)	G _i kKh/a
	366	0,041	0,33	73,9
Ventilatieverliezen Q _L				
				kWh/a 369
				kWh/(m²a) 2,5

Figuur 27

De totale warmteverliezen zijn hierdoor bekend:

Som warmteverliezen Q _V	Q _T kWh/a	Q _L kWh/a	Reductiefactor Nacht-/Weekend-verlaging	kWh/a	kWh/(m²a)
	6437	369	1,0	6807	46,5

Figuur 28

Stap 4 Bereken de warmtewinsten

Bereken de warmtewinsten bestaande uit zonnwinsten en interne warmtewinsten. Houdt rekening met de benuttingsfactor.

Oriëntatie van de oppervlakken	Reductiefactor vgl. sheet Venster	g-waarde (loodrechte instr.)	Oppervlakte m ²	Globaalstr. verwarmtijd kWh/(m ² a)	kWh/a	kWh/(m ² a)	
1. oost	0,42	0,50	14,14	298	882		
2. zuid	0,67	0,50	10,68	340	1219		
3. west	0,44	0,50	16,56	154	563		
4. noord	0,43	0,50	6,80	154	227		
5. horizontaal	0,40	0,00	0,00	291	0		
Warmtewinsten zonnestraling Q_S					Som	2890	19,7

kh/d	Periode verw. d/a	specif. verm. q-l W/m ²	A_{EB} m ²	kWh/a	kWh/(m ² a)
0,024	205	4,1	146,5	2949	20,1
Interne Warmtebronnen Q_I					

Gratis warmte Q_F	$Q_S + Q_I =$	5839	39,9
Verhouding gratis warmte/ verliezen	$Q_F / Q_V =$	0,86	
Benuttingsgraad warmtewinsten η_G	$(1 - (Q_F / Q_V)^5) / (1 - (Q_F / Q_V)^6) =$	89%	
Warmtewinsten Q_G	$\eta_G * Q_F =$	5198	35,5

Figuur 29a

Stap 5 Aftrekken van de warmtewinsten op de warmteverliezen

Door de warmtewinsten af te trekken van de warmteverliezen, rekeninghoudend met gelijktijdigheden, krijgt de gebruiker het jaarlijks verbruik voor ruimteverwarming.

Energiekengetal verwarming Q_H	$Q_V - Q_G =$	1609	11
Grenswaarde	15	Criteriaum voldaan?	ja

Figuur 29b

Eindresultaat:

Het resultaat van de berekening, namelijk het jaarlijks verbruik voor ruimteverwarming, moet lager zijn dan 15 kWh/m² nuttige vloeroppervlakte. Indien dit niet het geval is, moeten maatregelen genomen worden zoals isolatiewaarden verhogen, beglazing anders oriënteren, bouwvorm optimaliseren.

§ 6.4 Aandachtspunten bij de PHPP 2003 berekening

Tijdens het gebruik van het berekeningsmodel zijn een aantal aandachtspunten naar voren gekomen waar de gebruiker van het berekeningsmodel rekening mee moet houden:

Houd rekening met correcte berekening van verbruik m²

- Toelichting: Aangezien het verbruik steeds per m² nuttige vloeroppervlakte wordt berekend, is de correcte bepaling van deze oppervlakte belangrijk. Het is de som van alle netto oppervlakten van alle ruimten binnen het beschermd volume, waarbij vides niet worden meegerekend en waarbij trappen telkens voor slechts 1 bouwlaag worden meegeteld. Oppervlakten waarvan de hoogte kleiner is dan 1,5 m mogen ook niet worden meegerekend.

Houd rekening met de 80% standaard temperatuurrendement voor de basisventilatie

- Toelichting: Voor het ventilatieverlies wordt standaard met een temperatuurrendement van 80 % gerekend voor de balansventilatie. Het rendement voor de warmtewisselaar bedraagt standaard 20 %. Het infiltratieverlies van 0,042 h⁻¹ onderstelt dat het criterium voor luchtdichtheid gehaald wordt.

Houd rekening met de raaminbouwdetails. Indien onbekend houd een juiste reductiefactor aan

- Toelichting: Aangezien op basis van de ontwerpplannen de exacte raaminbouwdetails nog niet beschikbaar waren, hebben we standaard gerekend met een reductiefactor van 45 %. In werkelijkheid kan deze waarde gunstiger of minder gunstig zijn.

Bepaal de U-waarden voor de verschillende bouwdelen die verschillend zijn voor ramen, vloeren, dak en deuren.

- Toelichting: U-waarden moeten worden ingevuld voor de verschillende bouwdelen. In de eerste plaats wordt gestart met de grenswaarden en vervolgens worden deze teruggebracht totdat het criterium van 15 kWh/m² gehaald wordt. Hierbij worden volgende prioriteiten gevolgd:
 1. Voor ramen en deuren wordt een U-waarde van 0,8 W/m²K genomen.
 2. Voor de vloer werd gerekend met een U-waarde van 0,131 W/m²K.
 3. Voor het dak en voor de gevels worden U-waarden geselecteerd die met het wandsysteem kunnen gehaald worden. Daarbij wordt in de eerste plaats de U-waarde van het dak verbeterd aangezien het eenvoudiger is om het dak met enkele cm te verhogen dan de gevel met enkele cm te verbreden. Vaak is immers de buitenoppervlakte gelimiteerd waardoor een dikkere muur resulteert in een kleinere binnenoppervlakte.

§ 6.5 Conclusies en aanbevelingen bij de PHPP 2003 berekening

De berekeningsmethode is optimaal bruikbaar als:

- De gestelde randvoorwaarden energiebehoefte verwarming zijn opgevolgd.

Voor alle woningen het moet het criterium voor de energiebehoefte voor verwarming gehaald worden, mits voldaan wordt aan de voorgestelde randvoorwaarden.

Aanbeveling: check de randvoorwaarden voorafgaand aan de berekening.

- De juiste inbouwwijze exact bekend is.

In de voorontwerpfase is het vaak niet mogelijk om de exacte invloed van ramen te berekenen, omdat de juiste inbouwwijze nog niet gekend is. Ook installatieafhankelijke eigenschappen zoals het temperatuurrendement van de balansventilatie kunnen het eindresultaat sterk beïnvloeden, maar zijn in de voorontwerpfase nog niet altijd bekend.

Aanbeveling: wees bij deze keuzes niet te optimistisch omdat het temperatuurrendement van de balansventilatie het eindresultaat zal beïnvloeden.

- Flexibele inpassing van wandsamenstellingen mogelijk is

Afhankelijk van typologie, oriëntatie, bouwvorm, etc. zullen misschien andere wandsamenstellingen nodig zijn om aan de eis te voldoen.

Aanbeveling: check de mogelijkheid op een ruim aanbod in het wandsysteem zodat in de functie van de behoefte alsnog een geschikte keuze gemaakt kan worden die de gestelde norm doet behalen.

Hoofdstuk 7 Onderzoekservaringen en -resultaten EPC en PHPP 2003 berekenningsmodellen

§ 7.1 Inleiding

Gedurende het onderzoek naar de mogelijkheden van het Passiefhuis-concept is gebruik gemaakt van twee rekenmodellen om de energiezuinigheid te berekenen. Dit zijn de volgende rekenmodellen:

De EPC methode uit Nederland en de PHPP 2003 methode uit Duitsland. De EPC is wetgevend, de PHPP 2003 is nodig om een Passiefhuis-certificaat te halen. Beide rekenmethodes worden in dit hoofdstuk vergeleken. Vervolgens zijn enkele aanbevelingen gedaan en conclusies getrokken.

§ 7.2 Onderzoek naar toepassingsovereenkomsten en -verschillen van EPC en PHPP 2003 berekenningsmodellen

Tijdens het onderzoek is gemeten met beide rekenmodellen. In Nederland moeten nieuwbouwwoningen voldoen aan de EPC-eis. Deze is nu 0,8. De opdrachtnemer, Hans Been Architecten, wil met het Passiefhuis- concept in Otterlo uitkomen op een EPC van +/-0,45.

Om de verschillen en overeenkomsten van beide rekenmodellen zo duidelijk mogelijk te kunnen beschrijven zijn tijdens het onderzoek twee bureaus geraadpleegd voor expertise; 'Bureau Nieman' te Utrecht en de stichting 'Passiefhuis Nederland', gevestigd in Sliedrecht.

Onderzoeksvraag aan de beide bureaus is de beide rekenmodellen toe te passen en de overeenkomsten en verschillen gezamenlijk waar te (leren) nemen en te (leren) interpreteren.

De basis van beide rekenmodellen is gelijk. Er wordt een warmteverliesberekening gemaakt om het energieverbruik voor ruimteverwarming te bepalen. Het overig energiegebruik, namelijk voor warmtapwater, ventilatie, koeling, verlichting en hulpenergie werd berekend op basis van de gebouw- en installatie kenmerken en een aantal aannames over het gebruikersgedrag.

§ 7.3 Deelonderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik ruimteverwarming

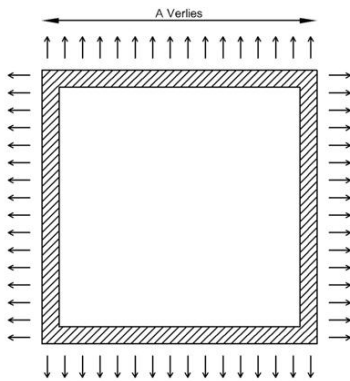
Algemene bevinding: Het energiegebruik voor ruimteverwarming wordt systematisch lager ingeschat in de EPC dan in de PHPP 2003. De hoeveelheid gevraagde energie voor ruimteverwarming wordt in beide modellen berekend aan de hand van een warmteverliesberekening, oftewel een optelsom van transmissieverliezen, ventilatieverliezen en de met de benuttingsfactor voor warmtewinsten vermenigvuldigde zonnwinsten en interne winsten.

Transmissieverliezen

- Bevinding: Transmissieverliezen worden in de EPC lager ingeschat dan in het PHPP 2003-rekenmodel.
- Oorzaak 1: het verschil heeft in de eerste plaats te maken met het feit dat het er andere uitgangspunten worden gebruikt voor de binnentemperatuur, welke aan de basis ligt van een warmteverliesberekening.
- Verklaring/gevolg: De berekende warmteverliezen, dit zijn niet alleen de transmissieverliezen maar ook de ventilatieverliezen worden ca. 10% lager geschat in de EPC als in de PHPP 2003. In de PHPP 2003 wordt een etmaalgemiddelde binnentemperatuur van 20°C gehanteerd terwijl dit in de EPC-berekening slechts 18°C is. In een goed geïsoleerd Passiefhuis met balansventilatie en warmteterugwinning komt de nachtverlaging nagenoeg niet voor en wordt er dus van een hoger comfortniveau uitgegaan. Het is een relevante vraag of in

de huidige nieuwbouwstandaard met een EPC=0.8 waar veelal balansventilatie met warmteterugwinning wordt toegepast, een etmaal gemiddelde temperatuur van 18°C nog wel een correcte weergave is van de werkelijkheid.

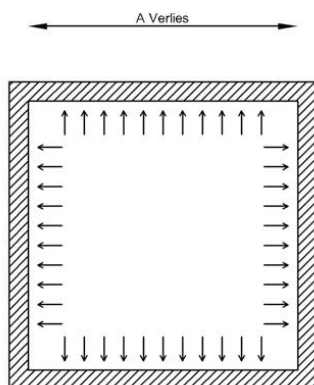
- Oorzaak 2: In de Nederlandse norm wordt netto transmissieoppervlaktes gebruikt en het Duitse model het bruto transmissieoppervlaktes.
- Verklaring/gevolg: Strikt genomen worden de transmissieverliezen dus in de PHPP 2003 overschat, t.a.v. koudebruggen is dan ook een iets andere benadering noodzakelijk. De lineaire warmtedoorgangscoefficiënt (ψ -waarde), te berekenen aan de hand van een tweedimensionaal koudebrugprogramma, dient omgerekend te worden naar de equivalente ψ -waarde voor buitenmaten. Door de lichte overschatting hoeven de koudebruggen met een ψ -waarde voor buitenmaten kleiner dan 0,01 in de Duitse berekening niet worden meegerekend. Aan het zogenaamde koudebrugvrij bouwen, typisch voor de Passiefhuis- concept, stelt men de voorwaarde dat de ψ -waarde voor buitenmaten van de koudebruggen kleiner is dan 0,01. Op deze manier wordt het rekenen sterk vereenvoudigd, zonder dat het effect van de koudebruggen verwaarloosd wordt (zie onderstaand figuur 30).



Figuur 30: Transmissieverlies volgens PHPP 2003 (bron: Stichting 'Passiefhuis Nederland')

De Nederlandse norm gebruikt de lineaire warmtedoorgangscoefficiënt voor binnenmaten bij de berekening van het effect van koudebruggen. Hiervoor mogen forfaitaire waarden gebruikt worden die opgesomd staan in de norm.

- Conclusie: In de Nederlandse methode kan de invloed van de koudebruggen op een nog eenvoudigere manier in rekening gebracht worden door een toeslag op de U-waarde van daken en gevels van 0.1 W/m²K te berekenen. Enkel voor de begane grondvloer dient dan nog een koudebrugberekening gemaakt te worden. Deze laatste methode maakt het berekenen van koudebruggen eenvoudiger. De praktijk leert dat er zo systematisch een iets positiever beeld van de werkelijkheid wordt gegeven en dat de transmissieverliezen door koudebruggen lager worden ingeschat (zie onderstaand figuur 31).



Figuur 31: Transmissieverlies volgens de EPC (bron: Stichting 'Passiefhuis Nederland')

Ventilatie- en infiltratieverliezen

Bij de ventilatieverliezen is een onderscheid gemaakt tussen de gewilde ventilatieverliezen¹⁰, en de ongewilde ventilatieverliezen of infiltratieverliezen¹¹.

- Bevinding 1: zowel de ventilatieverliezen als de infiltratieverliezen worden in de EPC hoger ingeschat dan in de PHPP 2003.
- Bevinding 2: de om gezondheidsredenen noodzakelijke luchtwisseling wordt in beide modellen op een gelijkaardige manier benaderd.
- Bevinding 3: de verschillen in de resultaten van de berekende warmteverliezen zijn behoorlijk. Dit heeft te maken met de verschillen in de gehanteerde ontwerptemperaturen. In het Nederlandse EPC model zijn de gehanteerde gemiddelde ventilatievouden immers twee keer hoger dan in het Duitse rekenmodel. Dit heeft te maken met andere aanname t.a.v. de bezettingsgraad. Het gemiddelde ventilatievoud waar het Duitse model van uitgaat is 0.4 h-1, terwijl het Nederlandse EPC model een ventilatievoud van 0.6 h-1 toepast.
- Verklaring/ gevolg: uitgaande van een noodzakelijke hoeveelheid lucht per persoon van ongeveer 25m³/h of 30 m³/h per persoon wordt een gemiddeld ventilatievoud per jaar berekend, waaruit de warmteverliezen t.b.v. ventilatie volgen.

Ook de infiltratieverliezen worden in het Nederlandse EPC model hoger ingeschat. Belangrijkste oorzaak hiervan is het stellen van een grens aan de aanbevolen minimale luchtdoorlatendheid van de schil van een gebouw in de Nederlandse norm. Het stellen van deze limiet wordt onderbouwd als volgt: *'In verband met het functioneren van genoemde ventilatiesystemen, alsmede ook om, bij afwezigheid van bewoners, geen onaanvaardbare situatie te laten ontstaan is het gewenst dat een bepaalde minimale luchtdoorlatendheid niet wordt onderschreden (zie NEN 2687 Eisen aan de luchtdoorlatendheid van gebouwen).'*

Dit wil zeggen dat in Nederland woningen met een luchtlek worden gebouwd.

- Conclusie: De in de EPC berekende ventilatieverliezen zijn aanzienlijk hoger dan de in de PHPP 2003 berekende ventilatieverliezen.
Wanneer warmteterugwinning wordt toegepast op de ventilatielucht (want dan wordt het grootste deel van deze verliezen teruggewonnen) en is de totale invloed op de resultaten in het EPC rekenmodel klein. In de praktijk is het zo dat vaak niet de minimale luchtdoorlatendheid maar de in het bouwbesluit maximale toegelaten luchtdoorlatendheid ($q_{v,10}$ 200dm³/s per 500m³) wordt gerealiseerd. Praktijkmetingen hebben daartegen aangetoond dat de werkelijke luchtdoorlatendheid van nieuwbouwwoningen zich vaak ver boven deze maximale toegelaten waarde bevinden.
- Conclusie: Infiltratieverliezen worden dus noch in theorie, noch in de praktijk tot het technisch mogelijk minimum beperkt. Hier ligt dus een grote kans voor daadwerkelijke energiebesparing in de gebouwde omgeving.

Zonnewarmtewinsten

- Bevinding 1: Passieve zonnewarmtewinsten worden hoger ingeschat in het Nederlandse EPC model dan in de PHPP 2003.
- Oorzaak/gevolg 1: In de EPC worden vereenvoudigde methodes gebruikt die de invloed van zonwering en beschaduwing meerekenen. Hier komt een conservatieve waarde uit voor de zonwering- en beschaduwingsfactoren, waardoor de uitkomst van de zonnwinsten hoger uitvalt dan wanneer de

¹⁰ warmteverliezen als gevolg van de noodzakelijke luchtwisseling ten behoeve van de kwaliteit van het binnenmilieu

¹¹ de ventilatieverliezen als gevolg van infiltratie van lucht door kieren en naden

beschaduwingfactoren nauwkeurig worden uitgerekend en het effect van (regelbare) zonwering volledig meegenomen wordt, zoals in het PHPP 2003 rekenmodel wel kan worden gedaan.

- Oorzaak/gevolg 2: Daarbij gaat de EPC voor de bepaling van de glasoppervlakte uit van het raamoppervlakte vermenigvuldigd met een reductiefactor van 0.75. Tenslotte worden in de EPC voor de zontoetredingsfactor (ZTA-waarde) van het glas ook standaardwaarden gebruikt uit een tabel (0.6 voor warmtereflecterend, niet-zonwerend dubbelglas). De invloed van het niet-loodrecht zijn van de straling zit reeds ingebouwd in deze standaardwaarde. Ook dit is een overschatting, HR++ glas met U-waarde van 1,2 heeft bijvoorbeeld een ZTA-waarde van 0.6, die omwille van de niet loodrechte inval van de straling dient vermenigvuldigd te worden met een reductiefactor van 0.85, waardoor 0.51 een correctere weergave is van de zontoetreding door het glas. De PHPP 2003-methode gebruikt deze nauwkeurige benadering.
- Conclusie: geschatte zonnewinsten vallen hoger uit in de EPC dan in de PHPP 2003 methode.

Interne warmtewinsten

Voor de interne warmtewinsten in woningen wordt van een forfaitaire waarde uitgegaan in beide reken modellen.

- Bevinding 1: De EPC rekent met interne winsten van 6 W/m²,
- Bevinding 2: De PHPP 2003 rekent met 2,1 W/m².
- Oorzaak/gevolg: De PHPP 2003 rekent bijna een factor 3 hoger. De PHPP 2003 heeft een optionele module waarbij de interne warmtewinsten nauwkeuriger worden uitgerekend op basis van het aantal personen, de aanwezige verlichting en huishoudtoestellen.
- Conclusie: Vanwege het grote verschil is het de meetwaarde dichtst bij de werkelijkheid betrekkelijk.

§ 7.4 Samenvatting vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik ruimteverwarming

Na analyse van de bevindingen, oorzaken en gevolgen en de deelconclusies mag geconcludeerd worden dat de veel hoger geschatte zonne- en interne winsten, maar ook door de lager ingeschatte transmissieverliezen, de totale energievraag voor ruimteverwarming aanzienlijk lager zal zijn in de EPC dan in PHPP 2003.

Deze lage inschatting is niet zonder gevolgen voor de implementatie van het Passiefhuis-concept. In de Nederlandse norm ontstaat immers de indruk dat het plafond reeds bereikt is t.a.v. de inspanningen gericht op de reductie van energieverbruik voor ruimteverwarming.

Door de lage inschatting van het energieverbruik voor ruimteverwarming, terwijl alle andere deelverbruiken hoger worden ingeschat, worden specifieke passieve ontwerpinspanningen gericht op het reduceren van de ruimteverwarmingvraag relatief minder beloond in de EPC. Als we hierbij aan de Passiefhuis- concept maatregelen denken zoals verregaande schilisolatie en kierdichting. Het laatste wordt zelfs niet eens gewaardeerd vanaf een kierdichting lager dan een minimum ingestelde waarde.

Nu volgen de resultaten vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik voor koeling.

§ 7.5 Deelonderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik voor koeling

§ 7.5.1 Toelichting

Nieuw in de Nederlandse norm (vanaf versie 2.0) is dat het energiegebruik voor de realisatie van zomercomfort wordt meegerekend. Reden hiervoor is dat indien een woning in de zomermaanden niet comfortabel blijkt, de bewoners vroeg of laat toch tot de aanschaf van koelapparatuur overgaan. Hierdoor is de realisatie van zomercomfort dus medebepalend voor de energieprestatie van de woning. Om het energiegebruik voor de realisatie van zomercomfort te bepalen, wordt uit de overtollige warmte een virtueel energiegebruik voor koeling berekend. De overtollige warmte is het niet-benutte deel van de warmtewinst door zoninstraling en interne warmteproductie vanaf het moment dat de ruimtetemperatuur hoger is dan 24°C. De benutte warmtewinst is dat deel dat wegvloeit in ventilatie- en transmissieverliezen. Met deze methode stimuleert men via de regelgeving maatregelen in de ontwerpfase die oververhitting tegengaan, zoals effectieve raamoriëntatie, buitenzonwering, overstekken, gebouwmassa en het voorzien in een 100 % bypass bij warmteterugwinning.

Het installeren van een energie-efficiënt koelapparaat is een middel om het virtueel energiegebruik voor koeling te verlagen. Op deze manier bevordert de EPC ook de uitrusting van nieuwbouwwoningen met energie-efficiënte koelapparatuur (Bron: Senternovem; EPC). Woningen die gericht zijn op het beperken van de transmissie- en infiltratieverliezen, zoals passiefhuizen hebben een hoger aandeel niet-benutte warmtewinsten in de zomer en dus een hoger virtueel energiegebruik voor koeling.

§ 7.5.2 Resultaten vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik voor koeling

- Bevinding 1: In vergelijking met het ook in dit opzicht nauwkeurigere PHPP 2003 rekenmodel schat de EPC de warmtewinsten hoog in en rekent de invloed van passieve maatregelen om oververhitting te voorkomen zoals zonwering en beschaduwing slechts beperkt mee.
- Bevinding 2: De mogelijkheid tot natuurlijke spuiventilatie is in de EPC niet meegenomen als optie om de koellast te verminderen.
- Oorzaak/gevolg 1: Het berekende virtueel energiegebruik voor koeling is hoger dan de werkelijkheid.
- Oorzaak/gevolg 2: Passiefhuizen hebben, net als alle andere woningen gericht op goed isoleren en een goede kierdichting, een relatief slechte EPC-waarde ondanks hun uitstekende energieprestatie.

Het Passiefhuis- concept is erop gericht om actieve koeling zoveel mogelijk te vermijden. In de EPC wordt energie-efficiënte koeling beloond. Het basisprincipe van het Passiefhuis- concept is een comfortabele woning in de winter en in de zomer. Het aspect zomercomfort wordt geëvalueerd in het PHPP 2003-model aan de hand van een temperatuur- overschrijdingsberekening. De invloed van passieve ontwerpmaatregelen zoals zorgvuldige oriëntatie van de openingen, vaste of regelbare buitenzonwering, overstekken, eventueel thermische massa, een passieve bodemwarmtewisselaar, wordt hierin nauwkeurig gewogen om een zo goed mogelijk beeld te hebben van het gedrag van de passieve woning in de zomersituatie. Ook het belang van natuurlijke spuiventilatie, en daarmee ook het belang van het handelen van de bewoners, wordt meegenomen in het rekenmodel. Het comfortaspect is in duizenden Passiefhuizen die tot nu toe gebouwd zijn in Duitsland, Oostenrijk, Zwitserland en Zweden overvloedig geëvalueerd. De woningen worden zowel in de zomer als in de winter als zeer comfortabel ervaren en de temperatuuroverschrijdingsuren in de zomer komen overeen met de berekende waarden in het PHPP 2003-model.

- Aanbeveling/conclusie: Men moet uitgaan van bewust bewonersgedrag, net zoals bewoners in oude huizen het raam openzetten als ze behoefte hebben aan frisse lucht en zonwering gebruiken om de zonnewarmte buiten te houden. Het inzetten van veel techniek, waarbij alles automatisch wordt geregeld en de bewoner niet meer hoeft in te grijpen, stoelt onder andere op de redenering dat de bewoner niet geacht wordt in staat te zijn om zijn woning op een manier te gebruiken anders dan het aan- en uitzetten van het knopje koelen of verwarmen of ventileren. Het is dan ook van groot belang dat de bewoner altijd goed moet worden voorgelicht over de mogelijkheden om de kwaliteit van het binnenmilieu in de zomer te regelen door het gebruik van passieve maatregelen zoals het gebruik van zonwering en spuiventilatie.
- Aanbeveling/conclusie: Een praktisch instructieboekje zoals ook bij de aankoop van een auto wordt geleverd, is dan ook een belangrijke voorwaarde om de juiste toepassing te kunnen bereiken.
- Aanbeveling/conclusie: De ruim ingeschatte noodzaak tot koeling, is absoluut niet in het voordeel van het Passiefhuis- concept. Net als bij andere woningen kunnen maatregelen worden genomen tegen oververhitting, maar het blijkt in de EPC moeilijk te zijn om de hoge schatting van het niet-benutte deel van de warmtewinsten te compenseren met passieve bouwkundige maatregelen, zeker als het effect niet (volledig) wordt meegerekend zoals gebeurt bij zonwering en spuiventilatie in de PHPP.

§ 7.6 Samenvatting vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik voor koeling

Na analyse van de bevindingen, oorzaken en gevolgen en de deelconclusies mag geconcludeerd worden dat het gebruik van Passiefhuis-concept erop gericht moet zijn om actieve koeling zoveel mogelijk te vermijden. Het basisprincipe van het Passiefhuis- concept is immers een comfortabele woning in de winter en in de zomer. De invloed van passieve ontwerpmaatregelen zoals zorgvuldige oriëntatie van de openingen, vaste of regelbare buitenzonwering, overstekken, eventueel thermische massa, een passieve bodemwarmtewisselaar, moet nauwkeurig gewogen worden om een zo goed mogelijk beeld te hebben van het gedrag van de passieve woning in de zomersituatie. Ook het belang van natuurlijke spuiventilatie, en daarmee ook het belang van het handelen van de (toekomstige) bewoners moet worden meegenomen in de interpretatie van gegevens.

Nu volgen de resultaten vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 inzake energiegebruik voor tapwater.

§ 7.7 Vergelijkend onderzoek berekeningsmethode EPC versus PHPP 2003 Energiegebruik inzake tapwater

- Bevinding 1: De rekenwaarde voor de dagelijkse tapwatervraag wordt in de EPC gebaseerd op het aantal tappunten in de woning (methode a: $n \text{ aanrecht} \cdot 0.176 \cdot Ag + n \text{ badruimte} \cdot 0.704 \cdot Ag$) of het gebruiksoppervlak van de woning (methode b: $8.8l \cdot Ag$).
- Bevinding 2: Het PHPP 2003 model gaat uit van het aantal personen en een bepaalde hoeveelheid warmwater per persoon (25l/pers. dag).
- Gevolg 1: Bij een normale bezetting voor de woning, wordt op deze manier de jaarlijkse energievraag voor tapwater beduidend hoger ingeschat in de Nederlandse EPC.
- Gevolg 2: In het PHPP 2003-model wordt het opwekkingsrendement meer nauwkeurig uitgerekend op basis van de door de fabrikant aangegeven rendementen en dimensionering van de installatie. Om ook het leidingrendement te berekenen werkt de Nederlandse norm in de meeste gevallen met forfaitaire leidinglengtes onafhankelijk van het type woning en woningontwerp, hoewel het ook mogelijk is om de werkelijke leidinglengte in te voeren. Door het rekenen met forfaitaire waarden, komt de reductie van de leidinglengte niet meer in beeld als relevant ontwerp item.

- Bevinding 3: Het PHPP 2003 model berekent nauwkeurig het leidingrendement. Wat het totale systeemrendement van de warm tapwaterinstallatie betreft, blijkt dat bij een goed ontworpen installatie de rekenwaarde voor het rendement in de PHPP 2003 hoger is.
- Oorzaak/Gevolg: Voor het eindenergieverbruik voor warm tapwater in de Nederlandse EPC wordt een hogere waarde gehanteerd dan in het PHPP 2003 model.
- Conclusie: Besparingen op het energieverbruik voor warm tapwater scoren hoger in de EPC dan in de werkelijkheid gebleken.

§ 7.7.1 Verschillen EPC en PHPP 2003

- In de EPC worden gemakkelijker punten gescoord door in te zetten op energie-efficiënte installaties. Maar om noemenswaardige winst te halen uit het installatietechnische deel moet wel voldoende energie verbruikt worden en dat is niet het geval in een Passiefhuis dat juist gericht is op vraagreductie.
- Omdat bouwkundige maatregelen op basis van het EPC-rekenmethodiek minder rendabel zijn bij het halen van een betere EPC-waarde, worden ze ondanks hun langere levensduur (30, 50 of 100 jaar) niet beloont.

§ 7.8 Grafische visualisatie vergelijking EPC versus PHPP 2003

Beide rekenprogramma's worden in deze paragraaf per onderdeel naast elkaar gelegd. De verschillen worden toegelicht aan de hand van zie onderstaand figuur 32.



Figuur 32: Verschil PHPP 2003 en EPC berekening

§ 7.9 Eindconclusie EPC versus PHPP 2003

Onderstaand worden de belangrijkste conclusies uit het vergelijkend onderzoek berekeningsmodellen EPC en PHPP 2003 samengevat. Het is van belang, met name bij het toepassen van de beide berekeningsmodellen, om kennis te hebben genomen van de intenties van beide instrumenten, de overeenkomsten, de verschillen en conclusies om tijdens de berekeningsprocessen zo dicht mogelijk de criteria van de wetgeving en de certificering te kunnen benaderen.

§ 7.9.1 Appels en Peren: rekenmodellen kennen fundamentele verschillen

De achtergrond van beide rekenmodellen toont een fundamenteel verschil: de EPC is een beleidsinstrument en de PHPP 2003 is een ontwerpinstrument. Daar waar de EPC voor elk gebouw toepasbaar moet zijn, is de PHPP 2003 bedoeld als specifiek hulpmiddel bij het ontwerp van gebouwen volgens het Passiefhuis- concept. Dit

beïnvloedt de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan het rekenmodel en stelt andere eisen aan de nauwkeurigheid en eenvoud van de berekening. Het EPN rekenprogramma wordt overigens gebruikt tijdens het ontwerp van gebouwen en worden er specifieke bouwkundige en installatiemaatregelen getroffen ter optimalisatie van de EPC-waarde voor certificering.

§ 7.9.2 EPC rekenmodel is beleidsinstrument en wordt ingezet als ontwerpinstrument

In de Nederlandse praktijk wordt het EPC rekenprogramma min of meer als ontwerpinstrument beschouwd. Meestal worden hierbij de minimaal noodzakelijke maatregelen getroffen om de EPC-norm te halen. De basis van beide rekenmodellen is gelijk.

§ 7.9.3 EPC rekenmodel meest geschikt voor korte termijn beleidsplanning

De huidige Nederlandse regelgeving stimuleert vooral de energiebesparende installatietechnische korte termijn maatregelen. Door innovatieve bouwcomponenten, producten en diensten te ontwikkelen en toe te passen in de Nederlandse bouwcultuur en door de (ook elders beschikbare) kennis verder uit te dragen kunnen duurzame energie-efficiënte woningen en gebouwen ontstaan met een zeer hoge kwaliteit en een lange levensduur

§ 7.9.4 EPC berekening alleen goed toepasbaar bij toevoeging van waarden

Om de EPC berekening breed toepasbaar te maken moeten er een aantal toegevingen worden gedaan. Er moeten bijvoorbeeld forfaitaire waarden ingevoerd. Dit heeft tot gevolg dat bepaalde specifieke concepten misschien niet zo goed in het model passen. Door terug te vallen op de Nederlandse norm die aan de basis van het rekenmodel ligt, kunnen de prestaties die het Passiefhuis- concept levert ongetwijfeld zorgvuldiger in beeld gebracht worden en 'vertaald' worden naar de EPC-systematiek door middel van nauwkeurige berekeningen en worden ondersteund door kwaliteitsverklaringen. Dit vergt echter meer specialistische kennis t.a.v. de bepalingmethode, kennis die vaak meer aanwezig is bij specialisten die gericht zijn op het optimaliseren van installatieconcepten en minder op de mensen wiens blik gericht is op ontwerptechnische en bouwkundige maatregelen. zorgvuldige inregeling en regelmatige controle, zijn onderhoudsintensief en leveren niet altijd de beloofde prestatie. Daarbij vereist de installatie vaak extra bouwkundige maatregelen.

Hoofdstuk 8 Nut en noodzaak instrument GPR gebouw bij de ontwikkeling van het Passiefhuis

§ 8.1 Inleiding

Tijdens het onderzoek is gekeken of de methodiek, als resultaat van het onderzoek, aangescherpt kon worden door het gebruik van het instrument GPR gebouw. GPR staat voor Gemeentelijke Praktijk Richtlijn. Gemeenten kiezen voor GPR Gebouw, omdat blijkt dat de prestatiegerichte werkwijze voor hen succesvol werkt. Beter dan werken met verplichte lijstjes van maatregelen. Het structureert het overleg en biedt een goed toetsings- en evaluatiekader. Architecten krijgen veel te maken met gemeenten die duurzaam bouwen als ambitie opleggen. Doordat met GPR Gebouw de eindprestatie wordt vastgelegd, blijft de architect vrij in de maatregelen die hij toepast om aan deze ambities te voldoen. Hierdoor ontstaat de ruimte om de Passiefhuis criteria toe te passen.

Het uitgewerkte ontwerp, die in dit onderzoek beschreven staat, is getoetst op duurzaamheid aan de hand van de methode GPR gebouw.

GPR Gebouw is een communicatie- en prestatie-instrument dat op verschillende niveaus binnen een organisatie gebruikt worden om strategische ambities te formuleren en te toetsen ten aanzien van duurzaam bouwen. De beoordelingsmethode is ontwikkeld in 2004 en wordt op de markt gebracht door W/E Adviseurs te Utrecht in samenwerking met mede-eigenaar, de gemeente Tilburg. GPR Gebouw is ontstaan uit de Gemeentelijke Praktijkrichtlijn duurzaam bouwen zoals die door de gemeente Tilburg in 1996 is opgesteld.

GPR Gebouw is onder licentie te verkrijgen in de varianten nieuwbouw (woongebouwen, onderwijsgebouwen en kantoorgebouwen), bestaande bouw (prototype), en bedrijfsgebouwen (nieuwbouw).

§ 8.2 Meerwaarde van GPR gebouw bij Passiefhuis-concept

Met het instrument GPR Gebouw zijn door o.a. de architect ambities te formuleren en te toetsen voor de volgende aspecten:

- Energie
- Materialen
- Afval
- Water
- Gezondheid
- Woonkwaliteit (alleen bij woningbouw)

De maatregelen zijn deels gekoppeld aan de Nationale Pakketten duurzaam bouwen en de Groene Financiering. Daarnaast heeft de woningbouwmodule relatie met Woonkeur en Politiekeurmerk.

§ 8.3 Werkwijze van GPR gebouw

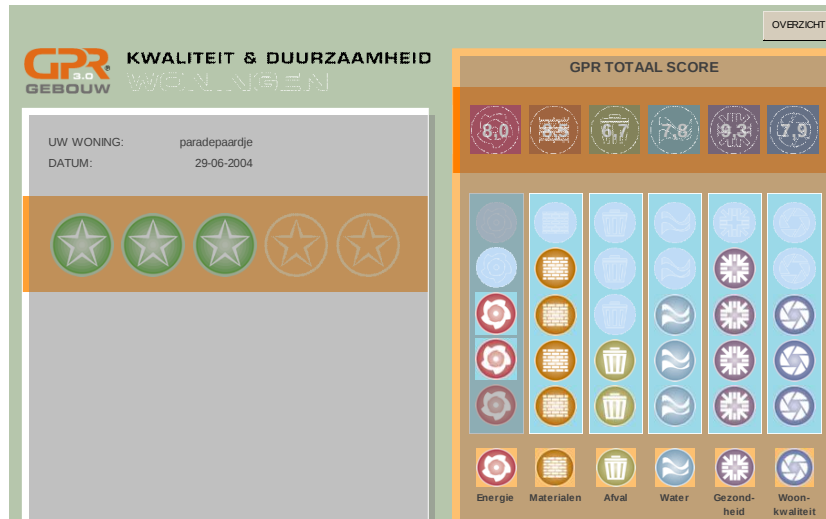
Op gebouwniveau wordt het programma gebruikt om duurzame bouwprojecten te realiseren. GPR Gebouw is geschikt voor:

- prestatieafspraken in de initiatieffase
- optimalisatie tijdens het ontwerpproces
- plantoetsing in de realisatie

Architecten en ontwikkelaars gebruiken het instrument om met hun opdrachtgever of de gemeente over de kwaliteit en duurzaamheid van hun gebouwen te communiceren. De prestaties worden uitgedrukt in rapportcijfers.

§ 8.4 Visualisatie uitwerking van GPR gebouw

Onderstaande figuren tonen het resultaat van een voorbeeld GPR berekening. Voor de totale berekening van het beschreven project zie bijlage 6.



Figuren 44 visualisatie resultaat rapportage GPR gebouw

§ 8.5 Toepassingservaring GPR gebouw in context tot het Passiefhuis-concept

Tijdens het gebruik van GPR gebouw, bedoeld als toets op maximale duurzaamheid rond het Passiefhuis-concept, is gebruik gemaakt van gegevens uit het bouwbesluit 2003. Bij het onderzoek naar maximale duurzaamheid kwam de score voor de het plan in Otterlo op een gemiddelde score van 8 uit. Het streven naar maximale duurzaamheid wordt vertaald in een score van 10. Als resultaat levert het systeem een score in de vorm van een aantal sterren (maximaal 5); hoe meer sterren, hoe duurzamer het gebouw.

§ 8.6 Conclusies GPR gebouw in context tot het Passiefhuis-concept

Met behulp van GPR gebouw heeft de onderzoeker kunnen concluderen dat ik ruimschoots aan de gestelde eis van gemiddeld een 7 voldoet. Als ervaring is opgedaan, dat een beperking aan het instrument GPR Gebouw de eindscoreopbouw is. Deze wordt bepaald door maatregelen te stapelen. Positieve en negatieve effecten als gevolg van combinaties van maatregelen en mogelijke tegenstrijdigheden met andere belangen hebben geen effect op de score. Onderscheid op items en de onderlinge beïnvloeding is moeilijk op te maken.

Een ander (groot) nadeel is de beperking tot het gebruik bij monodisciplinaire gebouwen. Helaas is het vooralsnog onmogelijk om multifunctionele gebouwen door te rekenen in het programma. Wellicht dat dit in de nieuwe versie van najaar 2008 wordt meegenomen.

§ 9.1 Inleiding

Tijdens de realisatiefase van de woning, een taak van een opdrachtnemende partij, is het van belang bepaalde details in de bouw en met name in de afwerking rond warmte- en energiezuinige maatregelen van het Passiefhuis-concept te kennen en toe te passen.

De opdrachtgevende partij heeft in deze fase een sturende en controlerende functie. Het is echter van belang dat beide partijen de noodzaak van een juiste uitvoering van de details kennen, en deze kundig vanuit hun eigen vakgebied verantwoord kunnen toepassen.

§ 9.1.1 Uitwerking concept aansluitingsdetails

Om te komen tot warmte en energiezuinige maatregelen zijn een aantal aansluitingsdetails conceptueel uitgewerkt.

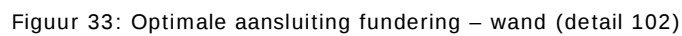
Deze 7 details zijn:

- 1) goede aansluiting tussen fundering en wand
- 2) goede aansluiting fundering – deur
- 3) een horizontale doorsnede buitenhoek
- 4) een horizontale snede raamaansluiting
- 5) een verticale snede raamaansluiting
- 6) goede aansluiting nok
- 7) goede aansluiting wand – dak

§ 9.1.2 Uitwerking detail 1: goede aansluiting tussen fundering en wand

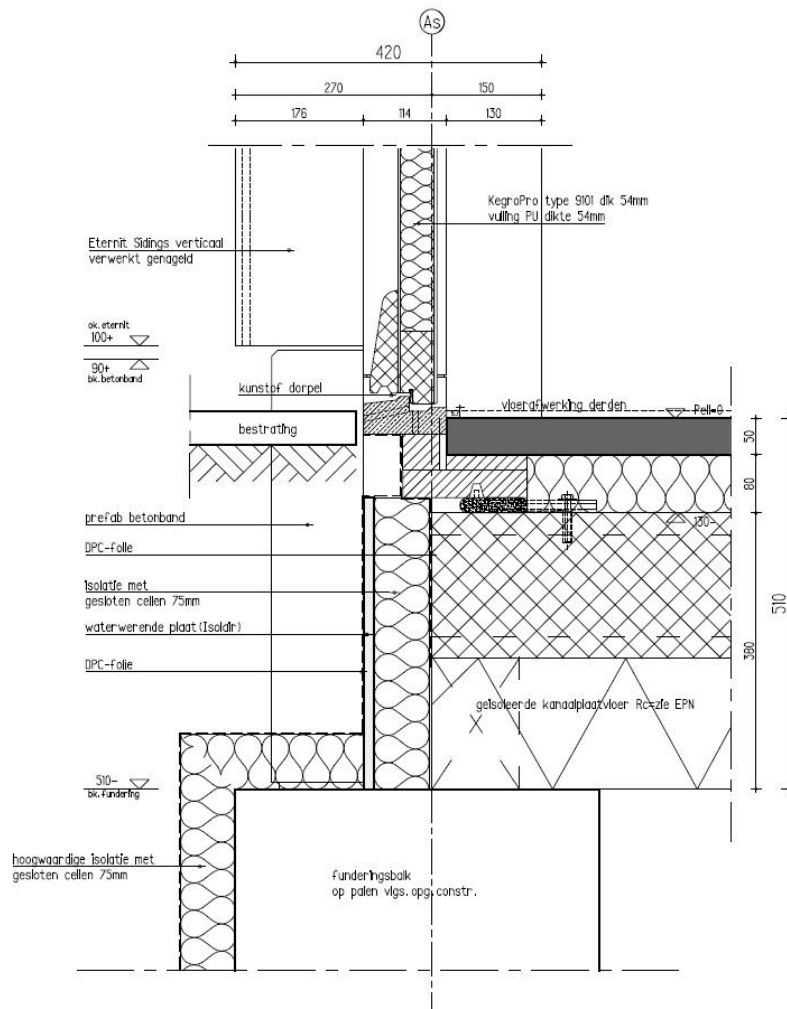
Als de schil goed geïsoleerd is, worden gevelopeningen en aansluitingen de zwakke plekken. De warmtestroom (en het warmteverlies vanwege minder geïsoleerde delen) zal groter worden naarmate de isolatiewaarde van de geïsoleerde delen hoger wordt.

Bij goed en nauwkeurig uitgevoerde details zal de warmtestroom dus kleiner worden. Onder de details staan een aantal kenmerken om het detail te verduidelijken.



- Funderingsbalk volgens opgave constructeur.
- De hoogte van het cellenbeton is in functie met de vloerdikte.
- De prefab HSB-wand wordt via hoeklijnen bevestigd aan het binnenblad zo ook de prefab betonband.
- De spouwmuur onder het maaiveld wordt beschermd met een waterkering en liefst volledig gedicht met een thermisch isolerend hydrofoob materiaal.

Aansluiting fundering – deur

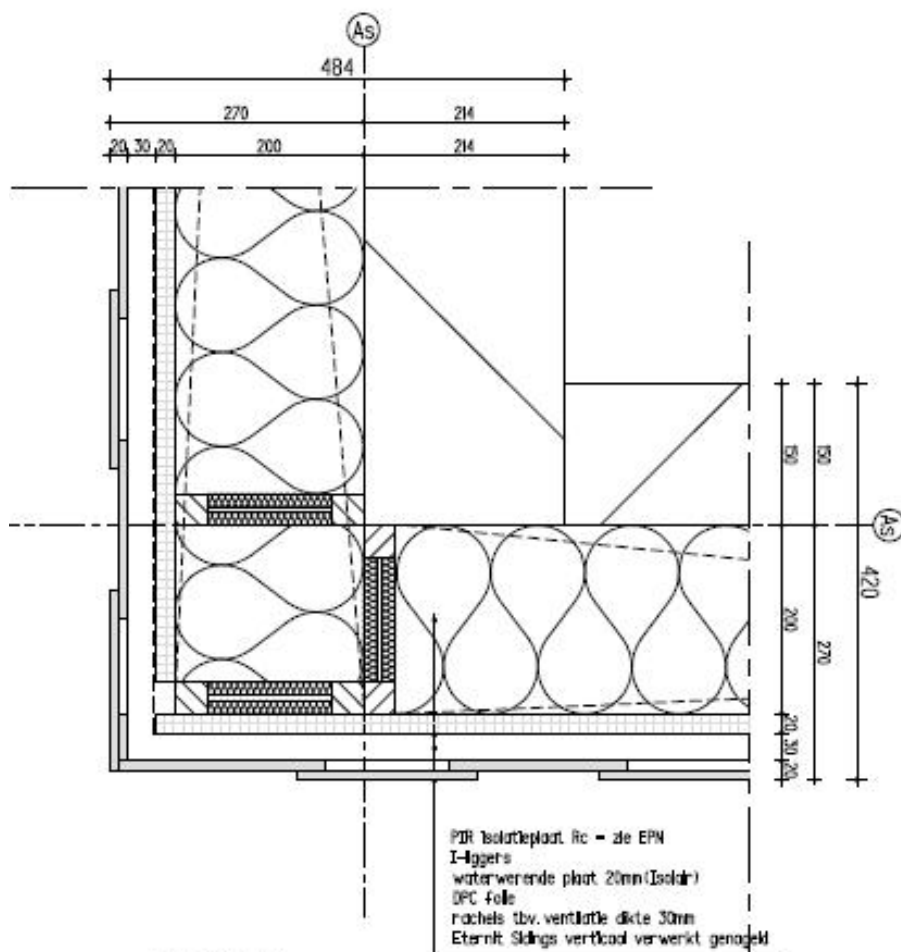


Figuur 34: Optimale aansluiting fundering- deur (detail 100)

Kenmerken optimale aansluiting fundering – deur:

- De Passiefhuis deur met een minimum U-waarde van $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ wordt met de onderregel in de dekvloer verwerkt. Op deze wijze kan aan de onderzijde van de deur een perfecte luchtdichting voorzien worden. Er is dan wel een kleine opstand van ca. 1 à 1,5 cm t.o.v. de afgewerkte vloer.
- De onderregel kan steunen op een strook cellenbeton met een breedte van 7,5 cm.
- Op dit cellenbetonblok kan ook de kunststof dorpel gedragen worden.
- Funderingsstrook wordt extra geïsoleerd om een koudebrug naar de kruipruimte te voorkomen.

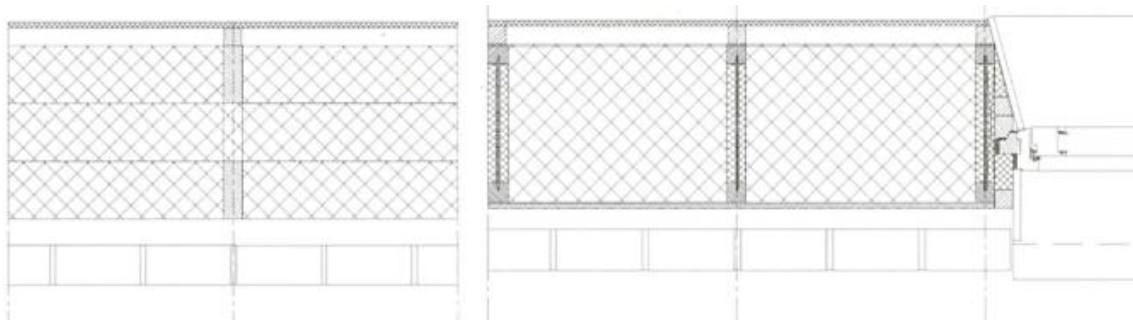
Horizontale snede buitenhoek



Figuur 35: Horizontale doorsnede buitenhoek (detail 202)

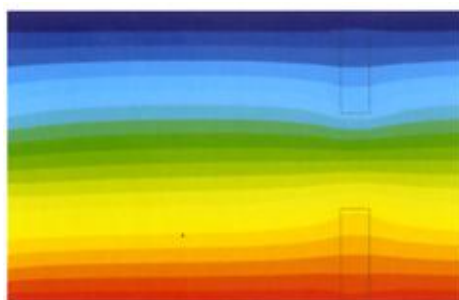
Kenmerken horizontale doorsnede buitenhoek:

- Aan de aan het HSB-element van de hoekconstructie wordt een isolerende houtvezelplaat van 20mm gemonteerd zodat er geen condens kan optreden in het HSB-element.
- Bij buitenhoeken kan de aansluiting van de houtvezelplaten aan de spouwzijde met een extra DPC-folie extra dicht gemaakt worden.
- Uitgaande van een redelijk traditionele HSB-constructie kan een Passiefhuis uitgevoerd worden door de constructie te herhalen en op te vullen met isolatie, zie figuur 36. Echter, een relatief groot gedeelte wordt dan onderbroken door hout met als gevolg een verlaging van de isolatiewaarde. Door het toepassen van I-profielen, zie figuur 13, wordt een hogere isolatiewaarde bereikt met een minder dikke constructie. Op deze manier worden dus materiaal en dus kosten bespaard. Met behulp van de beter isolerende I-liggers kan met minder isolatie gedaan worden om dezelfde Rc-waarde te bereiken.

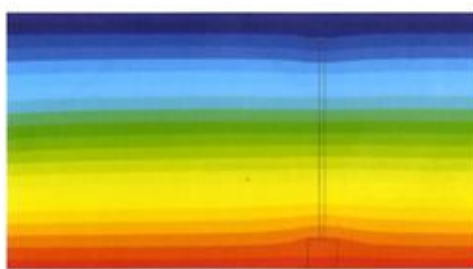


Figuur 36a: Traditionele HSB-wand met
Passiefhuis isolatie

figuur 36b: HSB-wand met I-profielen



Figuur 37a



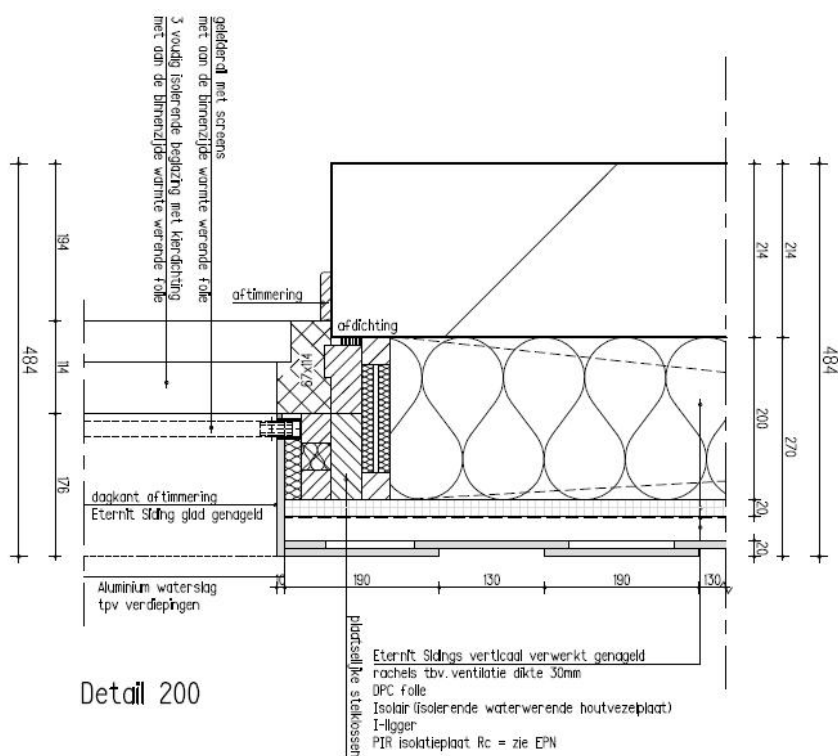
Figuur 37b

Temperatuur verloop traditionele HSB-wand

Temperatuur verloop HSB-wand met I-profielen

§ 9.1.5 Uitwerking detail 4: een horizontale snede raamaansluiting

Horizontale snede raamaansluiting



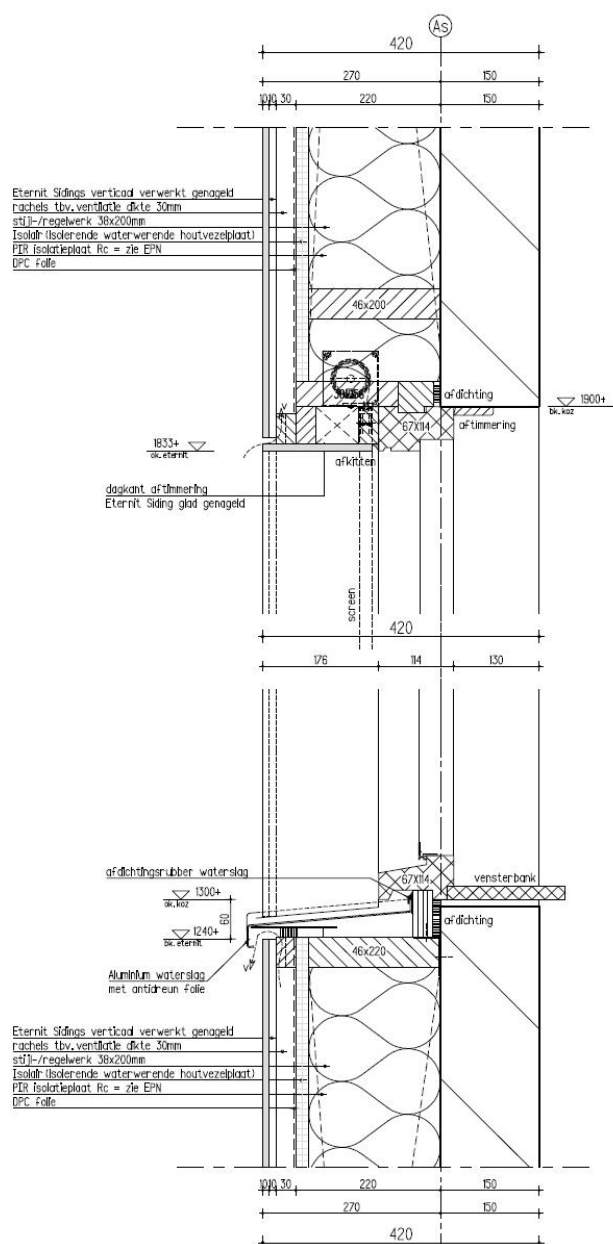
Figuur 38: Horizontale snede raamaansluiting (detail 200)

Kenmerken horizontale snede raamaansluiting:

- Passiefraam voorzien van een handbedienbare screen.
- Om een U-waarde van 0,8 W/m²K te bereiken, moet het passiefraam op een weldoordachte manier in de constructie geplaatst worden.
- Aan de binnenzijde wordt aan de randen van het passiefraam een strook multiplex aangebracht. Tussen raam en multiplex wordt dichtingskit aangebracht.
- De holle ruimte tussen het HSB-kader en het raam wordt met PU-schuim ingespoten.

§ 9.1.6 Uitwerking detail 5: een verticale snede raamaansluiting

Verticale snede raamaansluiting



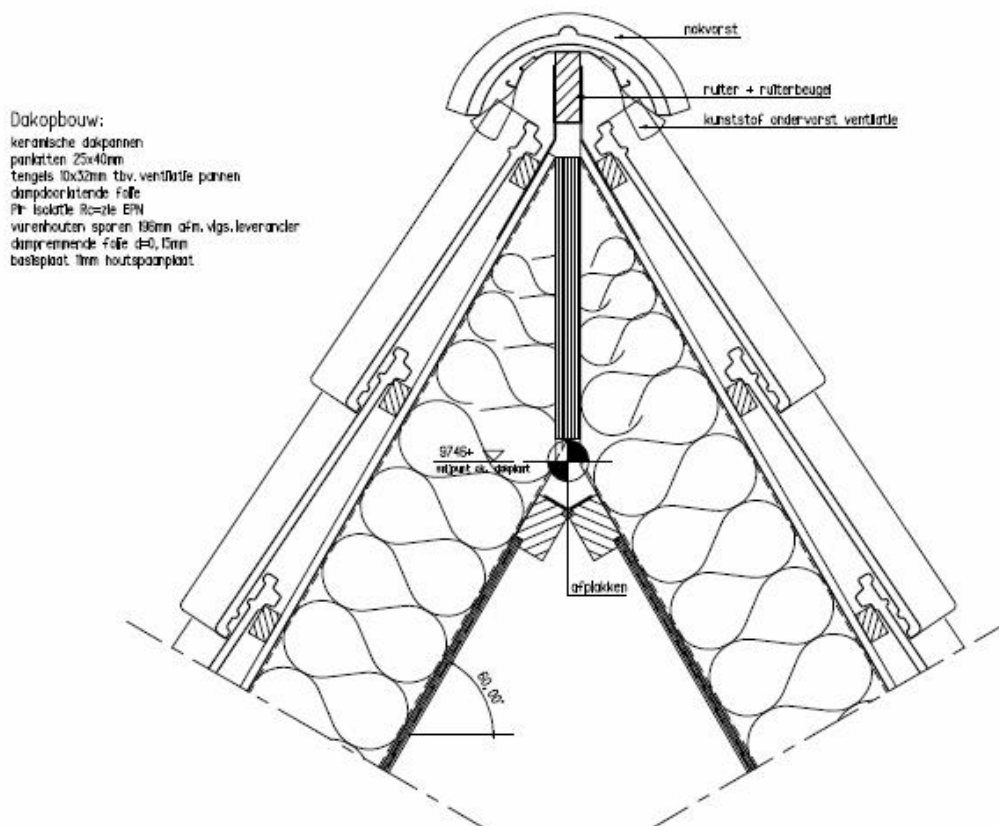
Figuur 39: Verticale snede raamaansluiting (detail 302)

Kenmerken verticale snede raamaansluiting:

- Het passiefraam wordt bij voorkeur ingebouwd op maximum 1/3 van de dikte van de geïsoleerde HSB-wand, zodat de isothermen (lijnen van gelijke temperatuur) van 10°C bij een ΔT van 20°C in het midden van het 3-voudige glas loopt.
- De vezelcement sidings (zie bijlage 8) worden genageld. De spouw afgedicht met een strook isolerende en waterwerende houtvezelplaat en afgedekt met een waterwerende folie.
- Tussen het venstertablet en de bovenzijde van de kalkzandsteen is er nog de mogelijkheid om bijkomend thermische isolatie aan te brengen, zodanig dat op het zwakste punt van de aansluiting tussen raam en HSB-kader het warmteverlies toch nog beperkt blijft.

§ 9.1.7 Uitwerking detail 6: goede aansluiting nok

Aansluiting nok

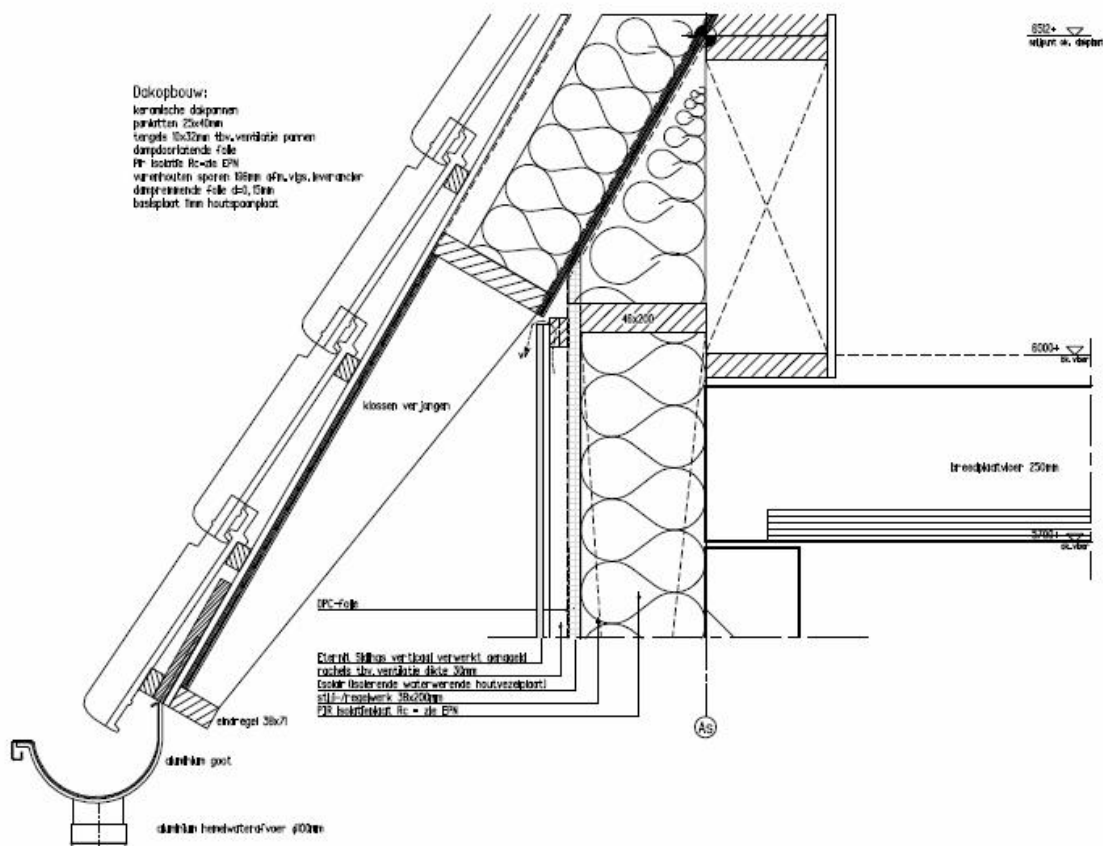


Figuur 40: Aansluiting nok (detail 402)

Kenmerken aansluiting nok:

- Scharnierende sporenkap met I-ligger, gevuld met hoogwaardige isolatie. Aangezien in het dak de I-liggers van minimum 19 cm voorzien zouden moeten worden om een voldoende dikke thermische isolatie te verkrijgen, dragen de I-liggers meestal van nok naar buitenmuur.
- De I-liggers worden in de nok met driehoekige OSB-platen aan weerszijden van de scharnier aan elkaar gekoppeld. Tussen het hart van de I-balk en de scharnier kan de holle ruimte voor het monteren nog opgevuld met een minerale wol.

Aansluiting wand – dak



Figuur 41: Aansluiting wand – dak (detail 400)

Kenmerken aansluiting wand – dak:

- Om oververhitting van de binnenruimte door bezonning in de zomermaanden te vermijden, zijn dakoverstekten een oplossing.
- De vezelcement sidings (zie bijlage 8) worden genageld. De spouw wordt afgedicht met een strook isolerende en waterwerende houtvezelplaat en afgedekt met een waterwerende folie.

§ 9.2 Algemene aandachtspunten van het Passiefhuis in de bouwpraktijk

In deze paragraaf worden een 7-tal aandachtspunten / aanbevelingen beschreven die naast de eerdere detailbeschrijvingen van belang zijn te kennen voor een succesvolle oplevering en woongenot in woningen volgens het Passiefhuis-concept.

1) Ken de Passiefhuis-criteria warmtevraagindicatie;

Het Passiefhuis moet te allen tijde voldoen aan de warmtevraag van 0,15 kWh/m² om te kunnen voldoen aan het Passiefhuis- certificaat.

2) Heb aandacht voor koudebruggen;

De detaillering van een Passiefhuis vraagt veel aandacht voor koudebruggen, omdat onvolkomenheden in en rondom de doorlopende geïsoleerde schil een grote invloed hebben op de transmissieverliezen. Met name voor aansluitingen van gevel- begane grond vloer- fundering en verdiepingsvloeren met kozijnaansluitingen is in het hele ontwerpproces aandacht nodig.

3) Heb aandacht voor superisolerende kozijnen;

Het Passiefhuis- concept vraagt om superisolerende kozijnen die heel beperkt in Nederland worden geproduceerd. Er is in ieder geval nog niet veel ervaring met dit soort kozijnen. Vooralsnog worden de meeste kozijnen geïmporteerd. Zodra de vraag naar passiefhuizen in Nederland zal toenemen zullen ook meer Nederlandse kozijnfabrikanten deze kozijnen kunnen leveren. Er is veel aandacht nodig voor het politiekeurmerk. Vooral bij de gelaagde opbouw van hout.

4) Heb aandacht voor luchtdicht bouwen;

Het Passiefhuis-concept vraagt om luchtdicht bouwen met een $q_{v,10;kar}$ waarde van $0,15 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$ of lager, terwijl in Nederland bijna standaard met $0,625 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$ aangehouden als niveau voor woningen met gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. Dit betekent dat aansluitdetails nog beter uit moeten worden gevoerd met speciaal voor het Passiefhuis- concept ontwikkelde folies waar nu nog weinig ervaring mee is.

5) Heb aandacht voor een goed ventilatiesysteem met warmteterugwinning;

De installatie van het Passiefhuis bestaat uit een goed ventilatiesysteem met warmteterugwinning en een energiezuinig warmtapwatersysteem. Ik heb geconstateerd dat het systeem van vloerverwarming met een HR-ketel, zonneboiler voor warmtapwater en een gebalanceerd ventilatiesysteem een goede oplossing is getuige de lage EPC. Een alternatief is het toevoeren van warmte aan de ventilatielucht met een kleine luchtverwarmer.

6) Regel afstemming van ventilatiesysteem op geldende normen;

Gebalanceerde ventilatiesystemen met warmteterugwinning moeten afgestemd worden op de minimale vereiste hoeveelheden in de ruimten. Het geluid van het gebalanceerde ventilatiesysteem mag niet meer zijn dan $25 - 30 \text{ db(A)}$.

7) Heb aandacht voor goede zonwering;

Het zomercomfort in passiefhuizen voldoet aan de hoogste kwalificaties. Door het aanbrengen van zonwering, en het aanbrengen van spuiopeningen in combinatie met goede isolatie zorgt ervoor dat de warmte in de zomer buiten blijft. Het comfort in de winter in een Passiefhuis kenmerkt zich door een vlakke temperatuur binnen de geïsoleerde schil.

§ 9.3 Controlemetingen in de bouwpraktijk

Om de beoogde kwaliteit te controleren, zijn er verschillende testmethodes. Er zijn zowel visuele inspecties als metingen die uitgevoerd moeten worden. De metingen bestaan uit het nagaan van de vereiste ventilatiecapaciteiten, de luchtdichtheid en de detectie van luchtlekken met een infrarood camera in de winter of via rookstaafjes in de zomer.

Het is essentieel dat gedurende het gehele ontwerp- en bouwtraject van de woning continu toezicht wordt gehouden. Op de bouwplaats moeten zowel visuele inspecties als metingen worden verricht, voordat de bewoners de woning betrekken. De procedure voor toezicht houden dient bij voorkeur in een Passiefhuis certificering te worden vastgelegd voor oplevering, daar waar PHPP 2003 grotendeels als controletool tijdens het ontwerpen gebruikt wordt.

De meest belangrijke test is de luchtdichtheidstest door middel van de Blowerdoor test.



Figuur 42: Blowerdoortest

In deze test wordt, door het verschil in luchtdruk tussen binnen en buiten te meten, berekend hoe vaak per uur het totale luchtvolume in een gebouw ververst wordt. Om dit luchtdrukverschil te kunnen creëren wordt er in de opening van een buitendeur (een voordeur of een balkondeur) een frame geplaatst wat met een folie bespannen is. In een opening in het folie bevindt zich een ventilator. Het toerental van de ventilator wordt zo geregeld dat er een bepaald luchtdrukverschil ontstaat tussen binnen en buiten. Om dit verschil te kunnen handhaven moet het volume aan lucht dat de ventilator kan verplaatsen minstens zo groot zijn als het volume aan lucht dat het gebouw elders ontsnapt. Om tot een betekenisvolle parameter (n_{50}) voor luchtdichtheid te kunnen komen wordt dit volume aan lucht gedeeld door het volume van het gebouw.

Met het creëren van dit drukverschil wordt het eenvoudig om lekkages in het gebouw op te sporen. Zelfs met de blote hand kunnen lekkages opgemerkt worden. Er is tocht waarneembaar in praktisch elke hoek van het gebouw.

§ 9.3.2 Test/check: Juiste afstemming isolatiematerialen op plaatsing en structuur

De belangrijkste fases tijdens het bouwen zijn het plaatsen van de isolatie en het realiseren van een luchtdicht gebouwschil. De keuze en plaatsing van de isolatiematerialen zou in relatie moeten staan met de structuur. De thermische isolatie moet alle holtes vullen of moet goed aangedrukt worden tegen de draagstructuur. Tussen de isolatie mogen geen kieren of spleten aanwezig zijn. Het isoleren zelf moet dusdanig gebeuren dat uiteindelijk weinig gesneden hoeft te worden in de isolatieplaten.

§ 9.3.3 Test/check: Efficiënte maatvoering en detaillering voor optimale afdichting

Weinig snijden van isolatieplaten vereist goede maatvoering en detaillering, waarbij gebruik van standaard maten het werk efficiënt zal maken. Raam- en deuraansluitingen met de gevel zijn vaak een bron van

luchtlekken. In principe geldt dit ook voor alle aansluitingen die geen bewegende delen hebben. Eenvoudige maar efficiënte afdichtingstechnieken zijn er, maar weersinvloeden hebben ook invloed op de uitvoering.

Check 1: Hygiëne werkoppervlakten en klimaat tijdens isolatieprocessen

Droge en schone oppervlakten en een temperatuur boven het vriespunt bij isolatie zijn een vereiste.

Er is al heel wat discussie geweest rond de duurzaamheid en stabiliteit van verschillende tapes die gebruikt worden voor afdichting. Alleen maar producten waarvan voldoende testresultaten bekend zijn, zouden gekozen moeten worden.

Check 2: De ventilatiekanalen

Deze moet binnen de luchtdichte laag liggen. Alleen de kanalen tussen de afvoer- en aanzuigopening enerzijds en balansventilatiestoestel anderzijds doorboren deze laag. Deze doorgang door de luchtdichte laag moet rondom goed afgedicht worden. Er zijn aansluitingen van verschillende afmetingen, geschikt voor eenvoudige luchtdichte oplossingen. Korte kanalen zonder veel bochten zijn bevorderlijk.

Check 3: Communicatie tussen partijen

Als het ontwerp van het kanalen tracé niet goed is, moeten architect en aannemer samen zitten om het probleem op te lossen. Nauwkeurige installatie en isolatie van het kanalenstelsel in onverwarmde ruimtes zoals bergingen e.d. zorgt voor een goed rendement en voorkomt geluidsoverlast in de verblijfsruimtes. De ventilatiekanalen moet worden geïsoleerd, zodat het warmteverlies beperkt blijft. Boilers en tapwatersystemen zouden in ruimtes moeten liggen waar hun warmte nuttig gebruikt kan worden. Een installatieruimte of berging in het midden van het gebouw is de meeste voordelige oplossing. Dit is ook een wens voor het indelen van plattegronden van woningen.

Check 4: Het waterleidingstelsel

Deze kan het beste binnen de luchtdichte laag geïnstalleerd worden, en in een leidingenspouw worden weggewerkt in de constructie. De kans op waterlekages wordt hiermee beperkt. Warmwater leidingen moeten worden geïsoleerd. In standaard woningen met niet geïsoleerde warmwaterleidingen, is bijna 20% van alle energie voor verwarming afkomstig van warmteverliezen in het warmwatersysteem. Dit verlies van warmte vergroot in de zomer de kans op temperatuuroverschrijding.

§ 9.4 Voorbereidingen op de a.s. gebruiksfase Passiefhuis

Passiefhuizen zijn qua gebruik anders dan traditionele woningen. Het is essentieel dat bewoners voldoende geïnformeerd worden over de belangrijke factoren die het energieverbruik en het binnenmilieu kunnen beïnvloeden. Vanwege de benodigde inzichten rond technieken en optimaal rendement is het aan te bevelen de (a.s.) gebruikers van de woning te informeren over de werking en beperkingen van de woning en het energiezuinige systeem. Als de verwachtingen van de gebruikers afwijken van wat geleverd is, kan dat leiden tot teleurstelling. Bij weinig begrip voor de werking van het systeem en het concept kunnen de voorzieningen verkeerd gebruikt worden en resulteren in een slecht comfort en een hoger energieverbruik.

Een informatie bijeenkomst en het verstrekken van een handleiding voor bewoners zijn sterk aan te bevelen.

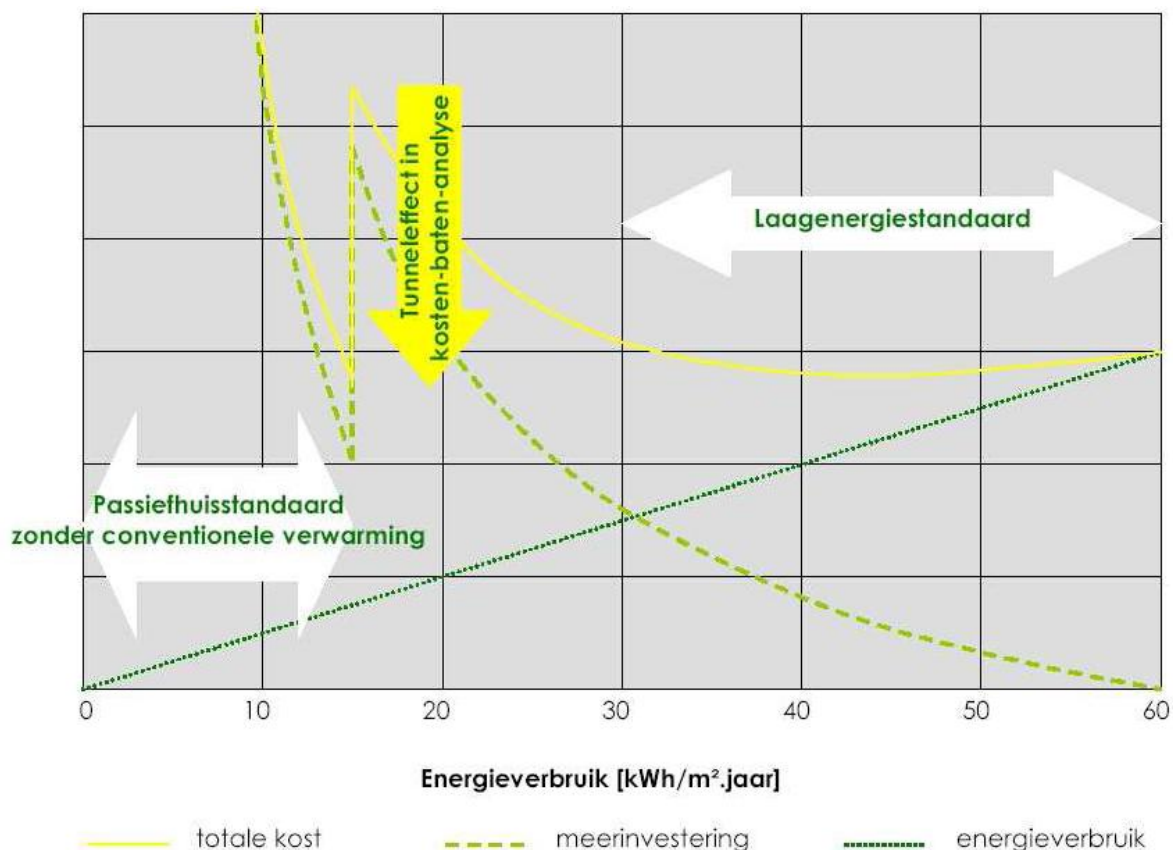
§ 9.5 Kostenvergelijking Passiefhuis t.o.v. traditionele bouw

Tot slot wordt in deze paragraaf kort en globaal (aangezien het geen kernonderdeel is van het onderzoek) het kostenaspect t.o.v. een traditionele nieuwbouwwoning toegelicht. De kostenvergelijking wordt in deze paragraaf alleen gericht op toekomstige kwaliteit van het binnenmilieu en de energiekosten/rekening.

§ 9.5.1 Uitgangspunt vergelijking

Wanneer de energiebesparing gerealiseerd wordt met eenvoudig toepasbare, relatief goedkope maatregelen, kan dat al zeer gunstige invloeden hebben op de kwaliteit van het binnenmilieu en de energierekening. Het

energiegebruik voor zowel verwarming als elektriciteit kan aanzienlijk gereduceerd worden wat een kostenbesparing impliceert in vergelijking met traditionele woningen.



Figuur 43: Kostenbaten analyse (Bron: PHP vzw)

Een waarde analyse van energiezuinige woningen laat zien dat de meerkosten slechts een klein percentage of zelfs 0 kunnen zijn afhankelijk van de compactheid, oriëntatie, etc. van het ontwerp:

- Aankoopkosten: 0 ... 15% hoger dan traditioneel ontwerp
- Gebruikskosten: 10 ... 30% lager dan traditioneel ontwerp
- Verkoopwaarde: 10 ... 30% beter dan een normale woning

§ 9.5.2 Overwegingen tot extra investeren

Eventuele meerkosten voor energiezuinigheid zijn lastig te bepalen. De grootste besparing op de investeringskosten kan echter gemaakt worden op de begeleiding van het totale proces. Wanneer het proces professioneel wordt begeleid, kan een bouwproces besparingen teweegbrengen, die samen met de verminderde installatiekosten, de kosten voor de isolatie, het performante schrijnwerk en het realiseren van de luchtdichtheid kunnen compenseren.

Het totale energieverbruik, de verwarmingscapaciteit, en andere installaties zullen lager of kleiner uitvallen. Dit is een vrij heldere aanpak voor een kostenefficiënte en energiezuinige woning.

De extra investeringen in een Passiefhuis hangt mede af van de soort constructie, de huidige isolatiegraad, de ventilatie- en raamtechnologie. Ook de ervaring in laagenergie en Passiefhuis-technologie heeft invloed op de vereiste inspanning die geleverd moet worden.

§ 9.5.3 Ervaringsdeskundigheid is goud waard: kennis delen is platina!

Wanneer bedrijven en personen ervaring opdoen en deze kennis delen in het realiseren van Passiefhuizen en de markt groeit, zal de extra investering dalen. De grootste besparing op de investeringskosten kan immers gemaakt worden op de begeleiding van het totale proces. Wanneer de levenscyclus van Passiefhuizen bekeken wordt, dan is het een economische investering die onafhankelijk is van de huidige constructietechnologie.

Hoofdstuk 10 Conclusies en aanbevelingen bij inzet van het 'Passiefhuis'-concept

§ 10.1 Inleiding

In dit hoofdstuk treft u de belangrijkste algemene conclusies en aanbevelingen naar aanleiding van het totale onderzoek naar de (on)mogelijkheden van het Passiefhuis-concept. Voor specifieke conclusies en aanbevelingen wordt u verwezen naar de verschillende hoofdstukken.

De conclusies en aanbevelingen in dit hoofdstuk richten zich met name op de voorwaarden om te komen tot de realisatie van bouwtechnische maatregelen en de meerwaarde van de integratie van energie-efficiënte installatieconcepten voor duurzaam bouwen. Dat daar aan een aantal kansen (en potentiële beperkingen) aan ten grondslag kunnen is duidelijk.

§ 10.2 Algemene conclusies en aanbevelingen

- Conclusie 1: Een Passiefhuis is een interessante bouwstandaard van de toekomst.

Het Passiefhuis-concept is een interessante bouwstandaard voor de toekomst en opent nieuwe perspectieven voor meer toekomstgericht, energiezuinig ontwerpen en bouwen.

Aanbeveling 1:

De bouwwereld krijgt een unieke kans zich te onderscheiden met nieuwe ontwerp- en bouwtechnieken, innovatieve, intelligente en hoogenergie-efficiënte producten voor o.a. schilisolatiesystemen, ventilatiesystemen, beglazing, kozijnen, ramen, deuren en compacte verwarmingssystemen. Door toepassing van deze mogelijkheden creëren partijen toegevoegde waarde aan de bouwsector. Zij verbeteren de concurrentiepositie tussen bedrijven en verhogen de werkgelegenheid voor die betrokkenen en belanghebbenden, die met visie op duurzaam bouwen willen ontwerpen, bouwen en wonen.

Met het benutten van deze kans is het aan te bevelen eerst voldoende expertise uit pilotprojecten in binnen en buitenland te bestuderen en deze kennis te delen via de branche en beroepsorganisatie. Hierdoor worden de totale kosten voor (begeleiding bij) innovatie,- ontwerp,- en bouwprocessen verminderd.

Aanbeveling 2: Indien partijen (inclusief de toekomstige gebruiker van de woning) investeringen willen doen in comfort, efficiëntie en bouwkwaliteit zullen zij moeten zorgen voor een impuls, die een combinatie kent van maatschappelijk ondernemen en duurzaam bouwen. Deze impulsen zijn gunstig voor de bouwsector gezien de maatschappelijke vraagstukken rond energiezuinig leven. De bouwsector kan hieraan een maatschappelijke bijdragen leveren en rekenen op een toename in de verkoop van energiezuinige woningen.

Aanbeveling 3:

Vanwege de innovatieve mogelijkheden op het gebied van energiezuinige woonconcepten vraagt de toepassing van de standaard, zoals het Passiefhuis-concept, om durf en doorzettingsvermogen en zo min mogelijk risicomijdend gedrag, ook op het gebied van financiële beperkingen en mogelijkheden.

- Conclusie 2: Voor het behalen van de meerwaarden van de bouwstandaard Passiefhuis-concept moeten alle betrokken partijen de meerwaardes eerst kennen en onderschrijven

Aanbeveling 1:

Om tot een succesvolle oplevering te komen van een woning met het Passiefhuis-concept is het van belang dat alle betrokkenen de volgende meerwaarden van het concept onderschrijven. Immers, door de meerwaarden te onderschrijven wordt het toepassen van de criteria die ten grondslag liggen aan het concept voldoende toegepast bij zowel de ontwerpfase, de bouwphase en de opleveringsfase, inclusief de uitvoering van de voorlichtende rol aan de (toekomstige) gebruikers.

a) Ontwerpfase: Voldoende dossierkennis Passiefhuis-bouwstandaard

Conclusie:

Een succesvol ontwikkelproces van een Passiefhuis is alleen haalbaar als alle betrokkenen voldoende kennis en inzicht hebben in de geldende standaard rond ontwerp en bouw van het Passiefhuis en de daarbij optredende kostensferen.

Aanbeveling 1:

Voor een succesvolle toepassing van de bouwstandaard 'Passiefhuis' is expertise bij alle betrokken partijen uit ontwerp, bouw en opleveringsfase noodzakelijk.

Aanbeveling 2:

Het is van belang deze criteria al tijdens de ontwerpfase en later de bouwphase te combineren met een streven naar hoog gebruikscomfort en hoge eisen ten aanzien van gezondheid en energetische kwaliteit.

b) Ontwerp, bouw en opleveringsfase: Optimaal streven naar hoog woon en leefcomfort

Conclusie 1:

Een Passiefhuis-standaard kan alleen worden bereikt met een juiste toepassing van technologieën, ontwerpen, materialen en gemotiveerde partijen.

Conclusie 2:

Om succesvol Passiefhuizen te ontwerpen en te (laten) bouwen is specifieke kennis noodzakelijk rond criteria innovatieve (alternatieve) energievoorzieningen, en ruimtelijke ordening (wegens belasting gezondheidsmilieu). De nagestreefde energiebesparing volgens het Passiefhuis-concept is alleen realiseerbaar bij een integrale aanpak van het beperken van transmissie- en lekverliezen, benutten van passieve winsten, doordacht ventileren, gebruik van efficiënte huishoudtoestellen en de aanwending van hernieuwbare energie.

Aanbeveling 1:

Hanteer, om te voldoen aan de kwalificatie-eisen van een Passiefhuis-concept de 5 basisprincipes. Door maximaal te isoleren, Optimale ventilatievoorzieningen te treffen, passieve warmtewinsten te realiseren, luchtdicht te bouwen, en gebruik te maken van efficiënte huishoudapparaten wordt de kans op certificering van het 'Passiefhuis' bevorderd.

Aanbeveling 2:

Omdat in een Passiefhuis bewust gewoond zal gaan worden, waarbij actief gebruik gemaakt gaat worden van energiezuinige maatregelen en middelen is een uitgebreide voorlichting te realiseren rondom het (on)gepaste gebruik van de materialen en middelen een vereiste. Voldoende kennis van de (on)mogelijkheden beïnvloedt de evaluatieresultaten van partijen.

Doelgroepen:

- Gemeentes (ambtenaren)
- Aannemers
- Technici(uitvoerenden)
- Bewoners en (toekomstig geïnteresseerden)

- Boonstra, C. e.a. 2006, Passiefhuizen in Nederland, ISBN 10:90-75365-81-0
- Brochure: Bewust duurzaam bouwen(2005)
- Brochure: Technologiewijzer – Glas, (2005)
- Brochure: Energie besparen, 101 tips en adviezen
- Brochure: Warm wonen, 2006
- Feist, W., 2006, Passiefhuis Projekt Pakket 2003 Benelux(PHPP2003), Bepalingen voor de beproeving van de kwaliteit van passiefhuizen, vertaling van de cd en handleiding –Passivhaus Institut / PHP
- Gouw, P., Dictaat HU: Duurzaam bouwen, publicatienummer: BO 09.04 / 110
- Jellema e.a , 2004, Jellema 1 Inleiding bouwnijverheid ISBN 06 95040 8
- Jellema e.a, Jellema 3 Bouwtechniek Draagstructuur ISBN 90 06 95042 7
- Laan, van der M. Dictaat HU: BIN 4 – Balansen, publicatienummer: IGO/136
- Linden, van der , 2000, ISBN 90 212 9114 2
- Monnichman, I, 2003,Studenteneditie 2003, SBR-referentiedetails woningbouw ISBN 90 06 95002 5
- NEN norm: NEN 2687, Eisen aan Luchtdoorlatendheid van gebouwen
- Nieman, H.M.,2008,Cursusmap: Energiezuinig Bouwen, 2008 Bouwforum BV, publicatienummer: BB-03-02
- Nieman, H.M., 2007, Artikel passiefhuis: Woning van de toekomst? (1); Bouwregels in de praktijk
- Nieman, H.M., 2007, Artikel passiefhuis: Woning van de toekomst? (2); Bouwregels in de praktijk
- Senternovem, folder, Praktijkvoorbeelden energiezuinige woningbouw – Nederlands instituut voor bouwbiologie en ecologie(NIBE) in opdracht van SenterNovem, publicatienummer: 2KPWB0704
- Schuur,A. dictaat HU: Bouwfysische aspecten van uitwendige scheidingsconstructies, publicatienummer IGO 070
- Stichting PHH, uitgave Stichting Passiefhuis Holland, Brochure: Passiefhuistechnologie in Nederland, Bouwen voor de toekomst comfortabel & energie-efficiënt -

Websites:

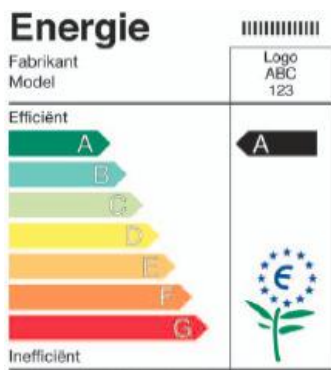
- www.alusta.nl
- www.brinkclimatesystems.nl
- www.calduran.nl
- www.devrieskozijnen.nl
- www.dhv.nl
- www.ede.nl
- www.eternit.nl
- www.gprgebouw.nl
- www.greenpeace.be
- www.hansbeen.nl
- www.intergasverwarming.nl
- www.kingspan.nl
- www.knmi.nl
- www.nieman.nl
- www.passiefbouwen.nl
- www.passiefhuis.nl
- www.passiefhuis-roosendaal.nl
- www.passiefhuisplatform.be
- www.passivhaus.de
- www.senternovem.nl
- www.tno.nl
- www.toolkitonline.nl
- www.tudelft.nl
- www.vdm.nl
- www.vrom.nl

Bijlage 2 Gebruik van efficiënte huishoudapparaten in relatie tot het energielabel

Het is een gegeven dat een gewone gloeilamp slechts 10 % van de verbruikte elektriciteit omzet in zichtbaar licht. De rest van de energie gaat verloren in de vorm van warmte. Een spaarlamp daarentegen verbruikt vier tot vijf keer minder energie dan een gloeilamp en gaat ongeveer tien keer langer mee. Spaarlampen zijn vooral nuttig op plaatsen waar lang en veel kunstmatig licht nodig is. Veel energie in huis wordt verbruikt via elektrische toestellen. Vooral toestellen die verwarmen, verbruiken zeer veel elektriciteit zoals strijkijzers, was- en afwasmachines, elektrische kookplaat, elektrische boiler etc. Tegenwoordig moeten alle eigenaren van onroerend goed bij elk transactiemoment (verkoop of verhuur), een energielabel overhandigen aan de koper dan wel huurder.

Het energielabel is ingevoerd door de overheid om eigenaren van woningen te stimuleren hun energieprestatie te verbeteren. Dit zal leiden tot een reductie van de uitstoot van CO₂.

Het energielabel voor woningen ziet er hetzelfde uit als het energielabel voor auto's en witgoed. Op het energielabel voor woningen staan gegevens genoteerd zoals het adres en de energieprestatie van de woning. De energieprestatie wordt aangegeven met een letter die varieert van A tot en met G. A is energiezuinig en G is het minst energiezuinig.



Tabel met de verschillende energielabels (Bron: VROM).

Het verschil in kosten kan tientallen euro's per jaar per toestel bedragen. Een nieuwe wasmachine met A-label, bijvoorbeeld, verbruikt 0,95 kWh per wasbeurt van 60 °C. Een toestel uit klasse F verbruikt 1,93 kWh, dus ongeveer 1 kWh meer. Als er 200 wasbeurten per jaar gedaan worden, levert de A-machine al snel een voordeel van 25 euro op. Na tien jaar is het voordeel tot 250 euro opgelopen! Wasmachines met 'Hot fill' zijn het zuinigst. Ze gebruiken water van een nabijgelegen warmwatertoestel en hoeven het bijgevolg niet meer zelf te verwarmen. 'Hot fill' bespaart maximaal als het warme water afkomstig is van een zonneboiler of een warmtepompboiler.

Bij de koel- en diepvriesapparaten zijn er binnen de A-klasse nog twee zuinigere categorieën, de klassen A+ en A++. Een A+ koelkast is minstens 13 procent zuiniger dan een koelkast met een gewoon A-label en een A++ koelkast is minstens 25 procent zuiniger dan een A koelkast. Omdat koeltoestellen en diepvriezers het hele jaar door energie verbruiken, loont het de moeite om in een toestel van categorie A++ te investeren (Bron: Energie besparen, 101 tips en adviezen).

Koken op aardgas is veruit het zuinigst. De meeste elektrische kookplaten zijn echter keramisch. Meestal zitten onder het glazen oppervlak halogeonlampen waarmee snel de juiste temperatuur wordt bereikt. Omdat deze lampen vrij snel afkoelen, gaat ook achteraf weinig energie verloren. Inductiekookplaten werken met een

elektromagnetisch veld dat de warmte rechtstreeks in de kookpan opwekt. De platen zelf blijven koud. Opwarmen gebeurt heel snel, waardoor deze platen bijzonder zuinig zijn. Als een inductiekookplaat uitgeschakeld wordt, is de warmte meteen weg, net als bij aardgas.

Als de inhoud van een volgeladen vaatwasser op een hygiënisch verantwoorde manier met de hand wordt afgewassen, gebruikt men meer warm water en energie dan de machine! Een vaatwasser doet de vaat van een hele dag met minder dan 30 liter, voor- en naspoelen inbegrepen. De zuinigste machines verbruiken amper 1 kWh per vaat. Bijna alle apparaten hebben een spoelprogramma en een spaarprogramma voor minder vuile vaat.

Men kan voor het toilet, de wasmachine, de vaatwasmachine e.d. best gebruik maken van regenwater wat men opvangt in een regenwaterput. Wasmachines en afwasmachines die een warmwateraansluiting hebben zijn eveneens zuiniger dan wanneer het koude water opgewarmd moet worden in de machine. Men kan het warme water immers verwarmen via hernieuwbare energiebronnen zoals bijvoorbeeld een zonneboiler. Tot slot bestaan er ook veel soorten spaarkoppen voor bijvoorbeeld het toilet of de douche. Op deze manier blijven er geen kranen openstaan als de gebruiker ze niet nodig heeft en wordt er geen water verspild.
