

Milieu- en economische effecten van passiefhuizen en energieuze woningen

Marjan KNOOPS

promotor :
Prof. dr. Jean MANCA

co-promotor :
Prof. dr. Theo THEWYS

Woord vooraf

Deze eindverhandeling kadert in de opleiding tot het behalen van de graad van Handelsingenieur, optie Technologie aan de Universiteit Hasselt. Ik heb gekozen voor het onderwerp: “Milieu- en economische effecten van passiefhuizen en energiezuinige woningen”

De realisatie van deze eindverhandeling zou niet mogelijk geweest zijn zonder de hulp van verschillende mensen. In de eerste plaats wil ik mijn promotor Prof. Manca en mijn copromotor Prof. Thewys bedanken voor de goede samenwerking en deskundige begeleiding. Mijn dank gaat ook uit naar alle bouwheren die de moeite deden om de enquête in te vullen en terug te sturen. Zonder hen had ik geen gegevens en was deze eindverhandeling niet mogelijk geweest. Ik wil eveneens Mevrouw van der Donckt van de Bond Beter Leefmilieu bedanken omdat zij de enquêtes heeft verstuurd zodat de anonimiteit van de deelnemers niet in het gedrang kwam.

Tenslotte wil ik mijn ouders, zus en vriend bedanken voor hun jarenlange steun en advies.

Marjan Knoop

Mei 2006

Samenvatting

België heeft zich verbonden om tegen 2008-2012 zijn uitstoot van broeikasgassen te verminderen met 7,5% ten opzichte van het niveau van 1990. Dit kan onder andere gedaan worden door in de toekomst passiefhuizen te bouwen. De term 'Passief Huis' verwijst naar een constructiestandaard die bereikt kan worden met een verscheidenheid aan technieken, ontwerpen en materialen. Het is een verfijning van de term 'Lage-energie woning'. De gebouwen hebben een comfortabel binnenklimaat in zomer en winter zonder een conventioneel verwarming – noch koelingsysteem.

Een passiefhuis heeft een maximale verwarmingsenergie van 15 kWh/m² woonoppervlak. Bij zulke goede thermische eigenschappen is een conventioneel verwarmingssysteem niet meer nodig. Het huis wordt verwarmd door interne warmtebronnen, zoals personen en elektrische toestellen, en door zonne-energie. De rest van de nodige warmte wordt geleverd door verwarmde lucht die afkomstig is van een gecontroleerd ventilatiesysteem met warmterecuperatie. In een passiefhuis mag de totale energiebehoefte maximaal 42 kWh/m² en de totale hoeveelheid primaire energie maximaal 120 kWh/m² bedragen.

Het lage energiegebruik van een passiefhuis wordt bereikt door het minimaliseren van de warmteverliezen en het maximaliseren van de warmteopbrengsten. Het minimaliseren van de warmteverliezen gebeurt door de installatie van een goede en dikke isolatie in de vloer, het dak en de muren. Verder wordt er driedubbele beglazing gebruikt om het verlies aan warmte door de ramen te verminderen. Dit gaat gepaard met goed isolerend schrijnwerk.

Omdat wind, verwarming en mechanische ventilatie luchtdrukverschillen veroorzaken tussen binnen en buiten, moeten constructies aan de binnenzijde luchtdicht gemaakt worden. Op deze manier kan warme vochtige lucht niet via kieren naar buiten ontsnappen en kan koude droge buitenlucht niet naar binnen komen. Dit luchtdicht maken, gebeurt door de installatie van een dampscherm.

Tenslotte worden de warmteverliezen geminimaliseerd door het gebruik van energiezuinige huishoudelijke apparaten en het gebruik van hernieuwbare energiebronnen om aan de overige energievraag te voldoen.

Het maximaliseren van de warmteopbrengsten gebeurt door het benutten van de zonnewarmte. De oriëntatie van de woning is bijgevolg van groot belang. Om maximaal gebruik te kunnen maken van de warmte van de zon moeten de kamers die tijdens de dag meestal gebruikt worden naar het zuiden gericht zijn, terwijl weinig gebruikte en minder verwarmde plaatsen het best aan de noordwest zijde van de woning liggen.

Verder gebeurt de verwarming van een passiefhuis door de warmte die geproduceerd wordt door elektrische toestellen en de warmte die de bewoners produceren. Er wordt in een passiefhuis geen conventioneel verwarmingssysteem gebruikt, maar er is wel een mechanisch ventilatiesysteem met warmtewisselaar en eventueel met een grondbuis die de buitenlucht al verwarmt vóór die het huis binnen komt. Sommige passiefhuizen gebruiken wel een na- of bijverwarming van de lucht die door de ventilator komt.

Om te onderzoeken wat de technische verschillen zijn tussen een energiezuinige woning en een passiefhuis en om de kosten en baten van beide huizen te leren kennen, wordt gebruik gemaakt van een enquête. In het derde hoofdstuk van deze eindverhandeling gebeurt de verwerking van de verkregen gegevens. Hier wordt geconstateerd dat een passiefhuis een strengere bouwvorm is dan een energiezuinig huis. De regels moeten strikter opgevolgd worden om een K-peil van 15 te bekomen.

In het vierde hoofdstuk worden een passiefhuis en een energiezuinige woning gesimuleerd en vervolgens worden drie kosten baten analyses uitgevoerd. Eerst wordt een vergelijking gemaakt tussen een passiefhuis en een conventionele woning. Uit de enquête blijkt dat een passiefhuis 38.345 € meer kost dan een conventionele woning, maar dat een passiefhuis jaarlijks 18.106 kWh spaart. Dit komt overeen met een private besparing van 1.010,35 € op het elektriciteit-, aardgas- en stookolieverbruik van 2006. Er wordt eveneens 4.243,97 kg CO₂

minder uitgestoten, wat in monetaire termen overeen komt met een bedrag van 122,65 euro in 2006.

Vervolgens wordt een passiefhuis vergeleken met een energiezuinige woning. Een passiefhuis is 24.850 € duurder dan een energiezuinige woning, maar bespaart jaarlijks 6.964 kWh aan energie. In 2006 komt dit overeen met een private baat van 438,31 €. Een passiefhuis stoot jaarlijks 1.582,4 kg minder CO₂ de lucht in dan een energiezuinige woning. Dit levert een sociale baat van 45,7 euro in 2006.

Tot slot wordt er een vergelijking gemaakt tussen een energiezuinig huis en een conventionele woning. Voor een energiezuinige woning moet er 13.495 € meer worden betaald dan voor een conventionele woning. Dit levert jaarlijks een besparing van 11.143,3 kWh, wat in 2006 overeenkomt met een bedrag van 572,05 €. Dit zorgt ervoor dat er jaarlijks 2.661,56 kg CO₂ minder wordt uitgestoten. Er wordt bijgevolg in 2006 ook nog een sociale baat gerealiseerd van 76,93 euro.

In het laatste hoofdstuk van deze thesis wordt gekeken welke subsidies een bouwheer van een energiezuinig huis of een passiefhuis kan krijgen. Het blijkt dat er de laatste jaren steeds meer subsidies bestaan, maar dat er veel minder gesubsidieerd wordt dan in onze buurlanden. Het is bijgevolg niet verwonderlijk dat er in Oostenrijk 1000 en in Duitsland al 6000 passiefhuizen staan, tegenover ongeveer 40 in België. Het beleid schiet tekort en in hoofdstuk vijf worden suggesties gedaan om dit beleid aan te passen zodat passief- of energiezuinig bouwen rendabeler wordt in de toekomst.

Inhoudsopgave

Woord vooraf

Samenvatting

Inhoudsopgave	5
Hoofdstuk 1 Probleemstelling	8
1.1 <i>Praktijkprobleem: Kyoto en energieproblematiek</i>	8
1.2 <i>Onderzoeksvragen</i>	10
1.2.1 Centrale onderzoeksvraag.....	10
1.2.2 Deelvragen.....	10
1.3 <i>Definiëring van belangrijke begrippen.....</i>	11
1.4 <i>Onderzoeksontwerp</i>	13
1.4.1 Literatuurstudie.....	13
1.4.2 Enquête	14
Hoofdstuk 2 Literatuurstudie: Technische aspecten van een passiefhuis.....	16
2.1 <i>Maximaal isoleren</i>	17
2.1.1 λ - waarde: op niveau van het materiaal	18
2.1.2 U-waarde: op niveau van een constructie.....	19
2.1.3 K-peil: op niveau van een gebouw (W/m^2K)	19
2.2 <i>Comfortventilatie.....</i>	22
2.3 <i>Passieve warmtewinsten.....</i>	23
2.4 <i>Luchtdicht bouwen.....</i>	25
2.5 <i>Efficiënte huishoudapparaten.....</i>	27
2.6 <i>Hernieuwbare energie</i>	29
2.6.1 Zonneboiler.....	30
2.6.2 Zonnecellen en zonnepanelen.....	31
2.6.3 Warmtepomp	32
2.7 <i>Besluit</i>	33
Hoofdstuk 3 Verwerking enquête	35
3.1 <i>Bespreking van de gegevens.....</i>	35
3.1.1 Isolatie	36
3.1.2 Ventilatie	40
3.1.3 Luchtdicht bouwen	40
3.1.4 Efficiënte huishoudapparatuur.....	41
3.1.5 Hernieuwbare energiebronnen.....	42

3.1.6	Verbruik.....	43
3.1.7	Architect en motivatie	46
3.1.8	Algemeen.....	47
3.2	<i>Besluit</i>	48
Hoofdstuk 4	Financiële benadering	49
4.1	<i>Hypothesen</i>	49
4.2	<i>Vergelijking tussen een passiefhuis en een conventioneel huis</i>	50
4.2.1	Private kosten	50
4.2.2	Private baten	51
4.2.3	Sociale kosten	53
4.2.4	Sociale baten.....	53
4.2.5	Afweging van de private kosten en baten.....	55
4.2.6	Afweging van de private plus de sociale kosten en de baten	56
4.2.7	Netto contante waarde	57
4.2.8	Interne opbrengstvoet	58
4.2.9	Verschillende scenario's.....	59
4.2.10	Bijdrage Kyoto	59
4.3	<i>Vergelijking tussen een passiefhuis en een energiezuinig huis</i>	60
4.3.1	Private kosten	60
4.3.2	Private baten	61
4.3.3	Sociale kosten	62
4.3.4	Sociale baten.....	62
4.3.5	Afweging van de private kosten en baten.....	64
4.3.6	Afweging van de private plus de sociale kosten en de baten	64
4.3.7	Netto contante waarde	64
4.3.8	Interne opbrengstvoet	65
4.3.9	Verschillende scenario's.....	65
4.4	<i>Vergelijking tussen een energiezuinig huis en een conventioneel huis</i>	66
4.4.1	Private kosten	66
4.4.2	Private baten	66
4.4.3	Sociale kosten	68
4.4.4	Sociale baten.....	68
4.4.5	Afweging van de private kosten en baten.....	70
4.4.6	Afweging van de private plus de sociale kosten en baten	70
4.4.7	Netto contante waarde	71
4.4.8	Interne opbrengstvoet	72
4.4.9	Verschillende scenario's.....	72
4.5	<i>Besluit</i>	72
Hoofdstuk 5	Subsidies en suggesties naar politiek beleid	74
5.1	<i>Subsidies</i>	74
5.1.1	Vervanging of onderhoud van stookketels	75

5.1.2	Installatie van een zonneboiler	75
5.1.3	Plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen	76
5.1.4	Installatie van warmtepomp	77
5.1.5	Plaatsing van hoogrendementsbeglazing	77
5.1.6	Investering in dakisolatie	78
5.1.7	Plaatsing van thermosstatische kranen of een kamerthermostaat met tijdsindeling	78
5.1.8	Energieaudit van de woning	78
5.2	<i>Situatie in andere landen</i>	81
5.3	<i>Suggesties naar beleid</i>	82
5.3.1	Subsidies	82
5.3.2	Promotie	84
5.3.3	Kennis	85
5.3.4	Andere	85
5.4	<i>Besluit</i>	86
Hoofdstuk 6	Besluit	88
	Lijst van geraadpleegde werken	92
	Lijst van figuren	95
	Lijst van tabellen	96

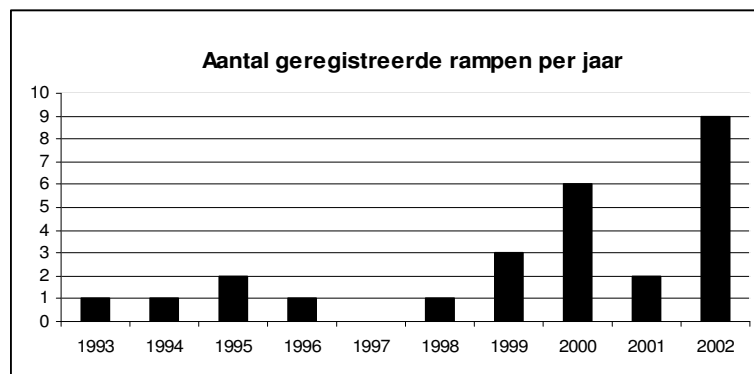
Hoofdstuk 1 Probleemstelling

1.1 Praktijkprobleem: Kyoto en energieproblematiek

“Willen we de Kyoto-norm halen, dan is dit het huis van de toekomst.”

Voormalig minister van Leefmilieu F. Van den Bossche (2004)

Volgens klimaatexperten zijn de tsunami in Thailand en de orkaan Katrina slechts voorbodes van wat ons te wachten staat. Ook België wordt getroffen door toenemende temperatuurpieken, meer waterellende en bijbehorende uitgaven. Het IPCC (Intergovernmental Panel on Climate change) bemerkt in onze contreien een toename van neerslag van 30 à 40% in de periode 1900-2000. Figuur 1 toont de stijging van het aantal geregistreerde klimatologische rampen in België, in hoofdzaak te wijten aan overvloedige regenval, stormen en overstromingen. (Proceedings PHH, 2005)



Figuur 1: Overzicht van het aantal klimatologische rampen geregistreerd door het federaal rampenfonds gedurende de periode 1993-2002. (Bron: Direction des calamités, DG de la Sécurité civile)

In een periode van 10 jaar gaf de overheid meer dan 89 miljoen euro uit voor schade aanvragen ter waarde van meer dan 245 miljoen euro.

In 1992 werd naar aanleiding van de Conferentie van de Verenigde Naties over Milieu en Ontwikkeling in Rio de Janeiro het ‘Klimaatverdrag’ afgesloten. Dit verdrag bindt de strijd aan tegen de klimaatwijzigingen. Met dit verdrag moet de concentratie aan broeikasgassen (voornamelijk koolstofdioxide – CO₂) in de atmosfeer zodanig gestabiliseerd worden, dat er

geen gevaarlijke wijzigingen in het klimaat optreden. Hiervoor werd in 1997 in Kyoto een Protocol afgesloten dat bepaalde welke reductie-inspanningen de geïndustrialiseerde landen moeten leveren. Zo moet België bijvoorbeeld zijn uitstoot tegen 2008 - 2012 verminderen met 7,5% ten opzichte van het niveau van 1990. (Tobback, 18 september 2005)

Volgens de officiële Belgische website over het klimaat (2005) bedroeg de totale uitstoot aan broeikasgassen in 1990 145.660 kiloton CO₂-equivalenten (definitie zie bijlage 1). 28.144 kiloton CO₂-equivalenten of beter 19,3% kwam van de verwarming van gebouwen. In 2003 werden er in totaal 147.719 kiloton CO₂-equivalenten uitgestoten. 21,8% of wel 32.180 kiloton CO₂-equivalenten was afkomstig van de verwarming van gebouwen. (figuren zie bijlage 2) Ten opzichte van 1990 is er dus een verhoging van broeikasgassen van 1,4%. De verhoging van CO₂ daarentegen bedraagt 6,2% in vergelijking met 1990. 85,5% van de broeikasgassen bestaat uit CO₂. Een vermindering van broeikasgassen met 7,5% ten opzichte van het niveau van 1990 komt bijgevolg neer op een vermindering van 10.924,5 kiloton CO₂-equivalenten.

Volgens de meest recente cijfers zat België in 1996 echter al met een stijging van 7,25% tegenover 1990. Dit betekent dus dat, indien men vanaf nu begint te rekenen, men voor een nog grotere inspanning staat: een reductie met ongeveer 15%. (Proceedings PHH, 2005)

Een andere trend in het dagelijks leven is het verhoogde energiegebruik van de Belg. Volgens het Nationaal Instituut voor Statistiek (2005) bedroeg het totaal energieverbruik voor België in 2003 42.991 kiloton olie-equivalent. Dit was maar liefst een 14,8% stijging ten opzichte van 1979. Het huishoudelijk en gelijkgesteld verbruik steeg met 3,5% en bedroeg in 2003 15.048 kiloton olie-equivalent. (Figuur zie bijlage 3)

Niet alleen het verbruik is gestegen, ook de prijs werd verhoogd. Stookolie ging van 0,245 euro per liter in 1980 naar 0,516 euro per liter in 2005. Steenkool kostte 0,128 euro per kg in 1980 en in 2004 kostte het 0,317 euro per kg. Aardgas ging van 0,153 euro per m³ in 1980 naar 0,319 euro per m³ in 2002 (0,039 euro per kWh in 2005) en elektriciteit tot slot kostte 0,093 euro per kWh in 1980 en in 2005 kostte het 0,167 euro per kWh. (NIS, 2006)

Bij haar bezoek aan een passiefhuis in Waarloos op 1 maart 2004 stelde voormalig Minister van Leefmilieu Freya Van den Bossche: “Het passiefhuis kan oplossingen bieden voor drie problemen: het halen van de Kyoto-norm, de hoge energiefactuur in Vlaanderen en de te grote afhankelijkheid van energieleveranciers uit het Midden-Oosten.” (De Standaard, 2 maart 2004)

1.2 Onderzoeksvragen

Eerst wordt de centrale onderzoeksvraag geformuleerd die het uitgangspunt zal zijn van deze thesis. Vervolgens worden deelvragen afgeleid uit deze centrale onderzoeksvraag.

1.2.1 Centrale onderzoeksvraag

Uit de probleemstelling leiden we de volgende centrale onderzoeksvraag af:

Wat zijn de kosten en de baten van een passiefhuis en hoe kan het beleid helpen bij de promotie van passiefhuizen?

1.2.2 Deelvragen

De centrale onderzoeksvraag wordt vervolgens verder uitgediept aan de hand van een aantal deelvragen.

Eerst is het belangrijk te weten wat een passiefhuis is en hoe een passiefhuis kan geconstrueerd worden. Dit zal onderzocht worden in de eerste deelvraag:

- 1. Wat is een passiefhuis en welke technieken zijn nodig voor de realisatie van een passiefhuis?**

Vervolgens zal onderzocht worden wat het gemiddeld energieverbruik is van een passiefhuis. Er wordt hierbij de volgende vraag gesteld:

2. Hoeveel energie kan een passiefhuis sparen in vergelijking met een energiezuinig huis of een conventioneel huis?

Hieruit kan de gemiddelde CO₂ uitstoot van een passiefhuis bepaald worden. Dit kan geëxtrapoleerd worden op basis van het aantal nieuwe huizen dat er jaarlijks in België gebouwd wordt. Zo komt men tot de derde deelvraag:

3. Hoeveel CO₂ uitstoot kan men verminderen met het zetten van passiefhuizen?

Een vierde deelvraag handelt over de economische gevolgen voor de bouwheer. Op welke termijn kan de bouwheer de extra investering terug winnen? Worden er subsidies gegeven voor de extra vermindering aan CO₂? De vierde deelvraag luidt als volgt:

4. Hoeveel kost een passiefhuis en hoeveel kan het ‘opbrengen’ op lange termijn?

Tot slot wordt onderzocht hoe het beleid staat tegenover passiefhuizen. Zijn er subsidies voor het bouwen van een passiefhuis? Wilt de overheid helpen om de Kyoto-norm te halen of moet de eigenaar het volledig zelf financieren? De vijfde onderzoeksvraag luidt dus als volgt:

5. Hoe kan het Belgisch en Vlaams beleid aangepast worden zodat de bouw van passiefhuizen gestimuleerd wordt?

1.3 Definiëring van belangrijke begrippen

De term ‘Passief Huis’ verwijst naar een constructiestandaard die bereikt kan worden met een verscheidenheid aan technieken, ontwerpen en materialen. Het is een verfijning van de term ‘Lage-energie woning’. De gebouwen hebben een comfortabel binnenklimaat in winter en zomer zonder een conventioneel verwarming – noch koelingsysteem. (Wat is een passiefhuis?, 2002)

Een passiefhuis heeft een maximale verwarmingsenergie van 15 kWh/m² woonoppervlak. Bij zulke goede thermische eigenschappen is een conventioneel verwarmingssysteem niet meer nodig. Het huis wordt verwarmd door interne warmtebronnen, zoals personen en elektrische toestellen, en door zonne-energie. De rest van de nodige warmte wordt geleverd door verwarmde lucht die afkomstig is van een gecontroleerd ventilatiesysteem met warmterecuperatie. (energiesparhaus, 2006)

Andere criteria waar een passiefhuis aan moet voldoen zijn:

- Totaal hoeveelheid energie: maximum 42 kWh/m²
- Totaal hoeveelheid primaire energie: maximum 120 kWh/m²

(energiesparhaus, 2006)

Primaire energie is energie die uit natuurlijke bronnen wordt gewonnen. Natuurlijke bronnen zijn steenkool, bruinkool, ruwe olie, aardgas, nucleaire brandstof en hernieuwbare bronnen zoals wind, water, zonne-energie en geothermische energie (energie uit aardwarmte). (Europa, 2006)

Zoals de naam reeds aangeeft, worden de energiebesparingen vooral gerealiseerd door middel van passieve strategieën. Door het optimaliseren van reeds noodzakelijke elementen wordt een conventioneel verwarmingssysteem overbodig. Bijvoorbeeld door oriëntatie van de kamers. (Passiefhuisplatform, 2005)

Een lage-energie woning heeft geen strikte definitie zoals een passiefhuis. Voor een passiefhuis moet het energiegebruik voor verwarming kleiner zijn dan 15 kWh/m² (K15) per jaar en mag de totale energievraag voor verwarming, ventilatie en elektriciteit maximum 42 kWh/m² per jaar bedragen. Een laag-energie huis heeft meestal een isolatiepeil van rond de K30 à K45 (uitleg zie 2.1.3). Dat is al veel beter dan de doorsnee nieuwbouw van vandaag (K55), waardoor de behoefte aan verwarming kleiner wordt. Er is nog een verwarmingsinstallatie nodig, maar ze hoeft niet meer zo groot te zijn. (Passiefhuisplatform, 2005)

Een comfortabel binnenklimaat wilt zeggen dat de temperatuur in het huis rond de 20°C bedraagt zowel in de zomer als in de winter. (Cobbaert, 2005)

1.4 Onderzoeksontworp

Om een antwoord te kunnen formuleren op de centrale onderzoeksvraag en de daarbij horende deelvragen wordt er gebruik gemaakt van twee soorten studies. Om een antwoord te geven op de eerste deelvraag, wordt een literatuurstudie uitgevoerd. Men gaat de informatie, die over het onderwerp reeds bekend is, samenvatten en integreren. (Broeckmans, J., 2001) Voor het beantwoorden van de volgende vier deelvragen wordt gebruik gemaakt van een enquête.

1.4.1 Literatuurstudie

Om kennis te maken met het onderwerp bracht ik eerst een bezoek aan Batibouw 2005 in Brussel. Hier bezocht ik onder andere de stand van het centrum voor duurzaam bouwen en die van het Passiefhuis-Platform. Dit leverde me de eerste brochures, uitleg en nuttige bronnen op.

Via het internet surfte ik naar de website van Passiefhuis-Platform en schreef me in op hun maandelijkse nieuwsbrief. Op deze manier word ik op de hoogte gehouden van de laatste stand van zaken. De website zelf bundelt informatie die er over passiehuizen verschijnt. Het gaat van persberichten en promotie voor particulieren tot technische informatie voor architecten.

Verder heb ik veel informatie gehaald uit brochures. De meeste zijn tegenwoordig te downloaden via het internet en zijn gemakkelijk te vinden via het invullen van trefwoorden in zoekmachines als google of yahoo. Vooral op de websites van de Vlaamse overheid, de Organisatie voor Duurzame Energie (ODE) en het Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen (VIBE) stonden nuttige brochures.

In de bibliotheek van de Universiteit Hasselt vond ik geen boeken over passiefhuizen, maar wel twee thesissen die gaan over duurzaam, bio-ecologisch bouwen. Over passiefhuizen zijn nog maar acht echte boeken verschenen. Vier in Duitsland, één in Frankrijk en drie Nederlandstalige boeken met de conclusies van het jaarlijks Passiefhuis-Symposium. In de bibliotheek van de Provinciale Hogeschool Limburg, afdeling architectuur waren wel boeken te vinden over concepten als duurzaam bouwen en energiebesparingen in de bouw.

Tot slot bezocht ik de Passiefhuis-Happening in de Katholieke Hogeschool St. Lieven te Aalst op 21 oktober 2005. Ik heb er zes lezingen gevolgd van deskundigen en ben een kijkje gaan nemen op de informatiebeurs.

1.4.2 Enquête

Om een antwoord te vinden op deelvragen twee tot en met vijf wordt er gebruik gemaakt van een postenquête. De bepaling van de populatie wordt nu verder uitgelegd.

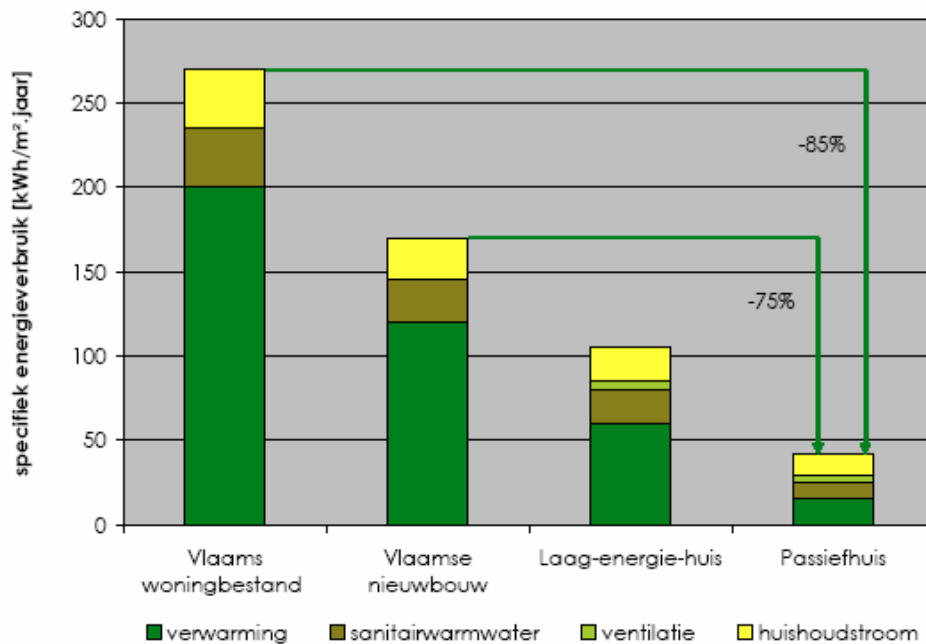
Op 22 en 23 oktober 2005 heeft de Bond Beter Leefmilieu haar 'Open Huizendagen' georganiseerd. Er namen 51 particuliere woningen deel aan dit Vlaams initiatief. Het ging om 12 passiefhuizen en 39 energiezuinige woningen. Ik heb de verantwoordelijke van deze Open Huizendagen, Mevrouw Lieselotte Van der Donckt, gecontacteerd en gevraagd of ik de adressen kon krijgen van de deelnemende woningen. Aangezien ze die adressen liever niet bekend maakte, spraken we af dat ik haar de afgewerkte enquêtes zou bezorgen en dat zij er een adres op ging schrijven en door zou sturen. 1 enquête werd persoonlijk afgegeven aan de eigenaar van een passiefhuis. Ik had bijgevolg een populatie van 52 woningen waaronder 13 passiefhuizen en 39 energiezuinige woningen.

Na twee maanden heb ik maar liefst 40 van de 52 per post verstuurde enquêtes correct ingevuld teruggekregen. Dat is een respons van 77%. Volgens Broekmans (2002) is de respons op een postenquête normaal 30%. De uitzonderlijk hoge respons is mede het gevolg van het feit dat de meeste eigenaars van een energiezuinige woning of een passiefhuis, geëngageerde mensen zijn die overtuigd zijn van hun standpunt. Ik geloof dat ze zoveel

mogelijk reclame willen maken en studies willen helpen om dit te bekrachtigen. Ik heb de respondenten ook de samenvatting van mijn thesis beloofd, indien ze dat wensten. Dit heeft misschien ook bijgedragen tot de hoge respons. Van de 40 ontvangen enquêtes gaan er 12 over passiefhuizen en 28 over energiezuinige woningen.

Hoofdstuk 2 Literatuurstudie: Technische aspecten van een passiefhuis

De definitie van een passiefhuis werd reeds toegelicht onder sectie 1.3. Belangrijk is dat bij passiefhuizen de energieconsumptie vier keer lager ligt dan bij de gemiddelde nieuwbouwwoning van vandaag.



Figuur 2: Energiebesparing bij verschillende soorten huizen. Bron: Wat is een passiefhuis? –Technische folder.

Een passiefhuis verbruikt minder dan 15 kWh/m² per jaar voor ruimteverwarming. Dit wordt bereikt door het verminderen van het warmteverlies en het maximaliseren van de warmtewinst. Het verbruik voor warmte voor woningen van 1960 is ongeveer 200 kWh/m² per jaar. Door betere isolatie is het energieverbruik voor verwarming bij nieuwbouw al teruggebracht tot ongeveer 100 kWh/m² per jaar. Bij een lage energiewoning wordt 75 kWh/m² per jaar bereikt. (Passiefhuis Platform, 2005)

Zowel particuliere gebouwen, als kantoren, scholen, etc... kunnen volgens deze passiefhuis-norm gebouwd worden. Om tot een passiefhuis te komen, moet men bouwen volgens enkele basisprincipes.

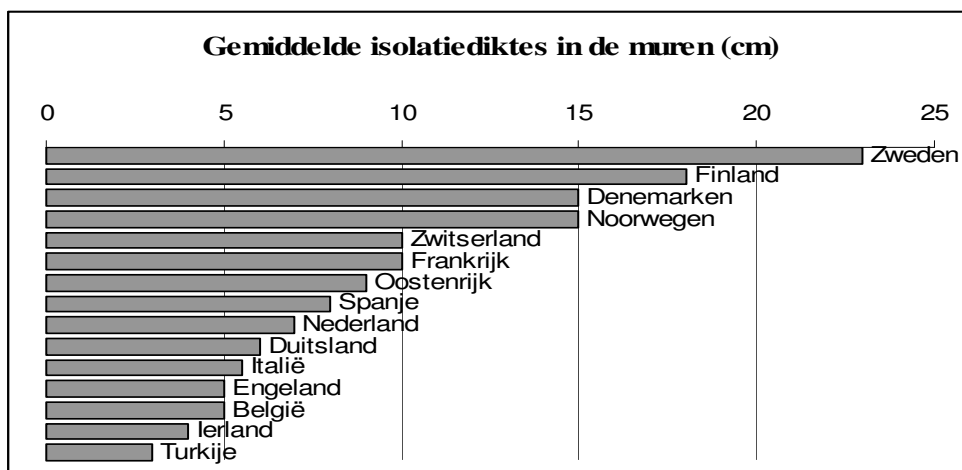
2.1 Maximaal isoleren



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 18 cm tot 35 cm naargelang het type isolatiemateriaal. De beglazing is drievoudig en het schrijnwerk is extra geïsoleerd. Het is eveneens belangrijk dat koudebruggen vermeden worden. (Wat is een Passiefhuis?, 2002)

Een koudebrug is een plaats waar de isolatie onderbroken is en waarlangs de koude gemakkelijk naar binnen dringt. (Vlaamse Provincies, *Bewust Duurzaam Bouwen*, 2005). 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 energiebesparingsmaatregelen renderen. Als er goed geïsoleerd wordt, kan er niet alleen gespaard worden op milieu, maar wordt het binnencomfort ook verbeterd. Zo voelen de muren bijvoorbeeld warmer aan. Enkele voorbeelden van koudebruggen zijn drempels, slecht geplaatste ramen en onderbroken isolatie.

Uit onderstaande figuur blijkt dat België niet goed isoleert. In 1998 bevond België zich zelfs onder mediterrane landen als Spanje en Italië.



Figuur 3: Gemiddelde isolatiediktes in de muren. Bron: Greenpeace, 1998

Het isolatiepeil van een gebouw wordt berekend met een aantal formules en eenheden. De voornaamste grootheden worden nu verder toegelicht.

2.1.1 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 lambdawaarde 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. (Vlaamse Provincies, *Bewust Duurzaam Bouwen*, 2003) Volgens het maandblad 'Duurzaam Bouwen' (2005) hebben kunststoffen, bijvoorbeeld PVC, polyurethaan, polystyreen en polyetyleen de gunstigste lambdawaarden.

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
Schapenwol	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

2.1.2 U-waarde: op niveau van een constructie

Een constructiedeel (dak, vloer, wand, raam, e.d.) is steeds samengesteld uit verschillende bouwdelen of bouwmaterialen, die elk een eigen warmtegeleidingcoëfficiënt (λ) hebben (zie 2.2.1). De U-waarde geeft aan hoeveel warmte er per m^2 en per seconde verloren gaat door een constructiedeel als er tussen 'binnen' en 'buiten' een temperatuursverschil van $1\text{ }^\circ\text{C}$ is. Hoe lager deze waarde, hoe beter het isolerende vermogen van dit constructiedeel. Er bestaan wettelijke maximumnormen per bouwdeel. (Vlaamse Provincies, *Bewust Duurzaam Bouwen*, 2003)

De U-waarde van het materiaal glas wordt meer in detail uitgelegd. Gedurende de laatste twee decennia is de U-waarde van courant toegepast glas met een factor 10 verbeterd. Terwijl de vroeger gebruikelijke enkele beglazing een U-waarde van $5,6\text{ W/m}^2\text{K}$ had, is men over dubbel glas en verbeterd dubbel glas geëvolueerd naar drievoudige passiefhuis-beglazing met U-waarden van $0,6\text{ W/m}^2\text{K}$ en lager. (Passiefhuis-Platform, *Technologiewijzer – Glas*, 2005)

2.1.3 K-peil: op niveau van een gebouw ($\text{W/m}^2\text{K}$)

Het K-peil wordt voor een heel gebouw berekend en drukt het isolatiepeil uit in een cijfer. Het K-peil houdt rekening met het warmteverlies van de verschillende constructieonderdelen (met elk hun eigen U-waarde, zie 2.2.2), gekoppeld aan de compactheid van het gebouw. Hoe lager dit getal, hoe beter het gebouw geïsoleerd is. Vanaf 1 januari 2006 mag het K-peil van woningen in Vlaanderen wettelijk niet hoger zijn dan K45. (Vlaamse Provincies, *Bewust Duurzaam Bouwen*, 2003)

Volgens de brochure 'Bewust Duurzaam Bouwen' (Vlaamse Provincies, 2003) 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 gebeurt. 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.

Isolatiewaarden in W/m^2K

	Warmteverliezen in een typisch bestaande woning	Maximale warmteverliezen volgens de wettelijke norm	Maximale warmteverliezen zuinige woning	Isolatie-dikte 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	

Tabel 2: isolatiewaarden (Bron: Zuinig met energie, Greenpeace, 1998)

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

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

Deze waarden zijn dus nog strenger dan voor een energiezuinige woning.

In tabel 2 staan cijfers die verband houden met de isolatieregelgeving die tot 31 december 2005 van kracht was. Daarin moesten gebouwen voldoen aan een K-waarde van K55. Om echter betere energieprestaties van gebouwen te stimuleren voerde Vlaanderen, in het kader van de omzetting van de Europese richtlijn, vanaf 1 januari 2006 een energieprestatie-regelgeving in. Dit energieprestatiebesluit verstrengt de thermische isolatie-eisen (maximaal K-waarde en U-waarde) bvb K45 in plaats van K55.

Het stelt verder eisen aan de energieprestatie van het gebouw (maximaal E-peil¹). 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. (Energiesparen, *Vanaf 2006 een energieprestatieregelgeving in Vlaanderen*, 2005)

De implementatie van de Europese richtlijn is een bevoegdheid van de gewesten. Elk gewest is dus verplicht om de richtlijn om te zetten. Wallonië en Brussel overwogen om dezelfde berekeningsmethode over te nemen. Het is momenteel echter nog niet duidelijk of zij ook dezelfde eisen zullen invoeren. (Energiesparen, *Vanaf 2006 een energieprestatieregelgeving in Vlaanderen*, 2005)

Overzicht van de eisen voor nieuwe gebouwen

	Woongebouwen	Kantoren en scholen	Andere specifieke bestemmingen	Industriële gebouwen
Thermische isolatie	max. K45 en U _{max}	max. K45 en U _{max}	max. K45 en U _{max}	max. K55 of U _{max}
Energieprestatie	max. E100 (per eenheid)	max. E100	/	/
Binnenklimaat	Minimale ventilatievoorzieningen (residentieel) + beperken risico op oververhitting	Minimale ventilatievoorzieningen (niet-residentieel)	Minimale ventilatievoorzieningen (niet-residentieel)	Minimale ventilatievoorzieningen (niet-residentieel)

Andere specifieke bestemmingen: handelszaken, horeca, ziekenhuizen, sportfaciliteiten, musea ...

Tabel 3: Eisen voor nieuwe gebouwen, opgelegd door de energieprestatieregelgeving. Bron: Energiesparen, *Vanaf 2006 een energieprestatieregelgeving in Vlaanderen*, 2005

Het volledige energiebesluit is terug te vinden in bijlage 4 en 5.

¹ Peil van primair energieverbruik: peil dat de globale energetische prestatie weergeeft, uitgedrukt door de verhouding van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik tot een referentiewaarde. (Ontwerp van besluit van de Vlaamse regering tot vaststelling van de eisen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen, 1 januari 2006)

2.2 Comfortventilatie



Ventileren is noodzakelijk omdat de binnenlucht ongeveer tweemaal meer vervuild is dan buitenlucht. Elk gezin produceert per dag 10 à 20 liter woonvocht door koken, wassen, douchen,... 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 verbrandingstoestellen. (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Ventilatie*, 2005)

Passiefhuizen hebben een constante aanvoer van verse lucht om het comfort van de gebruikers zo hoog mogelijk te houden. De verse lucht wordt aangevoerd in de droge ruimtes (slaapkamers, leefruimtes,...) en via doorstroom ruimtes (gang, trappenhal,...) afgevoerd uit de natte ruimtes (keuken, badkamer, wc's,...). 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. (Mlecnik, *Passiefhuis-concept stimuleert innovatie in de bouw*, 2003) 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. (Wat is een passiefhuis?, 2002) De binnenkomende lucht wordt dikwijls al opgewarmd door hem door een aardwarmtewisselaar (grondbuis) te sturen.

In een passiefhuis wordt altijd een mechanisch ventilatiesysteem met warmterecuperatie gebruikt. De standaard die vooropgesteld wordt door Passiefhuis-Platform is een mechanische balansventilatie met warmterecuperatie met een temperatuurrendement $> 75\%$. (Mlecnik, *Kwaliteitsbewaking van passiefhuizen en energiezuinige woningen*, 2004)

In de brochure 'Warmtepompen voor woningverwarming' van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2004) valt te lezen dat voor een gezond binnenklimaat een woning een luchtverversing van 25 m³ per persoon per uur nodig heeft. Om het warmteverlies langs deze

weg te beperken, wordt er aangeraden een gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning te gebruiken. Met gebalanceerd wordt bedoeld dat men voldoende moet ventileren voor de gezondheid van de bewoners, maar niet overmatig om energieverlies te beperken.

2.3 *Passieve warmtewinsten*

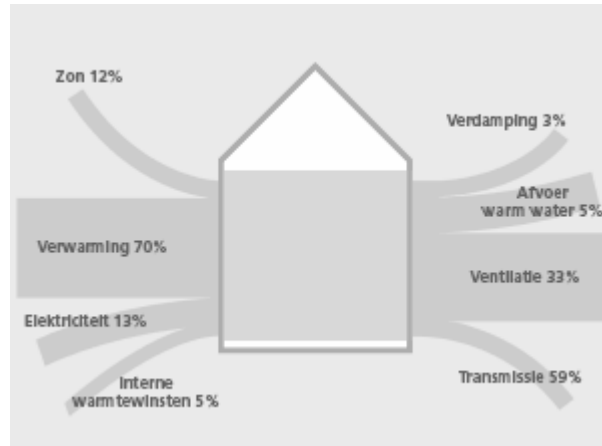


Een derde principe om tot een passiefhuisstandaard te komen is het gebruik van driedubbele beglazing. Dit werkt als een soort zonnecollector die gratis warmte levert. (Passiefhuis-Platform, 2005)

Volgens de brochure ‘Bewust Duurzaam Bouwen’ (Vlaamse Provincies, 2003) komt het erop aan 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, ...), worden het best aan de zuidkant gepland. Slaapkamers komen het best aan de zuidoostkant, zo genieten ze van de zonsopgang ‘s morgens en zijn ze tegen de avond afgekoeld. In de keuken worden best zuidwestelijke ramen vermeden, want die zijn vaak oorzaak van oververhitting. Weinig gebruikte en minder verwarmde plaatsen liggen het best aan de noordwest zijde van de woning.

In ‘Duurzame Energie – Wegwijzer 2004’ (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2004) wordt gesteld 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. (zie 2.1). 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 (zie 2.2). 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,... 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.



Figuur 4: Warmtebalans voor een woning bij K55. Bron: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Warmtepompen voor woningverwarming*, 2004

In de brochure ‘Bewust Duurzaam Bouwen’ (Vlaamse provincies, 2003) wordt bemerkt dat best een ver overstekend dak boven het raam gemaakt wordt. 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 koudegaten. 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 vermits zijn lambdawaarde 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 K-peil en 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 passiehuizen 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.

2.4 *Luchtdicht bouwen*



Het Passiehuis-Platform stelt dat het gebouw zeer luchtdicht moet zijn om warmteverliezen via kieren en aansluitingen te vermijden. De standaard voor een passiehuis in verband met gebouwlekverliezen is een luchtdichtheidsgraad $n_{50} < 0.6 \text{ h}^{-1}$. Dit wilt 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. In de Belgische ventilatienorm worden aanbevelingen gegeven voor woningen met mechanische ventilatie: $n_{50} < 3,0 \text{ h}^{-1}$ zonder warmterecuperatie en $n_{50} < 1,0 \text{ h}^{-1}$ met warmterecuperatie. Als er gekeken wordt naar de gemiddelde luchtdichtheid van woningen in België, gemeten door de SENVIVV-studie, valt op dat de werkelijke waarden een stuk hoger liggen. Hieruit blijkt duidelijk dat er nog grote inspanningen nodig zijn om tot een luchtdichtheid te komen binnen de marges van wat economisch en ecologisch optimaal is. (Nathan Van Den Bossche, 2005)

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 dampscherm vervult. (Vlaamse Provincies, *Bewust Duurzaam Bouwen*, 2003)

In de brochure 'De energiezuinige woning: een keuze in je eigen belang' (OIVO, 1999) wordt hetzelfde gesteld, namelijk dat 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 lage isolatiewaarden te bereiken. Verder belet de luchtdichte afwerking dat vocht de isolatie binnendringt, waardoor aantasting van isolatie en condensatie voorkomen wordt. 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 (bvb de schoorsteen) dient het dampscherm met sterke kleefband hersteld te worden.

Hieronder wordt een foto getoond van het dampscherm dat in het Living Today passiefhuis in Heusden-Destelbergen werd gebruikt. Dit dampscherm 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.



Figuur 5: Dampscherm. Bron: Passiefhuis-Platform, *Luchtdicht bouwen – Een case studie*, 1999

In 1999 werd een eerste passiefhuis proefproject op poten gezet: A Living Today. Het is een modelwoning te Heusden-Destelbergen, waarbij het energieverbruik 5 keer lager ligt dan in een gemiddelde Vlaamse woning. Men kan er kennis maken met passieve zonne-energie door het gebruik van superisolatie en beglazing, aardwarmtewisselaars en warmterecuperatie. Bijkomende kenmerken zijn de gecontroleerde ventilatie en de afwezigheid van conventionele verwarmings- en koelingsystemen. Tot slot dient opgemerkt te worden dat het toegepaste passiefhuis concept meer binnenruimte biedt door afwezigheid van een stookruimte of radiatoren (Living Today brochure, 2003).

2.5 *Efficiënte huishoudapparaten*

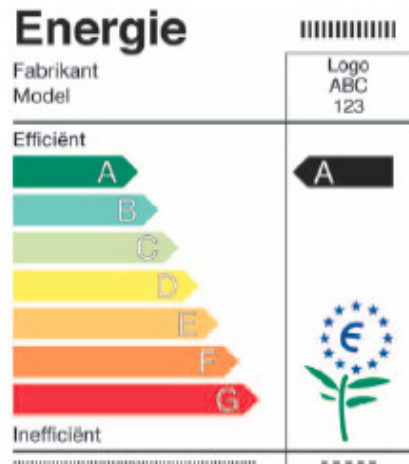


Door in een passiefhuis gebruik te maken van energiezuinige elektrische apparaten kan volgens het Passiefhuis-Platform (2005) het resterend energieverbruik tot de helft worden verminderd, zonder dat de gebruiker hier hinder van ondervindt. Zuinige huishoudapparaten zijn over hun levensduur goedkoper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

De auteurs van de brochure 'Bewust Duurzaam Bouwen' (Vlaamse Provincies, 2003) zijn het hiermee eens en stellen verder 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 (strijkijzers, was- en afwasmachines, gewone elektrische kookplaat, elektrische boiler, ...). Voor een aantal toestellen bestaat een Europees

energielabel. Dit deelt de toestellen in een aantal klassen in (van A tot G). (Vlaamse Provincies, *Bewust Duurzaam Bouwen*, 2003)



Figuur 6: Tabel met de verschillende energielabels. Bron: Electrabel, *Energie besparen, 101 tips en adviezen*, 2005

Het energielabel geeft aan hoe zuinig een toestel met energie omspringt. Toestellen met een A-label zijn het zuinigst, toestellen met een G-label het minst zuinig. 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. (Electrabel, *Energie besparen, 101 tips en adviezen*, 2005)

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. Vermits koeltoestellen en diepvriezers het hele jaar door energie verbruiken, loont het de moeite om in een toestel van categorie A++ te investeren. (Electrabel, *Energie besparen, 101 tips en adviezen*, 2005)

Koken op aardgas is veruit het zuinigst. De meeste elektrische kookplaten zijn echter vitrokeramisch. Meestal zitten onder het glazen oppervlak halogeenlampen 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. (Electrabel, *Energie besparen, 101 tips en adviezen*, 2005)

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. (Electrabel, *Energie besparen, 101 tips en adviezen*, 2005)

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.

2.6 Hernieuwbare energie

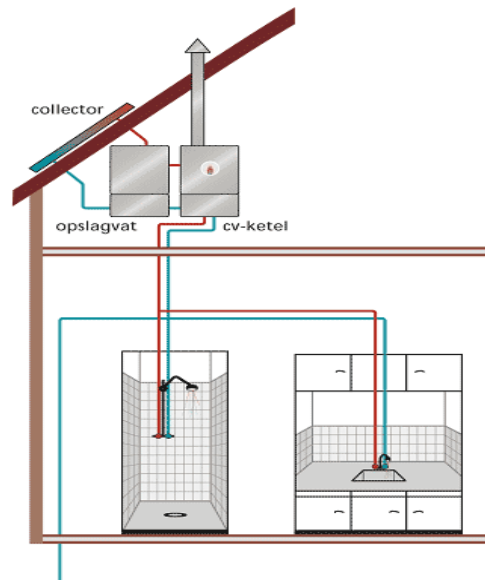


De overgebleven energiebehoefte van een passieve woning bedraagt slechts 25% van deze van een conventionele woning. Daarom wordt het zinvol hernieuwbare energiebronnen in te schakelen, zonder de kosten gevoelig te

verhogen of de beperkte mogelijkheden van deze energiebronnen te overschrijden. Thermische zonnecollectoren kunnen 40 tot 60% van de warmwaterbehoefte voor sanitair van een passieve woning dekken. Een deel van de elektriciteitsbehoefte kan gedekt worden door fotonvoltaïsche zonnepanelen. (Passiefhuis-Platform, 2005)

2.6.1 Zonneboiler

Bij zonneboilers wordt de warmte die de zon afgeeft opgevangen en alleen ingezet wanneer er behoefte aan is. (Duurzaam Bouwen, 2005) De zonneboiler bestaat uit een zonnecollector en een opslagvat.



Figuur 7: Onderdelen van een zonneboiler. Bron: warmwonen, 2006

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. (warm wonen, 2006)

Voor een gemiddeld gezin van vier personen is een collectoroppervlak van minimum 3 m² 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. (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Duurzame energie – wegwijzer 2004*, 2004)

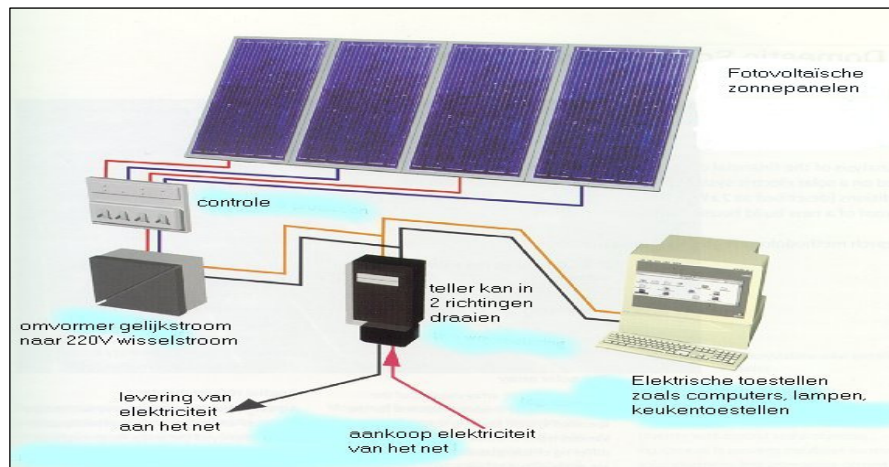
Men kan de warmte van de zonnecollector ook opslaan in de vloer, voor vloerverwarming, of in de wand, voor wandverwarming.

2.6.2 Zonnecellen en zonnepanelen

In een fotonvoltaïsche zonnecel wordt zonlicht rechtstreeks omgezet in elektriciteit door absorptie van zonlicht in een halfgeleidermateriaal. (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Duurzame energie – wegwijzer 2004*, 2004)

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 fotonvoltaïsch 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). (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Duurzame energie – wegwijzer 2004*, 2004)

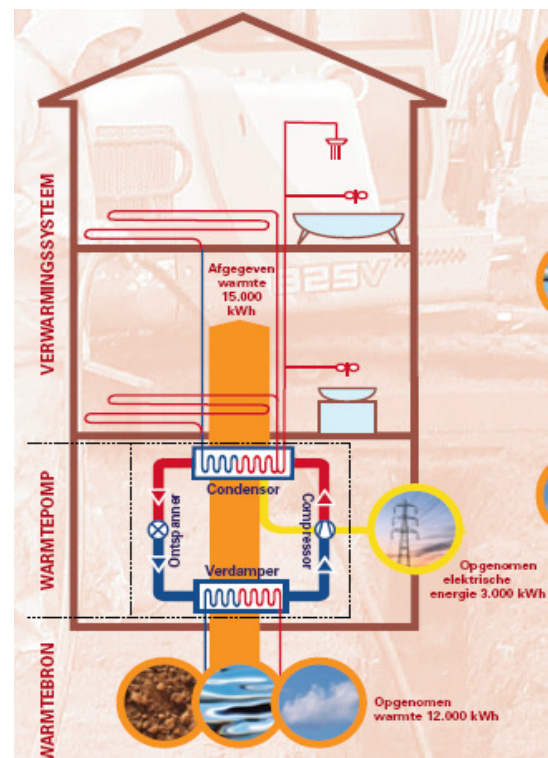


Figuur 8: Zonnepanelen en randapparatuur. Bron: Warm wonen, 2006

Een netgekoppeld 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 netgekoppeld PV-systeem van 10 m² de helft van het jaarverbruik uit de zon halen. (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Duurzame energie – wegwijzer 2004*, 2004)

2.6.3 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, convectoren, vloerverwarming of luchtkanalen. Hooguit een vierde van de geleverde warmte wordt



Figuur 9: werking warmtepomp. Bron: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Warmtepompen, de natuur als bron van verwarming*, 2005)

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 verwarmings-systeem. (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Maak uw huis energiezuinig en betaal minder belastingen*, 2005)

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 terug vloeibaar wordt. (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Warmtepompen, de natuur als bron van verwarming*, 2005)

2.7 Besluit

Het lage energiegebruik van een passiefhuis wordt bereikt door het minimaliseren van de warmteverliezen en het maximaliseren van de warmteopbrengsten. Het minimaliseren van de warmteverliezen gebeurt door

- de installatie van een goede en dikke isolatie
- het gebruik van driedubbele beglazing
- luchtdichtheid van het gebouw
- het gebruik van energiezuinige huishoudelijke apparaten
- het gebruik van hernieuwbare energiebronnen

Het maximaliseren van de warmteopbrengsten gebeurt door het benutten van

- de zonnewarmte en oriëntatie van de woning
- de warmte die geproduceerd wordt door elektrische toestellen
- de warmte die de bewoners produceren
- een mechanisch ventilatiesysteem

Doordat het passiefhuis zo weinig verwarmingsenergie nodig heeft, kan het zonder verwarmingsinstallatie. Het volstaat via een ventilatiesysteem de toegevoerde frisse buitenlucht te verwarmen. Hiervoor is slechts een klein vermogen nodig dat bijvoorbeeld kan geleverd worden door een warmtepomp, pelletkachel, aardgasverwarming enz.

Hoofdstuk 3 Verwerking enquête

3.1 Bespreking van de gegevens

In de volgende paragrafen worden de gegevens besproken aan de hand van de enquête in bijlage 6. Hierbij worden vooral de verschillen tussen energiezuinige en passieve huizen belicht. Om de gegevens overzichtelijker te maken, werden grafieken gemaakt die terug te vinden zijn in bijlage 7. De belangrijkste grafieken worden opgenomen in de tekst zelf.

In dit hoofdstuk gaat het vooral over de technische implementaties die bij de bouw van energiezuinige huizen en passiefhuizen nodig zijn. Er wordt nagegaan of de theorie uit hoofdstuk 2 ook daadwerkelijk gebruikt wordt. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens ingegaan op de kosten.

In het begin van de enquête wordt gevraagd of het over een renovatie dan wel over een nieuwbouw woning gaat. In mijn populatie zijn 17 energiezuinige woningen nieuwbouw woningen en 11 energiezuinige huizen zijn gerenoveerd. Bij de passiefhuizen daarentegen gaat het bij 10 huizen over nieuwbouw en in 2 woningen is er gerenoveerd. Deze cijfers zijn te verklaren omwille van het feit dat de passiefhuis standaard een meer doorgedreven vorm van het energiezuinig principe is en dus meer verbouwingen vraagt. Het is eveneens een relatief nieuwe term. Indien het om een nieuwbouw woning gaat, valt ook op dat, op één huis na, alle passiefhuizen pas gebouwd zijn vanaf 2002. In enkele gevallen is het zelfs zo dat de huizen nog niet bewoond zijn of dat ze nog niet volledig klaar zijn. De zonnepanelen zijn bijvoorbeeld nog niet geïnstalleerd.

Bij de 28 energiezuinige woningen gaat het bij 20 huizen om een open bebouwing, 3 eigenaars hebben een gesloten bebouwing, 4 een halfopen en 1 gezin woont in een appartement. Bij de passiefhuizen liggen deze resultaten enigszins anders. 10 woningen zijn open bebouwingen, 1 gezin woont in een gesloten bebouwing en 1 gezin heeft een halfopen woning. De mediaanwaarde van het bewoonbaar oppervlak van een energiezuinig huis

bedraagt 194 m² en voor een passiefhuis 195 m². Er werd hier geen rekening gehouden met de oppervlakte van garage, kelder of onbewoonde zolder.

Daarna worden enkele vragen gesteld over de oriëntatie van de woning, want uit de literatuurstudie is gebleken dat de oriëntatie van de woning zeer belangrijk is. 18 van de ondervraagde eigenaars van een energiezuinige woning verklaart dat de oriëntatie van de grond een rol speelde bij de aankoop van het perceel. 10 bewoners zeggen van niet. Bij de eigenaars van een passiefhuis, verklaren 9 gezinnen dat de oriëntatie van de grond een rol speelde en 3 bewoners zeggen dat het niet belangrijk was. Van de mensen die de oriëntatie wél belangrijk vinden, zeggen 16 eigenaars van een energiezuinig huis dat ze bereid waren meer te betalen voor een perceel grond met een meer zuidelijk gerichte oriëntatie, tegenover 7 bij passiefhuis eigenaars.

Oriëntatie:	Energiezuinig	Passief
Noorden	1	0
Zuiden	14	6
Westen	1	0
Noordwest	1	1
Zuidwest	6	4
Zuidoost	5	1
	28	12

Tabel 4: aantal ondervraagde huizen en hun oriëntatie naar de zon

1 energiezuinige woning heeft een leefruimte die georiënteerd is naar het noorden, 14 huizen hebben een leefruimte die naar het zuiden georiënteerd is en 1 woning is naar het westen gericht. De overige energiezuinige woningen hebben een oriëntatie naar een tussenwindrichting. 1 gezin verklaart dat hun leefruimte naar het noordwesten georiënteerd is, 6

huizen hebben een leefruimte naar het zuidwesten en tot slot zijn 5 woningen naar het zuidoosten gericht. Bij de passiefhuizen ligt de leefruimte bij 6 huizen naar het zuiden, 1 naar het noordwesten, 4 naar het zuidwesten en tot slot heeft 1 passiefhuis een leefruimte die naar het zuidoosten gericht is.

3.1.1 Isolatie

Vervolgens wordt de toestand van de isolatie in de huizen onder de loep genomen. Zoals duidelijk werd uit de literatuurstudie is isolatie een zeer belangrijk begrip als men energie wilt sparen. De resultaten uit de enquête kunnen afgelezen worden in de volgende tabel.

	Energiezuinig			Passief		
Isolatie:	Dak	Muur	Vloer	Dak	Muur	Vloer
0-4 cm	0	0	0	0	0	0
4 tot 8 cm	0	5	8	0	0	0
8 tot 12 cm	0	7	12	0	0	0
12 tot 16 cm	3	10	2	0	0	1
Meer dan 16 cm	24	6	4	12	12	11
Geen isolatie	1	0	2	0	0	0
Gemiddeld aantal cm	22,1	14,4	12,9	40,6	35,5	23,6

Tabel 5: Aantal huizen en hun isolatiedikte

Uit tabel vijf blijkt dat er één energiezuinige woning is die geen isolatie heeft in het dak en dat er zelfs twee energiezuinige woningen zijn die geen isolatie hebben in de vloer. Uit de tabel kan eveneens worden afgeleid dat voor het dak, het grootste aantal energiezuinige huizen zich situeert in de categorie ‘Meer dan 16 cm’. Voor de muur- en vloerisolatie zitten de meeste huizen respectievelijk in de categorieën ‘12 tot 16 cm’ en ‘8 tot 12 cm’.

21 van de 28 eigenaars vulden een exacte waarde in voor de isolatiedikte in de muren en het gemiddelde daarvan is 14,4 cm. 23 mensen vulden een exacte waarde in voor het aantal centimeter isolatie in het dak en hun gemiddelde bedraagt 22,1 cm. Tot slot gaven 20 van de 28 gezinnen een waarde op voor de isolatiedikte in de vloer en het gemiddelde hiervan is 12,9 cm.

Voor de passiefhuizen verklaarden alle 12 gezinnen dat ze voor zowel de muren als het dak meer dan 16 cm isolatie gebruiken. Ze gaven allemaal een exacte waarde op voor zowel de muren, het dak als de vloer. De gemiddelde isolatiedikte in de muren bedraagt 35,5 cm en in het dak 40,6 cm. Voor de vloer heeft 1 passiefhuis, een isolatie dikte van 14 cm, de overige 11 huizen hebben een isolatiedikte van meer dan 16 cm. De gemiddelde isolatiedikte voor de vloer in een passiefhuis bedraagt 23,6 cm. In sectie 2.1 werd gesteld dat de gemiddelde isolatiediktes variëren tussen de 18 en de 35 centimeter. We merken dus dat deze gemiddelden in de praktijk hoger liggen.

Als de waarden voor een energiezuinig- en een passiefhuis vergeleken worden, valt het op dat de waarden bij een passiefhuis veel hoger liggen. Hieruit blijkt duidelijk dat een passiefhuis

aan strengere richtlijnen onderworpen is dan een energiezuinige woning. Er wordt gebruikt gemaakt van een maximale isolatie. Verder zal duidelijk worden of de extra isolatie in staat is om het energieverbruik te beperken. Er zijn ook gelijkenissen tussen de twee huizen. Bij beide is de isolatie het dikste in het dak, gevolgd door de muren en dan de vloer. Dit heeft te maken met het feit dat het niet zo moeilijk is om in een dak een dikke isolatie aan te brengen. De zolder wordt in veel huizen niet bewoond en het is bijgevolg niet erg als de isolatie veel plaats inneemt.

Er zijn niet alleen vragen gesteld over de isolatiedikte, maar ook over het soort isolatie dat in de huizen gebruikt wordt. Dit wordt verduidelijkt in de volgende tabel.

	Muren	Dak	Vloer
Polystyreenschuim	1	0	11
Polyurethaanschuim	2	1	4
Glaswol	4	5	0
Rotswol	14	5	5
Dampremmende laag	6	15	0
Afschot isolatie	0	0	0
Cellulose papiervlokken	5	15	1
Andere	7	4	6
Geen isolatie	0	1	2

Tabel 6: Soort isolatie in de muren, het dak en de vloer voor een energiezuinige woning.

Er moet opgemerkt worden dat het aantal huizen per kolom sommeert tot meer dan 28. Dit komt omdat er soms verschillende soorten isolatie per onderdeel gebruikt worden. Onder de categorie 'andere' wordt voor de muren onder andere vlas, strobalen en unipor steen genoemd. Voor het dak werd nog schapenwol, vlas, eucalyptusplaten enz. vermeld. Voor de vloer is het meest voorkomende materiaal onder de categorie 'andere' kurk.

Vervolgens wordt dezelfde tabel gemaakt voor passiefhuizen.

	Muren	Dak	Vloer
Polystyreenschuim	0	0	4
Polyurethaanschuim	0	0	3
Glaswol	0	0	0
Rotswol	4	4	0
Dampremmende laag	4	4	1
Afschot isolatie	0	2	0
Cellulose papiervlokken	7	8	4
Andere	2	1	2
Geen isolatie	0	0	0

Tabel 7: Soort isolatie in de muren, het dak en de vloer voor een passiefhuis.

Bij de muren betreft het in de categorie ‘andere’ strobalen en houtwolplaat. Bij het dak gaat het eveneens om houtwolplaat en bij de vloer betreft het resol. Als de twee tabellen met elkaar vergeleken worden, zien we dat er in energiezuinige huizen veel meer verschillende soorten isolatie gebruikt worden. In passiefhuizen gebruikt men meer dezelfde soort isolatie per onderdeel. Men zou kunnen denken dat deze soorten isolatie misschien een groter isolerend vermogen hebben, maar uit tabel 1 onder sectie 2.1.1 blijkt dit niet noodzakelijk het geval te zijn. Het kan ook te maken hebben met andere factoren zoals het gemak van plaatsing, de prijs enz.

De volgende vraag van de enquête gaat over het K-peil van de woning. Dit begrip werd reeds uitgelegd in sectie 2.1.3. Bij de energiezuinige woningen zegt 1 gezin dat ze een K-peil heeft tussen 15 en 20 W/m²K. 6 huizen zitten tussen 20 en 25. 5 huizen bevinden zich tussen 25 en 30. 7 woningen hebben een K-peil tussen 30 en 35. 2 woningen zitten tussen 35 en 40 en 1 energiezuinig huis tot slot heeft een K-peil van meer dan 40. Er moet ook

	Energiezuinig	Passief
K-peil:		
10 tot 15	0	12
15 tot 20	1	0
20 tot 25	6	0
25 tot 30	5	0
30 tot 35	7	0
35 tot 40	2	0
Meer dan 40	1	0
Niet gekend	6	0
	28	12

Tabel 8: Aantal ondervraagde huizen en hun K-peil

opgemerkt worden dat 6 eigenaars van een energiezuinige woning zijn K-peil niet kent. Zeven gezinnen hebben een exacte waarde opgegeven en het gemiddelde hiervan is 24,5. Al de 12 bevraagde passiefhuizen daarentegen hebben een K-peil dat tussen de 10 en de 15 ligt. De exacte waarde werd zes maal opgegeven en het gemiddelde hiervan bedraagt 13,2 W/m²K.

Zoals uit sectie 2.1.2 blijkt, zorgen ramen dikwijls voor warmteverlies. Dit hangt echter af van het soort raam dat wordt gebruikt. Uit de enquête is gebleken dat 8 van de 28 energiezuinige woningen uitgerust zijn met driedubbele beglazing, 1 huis heeft dubbele beglazing en 19 woningen zijn uitgerust met hoogrendementsglas, ook wel verbeterd dubbel glas genoemd. Al de 12 ondervraagde passiefhuizen daarentegen maken gebruik van driedubbele beglazing. Bij deze laatste gaat het minste warmte verloren per vierkante meter.

3.1.2 Ventilatie

Volgens de nieuwe energieprestatieregelgeving moet ieder nieuw huis dat gebouwd wordt een ventilatiesysteem bevatten. Dit zorgt voor een beter binnenklimaat. Van de bevraagde energiezuinige huizen zeggen echter 7 bewoners dat ze (enkel) ventileren door geregeld de ramen open te zetten. 4 huizen hebben regelbare verluchttingsroosters en 16 huizen gebruiken een mechanisch ventilatiesysteem met energierterugwinning. 6 woningen maken gebruik van een ander soort ventilatiesysteem, bijvoorbeeld een grondbuis of een systeem zonder terugwinning. Bij de passiefhuizen krijgt men een ander beeld. 11 van de 12 passiefhuizen heeft een mechanisch ventilatiesysteem met terugwinning in gebruik. 2 woningen hebben (ook) een ander soort ventilatiesysteem. Hier gaat het bijvoorbeeld om een warmtewisselaar of een warmtepomp. Ook hier geldt de opmerking dat het aantal woningen sommeert tot meer dan 28 respectievelijk 12. Dit komt omdat sommige huizen uitgerust zijn met meerdere systemen.

3.1.3 Luchtdicht bouwen

Isolatie alleen is niet genoeg om tot een passiefhuis te komen. Er moet ook luchtdicht gebouwd worden. Alle ondervraagde passiefhuizen verklaren dan ook dat ze een dampscherm hebben en dit in tegenstelling tot 13 van de 28 energiezuinige huizen. 2 energiezuinige huizen wisten het niet en vulden niets in.

3.1.4 Efficiënte huishoudapparatuur

Efficiënte huishoudapparatuur	Energiezuinig	Passief
Spaarlamp	25	11
Gloeilamp	16	4
Spaarknop op het toilet	23	9
Spaarknop op de douche	22	10
Gebruik van regenwater voor sanitair	27	9
Koelkast A-label	21	11
Diepvries A-label	18	10

Tabel 9: Aantal huizen die een efficiënt huishoudtoestel hebben.

Er worden in de enquête eveneens enkele vragen gesteld betreffende de efficiëntie van de gebruikte huishoudtoestellen. Zo hebben 25 van de ondervraagde energiezuinige gezinnen spaarlampen in huis, maar 16 gezinnen maken toch nog gebruik van gloeilampen. Bij passiefhuizen liggen de aantallen respectievelijk op 11 en 4. 22 van de 28 energiezuinige huizen hebben een spaarknop voor de douche, tegenover 10 van de 12 passiefhuizen. 23 energiezuinige huizen hebben ook een spaarknop voor het toilet, terwijl maar 9 van de passiefhuizen hiermee uitgerust is. 27 energiezuinige huizen maken gebruik van regenwater om sanitair te voorzien, tegenover 9 passiefhuizen. Veel mensen hebben bij deze vraag genoteerd dat ze het regenwater ook gebruiken voor bijvoorbeeld de wasmachine, de vaatwasser enz.

Alle ondervraagde gezinnen verklaren dat ze huishoudelijke apparaten hebben met een A, A+ of A++ label. In de meeste gevallen gaat het om de koelkast en de diepvriezer. 21 bewoners van een energiezuinig huis zeggen dat ze een koelkast hebben met een A, A+ of A++ label, tegenover 11 passiefhuizen. 18 energiezuinige gezinnen hebben een efficiënte diepvriezer, tegenover 10 passiefhuizen. Uit de enquête blijkt eveneens dat veel huizen gebruik maken van wasmachines of afwasmachines met 'hot fill'. Dit begrip werd reeds uitgelegd onder sectie 2.5.

De volgende vraag gaat over het soort kookplaat die in de woning gebruikt wordt. 20 bewoners van een energiezuinige woning kookt op (aard)gas, 4 gezinnen hebben een

vitrokeramische kookplaat, 3 gezinnen koken met een inductieplaat en 1 bewoner gebruikt een elektrische kookplaat. Bij de passiefhuizen wordt (aard)gas en inductie telkens in 5 huizen gebruikt en vitrokeramische en elektrische kookplaten komen telkens bij 1 gezin voor. Dit stemt overeen met de theorie uit hoofdstuk 2 die stelt dat koken op aardgas of op een inductieplaat zeer zuinig is.

3.1.5 Hernieuwbare energiebronnen

Vervolgens wordt er gepeild naar het aantal huizen dat reeds een vorm van hernieuwbare energie gebruikt. Uit de enquête wordt duidelijk dat 23 energiezuinige huizen uitgerust zijn met een zonneboiler/zonnecollector, tegenover 8 passiefhuizen. 10 energiezuinige huizen hebben reeds zonnepanelen geïnstalleerd tegenover zes passiefhuizen. De helft van de energiezuinige gezinnen heeft een aandeel in een windmolen. Slechts 4 passiefhuizen maken gebruik van dit soort hernieuwbare energie. Tot slot bezit slechts 1 energiezuinige woning een warmtepomp. Bij de passiefhuizen hebben 4 gezinnen reeds een warmtepomp. 2 energiezuinige gezinnen verklaart dat ze geen enkele soort hernieuwbare energiebron in huis heeft.

Hernieuwbare energiebron:	Energiezuinig	Passief
Zonneboiler	23	8
Zonnepaneel	10	6
Aandeel in een wind turbine	14	4
Warmtepomp	1	4
Geen	2	0

Tabel 10: Aantal ondervraagde huizen die een hernieuwbare energiebron gebruiken

27 van de 28 energiezuinige woningen zeggen dat ze nog een verwarmingstoestel in huis hebben. Dit is meestal centrale verwarming (15 huizen) of vloerverwarming (15 huizen). Bij de passiefhuizen zeggen twee gezinnen dat ze geen enkel verwarmingstoestel in huis hebben. Als er toch een verwarmingselement is, is dit meestal een elektrisch vuurtje (3 huizen) of muurverwarming (3 huizen). Hier moet ook opgemerkt worden dat 5 ondervraagde passiefhuizen zeggen dat ze een ander soort verwarmingstoestel gebruikt dan opgesomd stond in de enquête. Het gaat hier om de bij- of naverwarming van de ventilatie.

3.1.6 Verbruik

Om te kijken of al deze doorgedreven maatregelen hun vruchten afwerpen, werd in de enquête gepolst naar het verbruik van de bewoners. Het gaat hier om elektriciteit, aardgas, stookolie en water.

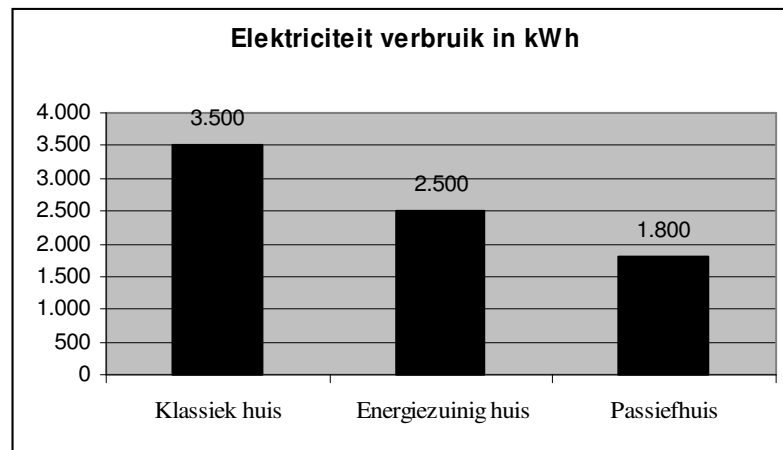
Elektriciteit:	Energiezuinig	Passief
1000 tot 2000 kWh	5	4
2000 tot 3000 kWh	11	2
3000 tot 4000 kWh	5	1
4000 tot 5000 kWh	3	0
Meer dan 5000 kWh	1	1
Nog niet gekend	3	4
Mediaan waarde (kWh)	2.500	1.800
Mediaan waarde (kWh/m ²)	15,76	10,14

Tabel 11: Aantal ondervraagde huizen die binnen een bepaald interval vallen voor elektriciteitsverbruik.

In de tabel hiernaast zijn enkel de huizen opgenomen die volledig afgewerkt zijn en die minstens een jaar in gebruik zijn. Uit de tabel valt af te leiden dat de passiefhuizen minder elektriciteit verbruiken dan de energiezuinige huizen. Passiefhuizen bevinden zich meestal in de categorie ‘1000 tot 2000 kWh/jaar’ en het

merendeel van de energiezuinige woningen bevindt zich in de categorie ‘2000 tot 3000 kWh/jaar’. Er moet wel opgemerkt worden dat 3 energiezuinige huizen geen waarde invulden. Dit was omdat ze hun verbruik niet kenden of omdat hun woning nog niet bewoond was. Bij de passiefhuizen gaat het om 4 huizen. Hier gaat het uitsluitend om mensen die hun huis nog niet (lang) bewonen.

15 van de 28 energiezuinige huizen vulden een exacte waarde in voor hun elektriciteitsverbruik. Omdat het gemiddelde gevoelig is voor uitschieters, wordt gekozen om verder te gaan met de mediaanwaarden. Voor een energiezuinige woning is dit 2.500 kWh/jaar en voor een passiefhuis 1.800 kWh/jaar. Indien het gemiddelde wordt genomen van het elektriciteitsverbruik per vierkante meter bewoonbaar oppervlak, bekomen we 15,76 kWh/m² voor energiezuinige woningen en 10,14 kWh/m² voor passiefhuizen. In de volgende paragrafen wordt met deze getallen verder gerekend. Volgens de website van de Vlaamse regularisatie instantie voor de elektriciteit- en gasmarkt (VREG) verbruikt een gemiddeld Vlaams gezin 3.500 kWh elektriciteit per jaar. In de onderstaande grafiek wordt het verschil tussen de drie huizen zichtbaar.



Figuur 10: Elektriciteitsverbruik in een conventioneel -, energiezuinig - en passiefhuis, mediaanwaarden

17 energiezuinige huizen en 6 passiefhuizen maken ook nog gebruik van aardgas. Hieronder volgt een tabel die aangeeft hoeveel gezinnen binnen een bepaald interval van aardgasverbruik vallen. Er wordt alleen rekening gehouden met de huizen die volledig afgewerkt zijn en al minstens een jaar bewoond, zodat het aardgasverbruik gekend is.

Passiefhuizen hebben een aardgasverbruik dat lager is dan dat van energiezuinige woningen, maar 3 passiefhuizen en 3 energiezuinige huizen kennen hun exact verbruik (nog) niet. 11 van de 17 energiezuinige woningen die aardgas gebruiken, vulden een exacte waarde in. Dit geeft een mediaanwaarden van 202 m³/jaar voor de passiefhuizen en 640 m³/jaar voor een energiezuinige woning. Deze mediaanwaarden worden genomen over alle huizen. De huizen die

Aardgas:	Energiezuinig	Passief
0 tot 250 m ³	1	0
250 tot 500 m ³	0	1
500 tot 750 m ³	3	2
750 tot 1000 m ³	4	0
1000 tot 1250 m ³	1	0
1250 tot 1500 m ³	2	0
Meer dan 1500 m ³	3	0
Nog niet gekend	3	3
Niet gebruikt	11	6
Mediaan waarde (m ³)	640	202
Mediaan waarde (kWh)	6.720	2.118
Mediaan waarde (kWh/m ²)	34	13,95

Tabel 12: Aantal ondervraagde huizen die in een bepaald interval zitten voor aardgas

geen gas gebruiken krijgen de waarde 0 kWh. Zij 'sparen' 100% op gas omdat ze het niet gebruiken. Dit geeft een waarde van 34 kWh/m² aardgasverbruik voor energiezuinige woningen en 14 kWh/m² voor passiefhuizen. De waarde in kubieke meter moet

vermenigvuldigd worden met 10,5 om de waarde in kWh te verkrijgen. De mediaanwaarde voor een conventionele woning bedraagt 22.000 kWh/jaar.

Er zijn ook twee energiezuinige huizen die gebruik maken van propaangas in plaats van aardgas. Ze verbruiken gemiddeld 790 liter per jaar.

Stookolie:	Energiezuinig	Passief
1000 tot 1500 l	2	0
1500 tot 2000 l	1	0
2000 tot 2500 l	0	0
2500 tot 3000 l	0	0
Meer dan 3000 l	0	0
Nog niet gekend	5	3
Niet gebruikt	20	9
Mediaan waarde (lit)	193	
Mediaan waarde (kWh)	1.924	
Mediaan waarde (kWh/m ²)	11	

Tabel 13: Aantal ondervraagde huizen dat en specifieke hoeveelheid stookolie verbruikt en hun mediaan waarden.

Een gezin kan, in plaats van aardgas, ook gebruik maken van stookolie voor de verwarming van hun huis. 8 energiezuinige huizen en 3 passiefhuizen maken hier gebruik van. Die passiefhuizen kennen echter hun waarde nog niet, dus vergelijken met de energiezuinige huizen is niet mogelijk. De energiezuinige huizen hebben een mediaan waarde van 11 kWh/m². Deze waarde wordt gekomen door de drie ingevulde waarden te gebruiken en 20 nullen.

Er zijn ook twee energiezuinige huizen die gebruik maken van pellets en een pelletkachel voor hun verwarming. Ze verbruiken allebei 7500 kWh/ jaar. Dit komt overeen met 1,5 ton pellets. Een pellet is een volledig gestandaardiseerd, uit zaagsel geperst houtblokje. Houtpellets hebben in vergelijking met houtsnippers een hogere energiedichtheid en ze hebben bijgevolg minder opslagruimte nodig, maar ze zijn wel duurder. (bioheat, 2006)

Als we nu de totale hoeveelheid energie berekenen per vierkante meter bewoonbaar oppervlak dan bekomen we een mediaanwaarde van 46,42 kWh/m² voor de energiezuinige woningen en 23 kWh/m² voor de passiefhuizen. Dit laatste cijfer ligt ver onder de vooropgestelde 42 kWh/m² uit sectie 1.3. Deze waarden worden bekomen door voor elk ondervraagd huis de totale hoeveelheid verbruikte energie te delen door het bewoonbaar oppervlakte van het huis. Van al deze waarden wordt vervolgens de mediaanwaarde genomen.

Het laatste soort verbruik dat bevraagd wordt in de enquête is het verbruik van water. Uit de tabel valt niet direct af te leiden welk soort huis het meeste water verbruikt. De meeste passiefhuizen en energiezuinige huizen situeren zich binnen de categorie '50 tot 75 m³'.

	Energiezuinig	Passief
0 tot 25 m ³	2	1
25 tot 50 m ³	8	0
50 tot 75 m ³	10	5
75 tot 100 m ³	2	1
100 tot 125 m ³	0	1
125 tot 150 m ³	1	0
meer dan 150 m ³	0	0
Nog niet gekend	5	4

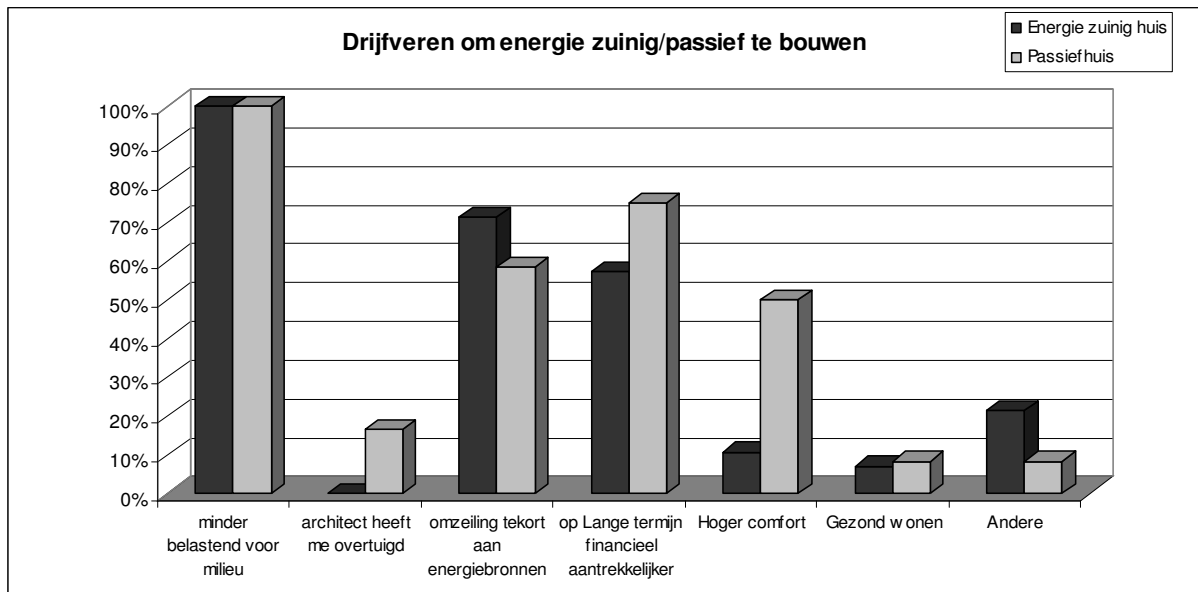
Tabel 14: Percentage bewoners dat binnen een bepaald interval valt voor waterverbruik

13 energiezuinige woningen gaven een exacte waarde op. De mediaan waarde voor een energiezuinig huis is 60 m³/jaar en voor een passiefhuis is dit 62,5 m³/jaar. Er moet wel weer opgemerkt worden dat 5 energiezuinige – en 4 passiefhuizen hun waterverbruik nog niet kennen. Volgens 'Waterloket Vlaanderen' (2006), gebruikt een Vlaming gemiddeld 110 liter water per dag. Dat is 40,15 m³ per jaar. Voor een gemiddeld gezin van vier personen geeft dit 160,6 m³ per jaar.

3.1.7 Architect en motivatie

Vervolgens worden enkele vragen gesteld over de samenwerking met de architect en over de motivatie van de bewoners om energiezuinig of passief te bouwen. Slechts 10 van de 28 gezinnen die energiezuinig hebben gebouwd, konden bij hun architect terecht voor advies. Bij de gezinnen die passief bouwden verklaren 9 van de 12 bewoners echter dat de architect hen wél advies kon geven. Hier moet opgemerkt worden dat sommige bouwheren architect zijn. Op de vraag of de idee van de architect kwam om energiezuinig/passief te bouwen, antwoorden 3 energiezuinige gezinnen 'ja', tegenover 1 passiefhuis.

Volgende grafiek geeft de drijfveren om energiezuinig/passief te bouwen weer.



Figuur 11: Drijfveren om energiezuinig/passief te bouwen

Uit te grafiek blijkt dat de grootste motivatie van de bouwheren het milieu is. Bij de bewoners van een energiezuinig huis komt de omzeiling van het tekort aan energiebronnen op de tweede plaats, bij de bewoners van een passiefhuis is het financieel aspect belangrijk. 21% van de bewoners van een energiezuinig huis had ook nog een andere drijfveer. Het ging bijvoorbeeld om de ethiek, een principiële keuze, de uitdaging enz.

3.1.8 Algemeen

Tot slot worden nog enkele algemene vragen gesteld. Zo is de mediaanwaarde voor de grootte van een stuk grond bij de energiezuinige woningen 10,3 are en bij de passiefhuizen 13,5 are. Een energiezuinige woning en een passiefhuis tellen gemiddeld 2 verdiepen. Gemiddeld zijn er 4 slaapkamers in een energiezuinig huis en 3 in een passiefhuis. De twee oudste bewoners van een energiezuinig huis zijn respectievelijk 39 en 37 jaar oud tegenover 33 en 30 jaar bij de passiefhuizen. In de bevraagde energiezuinige woningen leven gemiddeld 4 mensen tegenover 3 in een passiefhuis.

Er werden ook nog vragen gesteld betreffende de private kosten van de energiezuinige- en passiefhuizen, de verkregen subsidies en eventuele suggesties naar beleid. Deze worden respectievelijk in hoofdstuk vier en vijf behandeld.

3.2 *Besluit*

Uit de enquête blijkt dat een passiefhuis inderdaad een verstrenging is van het energiezuinig bouwprincipe. Er wordt in een passiefhuis een dikkere isolatie aangebracht in zowel muren, vloer en het dak. Ze zijn uitgerust met driedubbele beglazing en hebben een mechanisch ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Om hun woning luchtdicht te maken, wordt een dampscherm geïnstalleerd. De bewoners maken eveneens gebruik van energiezuinige huishoudapparaten. Er wordt extra energie gehaald uit hernieuwbare energiebronnen zoals een zonneboiler of een zonnepaneel. Al deze specifieke maatregelen zijn de moeite waard, want ze zorgen ervoor dat het energieverbruik per vierkante meter van een passiefhuis (23 kWh/m²) maar half zo hoog is dan dat van een energiezuinige woning (46,42 kWh/m²).

Hoofdstuk 4 Financiële benadering

In het vierde hoofdstuk wordt de economische kant van een energiezuinig- en een passiefhuis belicht. Dit wordt gedaan in drie delen. Eerst wordt de vergelijking gemaakt tussen een passiefhuis en een conventionele woning, vervolgens volgt de vergelijking tussen een passiefhuis en een energiezuinige woning en tot slot de vergelijking tussen een energiezuinig huis en een conventioneel huis. Er wordt telkens een afweging gemaakt van de private- en de sociale kosten en de private- en sociale baten. Daarna wordt hiervan de interne opbrengstvoet en de netto contante waarde berekend onder verschillende scenario's. De gebruikte waarden zijn mediaanwaarden die uit de enquête werden gehaald. Er worden mediaanwaarden gebruikt en geen gemiddelden, omdat uitschieters anders de resultaten beïnvloeden.

4.1 Hypothesen

Voor er kan ingegaan worden op de kostenbaten analyse, is het nodig dat de gebruikte data uitgelegd worden. In sectie 3.1 werd uitgelegd dat de mediaanwaarde voor het bewoonbaar oppervlak van een passiefhuis en een energiezuinig huis 195 m² is. De mediaanwaarden van het elektriciteit-, gas- en stookolieverbruik per m², afgeleid uit de enquête, worden vermenigvuldigd met 195 m² om tot de totale consumptie te komen van een (mediaan) huis. Uit de socio-economische enquête die in België werd afgenomen in 2001 blijkt dat de belangrijkste energiebron voor het verwarmen van een 'conventioneel' huis aardgas is (48%), gevolgd door stookolie (38%) en op de laatste plaats elektriciteit (10%). Het opzet is nu om de energiebesparingen van een passiefhuis en een energiezuinig huis te berekenen, dat gekarakteriseerd wordt door de mediaan energie consumptie waarden uit onze enquête, met als referentie de consumptie van een conventioneel huis.

Om de vergelijking te kunnen maken gebruiken we gesimuleerde 'artefacten' genaamd 'conventioneel', 'passief' of 'energiezuinig' huis. Ze gebruiken alle drie zowel elektriciteit, aardgas als stookolie, maar in verschillende proporties.

Er wordt een reële intrestvoet van 3,5% gebruikt. Dit is vergelijkbaar met de werkelijke reële opbrengst op een risicoloze investering in overheidsobligaties. De jaarlijkse groeivoet voor de elektriciteitsprijs wordt geschat 2,5% te zijn. De aardgas- en stookolieprijzen worden verondersteld te groeien met 3% per jaar. De data over de prijzen van elektriciteit, gas en stookolie werden gehaald van het Nationaal Instituut voor Statistiek (NIS). Het zijn gegevens van 2005.

4.2 *Vergelijking tussen een passiefhuis en een conventioneel huis*

4.2.1 Private kosten

Er wordt eerst nagegaan hoeveel een passiefhuis kost voor de bouwheer in vergelijking met een conventionele woning. Uit de enquête halen we de volgende gegevens. Het gaat hier over mediaanwaarden voor de 12 passiefhuizen. Op de passiefhuis happening 2005 werd gezegd dat er in België een 40 tal passiefhuizen staan. 12 huizen is dus 30% van de passiefhuis populatie in België.

	Passiefhuis
Grond	75.000 €
Isolatiemateriaal	7.905 €
Verwarmingsinstallatie	5.200 €
Beglazing en schrijnwerk	20.000 €
Hernieuwbare energiebron	10.800 €
Nieuwbouw: totaal zonder grond	225.000 €
Te renoveren woning zonder grond	158.000 €
Kostprijs renovaties	140.000 €

Tabel 15: Kosten van een passiefhuis, mediaanwaarden.

De kostprijs van een conventionele woning bepalen was moeilijker. Er werd contact opgenomen met verschillende architecten, maar deze gaven bijna allemaal een andere waarde. De kostprijs per vierkante meter bewoonbaar oppervlak hangt immers af van de graad van afwerking van de woning en van de ligging van de woning. Er werd uiteindelijk geopteerd om

950 euro per vierkante meter te gebruiken in de kosten berekeningen. Uit de enquête is gebleken dat de mediaanwaarde van de oppervlakte van een passiefhuis gelijk is aan 195,3 m². We komen bijgevolg aan de kost van een conventionele woning van $950 \text{ €/m}^2 * 195 \text{ m}^2 = 185.250 \text{ euro}$.

Hieruit volgt dus dat een passiefhuis gemiddeld 39.750 euro meer kost dan een conventionele woning. Dit is een verschil van 21,5%. Uit hoofdstuk 5 zal echter blijken dat een passiefhuis gemiddeld 1.405 euro aan subsidie krijgt. Deze waarde werd eveneens afgeleid uit de enquête. Dit maakt dat een passiefhuis 38.345 euro duurder is dan een conventionele woning. Dit is voor een nieuwbouw woning zonder de grond. De gegevens voor renovaties zijn minder betrouwbaar aangezien er maar 2 passiefhuizen gerenoveerd zijn, waarvan één huis geen kosten gegevens heeft ingevuld.

Er werd ook rekening gehouden met de opportuiniteitskost van het geld dat, in vergelijking met een conventioneel huis, gespendeerd wordt aan de extra investering in een passiefhuis of een energiezuinige woning. Deze kost wordt weerspiegeld in de intrestcomponent van de jaarlijkse terugbetaling van een reële of fictieve lening met een termijn van 20 jaar.

4.2.2 Private baten

De private baten van een passiefhuis bestaan uit de besparing op de energiefactuur voor de periode dat de eigenaar in het huis woont. We maken de berekeningen bijgevolg voor een periode van 30 jaar. Uit de enquête blijkt dat een passiefhuis 1.978 kWh/jaar aan elektriciteit verbruikt. Dit is 10,14 kWh/m² (zie 3.1.6) vermenigvuldigd met 195 m². Een normale woning verbruikt rond de 3.500 kWh/jaar. (VREG, 2006)

	Conventioneel huis	Passiefhuis	Verschil conventioneel - passief
Elektriciteitsverbruik (kWh/jaar)	3.500	1.978	1.522
Elektriciteitsprijs 2005 (€/kWh)	0,167	0,167	0,167
Totaal	584,5 €	330,33 €	254,17 €

Tabel 16: Besparing op elektriciteit voor passiefhuizen ten opzichte van conventionele woningen

Voor de berekening wordt de elektriciteitsprijs van 2005 gebruikt. Volgens het NIS (2006) bedraagt die 0,167 €/kWh. In het jaar 2006 bespaart een passiefhuis 254,17 € op elektriciteit ten opzichte van een conventionele woning. In de volgende jaren bespaart een passiefhuis steeds meer omdat de elektriciteitsprijs verwacht wordt te stijgen met 2,5%.

Omdat $1 \text{ m}^3 = 10,5 \text{ kWh}$ (VREG, 2006), is het aardgasverbruik van een passiefhuis gelijk aan $13,95 \text{ kWh/m}^2 * 195 \text{ m}^2 = 2.719 \text{ kWh}$. Volgens de VREG (2006) bedraagt het aardgasverbruik voor verwarming voor een gemiddeld Vlaams gezin 22.000 kWh. Indien hier de weging van 48% op toegepast wordt, wordt 10.800 kWh bekomen.

	Conventioneel huis	Passiefhuis	Vershil conventioneel - passief
Aardgasverbruik (kWh/jaar)	10.800	2.719	8.081
Aardgasprijs 2005 (€/kWh)	0,039	0,039	0,039
Totaal	421 €	106 €	315 €

Tabel 17: Besparing op aardgas voor passiefhuizen ten opzichte van conventionele woningen.

Uit bovenstaande tabel volgt dat een passiefhuis in 2006 315 € bespaart ten opzichte van een conventionele woning. In de komende jaren wordt de besparing steeds groter, omdat verwacht wordt dat de aardgasprijs stijgt met 3% per jaar.

We moeten echter voorzichtig zijn met deze gegevens. Het gaat hier om zeer grote verschillen. Van passiefhuizen werd er slechts drie keer een waarde ingevuld. Nog drie andere woningen gebruiken wel aardgas, maar hun aardgasverbruik is niet gekend. Bij de energiezuinige huizen, gebruiken 17 woningen aardgas. 14 hiervan vulden een waarde in en van drie woningen is het aardgasverbruik onbekend.

	Conventioneel huis	Passiefhuis	Vershil conventioneel - passief
Stookolieverbruik (kWh/jaar)	8.502,98	0	8.502,98
Stookolieprijs 2005 (€/kWh)	0,052	0,052	0,052
Totaal	441,18 €	0,00 €	441,18 €

Tabel 18: Besparing op stookolie voor passiefhuizen ten opzichte van conventionele woningen.

Omdat er slechts drie passiefhuizen van de ondervraagde 12 gebruik maken van stookolie, en omdat deze hun verbruik nog niet kenden, stellen we dat een passiefhuis geen stookolie verbruikt en dus 100% bespaart op stookolie in vergelijking met een conventionele woning.

Uit tabel 18 valt dan af te leiden dat een passiefhuis 441,18 euro bespaart op haar energiefactuur, in 2006, in vergelijking met een conventioneel huis. Deze besparing gaat in de komende jaren nog groter worden omdat de stookolieprijs verwacht wordt met 3% per jaar te stijgen.

4.2.3 Sociale kosten

Onder sociale kosten verstaat men de schadekosten die de CO₂-emissies met zich mee brengen. Dit zijn kosten bij mensen die gezondheidsproblemen ondervinden ten gevolge van de CO₂ emissies, schade aan het milieu, schade aan oogsten etc. De organisatie 'New Economic Foundation', in overeenstemming met andere bronnen, heeft geschat dat elke ton koolstofdioxide die uitgestoten wordt ongeveer 35\$ (28,9 €) kost aan milieuschade.

4.2.4 Sociale baten

De sociale baat is de besparing aan CO₂ die passiefhuizen realiseren ten opzichte van conventionele woningen. Het gaat hier niet alleen over energiebesparingen door verbruik, maar sommige eigenaars hebben me er in de enquête ook op gewezen dat er om energiezuinige- en passiefhuizen te bouwen vaak ecologische bouwmaterialen gebruikt worden. Dit zijn materialen waarvan de productie minder energie vraagt. Men spaart dus 'dubbel' energie. Zowel bij de productie van de gebruikte bouwmaterialen, als tijdens het gebruik van de woning.

Om de besparing in CO₂ te kunnen berekenen, moet men gebruik maken van een emissiefactor. Deze bepaalt per brandstofgroep hoeveel kg CO₂ uitgestoten wordt bij 1 MJ energiegebruik. Zo is bepaald dat de CO₂-uitstoot bij 1 MJ elektriciteit groter is dan bij 1 MJ aardgas. Verwarmen op aardgas is dus milieuvriendelijker dan verwarmen met elektriciteit.

Brandstofsoort	CO ₂ -emissiefactor (kg/MJ)
Aardgas	0,0560
Elektriciteit	0,0694
Stookolie	0,0730

Tabel 19: emissiefactoren (Bron: Nederlandse organisatie voor energie en milieu, 2006)

De totale CO₂-emissie is bijgevolg gelijk aan de CO₂-emissiefactor vermenigvuldigd met het energiegebruik. We kunnen nu dus berekenen wat een passiefhuis ‘bespaart’ aan CO₂. Eerst moeten de gegevens echter omgezet worden van kWh naar MJ. Volgens de brochure ‘Warmtepompen voor woningverwarming’ uitgegeven door het Ministerie van de Vlaamse gemeenschap in 2005 is 1 kWh gelijk aan 3,6 MJ (Mega Joule).

	Conventioneel huis	Passiefhuis	Vershil conventioneel – passiefhuis
Jaarlijks verbruik (kWh)	3.500	1.978	1.522
Jaarlijks verbruik (MJ)	12.600	7.120	5.480
Emissiefactor elektriciteit (kg/MJ)	0,0694	0,0694	0,0694
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	874,44	494,11	380,33
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	26.233,2	14.823,25	11.409,95

Tabel 20: Vergelijking van de CO₂ – emissie door elektriciteit.

We leiden uit de tabel af dat men bij een passiefhuis per jaar 380,33 kilogram CO₂ minder uitstoot dan bij een conventionele woning. Een passiefhuis ‘bespaart’ bijgevolg 380,33 kilogram CO₂ per jaar ten opzichte van een conventionele woning. Over een periode van 30 jaar is dit 11.409,95 kilogram.

Vervolgens wordt dezelfde tabel gemaakt voor aardgas.

	Conventioneel huis	Passiefhuis	Vershil conventioneel – passiefhuis
Jaarlijks verbruik (kWh)	10.800	2.719,4	8.080,6
Jaarlijks verbruik (MJ)	38.880	9.789,68	29.090
Emissiefactor aardgas (kg/MJ)	0,056	0,056	0,056
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	2.177,28	548,22	1.629,06
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	65.318	16.446,66	48.871,74

Tabel 21: Vergelijking van de CO₂ – emissie door aardgas.

Uit tabel 21 volgt dat een passiefhuis 1.629,06 kilogram CO₂ minder uitstoot per jaar door aardgas dan een conventionele woonst. Over een periode van 30 jaar betekent dit een besparing van 48.871,74 kilogram.

	Conventioneel huis	Passiefhuis	Vershil conventioneel – passiefhuis
Jaarlijks verbruik (kWh)	8.503	0,0	8.503,0
Jaarlijks verbruik (MJ)	30.611	0,00	30.611
Emissiefactor aardgas (kg/MJ)	0,073	0,073	0,073
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	2.234,58	0,00	2.234,58
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	67.037	0,00	67.037,45

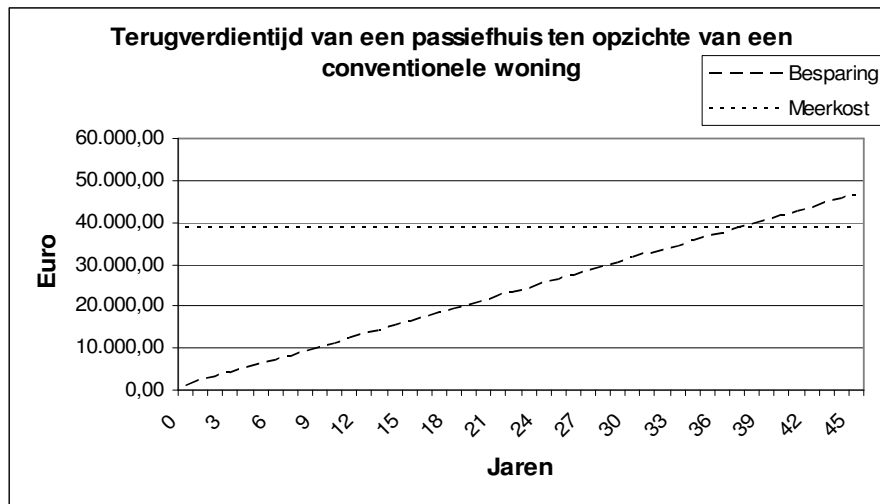
Tabel 22: Vergelijking van de CO₂ – emissie door stookolie.

Uit bovenstaande tabel valt af te leiden dat een passiefhuis jaarlijks 2.234,58 kilogram CO₂ minder uitstoot dan een conventionele woning. Over een periode van 30 jaar gaat het over 67.037,45 kilogram.

4.2.5 Afweging van de private kosten en baten

We vatten de private baten en de kosten nog eens samen. Voor de realisatie van een passiefhuis is een extra investering nodig van 38.345 euro. Men realiseert dan elk jaar een private besparing voor elektriciteit van 254,17 euro. Voor aardgas is dit een besparing van 315 euro en voor stookolie 441,18 euro.

Om te onderzoeken of de baten op lange termijn hoger gaan liggen dan de extra kosten, wordt er gebruik gemaakt van de terugverdientijd. Dit is de tijd die nodig is om de oorspronkelijke investering terug te verdienen via de opbrengsten die er uit voortvloeien. (Mercken, R., 2004, p. 72). We spreken hier echter niet over een opbrengst maar over een besparing. Door 38.345 euro te delen door de jaarlijkse besparing van 1.010,35 euro (254,17 + 315 + 441,18) bekomen we een terugverdientijd van 37,95 jaar. Aangezien dit meer is dan onze veronderstelde termijn van 30 jaar, lijkt het bouwen van een passiefhuis in plaats van een conventionele woning op het eerste zicht geen interessante investering. De baten wegen niet op tegen de kosten.



Figuur 12: Terugverdiëntijd van een passiefhuis ten opzichte van een conventionele woning als er enkel rekening gehouden wordt met private baten

4.2.6 Afweging van de private plus de sociale kosten en de baten

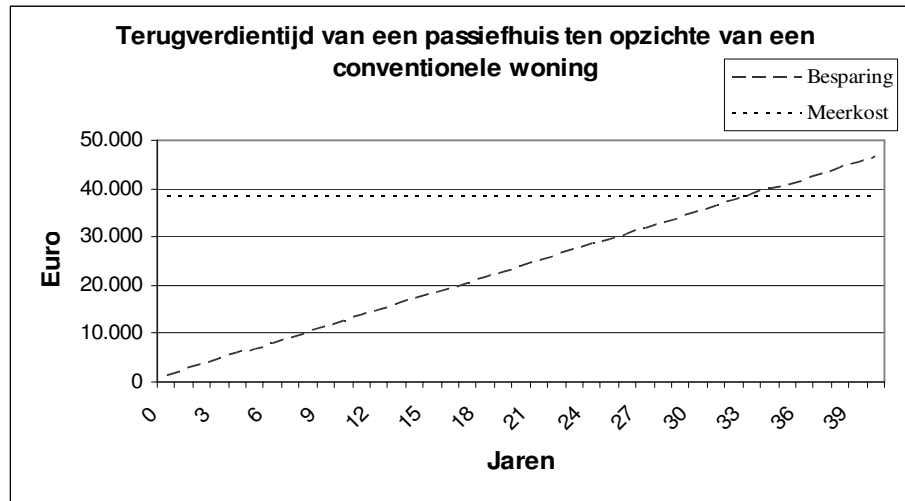
De sociale kost voor één ton CO₂-emissie is gelijk aan 28,9 euro per ton in het jaar 2006. De besparing ten gevolge van minder CO₂-emissie door het minder gebruik van elektriciteit voor een passiefhuis is: 0,38033 ton/jaar * 28,9 euro/ton = 10,99 euro/jaar. De besparing ten gevolge van minder CO₂-emissie voor een passiefhuis door aardgas is: 1,629 ton/jaar * 28,9 euro/ton = 47,08 euro/jaar. En de besparing ten gevolge van minder CO₂-emissie voor een passiefhuis door stookolie is: 2,23458 ton/jaar * 28,9 euro/jaar = 64,58 euro/jaar. Dit zijn gegevens voor het jaar 2006. In de toekomst zal de prijs per ton CO₂ stijgen en gaan dus ook de besparingen stijgen.

Voor elektriciteit, aardgas en stookolie samen spaart een passiefhuis dus 4.243,97 kg CO₂ per jaar. In monetaire termen is dit gelijk aan 122,65 euro in het jaar 2006. Er moet wel op gewezen worden dat het hier om nominale waarden gaat, die niet verdisconteerd zijn. Ze worden hier alleen maar vermeld om de terugverdiëntijd te kunnen berekenen indien er ook rekening wordt gehouden met de sociale baten.

Naast een private baat van 1.010,35 euro per jaar, realiseert een passiefhuis dus ook nog een sociale baat van 122,65 euro per jaar, omdat er minder CO₂ de lucht in wordt gestoten. Deze

twee baten samen geven een totale baat van 1.133 euro per jaar. Als de investering van 38.345 euro gedeeld wordt door deze totale baat, wordt een terugverdientijd bekomen van 33,84 jaar. Dit is nog altijd meer dan de vooropgestelde termijn van 30 jaar.

Indien er rekening wordt gehouden met private en sociale baten, is de investering in een passiefhuis nog steeds niet rendabel.



Figuur 13: Terugverdientijd van een passiefhuis ten opzichte van een conventionele woning als rekening gehouden wordt met private- en sociale baten

4.2.7 Netto contante waarde

De terugverdientijd houdt echter geen rekening met de tijdwaarde van het geld. Een euro die we momenteel ontvangen is meer waard dan een euro die we over 30 jaar ontvangen. We kunnen die huidige euro immers beleggen gedurende 30 jaar. Toekomstige opbrengsten of besparingen moeten dan ook worden verdisconteerd. Dit doen we door de netto contante waarde (NCW) te berekenen. De NCW vinden we via de formule (Laveren ea, 2004, p.45-49):

$$NCW = \sum_{t=0}^n (Besparingen - kosten) / (1 + discontovoet)^t$$

De t staat voor de tijd en n is 30. De besparingen en de kosten die in een jaar gebeuren, worden verdisconteerd naar het jaar van de investeringskost. De volledige berekening is terug te vinden in bijlage 8. Als de netto contante waarde positief is, wordt de investering aanvaard

en als de NCW negatief is wordt de investering verworpen, dan is het niet rendabel om de investering uit te voeren.

Als we een reële discontovoet van 3,5% veronderstellen (vergelijkbaar met wat een risicoloze belegging in overheidsfondsen opbrengt) en alleen rekening houden met de private baten dan bekomen we een NCW van -13.951 euro. Dit is een waarde kleiner als nul, bijgevolg kan de extra investering voor het bouwen van een passiefhuis als niet rendabel beschouwd worden.

Als ook rekening wordt gehouden met de sociale baten, dan blijkt uit bijlage 9 dat de NCW gelijk is aan -10.775 euro. Dit is eveneens een negatieve waarde. Bijgevolg is een investering in een passiefhuis ook niet rendabel, in vergelijking met een conventionele woning, als de sociale baten mee in rekening worden gebracht.

4.2.8 Interne opbrengstvoet

Om het relatieve rendement van de investering te kennen, wordt de interne opbrengstvoet berekend. Dit is de maximale discontovoet die we kunnen gebruiken opdat de netto contante waarde nog positief is. (Mercken R., 2004) We zetten $NCW = 0$ in de formule en $t = 30$ en we zoeken dus de discontovoet. Uit bijlage 8 blijkt dan dat de interne opbrengstvoet, voor de investering in een passiefhuis in plaats van in een conventionele woning, gelijk is aan 1%, indien er enkel rekening gehouden wordt met de private baten. Als dit vergeleken wordt met de gebruikte intrestvoet van 3,5%, dan blijkt dat een investering in een passiefhuis niet zo rendabel is als een belegging aan een reële intrestvoet van 3,5%.

Indien zowel de sociale- als de private baten worden opgenomen, dan blijft de interne opbrengstvoet 1% (Bijlage 9). De investering in een passiefhuis is nog steeds niet rendabel, want de interne opbrengstvoet ligt nog steeds onder de gebruikte intrestvoet van 3,5%.

4.2.9 Verschillende scenario's

Er werd in de enquête enkel een steekproef bevraagd, het kan dus zijn dat de gegevens een vertekend beeld geven. Daarom worden er in deze paragraaf een paar scenario's uitgerekend.

Indien een passiefhuis 20.000 euro subsidies zou krijgen dan is de NCW 6.224 euro en als er 50.000 euro aan subsidies worden uitgekeerd dan is de NCW maar liefst 38.773 euro. De reden waarom hier 20.000 en 50.000 euro worden gebruikt, wordt duidelijk in hoofdstuk 5.

Indien de intrestvoet stijgt van 3,5% naar 4% dan daalt de NCW tot -15.761 euro. De interne opbrengstvoet blijft 1%. Indien de intrestcomponent van de extra investering aan 3% gerekend wordt dan daalt de NCW tot -20.978 euro. Indien deze extra investering echter intrestvrij is, dan stijgt de NCW tot -10.967 euro.

4.2.10 Bijdrage Kyoto

In deze paragraaf wordt een extrapolatie gemaakt om te kijken hoeveel passiefhuizen kunnen bijdragen in het halen van de Kyoto norm. In het totaal telt België 4.248.502 particuliere bewoonde woningen. (Groen!, 2005) Over de periode 2000-2004 werden gemiddeld 28.516 nieuwbouw bouwvergunningen per jaar afgeleverd. (Ecodata, 2005)

Ton CO ₂ dat gespaard wordt Per jaar Tegen 2012	Percentage nieuwbouwwoningen dat een passiefhuis is					
	5%	10%	15%	20%	25%	30%
	6.051	12.102	18.153	24.204	30.255	36.306
	36.306	72.612	108.918	145.224	181.530	217.836

Tabel 23: Totaal aantal ton CO₂ dat minder uitgestoten wordt, afhankelijk van het percentage nieuwbouw woningen dat een passiefhuis is in plaats van een conventionele woning

Uit het praktijkprobleem, dat besproken werd in hoofdstuk 1, halen we dat er een reductie van 10.924.500 ton CO₂-equivalenten nodig is tegen 2008-2012. Uit tabel 23 blijkt dat passiefhuizen een stuk van deze reductie voor hun rekening kunnen nemen.

4.3 Vergelijking tussen een passiefhuis en een energiezuinig huis

4.3.1 Private kosten

De kostprijs van passiefhuizen en energiezuinige woningen wordt gehaald uit de enquête. De waarden in onderstaande tabel zijn mediaanwaarden.

	Passiefhuis	Energiezuinig huis	Meerkost passiefhuis
Grond	75.000 €	87.500 €	- 12.500 €
Isolatiemateriaal	7.905 €	4.930 €	2.976 €
Verwarmingsinstallatie	5.200 €	5.764 €	- 564 €
Beglazing en schrijnwerk	20.000 €	6.500 €	13.500 €
Hernieuwbare energiebron	10.800 €	5.350 €	5.450 €
Nieuwbouw: totaal zonder grond	225.000 €	200.000 €	25.000 €
Renovatie: totaal zonder grond	158.000 €	100.000 €	58.000 €
Kostprijs renovaties	140.000 €	100.000 €	40.000 €

Tabel 24: Kosten van een passiefhuis ten opzichte van een energiezuinig huis, mediaanwaarden

Uit bovenstaande tabel blijkt dat een passiefhuis 25.000 euro meer kost dan een energiezuinige woning. Dit is 12,5%. In hoofdstuk 5 wordt aangetoond dat een passiefhuis gemiddeld een subsidie van 1.405 euro krijgt. Voor een energiezuinige woning is dat 1.255 euro. Daaruit volgt dat het verschil in prijs tussen een gesubsidieerd passiefhuis en een gesubsidieerd energiezuinig huis 24.850 euro bedraagt.

Er werd ook rekening gehouden met de opportuiniteitskost van het geld dat, in vergelijking met een conventioneel huis, gespendeerd wordt aan de extra investering in een passiefhuis of een energiezuinige woning. Deze kost wordt weerspiegeld in de intrestcomponent van de jaarlijkse terugbetaling van een reële of fictieve lening met een termijn van 20 jaar.

4.3.2 Private baten

Er is een besparing op de energiefactuur voor een passiefhuis in vergelijking met een energiezuinig huis. Uit de enquête is gebleken dat een passiefhuis 1.978 kWh/jaar aan elektriciteit verbruikt en een energiezuinige woning 3.072 kWh/jaar.

	Energiezuinig huis	Passiefhuis	Vershil energiezuinig - passief
Elektriciteitsverbruik (kWh/jaar)	3.072	1.978	1.094
Elektriciteitsprijs 2005 (€/kWh)	0,167	0,167	0,167
Totaal	513,02 €	330,33 €	182,7 €

Tabel 25: besparing op elektriciteit voor passiefhuizen ten opzichte van energiezuinige huizen

Voor de berekening wordt weerom de elektriciteitsprijs van 2005 gebruikt die volgens het NIS (2006) 0,167 €/kWh bedraagt. Uit bovenstaande tabel blijkt dat een passiefhuis in 2006 182,7 euro bespaart op zijn elektriciteitsfactuur ten opzichte van een energiezuinige woning.

Het aardgasverbruik is volgens de enquête 6.533 kWh/jaar voor een energiezuinige woning en 2.719 kWh/jaar voor een passiefhuis. Uit onderstaande tabel blijkt dan dat een passiefhuis 149 euro minder betaalt voor aardgas in 2006.

	Energie zuinig huis	Passiefhuis	Vershil energiezuinig - passief
Aardgasverbruik (kWh/jaar)	6.533	2.719	3.814
Aardgasprijs 2005 (€/kWh)	0,039	0,039	0,039
Totaal	255 €	106 €	149 €

Tabel 26: Besparing op aardgas voor passiefhuizen ten opzichte van energiezuinige woningen

Uit tabel 27 blijkt tot slot dat het stookolieverbruik van een passiefhuis jaarlijks 2.054,68 kWh lager ligt dan dat van een energiezuinige woning. Een passiefhuis spaart bijgevolg 106,61 euro aan stookolie in 2006. De besparingen op energie gaan jaarlijks verhogen aangezien de prijs van elektriciteit een groeivoet heeft van 2,5% en die van aardgas en stookolie heeft een groeivoet van 3%.

	Energiezuinig huis	Passiefhuis	Vershil energiezuinig - passief
Stookolieverbruik (kWh/jaar)	2.054,68	0	2.054,68
Stookolieprijs 2005 (€/kWh)	0,052	0,052	0,052
Totaal	106,61 €	0,00 €	106,61 €

Tabel 27: Besparing op stookolie voor passiefhuizen ten opzichte van energiezuinige woningen

4.3.3 Sociale kosten

Onder sociale kosten worden de schadekosten verstaan die de CO₂ emissies met zich mee brengen. Dit zijn kosten van mensen die gezondheidsproblemen ondervinden ten gevolge van de CO₂ emissies, schade aan het milieu, schade aan oogsten etc. De organisatie 'New Economic Foundation', in overeenstemming met andere bronnen, heeft geschat dat elke ton koolstofdioxide die uitgestoten wordt ongeveer 35\$ (28,9 €) kost aan milieuschade.

4.3.4 Sociale baten

De sociale baat is de besparing aan CO₂ die passiefhuizen realiseren ten opzichte van energiezuinige woningen. Zoals onder 4.1.4 reeds gemeld, gaat het hier niet alleen over energiebesparingen door verbruik, maar ook de hoeveelheid energie die minder gebruikt wordt bij de productie van ecologische bouwmaterialen.

Om de besparing in CO₂ te kunnen berekenen, moet er gebruik gemaakt worden van een emissiefactor. Deze bepaalt per brandstofgroep hoeveel kg CO₂ uitgestoten wordt bij 1 MJ energiegebruik.

Brandstofsoort	CO₂-emissiefactor (kg/MJ)
Aardgas	0,0560
Elektriciteit	0,0694
Stookolie	0,0730

Tabel 28: emissiefactoren (Bron: Nederlandse organisatie voor energie en milieu, 2006)

De totale CO₂-emissie is bijgevolg gelijk aan de CO₂-emissiefactor vermenigvuldigd met het energiegebruik. We kunnen nu dus berekenen wat een passiefhuis 'bespaart' aan CO₂. Dit wordt eerst berekend voor de besparing in CO₂ door het verbruik van minder elektriciteit.

	Energiezuinig huis	Passiefhuis	Vershil energiezuinig - passiefhuis
Jaarlijks verbruik (kWh)	3.072	1.978	1.095
Jaarlijks verbruik (MJ)	11.061	7.120	3.941
Emissiefactor elektriciteit (kg/MJ)	0,0694	0,0694	0,0694
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	767,62	494,11	273,51
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	23.028,53	14.823,25	8.205,29

Tabel 29: Vergelijking van de CO₂-emissies door elektriciteit

Volgens bovenstaande tabel stoot een passiefhuis jaarlijks 273,51 kilogram minder CO₂ uit dan een energiezuinige woning. Over een termijn van 30 jaar wordt dit 8.205,29 kilogram CO₂.

De volgende tabel toont de berekeningen voor aardgas.

	Energiezuinig huis	Passiefhuis	Vershil energiezuinig - passiefhuis
Jaarlijks verbruik (kWh)	6.533	2.719,4	3.814
Jaarlijks verbruik (MJ)	23.520,46	9.789,68	13.730,79
Emissiefactor aardgas (kg/MJ)	0,056	0,056	0,056
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	1.317,15	548,22	768,92
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	39.514,38	16.446,66	23.067,72

Tabel 30: Vergelijking van de CO₂-emissies door aardgas

Uit tabel 30 volgt dat een passiefhuis jaarlijks 768,92 kilogram CO₂ minder uitstoot dan een energiezuinige woning. Dit komt omdat een passiefhuis minder aardgas verbruikt dan een energiezuinige woning. Het komt neer op 23.067,72 kilogram gedurende 30 jaar.

	Energiezuinig huis	Passiefhuis	Vershil energiezuinig - passiefhuis
Jaarlijks verbruik (kWh)	2.055	0,0	2.055
Jaarlijks verbruik (MJ)	7.396,84	0,00	7.396,84
Emissiefactor aardgas (kg/MJ)	0,073	0,073	0,073
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	539,97	0,00	539,97
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	16.199,08	0,00	16.199,08

Tabel 31: Vergelijking van de CO₂-emissies door stookolie

Een passiefhuis stoot tot slot 539,97 kilogram CO₂ minder uit per jaar in vergelijking met een energiezuinige woning, omdat een passiefhuis minder stookolie verbruikt. Dit komt neer op 16.199,08 kilogram over een periode van 30 jaar.

4.3.5 Afweging van de private kosten en baten

Voor een passiefhuis is dus een extra investering nodig van 24.850 euro ten opzichte van een energiezuinige woning. Dit levert jaarlijks een private besparing van 182,7 euro op elektriciteit, 149 euro op aardgas en 106,61 euro op stookolie.

Om te kijken of de baten opwegen tegen de kosten, wordt er gebruik gemaakt van de terugverdientijd. Als de kost van 24.850 euro gedeeld wordt door de totale private besparing van 438,31 euro/jaar, dan wordt een terugverdientijd bekomen van 56,7 jaar. De extra investering is dus veel te hoog in vergelijking met de besparingen.

4.3.6 Afweging van de private plus de sociale kosten en de baten

Naast een private baat van 438,31 euro per jaar, realiseert een passiefhuis ook nog een sociale baat. De besparing door een mindere CO₂-uitstoot voor elektriciteit is voor een passiefhuis gelijk aan: $0,27351 \text{ ton} * 28,9 \text{ euro/ton} = 7,9 \text{ euro/jaar}$. De kostenbesparing van CO₂ voor aardgas is gelijk aan: $0,76892 \text{ ton/jaar} * 28,9 \text{ euro/ton} = 22,2 \text{ euro/jaar}$. En de besparing voor stookolie is gelijk aan: $0,53997 \text{ ton/jaar} * 28,9 \text{ euro/ton} = 15,6 \text{ euro/jaar}$. In totaal stoot een passiefhuis dus 1.582,4 kilogram CO₂ minder uit dan een energiezuinig huis. In 2006 levert dit een sociale baat van 45,7 euro. De volgende jaren gaat deze baat stijgen omdat verwacht wordt dat de sociale kost van één ton CO₂ gaat stijgen.

Als deze sociale baat mee opgenomen wordt in de berekening van de terugverdientijd, wordt een terugverdientijd bekomen van 51,3 jaar. Dit is nog steeds meer dan de vooropgestelde 30 jaar. Zelfs als de sociale baten meegerekend worden, blijkt de meerkost voor een passiefhuis te hoog in vergelijking met de baten.

4.3.7 Netto contante waarde

Omdat de terugverdientijd geen rekening houdt met de tijdswaarde van geld, wordt de netto contante waarde berekend. Als deze positief is, wordt de investering aanvaard en als deze negatief is, wordt ze verworpen. Uit bijlage 10 blijkt dat, als er alleen rekening wordt

gehouden met de private baten, de NCW -15.113 € bedraagt. Indien de sociale baten mee worden opgenomen, dan is dit -13.929 € (Bijlage 11). In beide gevallen is dit een waarde ver onder nul. De extra investering in een passiefhuis, ten opzichte van een energiezuinige woning, is dus niet rendabel.

4.3.8 Interne opbrengstvoet

Dezelfde conclusie wordt bekomen, als er gekeken wordt naar de interne opbrengstvoet. Voor het alternatief zonder de sociale baten is deze heel negatief. Indien zowel de sociale- als de private baten opgenomen worden, is de interne opbrengstvoet nog steeds negatief, namelijk -1 %. In beide gevallen is de investering niet aan te raden. De cijfergegevens voor deze gevallen zijn terug te vinden in bijlage 10 en 11.

4.3.9 Verschillende scenario's

Omdat de gegevens uit de enquête een vertekend beeld kunnen geven, wordt er vervolgens een gevoeligheidsanalyse gemaakt. Indien een passiefhuis 20.000 euro respectievelijk 50.000 euro subsidie krijgt, wordt de NCW gelijk aan 5.062 euro, respectievelijk 37.611 euro. Een passiefhuis is in deze gevallen een zeer rendabele investering.

Indien de berekeningen uitgevoerd worden met een intrestvoet van 4% in plaats van 3,5 % dan wordt de NCW gelijk aan -15.863 euro. Als de extra investering geleend moet worden aan een intrestvoet van 3% dan wordt de NCW -19.667 euro, maar als deze extra investering geen intrest vereist, dan wordt de NCW -13.002 euro.

4.4 Vergelijking tussen een energiezuinig huis en een conventioneel huis

4.4.1 Private kosten

Er wordt eerst nagegaan wat een energiezuinige woning meer kost dan een conventionele woning. Uit de enquête werden volgende mediaanwaarden bekomen voor de energiezuinige woning.

	Energiezuinig huis
Grond	87.500 €
Isolatiemateriaal	4.930 €
Verwarmingsinstallatie	5.764 €
Beglazing en schrijnwerk	6.500 €
Hernieuwbare energiebron	5.350 €
Nieuwbouw: totaal zonder grond	200.000 €
Renovatie: totaal zonder grond	100.000 €
Kostprijs renovaties	100.000 €

Tabel 32: kosten van een energiezuinig huis, mediaanwaarden.

De kostprijs van een conventionele woning werd reeds bepaald in sectie 4.1.1 en bedraagt 185.250 euro. In hoofdstuk vijf wordt duidelijk dat een energiezuinige woning gemiddeld een subsidie krijgt van 1.255 euro. Een energiezuinige woning kost dus 13.495 euro meer dan een conventionele woning.

Er werd ook rekening gehouden met de opportuniteitskost van het geld dat, in vergelijking met een conventioneel huis, gespendeerd wordt aan de extra investering in een energiezuinige woning. Deze kost wordt weerspiegeld in de intrestcomponent van de jaarlijkse terugbetaling van een reële of fictieve lening met een termijn van 20 jaar.

4.4.2 Private baten

De private baat van een energiezuinige woning bestaat in een lage energiefactuur ten opzichte van een conventionele woning. Uit de enquête blijkt dat een energiezuinige woning 3.072

kWh/jaar aan elektriciteit verbruikt. Een conventionele woning verbruikt rond de 3.500 kWh/jaar.

	Conventioneel huis	Energiezuinig huis	Vershil conventioneel – energiezuinig
Elektriciteitsverbruik (kWh/jaar)	3.500	3.072	428
Elektriciteitsprijs 2005 (€/kWh)	0,167	0,167	0,167
Totaal	584,50 €	513,02 €	71,48 €

Tabel 33: Besparing op elektriciteit voor energiezuinige huizen ten opzichte van conventionele woningen

Voor de berekening in bovenstaande tabel wordt de elektriciteitsprijs van 2005 gebruikt die volgens het NIS 0,167 €/kWh bedraagt. Een energiezuinige woning bespaart in 2006 dus 71,48 euro op haar elektriciteitsfactuur ten opzichte van conventioneel gebouwde woningen. Deze besparing gaat in de volgende jaren steeds groter worden omdat er verwacht wordt dat de elektriciteitsprijs stijgt met 2,5% per jaar.

Het aardgasverbruik van een energiezuinig huis is volgens de enquête 6.533 kWh/jaar en voor een conventionele woning is dit 10.800 kWh/jaar (48% van 22.000 kWh). Indien de aardgasprijs van 2005 gebruikt wordt, heeft een energiezuinige woning in 2006 een besparing op haar energiefactuur van 166 euro. Deze besparing gaat de komende jaren steeds stijgen omdat de aardgasprijs verondersteld wordt te stijgen met 3% per jaar.

	Conventioneel huis	Energiezuinig huis	Vershil conventioneel – energiezuinig
Aardgasverbruik (kWh/jaar)	10.800	6.533	4.267
Aardgasprijs 2005 (€/kWh)	0,039	0,039	0,039
Totaal	421 €	255 €	166 €

Tabel 34: Besparing op aardgas voor energiezuinige huizen ten opzichte van conventionele woningen

Het stookolieverbruik van een conventionele woning is ongeveer 22.376 kWh/jaar. Als we hier de weging van 38% op toepassen komen we aan 8.503 kWh/jaar. Een passiefhuis bespaart in 2006 334,57 euro op zijn stookoliefactuur in vergelijking met een conventionele woning. Deze besparing gaat in de volgende jaren steeds groter worden omdat er verwacht wordt dat de stookolieprijs stijgt met 3% per jaar.

	Conventioneel huis	Energiezuinig huis	Vershil conventioneel – energiezuinig
Stookolieverbruik (kWh/jaar)	8502,98	2054,68	6448,3
Stookolieprijs 2005 (€/kWh)	0,052	0,052	0,052
Totaal	441,18 €	106,61 €	334,57 €

Tabel 35: Besparing op stookolie voor energiezuinige huizen ten opzichte van conventionele woningen

4.4.3 Sociale kosten

Onder sociale kosten worden de schadekosten verstaan die de CO₂ emissies met zich mee brengen. Dit zijn kosten van mensen die gezondheidsproblemen ondervinden ten gevolge van de CO₂ emissies, schade aan het milieu, schade aan oogsten etc. De organisatie 'New Economic Foundation', in overeenstemming met andere bronnen, heeft geschat dat elke ton koolstofdioxide die uitgestoten wordt ongeveer 35\$ (28,9 €) kost aan milieuschade.

4.4.4 Sociale baten

De sociale baat is de besparing aan CO₂ die energiezuinige woningen realiseren ten opzichte van conventionele woningen. Zoals in sectie 4.1.4 reeds gemeld, gaat het hier niet alleen over energie besparingen door verbruik, maar ook de hoeveelheid energie die minder gebruikt wordt bij de productie van ecologische bouwmaterialen.

Om de besparing in CO₂ te kunnen berekenen, moet er gebruik gemaakt worden van een emissiefactor. Deze bepaalt per brandstofgroep hoeveel kg CO₂ uitgestoten wordt bij 1 MJ energiegebruik.

Brandstofsoort	CO ₂ -emissiefactor (kg/MJ)
Aardgas	0,0560
Elektriciteit	0,0694
Stookolie	0,0730

Tabel 36: emissiefactoren (Bron: Nederlandse organisatie voor energie en milieu, 2006)

De totale CO₂-emissie is bijgevolg gelijk aan de CO₂-emissiefactor vermenigvuldigd met het energiegebruik. Er kan nu berekend worden wat een energiezuinig huis ‘bespaart’ aan CO₂. Dit wordt eerst berekend voor de besparing in CO₂ door het verbruik van minder elektriciteit.

	Conventioneel huis	Energiezuinig huis	Vershil conventioneel – energiezuinig
Jaarlijks verbruik (kWh)	3.500	3.072	428
Jaarlijks verbruik (MJ)	12.600	11.061	1.539
Emissiefactor elektriciteit (kg/MJ)	0,0694	0,0694	0,0694
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	874,44	767,62	106,82
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	26.233,20	23.028,53	3.204,67

Tabel 37: Vergelijking van de CO₂ – emissies van energiezuinige- en conventionele woningen door elektriciteit.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat een energiezuinig huis 106,82 kilogram CO₂ per jaar minder uitstoot dan een conventionele woning. Over een periode van 30 jaar geeft dit een totaal van 3.204,67 kilogram.

	Conventioneel huis	Energiezuinig huis	Vershil conventioneel – energiezuinig
Jaarlijks verbruik (kWh)	10.800	6.533	4.267
Jaarlijks verbruik (MJ)	38.880	23.520,46	15.360
Emissiefactor aardgas (kg/MJ)	0,056	0,056	0,056
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	2.177,28	1.317,15	860,13
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	65.318	39.514,38	25.804,02

Tabel 38: vergelijking van de CO₂ – emissie van energiezuinige- en conventionele woningen door aardgas

Uit bovenstaande tabel volgt dat een energiezuinig huis jaarlijks 860,13 kilogram CO₂ minder uitstoot door aardgasverbruik dan een conventionele woning. Dit geeft 25.804,02 kilogram over 30 jaar.

	Conventioneel huis	Energiezuinig huis	Vershil conventioneel – energiezuinig
Jaarlijks verbruik (kWh)	8.503	2.055	6.448
Jaarlijks verbruik (MJ)	30.611	7.396,84	23.214
Emissiefactor aardgas (kg/MJ)	0,073	0,073	0,073
CO ₂ - emissie per jaar (kg)	2.234,58	539,97	1.694,61
CO ₂ - emissie gedurende 30 jaar (kg)	67.037	16.199,08	50.838,37

Tabel 39: vergelijking van de CO₂ – emissie van energiezuinige- en conventionele woningen door stookolie

Een energiezuinig huis stoot jaarlijks 1.684,61 kilogram CO₂ minder de lucht in omdat ze minder stookolie verbruikt dan een conventionele woning. Na 30 jaar is dit een totaal van 50.838,37 kilogram.

4.4.5 Afweging van de private kosten en baten

Om een energiezuinig huis te bouwen is een extra investering nodig van 13.495 euro ten opzichte van een conventionele woning. Dit levert een jaarlijkse private besparing van 572,05 euro op aan elektriciteit-, aardgas- en stookoliekosten.

Om te onderzoeken of de baten op lange termijn hoger gaan liggen dan de extra kosten, wordt er weer gebruik gemaakt van de terugverdientijd. Dit is de tijd die nodig is om de oorspronkelijke investering terug te verdienen via de opbrengsten die er uit voortvloeien. (Mercken, R., 2004, p. 72). Door 13.495 euro te delen door de jaarlijkse besparing van 572,05 euro ($71,48 + 166 + 334,57$) bekomen we een terugverdientijd van 23,6 jaar. Er wordt gedurende 6,4 jaar een baat gerealiseerd van 572,05 euro/jaar. Dit is in totaal een baat van 3661,12 euro. 23,6 jaar is minder dan de veronderstelde termijn van 30 jaar. Het bouwen van een energiezuinig huis in plaats van een conventionele woning is dus, op basis van de terugverdientijd, een interessante investering. De baten liggen op lange termijn hoger dan de kosten.

4.4.6 Afweging van de private plus de sociale kosten en baten

Naast een private baat van 572,05 euro per jaar, realiseert een energiezuinig huis ook sociale baten. Aan een kost van 28,9 euro/ton is er een jaarlijkse besparing van: $0,10682 \text{ ton/jaar} * 28,9 \text{ euro/ton} = 3,1 \text{ euro/jaar}$ omwille van het minder verbruik van elektriciteit en de daarmee gepaard gaande besparing in CO₂. De besparing van aardgas zorgt voor een besparing van $0,86013 \text{ ton/jaar} * 28,9 \text{ euro/ton} = 24,86 \text{ euro/jaar}$. Het verminderd stookolieverbruik zorgt tot slot voor een besparing van $1,69461 \text{ ton/jaar} * 28,9 \text{ euro/ton} = 48,97 \text{ euro/jaar}$.

Al deze besparingen samen zorgen voor een totale sociale baat van 76,93 euro in 2006. Dit komt overeen met een jaarlijkse besparing van 2.661,56 kilogram CO₂. Als deze mee opgenomen wordt in de berekening van de terugverdientijd, wordt een terugverdientijd bekomen van 20,8 jaar. Dit ligt ver onder de vooropgestelde 30 jaar. Er wordt gedurende 9,2 jaar nog een baat gerealiseerd van 648,98 euro/jaar. Indien er dus rekening wordt gehouden met zowel sociale- als private baten, is de extra investering, op basis van de terugverdientijd, een zeer rendabele investering.

4.4.7 Netto contante waarde

De terugverdientijd houdt echter geen rekening met de tijdwaarde van het geld. Een euro die we momenteel ontvangen is meer waard dan een euro die we over 30 jaar ontvangen. We kunnen die huidige euro immers beleggen gedurende 30 jaar. Toekomstige opbrengsten of besparingen moeten dan ook worden verdisconteerd. Dit doen we door de netto contante waarde te berekenen. Die is gelijk aan (Laveren ea, 2004, p.45-49):

$$NCW = \sum_{t=0}^n (Besparingen - kosten) / (1 + discontovoet)^t$$

De t staat voor de tijd en n is 30. De besparingen en de kosten die in een jaar gebeuren, worden verdisconteerd naar het jaar van de investeringskost. De volledige berekening is terug te vinden in bijlage 12. Als de netto contante waarde positief is, wordt de investering aanvaard en als ze negatief is wordt ze verworpen, dan is het niet rendabel om de investering uit te voeren.

Als we een discontovoet van 3,5% veronderstellen en alleen rekening houden met de private baten dan bekomen we een NCW van 1.162 euro. Indien de sociale baten ook worden opgenomen in het model dan blijkt uit bijlage 13 dat een NCW bekomen wordt van 2.663 euro. Omdat beide waarden groter zijn dan nul, kan de extra investering voor het bouwen van een energiezuinig huis als zeer rendabel beschouwd worden.

4.4.8 Interne opbrengstvoet

De beweringen uit de vorige paragraaf worden gestaafd door de berekeningen van de interne opbrengstvoet. Deze geeft het relatieve rendement van de investering. Uit bijlagen 12 en 13 volgt dat de interne opbrengstvoet voor een energiezuinige woning, zonder sociale baten in rekening te brengen, gelijk is aan 4%. Indien de sociale baten wel opgenomen worden in de berekeningen, bedraagt de interne opbrengstvoet 5%. Deze investering brengt dus in beide gevallen meer op dan het geld op een spaarboekje te zetten aan 3,5%.

4.4.9 Verschillende scenario's

Omdat in de enquête enkel een steekproef bevraagd werd, wordt in deze paragraaf nagegaan wat er gebeurt met de netto contante waarde en de interne opbrengstvoet als van de gegevens wordt afgeweken.

Indien een energiezuinig huis een subsidie zou krijgen van 20.000 euro dan bedraagt de NCW 19.907 euro. Indien een subsidie van 50.000 euro wordt verkregen stijgt de NCW tot 49.907 euro. Als met een intrestvoet van 4% wordt gerekend in plaats van 3,5%, dan daalt de NCW tot 102 euro. Als de extra investering een intrestlast heeft van 3% dan wordt de NCW negatief -1.311 euro. Indien de extra investering geen rentecomponent heeft, dan stijgt de NCW tot 2.309 euro. De interne opbrengstvoet is dan 5%

4.5 *Besluit*

Onderstaande tabel geeft de belangrijkste conclusies – geconditioneerd door de resultaten van de enquête en de aanvullende hypothesen - van dit hoofdstuk nog even weer. Een investering met een negatieve NCW, een IOV kleiner dan 3,5% of een terugverdientijd groter dan 30 jaar is een niet rendabele investering. Zo kan er worden afgeleid dat een energiezuinig huis zetten in plaats van een conventionele woning altijd rendabel is. Een passiehuis is daarentegen niet

rendabel, zelfs niet als de sociale baten worden meegerekend. Een passiefhuis zetten in plaats van een energiezuinige woning is eveneens nooit een goede investering.

	Passief - conventioneel	Passief - energiezuinig	Energiezuinig - conventioneel
NCW privaat	-13.951 €	-15.113 €	1.162 €
NCW privaat en sociaal	-10.775 €	-13.929 €	2.663 €
IOV privaat	1%	Zeer negatief	4%
IOV privaat en sociaal	1%	-1%	5%
TVT privaat	37,95 jaar	56,7 jaar	23,6 jaar
TVT privaat en sociaal	33,84 jaar	51,3 jaar	20,8 jaar

Tabel 40: besluit hoofdstuk 4

Hoofdstuk 5 Subsidies en suggesties naar politiek beleid

Uit de discussie in hoofdstuk 4 is gebleken dat een passiefhuis voor de bouwheer niet zo rendabel is als hij alleen kijkt naar de private baten en kosten. Indien, zoals in Duitsland, een passiefhuis meer gesubsidieerd wordt, zou het bouwen van zo een huis veel aantrekkelijker zijn. Het laatste hoofdstuk van deze eindverhandeling gaat dan ook over het politiek beleid in verband met passiefhuizen en energiezuinige woningen. Het eerste deel handelt over de bestaande subsidieregeling in Vlaanderen en een tweede deel gaat over suggesties naar het Vlaamse en Federale beleid.

5.1 Subsidies

Bijna alle informatie over Vlaamse subsidies in verband met energiezuinig bouwen wordt gebundeld in de brochure: 'Maak uw huis energiezuinig en betaal minder belastingen' uitgegeven door de Vlaamse Gemeenschap in januari 2006. Voor het schrijven van de volgende pagina's tekst, maakte ik dan ook gebruik van deze bron.

De federale overheid heeft in 2003 een aantal maatregelen ingevoerd waardoor het interessanter zou moeten worden om energiebesparende investeringen uit te voeren. Deze werden vanaf 2006 nog verder uitgebreid.

Het gaat om de volgende acht investeringen:

1. Vervanging of onderhoud van stookolieketels
2. Installatie van zonneboiler
3. Installatie van fotovoltaïsche zonnepanelen
4. Installatie van een geothermische warmtepomp
5. Plaatsing van hoogrendementsbeglazing of superisolerende beglazing
6. Plaatsing van dakisolatie

7. Plaatsing van thermische kranen op radiatoren of een kamerthermostaat met tijdsinschakeling
8. Uitvoering van een energieaudit in de woning

Zowel voor nieuwbouw als voor renovatie krijgt men 40% van het geïnvesteerde bedrag terug, met een maximum van 1000 euro. Deze 1000 euro moet geïndexeerd worden en voor het aanslagjaar 2007, inkomstenjaar 2006, bedraagt dit geïndexeerd bedrag 1280 euro. Men kan dus per woning, per jaar meerdere facturen indienen, maar het bedrag dat per jaar voor alle maatregelen samen kan gerecupereerd worden, is beperkt tot 1000 euro (geïndexeerd). Er is nog een bijkomende voorwaarde aan het verkrijgen van deze belastingvermindering, namelijk dat de werken uitgevoerd moeten worden door een geregistreerde aannemer. Enkel de facturen die door een geregistreerde aannemer werden uitgeschreven worden aanvaard.

5.1.1 Vervanging of onderhoud van stookketels

De stookketels die in aanmerking komen zijn de lage temperatuurketels, de condensatieketels, stookketel op hout en de systemen voor microwarmtekrachtkoppeling.

5.1.2 Installatie van een zonneboiler

De kostprijs van een zonneboiler voor een gezin van 3 à 4 personen (3 à 4 m² zonnepanelen) bedraagt ongeveer 2500 à 3000 euro aan materiaalkosten en 500 à 750 euro aan installatiekosten (excl. BTW). Dit zijn bedragen die geen rekening houden met eventuele subsidies.

De geregistreerde aannemer moet wel bevestigen dat de oriëntatie van de panelen tussen het oosten en het westen ligt via het zuiden en dat de hellingshoek van de vaste panelen tussen 0 en 60° ligt ten opzichte van de horizon.

In Vlaanderen zijn er nog diverse andere premies voor zonneboilers van toepassing die kunnen gecumuleerd worden met het fiscale voordeel.

- De netbeheerders geven een premie van 625 euro bij de installatie van een zonneboiler.
- De provincie Vlaams-Brabant geeft in 2006 hier bovenop nog een premie van 625 euro.
- Heel wat gemeentebesturen geven een extra premie voor de installatie van een zonneboiler. Deze premie bedraagt meestal 250 à 1000 euro.

5.1.3 Plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen

Om een subsidie te krijgen voor de plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen, moet de geregistreerde aannemer bevestigen dat de kenmerken van de modules beantwoorden aan de volgende vereisten:

- Voor kristallijne modules wordt de norm IEC 61215 vereist, alsook een minimum rendement van 12%
- Voor de dunne-filmmodules wordt de norm IEC 61646 vereist, alsook een minimum rendement van 7%
- Het minimum rendement voor de omvormers moet hoger liggen dan 88% voor de autonome systemen en 91% voor de netgekoppelde systemen
- De oriëntatie van de panelen tussen het oosten en het westen ligt via het zuiden en dat de hellingshoek van de vaste panelen tussen 0 en 70° ten opzichte van de horizon ligt

Er zijn nog aanvullende premies voor fotovoltaïsche zonnepanelen. De Vlaamse overheid voert vanaf 2006 een nieuw subsidiesysteem in. Vanaf 2006 stijgt de prijs van de groenestroom certificaten voor nieuwe installaties naar 450 euro per 1000 kWh geproduceerde stroom uit fotovoltaïsche panelen, gegarandeerd gedurende 20 jaar. In 2006 en 2007 kan men bovendien een investeringssubsidie krijgen van 10% van de investeringskosten. Sommige gemeentebesturen geven eveneens een aanvullende subsidie voor fotovoltaïsche panelen die varieert tussen 250 en 1000 euro.

5.1.4 Installatie van warmtepomp

Voor warmtepompen kunnen premies gegeven worden door de netbeheerder of door het gemeentebestuur. Om echter fiscaal voordeel te verkrijgen voor de plaatsing van een warmtepomp, moet de geregistreerde aannemer bevestigen dat op de warmtepomp het EG-kenmerk is aangebracht en dat de globale prestatiecoëfficiënt hoger is of gelijk aan 3.

5.1.5 Plaatsing van hoogrendementsbeglazing

Het warmteverlies door een venster wordt bepaald door de isolerende eigenschappen van zowel het glas als het schrijnwerk. Om in aanmerking te komen voor de belastingvermindering, moet de warmtedoorgangscoefficiënt van het glas + schrijnwerk een U-waarde hebben die kleiner of gelijk is aan 2,0 W/(m².K). In de volgende tabel wordt aangeduid wanneer de combinatie glas + schrijnwerk voldoet aan de voorwaarden van de fiscale maatregel.

**U-WAARDE VAN HET VENSTER W/(m².K) NAARGELANG DE
WARMTEDOORGANGSCOEFFICIENT VAN HET GEBRUIKTE ISOLEREND
GLAS EN SCHRIJNWERK (INDICATIEVE VEREENVOUDIGDE TABEL)**

U-GLAS	U-SCHRIJNWERK								
	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7
2,1	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7
2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7
1,9	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6
1,8	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5
1,7	2,0	2,1	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5
1,6	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
1,5	1,9	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,3
1,4	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3
1,3	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2
1,2	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,1
1,1	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0
1	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0
0,9	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9
0,8	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8

Figuur 14: U-waarde van glas en schrijnwerk (Bron: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Maak uw huis energiezuinig en betaal minder belastingen*, 2006)

5.1.6 Investerings in dakisolatie

Om in aanmerking te komen voor de fiscale maatregel, moet de geregistreerde aannemer bevestigen dat het gebruikte isolatiemateriaal een thermische weerstand R heeft die gelijk is aan of groter is dan $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$.

R is de warmteweerstand. Hoe groter R , hoe groter de weerstand die de warmtedoorgang ondervindt en hoe beter het materiaal isoleert. In de praktijk komt $R = 2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ overeen met de minimale isolatiediktes ($d_{\min}$ in cm) voor verschillende mogelijke waarden van de warmtegeleidbaarheid (λ -waarde) van isolatiematerialen.

$\lambda \text{ (W/m.K)}$	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070
$d_{\min} \text{ (cm)}$	8	9	10	12	13	14	15	17	18

Figuur 15: Lambda en R waarden. (Bron: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Maak uw huis energiezuinig en betaal minder belastingen*, 2006)

Dit wilt bijvoorbeeld zeggen dat om aan de minimale eis van R is groter dan of gelijk aan $2,5 \text{ m}^2\text{K/W}$ te voldoen, moet er dus minstens 10 cm dakisolatie geplaatst worden indien de λ -waarde van het materiaal $0,040 \text{ W/(m.K)}$ bedraagt.

5.1.7 Plaatsing van thermosstatische kranen of een kamerthermostaat met tijdsindeling

Ook hier moet de plaatsing bevestigd worden door een geregistreerde aannemer.

5.1.8 Energieaudit van de woning

Een energieaudit geeft antwoord op de vragen waar, hoeveel en op welke manier energie in een woning kan worden bespaard. In een energieaudit kan een onderzoek gebeuren naar het verwarmingssysteem, de isolatie van de woning, het gebruik van zonne-energie, zomercomfort, ventilatie.... Kortom, de volledige energiehuishouding van de woning wordt doorgelicht.

40% van de kosten van de energieaudit komen in aanmerking voor belastingvermindering. De basisuitvoering van een energieaudit analyseert de warmteverliezen van de bouwschil en geeft inzicht in hoe efficiënt het verwarmingssysteem en de warmwaterproductie is. Optioneel kunnen de modules zomercomfort en ventilatie uitgevoerd worden om meer zicht te krijgen op hoe oververhitting in de zomer vermeden kan worden en hoe voldoende frisse lucht in de woning kan worden voorzien. Een energieaudit kost gemiddeld tussen de 300 en de 700 euro, afhankelijk van het concrete aanbod van de energiedeskundige, de grootte van de woning, het aantal modules dat wordt onderzocht en een eventuele nabespreking van de resultaten.

Samenvattend kunnen er in Vlaanderen via 5 kanalen premies voor energiebesparende investeringen gekregen worden.

1. Fiscaal voordeel voor 8 energiebesparende maatregelen zoals hierboven beschreven.
2. Premies van de elektriciteitsnetbeheerder.
3. Premies van heel wat lokale besturen voor de installatie van een zonneboiler of fotovoltaïsche zonnepanelen. Enkele gemeenten geven ook steun voor dakisolatie, superisolerende beglazing of de vervanging van een oude cv-ketel.
4. Premie van de provincie Vlaams-Brabant voor een zonneboiler of dakisolatie in bestaande woningen
5. Investeringsubsidie van 10 % van de Vlaamse overheid voor fotovoltaïsche zonnepanelen

Er moet opgemerkt worden dat er vanaf 2006 meer subsidies toegekend worden. Vóór 2006 kwam voor de vervanging van een stookolieketel, de installatie van een zonneboiler en de plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen slechts 15% van de investering in aanmerking voor belastingvermindering. Dit werd beperkt tot een maximaal bedrag van 620 euro. Een andere belangrijke wijziging is dat nu ook huurders in aanmerking komen voor fiscaal voordeel.

Er is op het gebied van subsidies nog belangrijk nieuws te melden, want de gemeenteraad van de Stad Turnhout keurde op 22 december 2005 een subsidies goed voor passiehuizen! Het is de eerste stad in België die dit doet. Zowel ééngezinswoningen als appartementen komen in

aanmerking. Het premiebedrag bedraagt 6000 EUR voor een ééngezinswoning en 3000 EUR per appartement. (Passiefhuis Platform, 2006)

Er zijn wel enkele voorwaarden aan verbonden:

- Het gebouw is gelegen op het grondgebied van de stad Turnhout.
- Enkel de aanvragen ingediend vanaf 1 januari 2006 komen in aanmerking voor deze premie.
- De subsidie kan slechts éénmaal aangevraagd worden per gebouw.
- Enkel particulieren en bedrijven met een private rechtspersoonlijkheid komen in aanmerking voor deze subsidie.
- De handelingen die uitgevoerd worden voor het realiseren van het passiefhuis, dienen in overeenstemming te zijn met bestaande wetten, reglementen, verordeningen en gebruiken
- De subsidie kan alleen toegekend worden voor vergunde of vergund geachte gebouwen, zoals bedoeld in het decreet van 18 mei 1999 houdende de organisatie van de ruimtelijke ordening. De handelingen die uitgevoerd worden moeten overeenkomstig de bestaande wettelijke bepalingen gebeuren. In voorkomend geval moet tijdig een stedenbouwkundige vergunning aangevraagd worden.
- De premie wordt enkel toegekend aan gebouwen die beschikken over een kwaliteitsverklaring voor gebouwen in de passiefhuisstandaard afgeleverd door Passiefhuis-Platform vzw.
- Het stadsbestuur beslist omtrent de toekenning van de premie. De toekenning kan geweigerd worden bij gemotiveerd besluit van het college van burgemeester en schepenen. (Passiefhuis Platform, 2006)

Ook distributienetbeheerder Gedis biedt vanaf januari 2006 subsidies aan voor passiefhuizen op zijn grondgebied. Concreet worden er voor elk particulier nieuwbouwproject, dat voorzien is van de PHP-kwaliteitsverklaring, 1500 euro subsidies verstrekt (2000 euro voor verbouwingen in de passiefhuisstandaard). Helaas zijn de subsidies voor passiefhuizen niet cumuleerbaar met andere subsidies van Gedis. (Passiefhuis Platform, 2006)

Vervolgens wordt gekeken hoeveel ondervraagde bewoners van energiezuinige- of passiefhuizen effectief een subsidie hebben gekregen.

Soort subsidie	Energiezuinig	Passiefhuis
vervanging stookolieketel	2	0
zonneboiler	20	7
fotovoltaïsche zonnepanelen	6	3
warmtepomp	1	2
hoogrendementsbeglazing	9	3
dakisolatie	10	1
thermische kranen	3	0
Andere	7	3

Tabel 41: Aantal bewoners die een bepaalde subsidie hebben gekregen.

Er werd in de enquête eveneens gevraagd het bedrag aan verkregen subsidie in te vullen. Dit kwam meestal uit op het maximale bedrag van 620 euro dat toen nog van kracht was. Het totale bedrag van elk energiezuinig huis werd berekend en de mediaan waarde hiervan was 1.255 euro. Voor een passiefhuis werd dezelfde berekening gedaan en daar werd een mediaan waarde bekomen van 1.405 euro. Deze bedragen werden eveneens opgenomen in de kostenberekening van hoofdstuk 4.

5.2 *Situatie in andere landen*

In de enquête hebben er twee mensen gemeld dat men in Luxemburg meer dan 20.000 euro aan subsidies krijgt als men een passiefhuis zet. In sommige deelstaten van Oostenrijk moeten zelfs alle nieuwe woningen verplicht volgens de passiefhuis standaard gebouwd worden. De Duitse KfW Förderbank geeft een passiefhuis een subsidie van maar liefst 50.000 euro. In Nederland zijn er op het private niveau geen subsidies.

Het is bijgevolg geen wonder dat er in Nederland maar 14 passiefhuizen, in België ongeveer 40, in Oostenrijk 1000 en in Duitsland ongeveer 6000 passiefhuizen zijn. De meeste passiefhuizen in Duitsland zijn gesitueerd in de deelstaten Bayern en Baden-Württemberg, in het Zuiden van Duitsland.

5.3 *Suggesties naar beleid*

De laatste vraag van de enquête vraagt aan de bewoners of ze nog suggesties hebben naar het beleid toe. Aangezien ze allemaal ervaringsdeskundigen zijn, leek mij dit de uitgelezen kans om te vragen wat zij graag veranderd willen zien aan het beleid.

5.3.1 Subsidies

Het is duidelijk dat de ondervraagde bewoners graag meer subsidies krijgen voor de bouw van hun woning, maar er zijn ook enkele creatieve voorstellen in plaats van gewoon een verhoging van de subsidies. De overheid moet met een doelgericht beleid komen voor energiezuinige woningen en passiefhuizen.

De ondervraagde eigenaars stellen dat iemand die op eigen initiatief gaat besparen daar wel een beloning voor mag krijgen. Men zou de woningen die veel verbruiken meer moeten belasten en de woningen die weinig verbruiken, subsidies moeten geven. Sommige eigenaars zijn voor een verplichting van een K-30 peil en een verstrenging van de energieprestatie-regelgeving. Op die manier is de stap ook sneller gezet naar het bouwen van een passiefhuis.

In de enquête hebben veel ondervraagden gemeld dat de aandacht meer moet gaan naar de isolatie. Desnoods met een isolatieverplichting van bijvoorbeeld 20 cm. Sommige wijzen ook op het gebruiken van biologische materialen voor de isolatie. Die zijn duurder, maar bij de productie van deze materialen wordt er minder energie verbruikt. Dit verdient volgens hen dan ook een extra subsidie. Veel bewoners hebben eveneens kritiek op de stookoliecheques die de Federale overheid uitdeelde omwille van de hoge stookolieprijzen. De ondervraagde bewoners stellen echter isolatiecheques voor. Eenmaal er een isolatie in een huis is aangebracht, zorgt die immers gedurende vele jaren voor een lager energieverbruik, een stookoliecheque daarentegen is maar een eenmalige premie van 75 euro om te compenseren voor de hoge olieprijs.

Een andere suggestie die dikwijls terug kwam, was dat als de bouwheer de isolatie zelf aanbrengt, hij dan ook recht moet hebben op die subsidie. Momenteel is het zo dat die geplaatst moet worden door een geregistreerde aannemer, maar sommige mensen stellen dat die te duur is of dat de aannemers te weinig kennis hebben van zaken.

Men merkt ook op dat een belastingvoordeel van 40% zeer mooi is, maar dat het maximum bedrag dat er op staat veel te laag is. Tot 2006 was dat voor de meeste investeringen 620 euro. Voor het inkomstenjaar 2006 wordt dat 1280 euro. Als je nieuw bouwt, doe je meestal alle investeringen in de eerste twee jaar. Het maximumbedrag van 1280 euro geldt echter per jaar. Iemand stelt voor dat de subsidies bij de start van de bouw betaald worden. Als de vooropgestelde investeringen om bepaalde redenen niet realiseert worden, kan de fiscus om een terugvordering vragen. Bijvoorbeeld subsidies die gekoppeld worden aan het K-peil van de woning. Als achteraf blijkt dat het K-peil niet gehaald wordt, moet men de subsidies terugbetalen.

Enkele bewoners stellen nog bijkomende subsidies voor. Bijvoorbeeld voor de vervanging van elektrische verwarming naar een meer milieuvriendelijke vorm zoals gas. Of subsidies voor driedubbel glas. Momenteel zijn die er enkel voor hoogrendementsglas. Waarom geen initiatieven voor collectieve energievoorzieningen bijvoorbeeld op wijkniveau. De overheid zou volgens sommigen een soort betalingsplan moeten opstellen voor de dure fotovoltatische zonnepanelen. Anderen zeggen dan weer dat de overheid deze beter niet kan subsidiëren, en dat geld voor iets anders moet gebruiken. Iemand schreef dat men subsidies moet maken met terugwerkende kracht om zo ook de pioniers te belonen. Dit is goed opgemerkt, want zelfs al komen er meer tegemoetkomingen, dan zijn de huidige eigenaars van een energiezuinige woning of van een passiefhuis daar nog niet mee geholpen.

Het moeten niet altijd subsidies zijn. Sommige bewoners stellen een verlaging van het BTW tarief voor voor energiezuinige investeringen. Of het aangaan van een renteloze lening. In Duitsland kan men bijvoorbeeld een lening krijgen tegen 1% als het gaat om energiezuinige investeringen. (KfW Förderbank, 2006) Wat je niet kan lenen, kan je immers niet aanschaffen, ondanks een latere aftrekbaarheid van de belastingen. Anderen vinden dat

energiezuinige huizen of passiefhuizen een lager KI moeten krijgen. Er is ook een voorstel om de energieprijzen te laten fluctueren, afhankelijk van het energieverbruik van een woning. Een woning die veel verbruikt, moet een hogere eenheidsprijs betalen per kWh. Een andere creatieve oplossing is dat bij nieuwe verkavelingen de bouwgrond goedkoper wordt aangeboden, maar dat er in de bouwvoorschriften geëist wordt dat de woningen energiezuinige- of passiefhuizen zijn.

Tot slot is er nood aan een stabiele, eenvormige subsidiereglementering met één contactpunt. Zo zou bijvoorbeeld het bewijs van uitvoering recht moeten geven op de subsidies, ook als die door de bewoners zelf is geïnstalleerd. De subsidies moeten administratief gemakkelijker gemaakt worden volgens de eigenaars. Zo meldde een bewoner dat ze hun subsidie voor de ventilatie niet gekregen hebben omdat de aanvraag in 2003 gebeurd was en de factuur in 2004 was gedateerd.

5.3.2 Promotie

Een tweede groot aspect van het beleid waar commentaar op was, is dat er te weinig promotie gemaakt wordt rond energiezuinig- en passief bouwen. De bewoners vinden dat er naast een grotere aanmoediging, een grotere ruchtbaarheid nodig is. Er moet meer informatie komen over de mogelijkheden en de voordelen voor toekomstige bouwheren, maar ook voor mensen die een conventionele woning willen ombouwen.

Iemand stelt voor om bij iedere ingediende bouwaanvraag die niet aan passiefhuisstandaarden / energiezuinig bouwen voldoet, de indiener automatisch en intensief in te lichten over de mogelijkheden en voordelen van energiezuinig bouwen. Dit kan best persoonlijk gebeuren met concrete suggesties tot verbetering. Een ander vindt dat er een grote campagne moet komen rond isoleren. Men moet de mensen er op wijzen dat te veel isoleren nooit kan en dat het nodig is om bijkomend te ventileren. Er moet meer bekendheid gegeven worden aan biologische materialen. Meer nadruk leggen op meer en beter isoleren, vooral met ecologische materialen.

Een duidelijke vergelijking tussen een passiefhuis en een conventionele woning met betrekking tot de investering enerzijds en de terugverdientijd anderzijds kan ook helpen. Of een aantal voorbeeldwoningen om met elkaar te kunnen vergelijken. Leg het accent op de combinatie van een hoger comfort / kleinere exploitatiekost in plaats van op de meerkost, zegt een bewoner. Het is immers mogelijk om op een creatieve manier voor elk budget energiezuinig te bouwen.

5.3.3 Kennis

Tot slot beklagen sommige bewoners zich over de beperkte kennis van architecten, aannemers of ambtenaren met betrekking tot energiezuinig- en passief bouwen. Aannemers en architecten moeten warm gemaakt, overtuigd en opgeleid worden, want dit zijn zeer remmende factoren, zowel voor zelfbouwers als voor anderen.

Een nieuwe energie prestatie regelgeving invoeren is één ding, maar dan moet daar ook controle op komen door specialisten, anders houden mensen zich niet aan de regels. Iemand stelt de aanstelling van een isolatiemeester voor, die advies geeft en die het belang van isolatie onderstreept.

Er is een bewoner die zegt dat de bouwvoorschriften zongericht bouwen soms in de weg staan, dat de bouwvoorschriften materiaalkeuzes opleggen die niet duurzaam zijn of dat ze een grote oversteek verhinderen enz. Dit zijn inconsistenties in het beleid die er uit moeten gehaald worden.

5.3.4 Andere

Enkele bewoners hadden een algemene opmerking. Een bouwheer zegt dat energiezuinigheid al begint bij de keuze tussen renovatie en nieuwbouw, het materiaalgebruik namelijk biologische materialen gebruiken of niet en voor welk concept men kiest. Gaat het om een

kleine woning en wat is de oriëntatie. Energiegebruik gaat over veel meer dan passiefhuizen. Het is een levenswijze, het is een wereldbewustzijn.

Er werd in de enquête eveneens gevraagd of de bewoners nog investeringen achterwege hebben gelaten en waarom die dan nog niet gerealiseerd zijn. Het meest voorkomend antwoord zijn de fotovoltaïsche zonnepanelen. 13 van de 40 gezinnen (32.5 %) geven dit antwoord op. 16 van de 40 gezinnen maakt al gebruik van deze cellen. Volgens de bouwheren zijn de panelen te duur en hebben ze een te laag rendement. Er is wel iemand die opmerkt dat hij gewacht heeft met de installatie van de panelen tot in 2006, omdat er vanaf dan een grotere subsidie komt. Dat is inderdaad het geval en misschien gaan vanaf 2006 meer gezinnen over tot de installatie van hun zonnepanelen.

Andere veel voorkomende antwoorden zijn de pelletkachel, de zonneboiler en de windmolen. De reden dat deze nog niet geïnstalleerd zijn verschilt tussen de bewoners. Men mag een windmolen niet overal neerzetten en het is duur. Een pelletkachel is voor sommigen te duur en anderen leren de pelletkachel nu pas kennen. Verder zijn er energiezuinige woningen die nog een mechanisch ventilatiesysteem willen installeren, liefst met aardwarmtewisselaar. Er is iemand die graag infrarood foto's van zijn woning zou laten maken om te zien waar de koudebruggen en slechte isolatie zich bevinden, maar dat kost tussen de 1000 en de 1500 euro. Twee gezinnen plannen nog een aanleg van een rietveld als kleinschalige waterzuiveringsinstallatie.

5.4 Besluit

Er bestaan subsidies voor verschillende energiezuinige investeringen en er komen stilaan ook subsidies voor passiefhuizen, maar als we de bedragen die men in België krijgt, vergelijkt met die van Duitsland, dan scoort België ontzettend slecht. De overheid heeft er thans alle belang bij dat de bouw van passiefhuizen en energiezuinige woningen gesubsidieerd wordt, want ze besparen een grote hoeveelheid CO₂.

De ondervraagde bewoners doen dan ook allerlei creatieve voorstellen om het beleid aan te passen. Daarbovenop wijzen zij op het belang van promotie en op het feit dat er degelijke opleidingen moeten komen voor de architecten, ambtenaren en aannemers.

Hoofdstuk 6 Besluit

In de voorbije hoofdstukken heb ik geprobeerd een antwoord te vinden op de centrale onderzoeksvraag en de deelvragen die geformuleerd zijn in hoofdstuk één.

De centrale onderzoeksvraag en de deelvragen zijn de volgende:

“Wat zijn de kosten en de baten van een passiefhuis en hoe kan het beleid helpen bij de promotie van passiefhuizen?”

- 1. Wat is een passiefhuis en welke technieken zijn nodig voor de realisatie van een passiefhuis?*
- 2. Hoeveel energie kan een passiefhuis sparen in vergelijking met een energiezuinig huis of een conventioneel huis?*
- 3. Hoeveel CO₂ uitstoot kan men verminderen met het zetten van passiefhuizen?*
- 4. Hoeveel kost een passief huis en hoeveel kan het ‘opbrengen’ op lange termijn?*
- 5. Hoe kan het Belgisch en Vlaams beleid aangepast worden zodat de bouw van passiefhuizen gestimuleerd wordt?*

De eerste deelvraag werd beantwoord in hoofdstuk één. Een passiefhuis is een constructiestandaard die bereikt kan worden met een verscheidenheid aan technieken, ontwerpen en materialen. Het is een verfijning van de term ‘Lage-energie woning’. Een passiefhuis heeft een maximale verwarmingsenergie van 15 kWh/m² woonoppervlak. Bij zulke goede thermische eigenschappen is een conventioneel verwarmingssysteem niet meer nodig. Het huis wordt verwarmd door interne warmtebronnen, zoals personen en elektrische toestellen, en door zonne-energie. De rest van de nodige warmte wordt geleverd door verwarmde lucht die afkomstig is van een gecontroleerd ventilatiesysteem met warmterecuperatie. In een passiefhuis mag de totale energiebehoefte maximaal 42 kWh/m² en de totale hoeveelheid primaire energie maximaal 120 kWh/m² bedragen.

Deze constructiestandaard wordt bekomen door een zestal technieken. Om een conventioneel verwarmingssysteem te kunnen vermijden zonder in te boeten aan warmtecomfort is eerst en vooral een dikkere en/of meer doeltreffende isolatielaag nodig. Typische isolatiediktes voor

muren, daken en vloeren variëren van 18 cm tot 35 cm naargelang het type isolatiemateriaal. De beglazing is drievoudig en het schrijnwerk is extra geïsoleerd. Het is eveneens belangrijk dat koudebruggen vermeden worden.

Passiefhuizen hebben een constante aanvoer van verse lucht nodig om het comfort van de gebruikers zo hoog mogelijk te houden. Dit gebeurt door een mechanisch ventilatiesysteem met warmteterugwinning. Een derde principe, om tot een passiefhuis te komen, is het maximaal benutten van zonnewarmte en zonne-energie. De leefruimte wordt naar het Zuiden georiënteerd.

De vierde techniek is het luchtdicht maken van een passiefhuis. Wind, verwarming en mechanische ventilatie veroorzaken immers 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. Dit gebeurt door het aanbrengen van een damp scherm.

De voorlaatste techniek is het gebruik van energiezuinige elektrische apparaten. De overgebleven energiebehoefte van een passieve woning is nu zeer beperkt. Hiervoor worden hernieuwbare energiebronnen ingeschakeld.

Om een antwoord te vinden op de volgende deelvragen werd gebruik gemaakt van een enquête om aan gegevens te komen. Hieruit blijkt dat een passiefhuis jaarlijks 18.106 kWh bespaart ten opzichte van een conventioneel huis en 6.964 kWh ten opzichte van een energiezuinige woning.

Doordat een passiefhuis minder verbruikt, stoot de woning ook minder CO₂ de lucht in. Het antwoord op de derde deelvraag is dan ook dat een passiefhuis 4.243,97 kilogram CO₂ per jaar minder uitstoot dan een conventionele woning en 1.582 kilogram per jaar minder dan een energiezuinige woning. Een energiezuinige woning stoot tot slot 2.661,56 kilogram CO₂ minder uit dan een conventionele woning.

Het antwoord op de vierde deelvraag is terug te vinden in hoofdstuk vier. Uit de enquête blijkt dat een passiefhuis 38.345 euro meer kost dan een conventionele woning, maar de energiefactuur van een passiefhuis bedraagt in 2006 1.010,35 euro minder dan bij een conventioneel huis. Een passiefhuis heeft bijgevolg een terugverdientijd van 37,95 jaar. Indien de sociale besparingen ook worden opgenomen bedraagt dit nog maar 33,84 jaar.

Een passiefhuis vraagt een extra investering van 24.850 euro ten opzichte van een energiezuinig huis. Er wordt dan 438,31 euro bespaard op de energiefactuur van 2006. Dit geeft een terugverdientijd van 56,7 jaar. Indien ook rekening wordt gehouden met de sociale besparingen wordt een terugverdientijd van 51,3 jaar bekomen.

Een energiezuinig huis kost 13.495 euro meer dan een conventionele woning en levert in 2006 een private besparing op de energiefactuur van 572,05 euro. Een energiezuinig huis is bijgevolg terugverdiend in 23,6 jaar en levert gedurende 6,4 jaar een baat van 572,05 euro. Als de sociale baten mee in rekening gebracht worden, vermindert de terugverdientijd tot 20,8 jaar.

De NCW berekeningen, uitgevoerd in hoofdstuk 4, leveren negatieve waarden op voor de vergelijking tussen een passiefhuis en een conventioneel huis en voor de vergelijking tussen een passiefhuis en een energiezuinig huis. De vergelijking tussen een energiezuinig huis en een conventioneel huis heeft een NCW van 1.162 euro als enkel de private baten worden opgenomen en een NCW van 2.663 euro als ook de sociale baten in rekening worden gebracht.

De interne opbrengstvoet is 1 % als een passiefhuis vergeleken wordt met een conventionele woning. Indien een passiefhuis vergeleken wordt met een energiezuinige woning is de IOV zelfs negatief. Alleen bij de vergelijking tussen een energiezuinig huis en een conventioneel huis wordt een IOV van 4 % bekomen, indien enkel de private baten worden opgenomen, en een IOV van 5 % indien ook met de sociale baten rekening wordt gehouden.

De laatste deelvraag wordt behandeld in hoofdstuk vijf. De overheid subsidieert acht energiezuinige investeringen en de eerste subsidies voor passiefhuizen zijn een feit, maar uit de literatuurstudie en uit de enquête is gebleken dat passiefhuizen en energiezuinige woningen veel te weinig gesubsidieerd worden. In Duitsland krijgt een passiefhuis maar liefst 50.000 euro aan subsidie, tegenover 1.405 euro in België. Indien passiefhuizen in België op dezelfde manier gesubsidieerd worden, zijn zij zeer rendabel en aan te raden aan elke bouwheer. Het is bijgevolg niet verwonderlijk dat er in Oostenrijk 1000 en in Duitsland al 6000 passiefhuizen staan tegenover ongeveer 40 in België. In hoofdstuk vijf doen de ondervraagde bouwheren dan ook suggesties om het beleid te verbeteren zoals bouwverplichtingen opleggen, woningen belonen die een laag K peil halen, architecten opleiden etc.

Lijst van geraadpleegde werken

Boeken:

- Broeckmans, J., *Methoden van onderzoek en rapportering 1*, Diepenbeek, LUC, 2001-2002
- Daniels, N., *Bio-ecologisch bouwen : kosten-baten analyse – Gevalstudie van een voorbeeldwoning*, Diepenbeek, LUC, 2002-2003
- Giancoli, Douglas C., *Physics principles with applications*, New Jersey, Prentice Hall, 1998
- Hustings, C., *Economische aspecten van duurzaam bouwen*, Diepenbeek, LUC, 2003-2004
- Laveren, E., Engelen, P-J, Limère, A., Vandemaele, S., *Handboek financieel beheer*, Antwerpen, Intersentia, 2004, p. 45-49
- Mercken, R., *De investeringsbeslissing: een beleidsgerichte analyse*, Antwerpen-Apeldoorn, Garant, 2004
- Passiefhuis-Platform vzw, *Proceedings PHH 2005*, Berchem, Passiefhuis-Platform vzw, 2005

Brochures:

- Duurzaam Bouwen, *Natuurlijke rijkdommen sparen*, 2005, Nr 22 en 23
- Electrabel, *Energie besparen, 101 tips en adviezen*, Brussel, 2005
- Greanpeace, *Zuinig met energie*, 1998
- Het Onderzoeks- en Informatiecentrum van de Verbruikersorganisaties, *De energiezuinige woning: een keuze in je eigen belang*, Brussel, 1999
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Duurzame energie: wegwijzer 2004*, Enschede, 2004
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Maak uw huis energiezuinig en betaal minder belastingen*, Enschede, januari 2006
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Ventilatie*, Enschede, 2005
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Warmtepompen voor woningverwarming*, Enschede, 2004
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, *Warmtepompen, de natuur als bron van verwarming*, Enschede, 2005
- Passiefhuisplatform, *Wat is een passiefhuis?*, Berchem, 2002
- Passiefhuisplatform, *Technologiewijzer – Glas*, 2005
- Vlaamse Provincies, *Bewust duurzaam bouwen*, Gent, 2003

Artikels:

- Cleeren, E., *Warm wonen voor minder dan 100 euro per jaar*, De Tijd, 26 februari, p 16-17, 2005
- Ministerie Vlaamse Gemeenschap, *Energiesparen, Vanaf 2006 een energieprestatieregelgeving in Vlaanderen*, 2005
- Lesage, O., Nauwelaers, L., *Energiebesparende maatregelen*, Test Aankoop, nr 495, februari 2006, p 44-47
- Lesage, O., Vanparys, R., *Van actief tot passief*, Test Aankoop, nr 496, maart 2006, p 43-46
- Mlecnik, E., *Kwaliteitsbewaking van passiefhuizen en energiezuinige woningen*, 2004
- Mlecnik, E., *Passiefhuis-concept stimuleert innovatie in de bouw*, 2003
- Passiefhuis-Platform, *Belgium The Passive House*, 2005
- Passiefhuis-Platform, *Luchtdicht bouwen – Een case studie*, 1999
- Van Den Broek, G., *Passiefhuisconcept wint terrein in Vlaanderen*, De Tijd, 6 december 2003, p 31.

Lezingen:

- Cobbaert, B. (2005). Certificatie-systeem voor passiefhuizen [handout]. Lezing gehouden op het Passiefhuis-symposium van Passiefhuis Platform in Aalst op 21 oktober 2005.
- Van Den Bossche, N. (2005). Luchtdichtheid van gebouwen in Vlaanderen [handout]. Lezing gehouden op het Passiefhuis-symposium van Passiefhuis Platform in Aalst op 21 oktober 2005.

Websites:

- <http://aps.vlaanderen.be>
- <http://de.wikipedia.org>
- <http://ecodata.fgov.be>
- <http://europa.eu>
- <http://mineco.fgov.be>
- <http://statbel.fgov.be>
- <http://www.bioheat.be>
- <http://www.ecoline.org>
- <http://www.energiesparen.be>
- <http://www.energiesparhaus.at>
- <http://www.groen.be>
- <http://www.iea.org>

- <http://www.kfw-foerderbank.de>
- <http://www.klimaat.be>
- <http://www.ode.be>
- <http://www.passiefhuisplatform.be>
- <http://www.passiv.de>
- <http://www.senternovem.nl>
- <http://www.vibe.be>
- <http://www.vreg.be>
- <http://www.waterloketvlaanderen.be>

Lijst van figuren

Figuur 1: Overzicht van het aantal klimatologische rampen geregistreerd door het federaal rampenfonds gedurende de periode 1993-2002

Figuur 2: Energiebesparing bij verschillende soorten huizen

Figuur 3: Gemiddelde isolatiediktes in de muren

Figuur 4: Warmtebalans voor een woning bij K55

Figuur 5: Dampscherm

Figuur 6: Tabel met de verschillende energielabels

Figuur 7: Onderdelen van een zonneboiler

Figuur 8: Zonnepanelen en randapparatuur

Figuur 9: Werking warmtepomp

Figuur 10: Elektriciteitsverbruik in een conventioneel, energiezuinig en passiefhuis. Mediaanwaarden

Figuur 11: Drijfveren om energiezuinig/passief te bouwen

Figuur 12: Terugverdientijd van een passiefhuis ten opzichte van een conventionele woning als er enkel rekening gehouden wordt met private baten

Figuur 13: Terugverdientijd van een passiefhuis ten opzichte van een conventionele woning als rekening gehouden wordt met private- en sociale baten

Figuur 14: U-waarde van glas en schrijnwerk

Figuur 15: Lambda en R waarden

Lijst van tabellen

Tabel 1: Enkele voorbeelden van λ - waarden

Tabel 2: Isolatiewaarden

Tabel 3: Eisen voor nieuwe gebouwen, opgelegd door de energieprestatieregelgeving

Tabel 4: Aantal ondervraagde huizen en hun oriëntatie naar de zon

Tabel 5: Aantal huizen en hun isolatiedikte

Tabel 6: Soort isolatie in de muren, het dak en de vloer voor een energiezuinige woning.

Tabel 7: Soort isolatie in de muren, het dak en de vloer voor een passiefhuis.

Tabel 8: Aantal ondervraagde huizen en hun K-peil

Tabel 9: Aantal huizen die een efficiënt huishoudtoestel hebben.

Tabel 10: Aantal ondervraagde huizen die een hernieuwbare energiebron gebruiken

Tabel 11: Aantal ondervraagde huizen die binnen een bepaald interval vallen voor elektriciteitsverbruik.

Tabel 12: Aantal ondervraagde huizen die in een bepaald interval zitten voor aardgas

Tabel 13: Aantal ondervraagde huizen dat en specifieke hoeveelheid stookolie verbruikt en hun mediaan waarden.

Tabel 14: Percentage bewoners dat binnen een bepaald interval valt voor waterverbruik

Tabel 15: Kosten van een passiefhuis, mediaanwaarden.

Tabel 16: Besparing op elektriciteit voor passiefhuizen ten opzichte van conventionele woningen

Tabel 17: Besparing op aardgas voor passiefhuizen ten opzichte van conventionele woningen.

Tabel 18: Besparing op stookolie voor passiefhuizen ten opzichte van conventionele woningen.

Tabel 19: Emissiefactoren

Tabel 20: Vergelijking van de CO₂ – emissie door elektriciteit.

Tabel 21: Vergelijking van de CO₂ – emissie door aardgas.

Tabel 22: Vergelijking van de CO₂ – emissie door stookolie.

Tabel 23: Totaal aantal ton CO₂ dat minder uitgestoten wordt, afhankelijk van het percentage nieuwbouw woningen dat een passiefhuis is in plaats van een conventionele woning

Tabel 24: Kosten van een passiefhuis ten opzichte van een energiezuinig huis, mediaanwaarden

Tabel 25: Besparing op elektriciteit voor passiefhuizen ten opzichte van energiezuinige huizen

Tabel 26: Besparing op aardgas voor passiefhuizen ten opzichte van energiezuinige woningen

Tabel 27: Besparing op stookolie voor passiefhuizen ten opzichte van energiezuinige woningen

Tabel 28: Emissiefactoren

Tabel 29: Vergelijking van de CO₂-emissies door elektriciteit

Tabel 30: Vergelijking van de CO₂-emissies door aardgas

Tabel 31: Vergelijking van de CO₂-emissies door stookolie

Tabel 32: Kosten van een energiezuinig huis, mediaanwaarden.

Tabel 33: Besparing op elektriciteit voor energiezuinige huizen ten opzichte van conventionele woningen

Tabel 34: Besparing op aardgas voor energiezuinige huizen ten opzichte van conventionele woningen

Tabel 35: Besparing op stookolie voor energiezuinige huizen ten opzichte van conventionele woningen

Tabel 36: Emissiefactoren (Bron: Nederlandse organisatie voor energie en milieu, 2006)

Tabel 37: Vergelijking van de CO₂ – emissies van energiezuinige- en conventionele woningen door elektriciteit.

Tabel 38: Vergelijking van de CO₂ – emissie van energiezuinige- en conventionele woningen door aardgas

Tabel 39: Vergelijking van de CO₂ – emissie van energiezuinige- en conventionele woningen door stookolie

Tabel 40: Besluit hoofdstuk 4

Tabel 41: Aantal bewoners die een bepaalde subsidie hebben gekregen.

Bijlage 1:	Definitie CO₂-equivalenten	2
Bijlage 2:	Figuren CO₂ evolutie en verdeling	3
Bijlage 3:	Evolutie van het energieverbruik per sector in België 1972-2002.....	4
Bijlage 4:	Energieprestatiebesluit (Belgische Staatsblad, 17 juni 2005)	5
Bijlage 5:	U_{max} van de constructieonderdelen uit bijlage III van het Energieprestatiebesluit.	12
Bijlage 6:	Enquête	13
Bijlage 7:	Grafieken van resultaten uit de enquête	22
Bijlage 8:	Financiële analyse van een passiefhuis ten opzichte van een conventionele woning. Alleen private baten.	26
Bijlage 9:	Financiële analyse van een passiefhuis ten opzichte van een conventionele woning. Private - en sociale baten.	28
Bijlage 10:	Financiële analyse van een passiefhuis ten opzichte van een energiezuinig huis. Alleen private baten.....	30
Bijlage 11:	Financiële analyse van een passiefhuis ten opzichte van een energiezuinig huis. Private – en sociale baten.	32
Bijlage 12:	Financiële analyse van een energiezuinig huis ten opzichte van een conventionele woning. Enkel private baten.	34
Bijlage 13:	Financiële analyse van een energiezuinig huis ten opzichte van een conventionele woning. Private - en sociale baten.	36

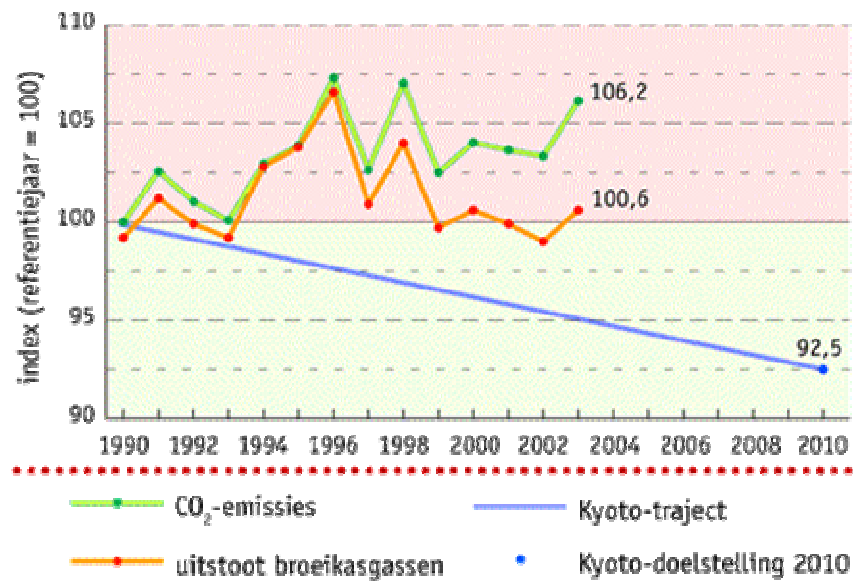
Bijlage 1 Definitie CO₂-equivalenten

CO₂-equivalenten:

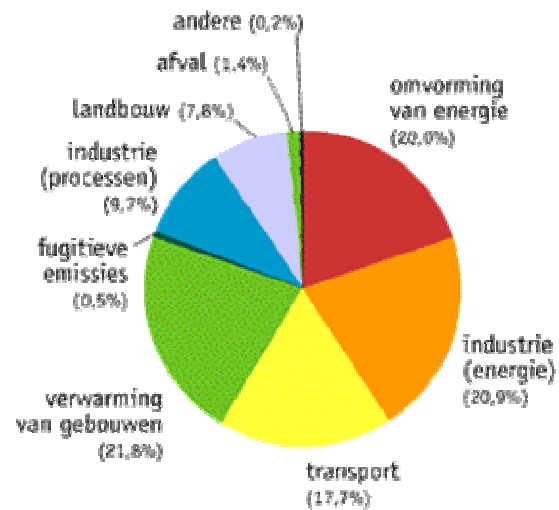
Vaak wordt de uitstoot van de broeikasgassen uitgedrukt in CO₂-equivalenten (CO₂-eq). Dit is een rekeneenheid om de bijdrage van broeikasgassen aan het broeikaseffect onderling te kunnen vergelijken. Het is gebaseerd op het 'Global Warming Potential' (GWP), de mate waarin een gas bijdraagt aan het broeikaseffect. Zo heeft methaan een GWP van 21 CO₂-eq, de fluor verbinding zwavelhexafluoride (SF₆) een GWP van 23.900 CO₂-eq. Dat houdt in dat 1 kilo methaan over een periode van 100 jaar 21 maal zoveel aan het broeikaseffect bijdraagt als 1 kilo CO₂. SF₆ warmt zelfs 23.900 keer meer op dan CO₂.

Bron: *De kleine vraagbaak van het kyoto protocol*, RIVM, 16 februari 2005

Bijlage 2 Figuren CO2 evolutie en verdeling

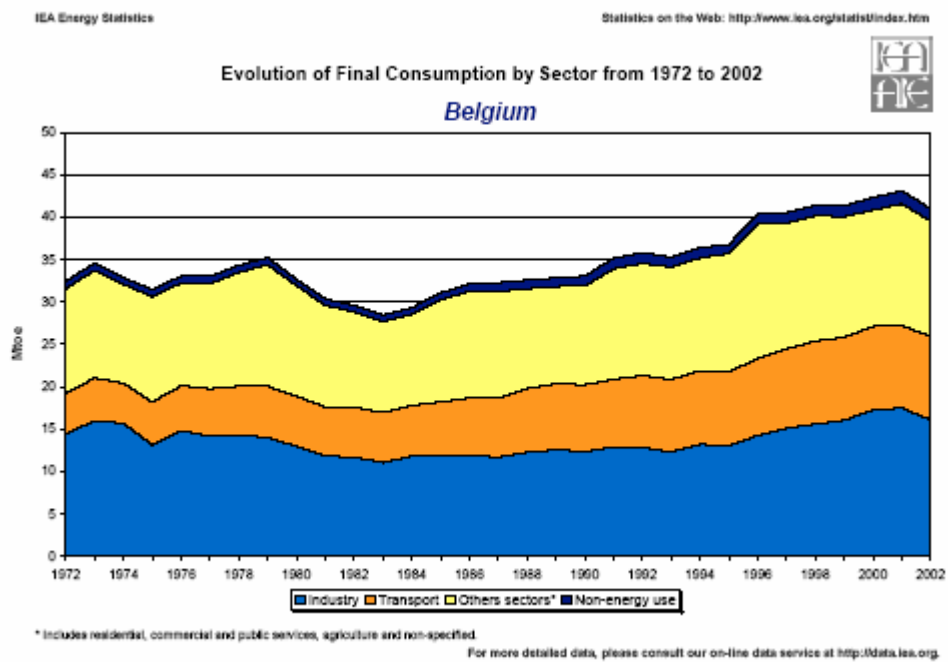


Bron: www.klimaat.be, 10 oktober 2005



Bron: www.klimaat.be, 10 oktober 2005

Bijlage 3 Evolutie van het energieverbruik per sector in België 1972-2002.



(Bron: IEA Energy Statistics, 2005)

Bijlage 4 Energieprestatiebesluit (Belgische Staatsblad, 17 juni 2005)



Vlaamse Regering

Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van de eisen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen.

DE VLAAMSE REGERING,

Gelet op de Richtlijn 2002/91/EG van het Europees parlement en de raad van 16 december 2002 betreffende de energieprestatie van gebouwen;

Gelet op het decreet van 7 mei 2004 houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat voor gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat, inzonderheid de artikelen 4 § 1, 6, 7, 19, 20, 21 en 27 §3;

Gelet op het besluit van de Vlaamse regering van 18 september 1991 houdende het opleggen van minimeisen inzake thermische isolatie van woongebouwen;

Gelet op het akkoord van de Vlaamse minister, bevoegd voor begroting, gegeven op 21 januari 2004;

Gelet op het advies van de Milieu-en Natuurraad voor Vlaanderen, gegeven op 3 juni 2004 ;

Gelet op het advies van de SERV, gegeven op 5 mei 2004;

Gelet op het feit dat voldaan is aan de formaliteiten voorgeschreven bij de Richtlijn 98/34/EG van het Europese Parlement en de Raad betreffende een informatieprocedure op het gebied van normen en technische voorschriften en regels betreffende de diensten van de informatiemaatschappij;

Gelet op het advies van de Raad van State, gegeven op 11 januari 2005 met toepassing van artikel 84, §1, eerste lid, 1°, van de gecoördineerde wetten op de Raad van State;

Op voorstel van de Vlaamse minister van Openbare Werken, Energie, Leefmilieu en Natuur;

Na beraadslaging,

BESLUIT :

Bijlage - 6 -

Hoofdstuk I. Algemene bepalingen

Artikel 1. Voor de toepassing van dit besluit en de bijlagen wordt verstaan onder:

1° minister: de Vlaamse minister, bevoegd voor het energiebeleid;

2° aanvraag tot het verkrijgen van een stedenbouwkundige vergunning: de aanvraag tot het verkrijgen van een stedenbouwkundige vergunning zoals bedoeld in artikel 99, §1, 1°, 6° en 7° van het decreet van 18 mei 1999 houdende de organisatie van de ruimtelijke ordening;

3° woongebouw: gebouw bestemd voor individuele of collectieve huisvesting;

4° kantoorgebouw: gebouw bestemd voor een dienstverleningsfunctie waarin voornamelijk administratief werk wordt verricht en waaronder ook de gebouwen vallen die bestemd zijn om te worden gebruikt voor de uitoefening van een vrij beroep zoals gedefinieerd in de wet van 2 augustus 2002 betreffende de misleidende en vergelijkende reclame, de onrechtmatige bedingen en de op afstand gesloten overeenkomsten inzake de vrije beroepen;

5° schoolgebouw: gebouw bestemd voor een onderwijsfunctie;

6° industrieel gebouw: gebouw bestemd voor de productie, de bewerking, de opslag of manipulatie van goederen;

7° gebouw met een andere specifieke bestemming: gebouw dat niet valt onder woongebouw, kantoorgebouw, schoolgebouw of industrieel gebouw. Hieronder vallen:

- ziekenhuizen;
- hotels en restaurants;
- sportvoorzieningen;
- groot- en kleinhandelsgebouwen;
- andere typen energieverbruikende gebouwen.

8° R-waarde: warmteweerstand van een constructieonderdeel;

9° wooneenheid: elke eenheid in een woongebouw die over de nodige woonvoorzieningen beschikt om autonoom te kunnen functioneren;

Art. 2. Dit besluit is van toepassing op gebouwen waarvoor energie verbruikt wordt om ten behoeve van mensen een specifieke binnentemperatuur te bereiken en waarvoor een aanvraag tot het verkrijgen van een stedenbouwkundige vergunning wordt ingediend.

Hoofdstuk II. EPB-eisen bij nieuwbouw

Afdeling I. Thermische isolatie

Art. 3. Nieuw op te richten woon-, kantoor- en schoolgebouwen en gebouwen met een andere specifieke bestemming voldoen aan elk van de volgende eisen:

1° voor het gebouw als geheel mag het peil van globale warmte-isolatie niet meer bedragen dan K45;

Bijlage - 7 -

2° de constructieonderdelen voldoen aan de maximale warmtedoorgangscoefficiënt of aan de minimale warmteweerstand zoals vastgelegd in bijlage III bij dit besluit.

Art. 4. Nieuw op te richten industriële gebouwen voldoen aan één van de volgende eisen:

1° voor het gebouw als geheel mag het peil van globale warmte-isolatie niet meer bedragen dan K55;

2° de constructieonderdelen voldoen aan de maximale warmtedoorgangscoefficiënt of aan de minimale warmteweerstand zoals vastgelegd in bijlage III bij dit besluit.

Art. 5. In afwijking van de bepalingen van artikel 3 gelden voor nieuw op te richten kantoorgebouwen de eisen voor nieuw op te richten industriële gebouwen indien het kantoorgebouw aan elk van de volgende voorwaarden voldoet:

1° het heeft een beschermd volume kleiner dan 800m³;

2° het maakt deel uit van een industrieel gebouw;

3° alle kantoordelen samen omvatten ten hoogste 40% van het totaal beschermd volume van de delen kantoor en industrie samen.

Art. 6. De invloed van koudebruggen op het specifiek warmteverlies door transmissie wordt bepaald overeenkomstig bijlage IV van dit besluit.

Afdeling II: Ventilatie

Art. 7. Nieuw op te richten woongebouwen beschikken over ventilatievoorzieningen zoals bepaald in bijlage V bij dit besluit.

Art. 8. Nieuw op te richten kantoorgebouwen, schoolgebouwen, gebouwen met een andere specifieke bestemming en industriële gebouwen beschikken over ventilatievoorzieningen zoals bepaald in bijlage VI bij dit besluit.

Afdeling III: E-peil en oververhitting

Art. 9. Het peil van primair energieverbruik van woongebouwen wordt berekend overeenkomstig de bepalingen van bijlage I bij dit besluit.

De referentiewaarde voor het bepalen van het in het eerste lid bedoelde E-peil wordt berekend op basis van de volgende waarden van de in hoofdstuk 6 van bijlage I bedoelde constanten:

$$a_1 = 115$$

$$a_2 = 70$$

$$a_3 = 105$$

Art. 10. Het peil van primair energieverbruik van kantoor- en schoolgebouwen wordt berekend overeenkomstig de bepalingen van bijlage II bij dit besluit.

De referentiewaarde voor het bepalen van het in het eerste lid bedoelde E-peil wordt berekend op basis van de volgende waarden van de in hoofdstuk 4 van bijlage II bedoelde constanten:

$$b_1 = 105$$

$$b_2 = 175$$

$$b_3 = 50$$

$$b_4 = 35$$

Bijlage - 8 -

$b_5 = 0,7$

Wanneer een kantoorgebouw een beschermd volume heeft dat niet groter is dan 800 m³ en deel uitmaakt van een woongebouw, hoeft in afwijking van het eerste lid van dit artikel voor het kantoorgedeelte op zich geen apart E-peil bepaald te worden. In dat geval wordt het kantoorgedeelte als onderdeel van het woongebouw beschouwd en mag een gezamenlijk E-peil worden bepaald volgens de regels van artikel 9 die gelden voor woongebouwen.

Art. 11. Voor de bepaling van het E-peil gelden volgende conversiefactoren naar primaire energie (f):

1° fossiele brandstoffen: $f_p = 1$

2° elektriciteit: $f_p = 2,5$

3° d.m.v. warmtekrachtkoppeling zelfopgewekte elektriciteit: $f_p = 1,8$

4° biomassa: $f_p = 1$

Art. 12. §1. het E-peil van nieuw op te richten woon-, kantoor- en schoolgebouwen mag niet hoger zijn dan E100.

§2. Elke wooneenheid van nieuw op te richten woongebouwen dient afzonderlijk aan de § 1 gestelde E-peileis te voldoen.

§3. In afwijking van de bepalingen van § 1 gelden voor een kantoorgebouw geen eisen op het vlak van het E-peil indien het aan elk van de volgende voorwaarden voldoet:

1° het heeft een beschermd volume dat kleiner is dan 800 m³;

2° het maakt deel uit van een gebouw met een andere specifieke bestemming of van een industrieel gebouw;

3° alle kantoordelen samen omvatten ten hoogste 40% van het totaal beschermd volume van de delen kantoor en industrie samen of van de delen kantoor en andere specifieke bestemming samen.

Art. 13. Elke wooneenheid van nieuw op te richten woongebouwen moet afzonderlijk voldoen aan de eis m.b.t. de beperking van het risico op oververhitting zoals beschreven in hoofdstuk 8 van bijlage I bij dit besluit.

Hoofdstuk III. EPB-eisen bij herbouwen, uitbreiden, verbouwen en functiewijziging

Art. 14. Bij herbouw na volledige afbraak van een gebouw gelden de voorwaarden voor een nieuw op te richten gebouw met een zelfde bestemming zoals beschreven in hoofdstuk II.

Bij afbraak gevolgd door herbouw van een deel van een gebouw gelden voor dat deel de eisen voor uitbreiding zoals bepaald in artikel 15.

Art. 15. § 1. Volgende eisen gelden voor het nieuw gebouwde toegevoegde deel van een gebouw dat uitgebreid wordt, als het beschermde volume van de uitbreiding kleiner of gelijk is aan 800 m³ en als de uitbreiding niet bestaat uit het toevoegen van een of meerdere wooneenheden:

1° de constructieonderdelen voldoen aan de maximale

warmtedoorgangscoefficiënt of aan de minimale warmteweerstand zoals vastgelegd in bijlage III bij dit besluit;

2° inzake ventilatie wordt voldaan aan de eisen voor nieuwe gebouwen met een zelfde bestemming zoals bepaald in artikelen 7 en 8.

Bijlage - 9 -

§ 2. Indien een gebouw uitgebreid wordt met een of meer wooneenheden of met een bijkomend beschermd volume dat groter is dan 800 m³, gelden voor het nieuw gebouwde toegevoegde deel alle eisen die in hoofdstuk II worden gesteld aan nieuw op te richten gebouwen met een zelfde bestemming.

Indien het eerste lid van toepassing is, worden het E-peil en het K-peil enkel berekend met betrekking tot het door de uitbreiding toegevoegde deel van het gebouw.

Art. 16. Bij verbouwingen, gelden volgende eisen:

1° de constructieonderdelen voldoen aan de maximale warmtedoorgangscoefficiënt of aan de minimale warmteweerstand zoals vastgelegd in bijlage III bij dit besluit;

2° in die ruimten van woon-, kantoor- en schoolgebouwen en gebouwen met andere specifieke bestemming waar ramen worden vervangen, moet worden voldaan aan de luchttoevoereisen vermeld in bijlage V bij dit besluit in het geval van woongebouwen, en aan de luchttoevoereisen vermeld in bijlage VI bij dit besluit in het geval van kantoor- en schoolgebouwen en gebouwen met een andere specifieke bestemming.

Art. 17. Indien bij de verbouwing van een gebouw met een beschermd volume groter dan 3000 m³ de dragende structuur van het gebouw behouden blijft maar de installaties voor het bekomen van een specifiek binnenklimaat en minstens 75% van de gevels worden vervangen, gelden in afwijking van artikel 16 de eisen voor nieuw op te richten gebouwen met een zelfde bestemming zoals bepaald in hoofdstuk II.

Art. 18. Bij een functiewijziging van een gebouw waarbij na de functiewijziging in tegenstelling tot voordien energie verbruikt wordt om ten behoeve van mensen een specifieke binnentemperatuur te bekomen of bij een functiewijziging van een industrieel gebouw naar woon-, kantoor- of schoolgebouw gelden, als het beschermd volume van de functiewijziging groter is dan 800m³, volgende EPB-eisen :

1° het peil van globale warmte-isolatie mag niet hoger zijn dan K65;

2° de ventilatie-eisen voor nieuwe gebouwen met een zelfde bestemming zoals bepaald in de artikelen 7 en 8 van dit besluit.

Hoofdstuk IV. Vrijstellingen en afwijkingen

Art. 19. Wanneer bij het indienen van de aanvraag tot het verkrijgen van een stedenbouwkundige vergunning voor een gebouw met beschermd volume kleiner dan 3000 m³, de tussenkomst van een architect niet vereist is, zijn de EPB-eisen van dit besluit niet van toepassing.

Art. 20. Voor beschermde monumenten en bestaande gebouwen die deel uitmaken van een beschermd landschap, stads- of dorpsgezicht, zijn enkel de EPB-eisen van dit besluit bij herbouw en uitbreiding, zoals vastgelegd in de artikelen 14 en 15, van toepassing.

Art. 21. Gebouwen die worden gebruikt voor erediensten en religieuze activiteiten en die niet vallen onder de toepassing van artikel 20, kunnen vrijgesteld worden van één of meerdere van de EPB-eisen die in dit besluit worden bepaald.

Bijlage - 10 -

Art. 22. §1. Industriële gebouwen met een beschermd volume groter dan 3000 m³ waarvoor het behalen van de EPB-eisen technisch, functioneel of economisch niet haalbaar is, kunnen vrijgesteld worden van één of meerdere van de EPB-eisen die in dit besluit worden bepaald.

§2. Industriële gebouwen met een beschermd volume groter dan 3000 m³ waarin industriële processen plaatsvinden die zelf warmte produceren en waarvoor om die reden koeling of een geforceerde ventilatie moet worden voorzien ten behoeve van een aanvaardbaar binnenklimaat, kunnen vrijgesteld worden van een of meerdere van de EPB-eisen die in dit besluit worden bepaald.

Art. 23. Voor gebouwen die gebruik maken van innovatieve bouwconcepten of technologieën waarop de in de bijlagen bij dit besluit gevoegde berekeningswijzen niet kunnen worden toegepast, kan een afwijking aangevraagd worden om te worden beoordeeld door middel van een alternatieve berekeningswijze, voor zover kan aangetoond worden dat de prestatieniveaus van het gebouw minstens gelijkwaardig zijn aan de in dit besluit gestelde eisen.

Art. 24. De minister bepaalt de vrijstellingen bedoeld in de artikelen 21 en 22 evenals de nadere regels voor het toestaan van de afwijkingen bedoeld in artikel 23.

Hoofdstuk V. Uitvoerings- en handhavingsmaatregelen

Art. 25. De minister bepaalt nadere regels tot vaststelling van de vorm en de inhoud van het EPB-voorstel, de EPB-aangifte, de startverklaring en de uitstelverklaring.

Art. 26. De minister bepaalt welke gegevens van het EPB-voorstel, de startverklaring, de uitstelverklaring en de EPB-aangifte door de gemeente in de energieprestatiedatabank dienen opgenomen te worden en bepaalt de minimale voorwaarden waaraan de energieprestatiedatabank moet voldoen.

Art. 27. De minister wijst de ambtenaren aan die bevoegd zijn om de nodige controles met betrekking tot de EPB-aangiften uit te voeren en om inbreuken op de bepalingen van het Energieprestatiedecreet en haar uitvoeringsbesluiten op te sporen en vast te stellen door een proces-verbaal dat geldt tot bewijs van het tegendeel.

Art. 28. De Vlaamse minister, bevoegd voor financiën, wijst de ambtenaren aan die bevoegd zijn om het in artikel 27 van het Energieprestatiedecreet bedoelde dwangbevel te viseren en uitvoerbaar te verklaren.

Hoofdstuk VI. Overgangs- en slotbepalingen

Art. 29. In afwijking van artikel 3, mogen nieuw op te richten woon-, kantoor- en schoolgebouwen van de K-peileis afwijken, indien de aanvraag tot het verkrijgen van de stedenbouwkundige vergunning wordt ingediend binnen de zes maanden na de inwerkingtreding van dit besluit en er wordt voldaan aan de E-peileis zoals vastgelegd in artikel 12, §§1 en 2.

Art. 30. In afwijking van artikel 12, mogen nieuw op te richten woon-, kantoor- en schoolgebouwen van de E-peileis afwijken, indien de aanvraag

Bijlage - 11 -

tot het verkrijgen van de stedenbouwkundige vergunning wordt ingediend binnen de zes maanden na de inwerkingtreding van dit besluit en er wordt voldaan aan de K-peileis zoals vastgelegd in artikel 3, 1°.

Art. 31. In afwijking van artikel 13, is de eis m.b.t. de beperking van het risico op oververhitting niet van toepassing op de aanvraag tot het verkrijgen van een stedenbouwkundige vergunning voor woongebouwen, indien de aanvraag ingediend wordt binnen de 6 maanden na de inwerkingtreding van dit besluit en er voldaan wordt aan de K-peileis zoals vastgelegd in artikel 3, 1°.

Art. 32. In afwijking van artikel 6, mag de invloed van de koudebruggen op het specifiek warmteverlies door transmissie buiten beschouwing gelaten worden, indien de aanvraag tot het verkrijgen van de stedenbouwkundige vergunning wordt ingediend binnen de twee jaar na de inwerkingtreding van dit besluit.

Art. 33. Het besluit van de Vlaamse Regering van 18 september 1991 houdende het opleggen van minimeisen inzake thermische isolatie van woongebouwen, gewijzigd bij besluit van de Vlaamse Regering van 30 juli 1992, wordt opgeheven.

Art. 34. Dit besluit treedt in werking op 1 januari 2006.

Art. 35. De Vlaamse minister, bevoegd voor energie, is belast met de uitvoering van dit besluit.

Brussel,

De minister-president van de Vlaamse Regering,

Yves LETERME

De Vlaamse minister van Openbare Werken, Energie, Leefmilieu en Natuur,

Kris PEETERS

Bijlagen

- I. Bepalingsmethode van het peil van primair energieverbruik van woongebouwen
- II. Bepalingsmethode van het peil van primair energieverbruik van kantoor- en schoolgebouwen
- III. Maximaal toelaatbare U-waarden of minimaal te realiseren R-waarden
- IV. Behandeling van koudebruggen
- V. Ventilatievoorzieningen in woongebouwen
- VI. Ventilatievoorzieningen in niet-residentiële gebouwen

Bijlage 5 U_{max} van de constructieonderdelen van het Energieprestatiebesluit.

MAXIMAAL TOELAATBARE U-WAARDEN OF MINIMAAL TE REALISEREN R-WAARDEN

Constructiedeel	U _{max} (W/m ² K)	R _{min} (m ² K/W)
1. SCHEIDINGSCONSTRUCTIES DIE HET BESCHERMD VOLUME OMHULLEN , met uitzondering van de scheidingsconstructies die de scheiding vormen met een aanpalend beschermd volume.		
1.1. TRANSPARANTE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3), gordijngevels (zie 1.4) en glasbouwstenen (zie 1.5)	U _{max} = 2.5 (1) en U _{g,max} = 1.6 (2)	
1.2. OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES, met uitzondering van deuren en poorten (zie 1.3) en gordijngevels (zie 1.4)		
1.2.1. daken en plafonds	U _{max} = 0.4	
1.2.2. muren niet in contact met de grond, met uitzondering van de muren bedoeld in 1.2.4.	U _{max} = 0.6	
1.2.3. muren in contact met de grond		R _{min} = 1.0 (3)
1.2.4. verticale en hellende scheidingsconstructies in contact met een kruipruimte of met een kelder buiten het beschermd volume		R _{min} = 1.0 (3)
1.2.5. vloeren in contact met de buitenomgeving	U _{max} = 0.6	
1.2.6. andere vloeren (vloeren op volle grond, boven een kruipruimte of boven een kelder buiten het beschermd volume, ingegraven keldervloeren)	U _{max} = 0.4 (4) of	R _{min} = 1.0 (3)
1.3. DEUREN EN POORTEN (met inbegrip van kader)	U _{max} = 2.9 (5)	
1.4. GORDIJNGEVELS (volgens prEN 13947)	U _{max} = 2.9 en U _{g,max} = 1.6 (2)	
1.5. GLASBOUWSTENEN	U _{max} = 3.5	
2. SCHEIDINGSCONSTRUCTIES TUSSEN 2 BESCHERMD VOLUMES (6) OP AANGRENZENDE PERCELEN (7)	U _{max} = 1.0	
3. VOLGENDE OPAKE SCHEIDINGSCONSTRUCTIES BINNEN HET BESCHERMD VOLUME OF PALEND AAN EEN BESTAAND BESCHERMD VOLUME OP EIGEN PERCEEL (8) , met uitzondering van deuren en poorten:		
3.1. TUSSEN APARTE WOONEENHEDEN		
3.2. TUSSEN WOONEENHEDEN EN GEMEENSCHAPPELIJKE RUIMTEN (trappenhuis, inkomhal, gangen, ...)		
3.3. TUSSEN WOONEENHEDEN EN RUIMTEN MET EEN NIET-RESIDENTIËLE BESTEMMING		
3.4. TUSSEN RUIMTEN MET EEN INDUSTRIËLE BESTEMMING EN RUIMTEN MET EEN NIET-INDUSTRIËLE BESTEMMING		
	U _{max} = 1.0	

Bijlage 6 Enquête

Geachte mevrouw

Geachte heer

Mijn naam is Marjan Knoops en ik ben laatstejaars studente handelsingenieur aan de Universiteit Hasselt. In het kader van mijn eindverhandeling over Passiefhuizen doe ik een rondvraag bij bewoners van een passiefhuis of een energiezuinige woning om de huidige situatie in Vlaanderen, in het bijzonder van de knelpunten en van mogelijke suggesties naar het beleid toe, in kaart te brengen.

Om dit onderzoek mogelijk te maken, heb ik echter uw medewerking nodig! Daarom vraag ik u even tijd vrij te maken om de bijgevoegde enquête in te vullen. Antwoorden op de vragen neemt maximum een half uurtje van uw tijd in beslag.

Het is wenselijk dat u de vragen zo waarheidsgetrouw mogelijk invult. Foute antwoorden bestaan niet. Ik zou willen vragen om alle vragen in te vullen. Als dit echter niet lukt, gelieve mij de enquête alsnog terug te sturen. U moet geen naam invullen op de enquête en ik sta persoonlijk garant voor uw anonimiteit.

Bijgevoegd vindt u een envelop met mijn adres en een postzegel. Er rest u alleen nog de brief te posten. Zou ik u mogen vragen om mij de enquête ten laatste 20 januari 2006 terug te bezorgen.

Indien u nog vragen zou hebben over de enquête en de behandeling van uw gegevens, aarzel dan niet mij te mailen op marjan.knoops@student.uhasselt.be. Indien u dat wenst stuur ik u in het voorjaar graag de samenvatting van mijn eindverhandeling.

Ik dank u alvast van harte voor uw bijdrage aan mijn onderzoek.

Met vriendelijke groeten,

Marjan Knoops

Om de enquête in te leiden worden eerst enkele algemene vragen gesteld. Gelieve het vakje aan te duiden dat voor u van toepassing is.

1. In wat voor soort woning woont u? ☐ Passiefhuis ☐ Energiezuinige woning
2. Het is een: ☐ Nieuwbouw ☐ Renovatie
3. Indien het een renovatie betreft, wat is het bouwjaar van de woning?
4. In welk jaar vonden de nieuwbouw – of renovatiewerken plaats?
5. Wat voor soort bebouwing is het?

☐ Open

☐ Halfopen

☐ Gesloten

☐ Appartement
6. Wat is het bewoonbaar oppervlak?
7. Speelde bij de aankoop van de grond, de oriëntatie van het perceel een grote rol?

☐ JA

☐ NEE
- Zo ja, was u bereid meer te betalen voor een perceel grond met een meer zuidelijk gerichte oriëntatie?

☐ JA

☐ NEE
8. De leefruimte van uw woning is georiënteerd naar?

☐ Het Noorden

☐ Het Oosten

☐ Andere Windrichting:

☐ Het Zuiden

☐ Het Westen

.....

De volgende vragen zijn meer kwantitatieve vragen. Gelieve een kruisje te zetten in het vakje dat voor u van toepassing is óf de exacte waarde in te vullen.

9. Hoeveel centimeter isolatie zit er in volgende onderdelen?

	Muren	Dak	Vloer
Van 0 tot 4 cm			
Van 4 tot 8 cm			
Van 8 tot 12 cm			
Van 12 tot 16 cm			
Meer dan 16 cm			
Exacte waarde:			

10. Welke soort isolatie wordt er gebruikt in volgende onderdelen?

	Muren	Dak	Vloer
Polystyreenschuim			
Polyurethaanschuim			
Glaswol			
Rotswol			
Ultragard isolatie			
Mastiekhoecken			
Dampremmende laag			
Afschot isolatie			
Andere:			

11. Wat is het K- peil van uw woning?

€ Van 10 tot 15

€ Van 30 tot 35

€ Van 15 tot 20

€ Van 35 tot 40

€ Van 20 tot 25

€ Meer dan 40

€ Van 25 tot 30

€ Exact:

12. Bestaan de ramen in uw woning uit driedubbele beglazing? €JA €NEE

Zo nee, welke beglazing wordt er dan wel gebruikt?

€Enkel glas

€Gewoon dubbel glas

€Hoogrendementsglas (verbeterd dubbel glas)

€Andere:

13. Welk ventilatiesysteem wordt er in de woning gebruikt?

€Ramen geregeld open zetten

€Regelbare verluchttingsroosters

€Mechanisch ventilatiesysteem met energierterugwinning

€Ander:

14. Werd uw woning voorzien van een dampscherm? €JA €NEE

15. Welke huishoudelijke apparaten worden door u gebruikt?

○ Spaarlampen.

Zo ja, in welke kamers?

€slaapkamers €woonkamer €keuken €Andere:

○ Gloeilampen.

Zo ja, in welke kamers?

€slaapkamers €woonkamer €keuken €Andere:

○ Spaarkop voor de douche

○ Spaarkop voor het toilet

○ Gebruik van regenwater om uw sanitair te voorzien. Vb Toilet doorspoelen met regenwater.

16. Gebruikt u huishoudtoestellen met een energielabel A, A+ of A++ ?

☐ JA ☐ NEE

Zo ja, over welke toestellen gaat het dan?

- ☐ Wasmachine.
- ☐ Wasmachine met 'hot fill'? (Dit wilt zeggen dat ze water gebruikt van een nabijgelegen warmwatertoestel. De machine moet bijgevolg het water niet meer zelf verwarmen.)
- ☐ Afwasmachine
- ☐ Koelkast
- ☐ Diepvriezer
- ☐ Vaatwasser

17. Welk soort kookplaat gebruikt u?

☐ (Aard)gas ☐ Vitrokeramisch ☐ Inductie ☐ Elektrisch

18. Welk van de volgende hernieuwbare energiebronnen worden toegepast in uw woning?

☐ Zonneboiler / Zonnecollector

☐ Zonnepanelen

☐ Aandeel in een windmolen

☐ Warmtepomp

☐ Geen

☐ Andere:

19. Heeft u enige vorm van verwarmingstoestellen in uw woning?

€JA

€NEE

Zo ja, wat voor soort verwarmingstoestel en waar bevindt het zich?

€Houtkachel:

€Pelletkachel:

€Elektrisch vuurtje:

€Centrale verwarming:

€Vloerverwarming:

€Andere:

De volgende vragen gaan over de kosten die de bouw van uw huis met zich mee gebracht hebben en over de opbrengsten op lange termijn.

20. Wat verbruikt u per jaar?

- | | |
|--|-----------------------------------|
| ▪ Elektriciteit: €Van 1000 tot 2000 kWh | €Van 2000 tot 3000 kWh |
| €Van 3000 tot 4000 kWh | €Van 4000 tot 5000 kWh |
| €Meer dan 5000 kWh | €Exacte waarde: |
| ▪ Aardgas: €Van 500 tot 750 m ³ | €Van 750 tot 1000 m ³ |
| €Van 1000 tot 1250 m ³ | €Van 1250 tot 1500 m ³ |
| €Meer dan 1500 m ³ | €Exacte waarde: |
| ▪ Water: €Van 50 tot 75 m ³ | €Van 75 tot 100 m ³ |
| €Van 100 tot 125 m ³ | €Van 125 tot 150 m ³ |
| €Meer dan 150 m ³ | €Exacte waarde:..... |
| ▪ Stookolie: €Van 1000 tot 1500 l | €Van 1500 tot 2000 l |
| €Van 2500 tot 2500 l | €Van 2500 tot 3000 l |
| €Meer dan 3000 l | €Exacte waarde:..... |

21. Hoeveel bedroeg de kostprijs van volgende onderdelen?

Onderdeel	Bedrag in €
Grond	
Isolatiemateriaal	
Verwarmingsinstallatie	
Beglazing	
Installatie voor hernieuwbare energiebron	
Nieuwbouw: totale kostprijs van de woning (zonder grond)	
Renovatie:	
▪ Totale kostprijs van de woning ▪ Kostprijs van de renovaties	

Gelieve bij de volgende vraag de bolletjes te kleuren voor de subsidies die u verkregen heeft en het bedrag van de subsidie of het percentage belastingvermindering in te vullen.

22. Op welke subsidies of belastingverminderingen heeft u bij de bouw/verbouwing van uw woning aanspraak kunnen maken?

	Bedrag subsidie in €	Procent belastingvermindering
☐ Vervanging van een oude stookolieketel		
☐ Installatie van een systeem voor het verwarmen van water met zonne-energie		
☐ Installatie van fotovoltaïsche zonnepanelen		
☐ Installatie van zonneboiler		
☐ Installatie van warmtepomp		
☐ Installatie van hoogrendementsbeglazing		
☐ Plaatsing van dakisolatie		
☐ Plaatsen van thermische kranen of van een thermostaat met tijdschakelaar		
☐ Andere:.....		

23. Kon uw architect u advies geven over energiezuinig/passief bouwen?

€JA €NEE

24. Kwam het idee van de architect om energiezuinig/passief te bouwen?

€JA €NEE

25. Waarom heeft u een Passiefhuis/Energiezuinige woning gezet? Wat was uw drijfveer/motivatie? (meerdere mogelijkheden)

€De woning is minder belastend voor het milieu

€De architect heeft mij overtuigd

€Ik omzeil op deze manier het tekort aan energiebronnen in de toekomst

€De woning is op lange termijn financieel aantrekkelijker

€Andere:

26. Heeft u suggesties met betrekking tot energiezuinig/passief bouwen naar het beleid of naar subsidiërende instanties?

.....
.....
.....

27. Heeft u toepassingen in uw woning achter wege gelaten omdat ze te duur waren en onvoldoende gesubsidieerd werden? Zou u nog iets bijkomend willen realiseren? Zo ja, waarom heeft u dat nog niet gedaan?

.....
.....
.....
.....

Tenslotte nog enkele vragen die het gemakkelijker maken om verschillende woningen met elkaar te vergelijken.

28. In welke stad of gemeente is uw woning gelegen?

29. Hoe groot is uw stuk grond?

30. Hoeveel verdiepen telt uw woning?

31. Hoeveel slaapkamers zijn er?

32. Hoeveel bewoners telt het huis?

33. Wat is hun leeftijd?

U heeft alle vragen achter de rug. Indien u nog opmerkingen heeft, kan u deze hieronder neerschrijven. Indien u in het voorjaar de samenvatting van mijn thesis wilt ontvangen, kan u hier eveneens uw adres neerschrijven.

.....

.....

.....

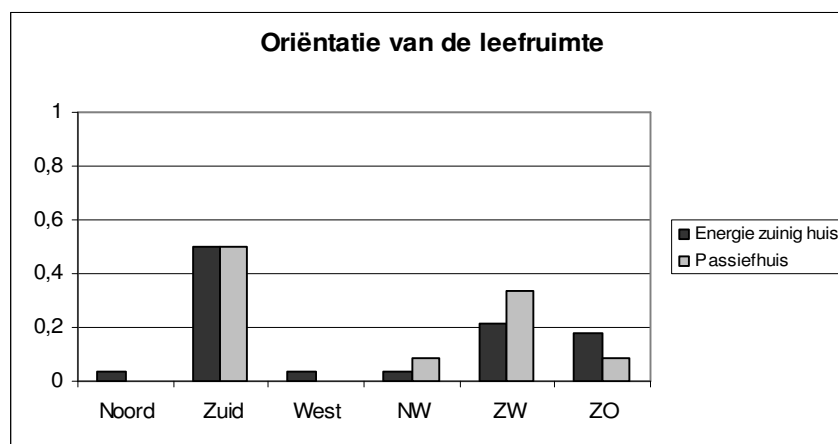
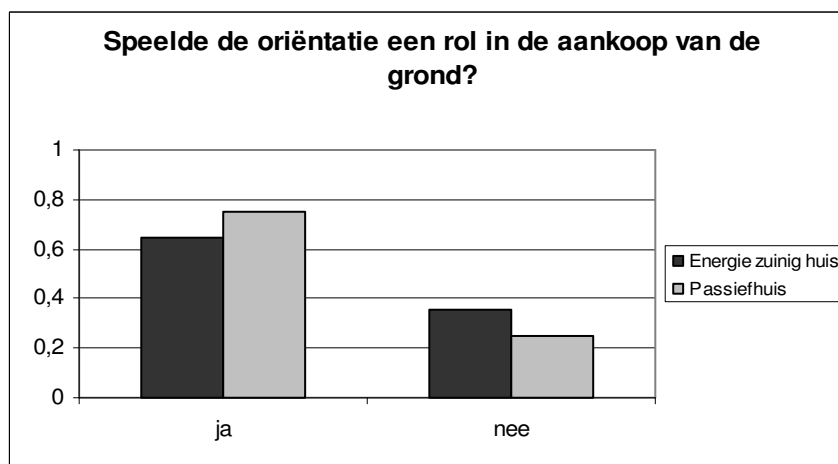
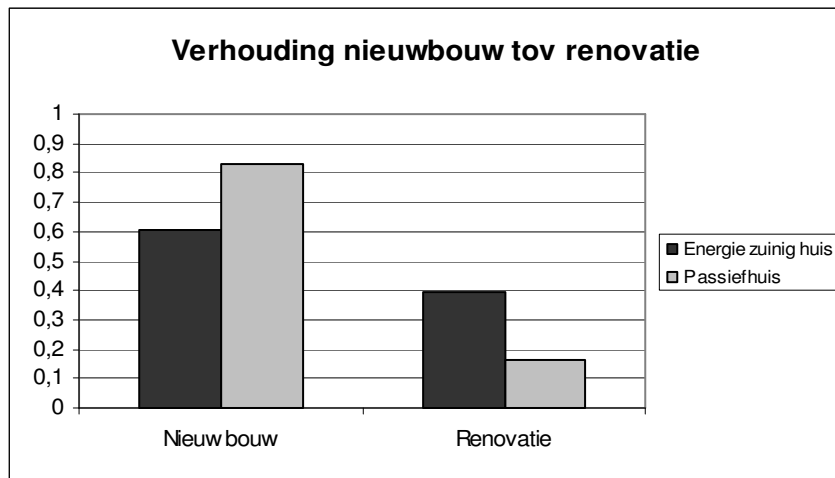
.....

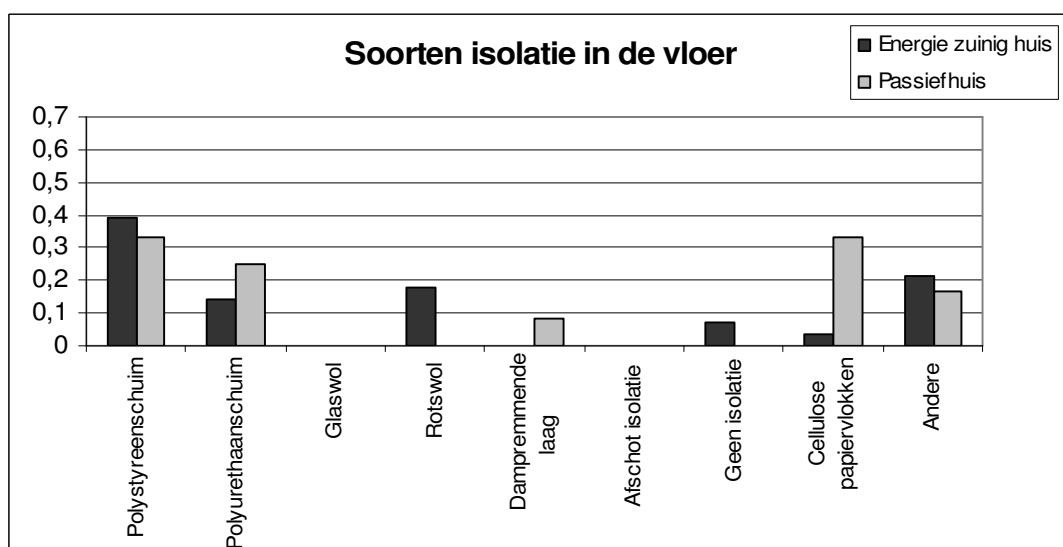
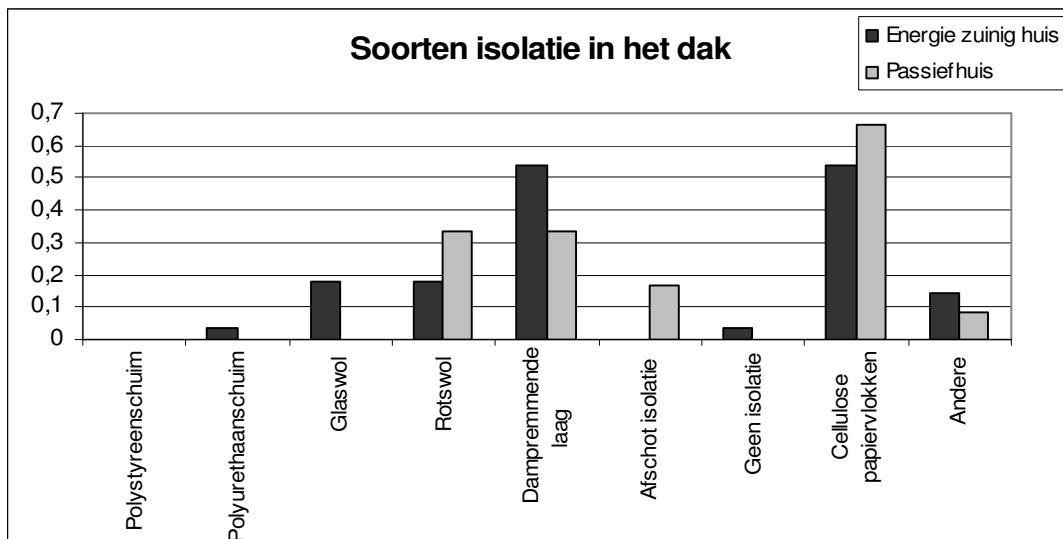
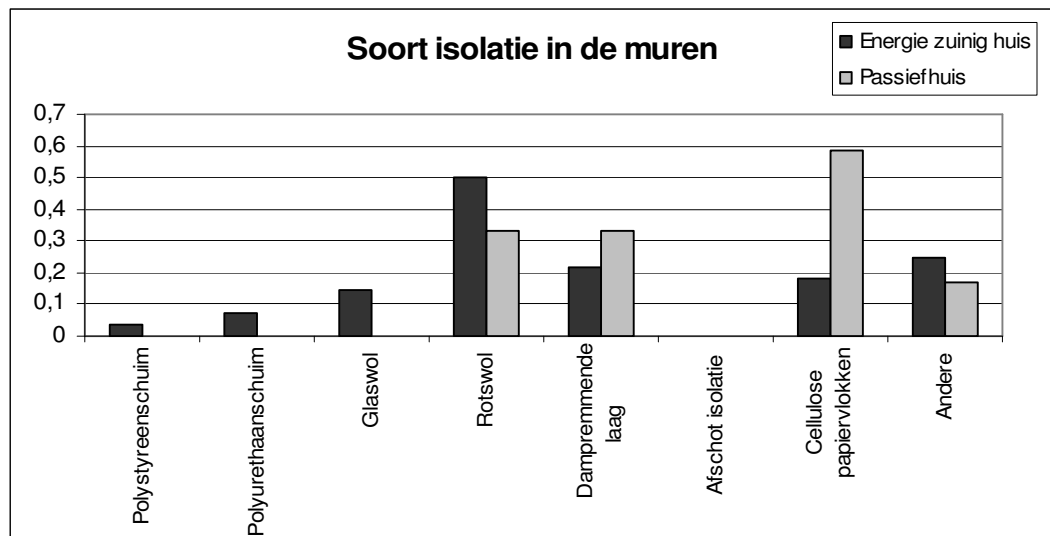
.....

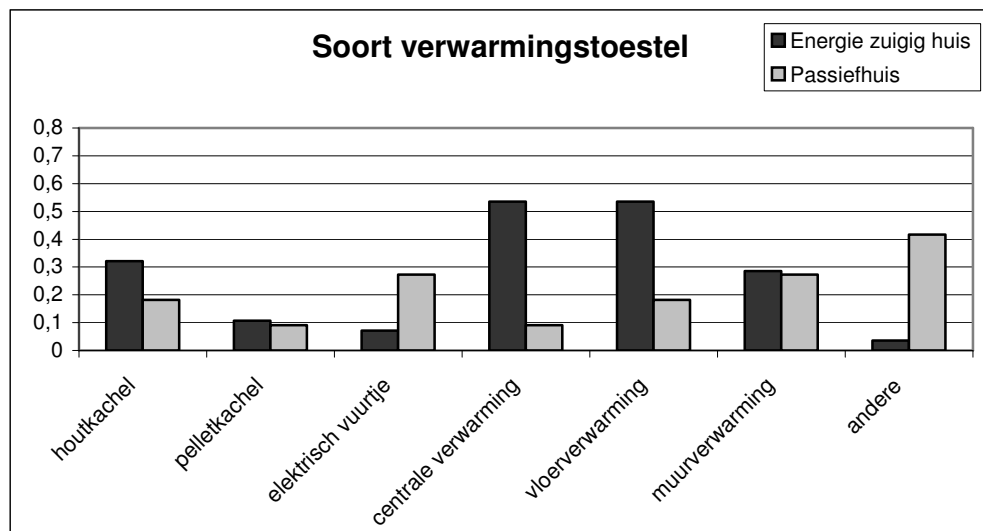
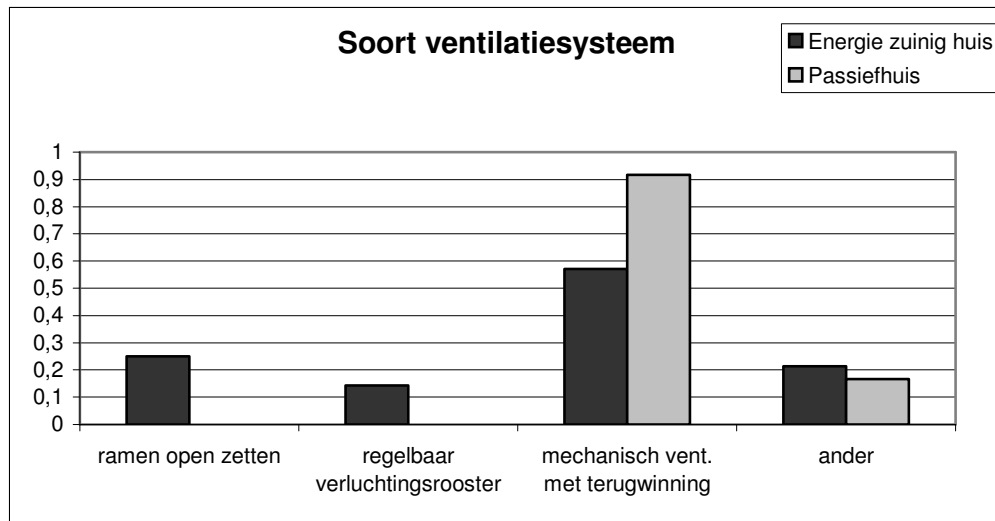
Dan rest er mij nog u van harte te bedanken voor de medewerking!

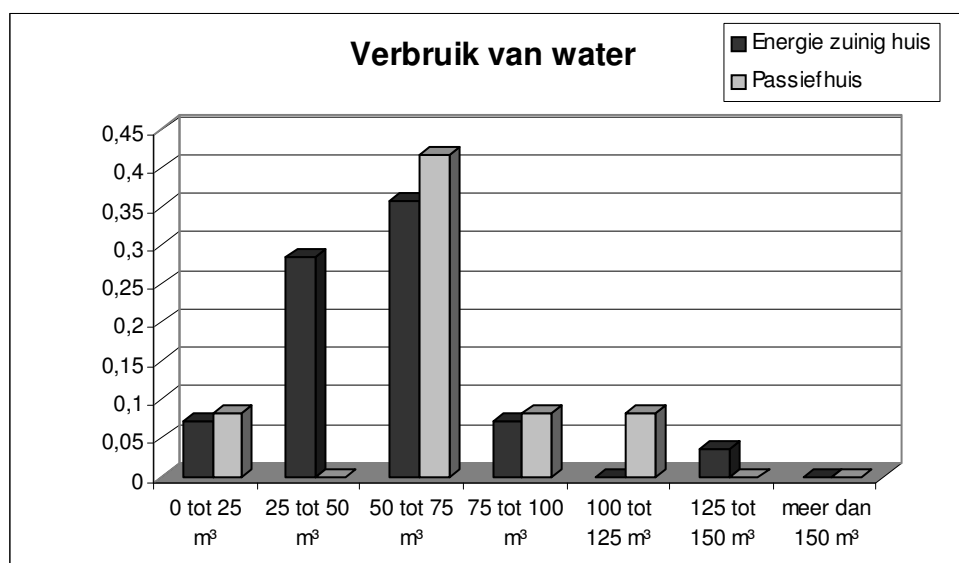
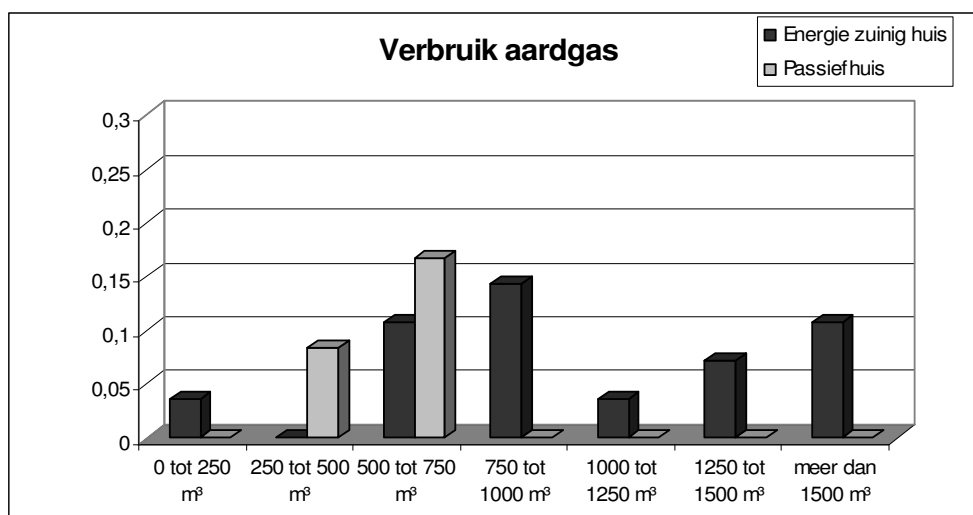
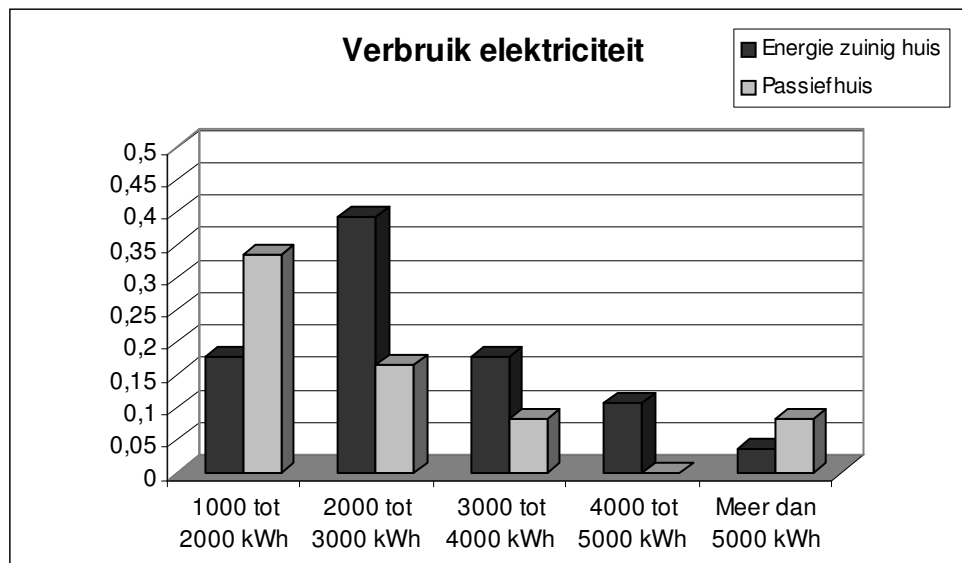
Marjan Knoops

Bijlage 7 Grafieken van resultaten uit de enquête









Bijlage 8 Financiële analyse van een passiefhuis ten opzichte van een conventionele woning. Alleen private baten.

Netto contante waarde = $a \cdot n \cdot r$ * kasstroom - investering
 (a $n \cdot r$ = actuele waarde van een annuïteit van één eenheid met
 n periodes en een discontovoet r waarden voor verschillende periodes)

Intrestvoet 3,5%

Kosten

Conventioneel huis kostprijs	185.250 €
Nieuwbouw Passiefhuis: totaal zonder grond:zonder subsidie	225.000 €
Subsidies Passiefhuis	1.405 €
Nieuwbouw Passiefhuis met subsidie	223.595 €
Extra investering Passiefhuis (tov conventioneel) zonder subsidie	39.750 €
Extra investering Passiefhuis (tov conventioneel) met subsidie	38.345 €
Jaarlijkse terugbetaling Passiefhuis – Conventioneel huis	2.125 €

Jaarlijkse kasstroom

Elektriciteit

Elektriciteitsverbruik conventionele woning kWh / jr	3500 kWh
Elektriciteitsverbruik passiefhuis kWh/jr	1.978 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	1.522 kWh
Kostprijs elektriciteit	0,167 €/kWh
Groeivoet elektriciteitsprijs / jr	2,5%

Aardgas

Aardgas verbruik conventionele woning kWh / jr	10800 kWh
Aardgas verbruik passiefhuis kWh/jr	2.719 kWh
Uitsparing aardgas	8.081 kWh
Kostprijs aardgas	0,039 €/kWh
Groeivoet prijs aardgas	3%

Stookolie

Stookolie verbruik Conventionele woning kWh / jr	8.503 kWh
Stookolie verbruik passiefhuis kWh/jr	0 kWh
Uitsparing Stookolie	8.503 kWh
Kostprijs Stookolie	0,052 €/kWh
Groeivoet prijs Stookolie	3%

Private NCW Passiefhuis – Conventioneel huis	- 13.951 €
Internet opbrengstvoet 30 jr Passiefhuis – conventioneel huis	1%

Jaar	Kasstroom	NCW
2005	-38.345	-38.345
2006	656,14	633,96
2007	703,44	656,67
2008	751,78	678,06
2009	801,18	698,19
2010	851,68	717,09
2011	903,30	734,83
2012	956,06	751,46
2013	1010,01	767,01
2014	1065,16	781,54
2015	1121,56	795,10
2016	1179,24	807,72
2017	1238,22	819,44
2018	1298,55	830,30
2019	1360,25	840,34
2020	1423,37	849,60
2021	1487,95	858,11
2022	1554,01	865,90
2023	1621,60	873,01
2024	1690,77	879,46
2025	1761,54	885,29
2026	1833,98	890,53
2027	1886,86	885,22
2028	1941,28	879,95
2029	1997,28	874,72
2030	2054,89	869,52
2031	2114,18	864,36
2032	2175,19	859,23
2033	2237,97	854,13
2034	2302,58	849,07
2035	2369,05	844,04
Interne opbrengstvoet	1%	- 13.951 €

Bijlage 9 Financiële analyse van een passiefhuis ten opzichte van een conventionele woning. Private - en sociale baten.

Netto contante waarde = $a \cdot n \cdot r$ * kasstroom - investering
 (a $n \cdot r$ = actuele waarde van een annuïteit van één eenheid met
 n periodes en een discontovoet r waarden voor verschillende periodes)

Intrestvoet 3,5%

Kosten

Conventioneel huis kostprijs	185.250 €
Nieuwbouw Passiefhuis: totaal zonder grond:zonder subsidie	225.000 €
Subsidies Passiefhuis	1.405 €
Nieuwbouw Passiefhuis met subsidie	223.595 €
Extra investering Passiefhuis (tov conventioneel) zonder subsidie	39.750 €
Extra investering Passiefhuis (tov conventioneel) met subsidie	38.345 €
Jaarlijkse terugbetaling Passiefhuis – Conventioneel huis	2.125 €

Jaarlijkse kasstroom

Elektriciteit

Elektriciteitsverbruik conventionele woning kWh / jr	3500 kWh
Elektriciteitsverbruik passiefhuis kWh/jr	1.978 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	1.522 kWh
Kostprijs elektriciteit	0,167 €/kWh
Groeivoet elektriciteitsprijs / jr	2,5%

Aardgas

Aardgas verbruik conventionele woning kWh / jr	10800 kWh
Aardgas verbruik passiefhuis kWh/jr	2.719 kWh
Uitsparing aardgas	8.081 kWh
Kostprijs aardgas	0,039 €/kWh
Groeivoet prijs aardgas	3%

Stookolie

Stookolie verbruik Conventionele woning kWh / jr	8.503 kWh
Stookolie verbruik passiefhuis kWh/jr	0 kWh
Uitsparing Stookolie	8.503 kWh
Kostprijs Stookolie	0,052 €/kWh
Groeivoet prijs Stookolie	3%

CO₂

Uitsparing elektriciteit / jr	1.522 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	5.480 MJ
Emissiefactor elektriciteit	0,0694 kg/MJ
Kostprijs 1 kg CO ₂ in 2005	0,0289 €/kg
Inflatievoet	2,5%

Uitsparing aardgas	8.081 kWh
uitsparing aardgas	29.090 MJ

Bijlage - 29 -

Emissiefactor aardgas	0,056 kg/MJ
Kostprijs 1 kg CO ₂ in 2005	0,0289 €/kg
Inflatievoet	2,5%

Uitsparing stookolie	8.503 kWh
Uitsparing stookolie	30.611 MJ
Emissiefactor stookolie	0,073 kg/MJ
Kostprijs 1 kg CO ₂ in 2005	0,0289 €/kg
Inflatievoet	2,5%

Sociale NCW Passiefhuis – Conventioneel huis	- 10.775 €
Interne opbrengstvoet 30 jr Passiefhuis – Conventioneel huis	1%

Jaar	Kasstroom	NCW
2005	-38.345	-38.345
2006	781,86	755,42
2007	832,30	776,96
2008	883,86	797,19
2009	936,57	816,16
2010	990,45	833,93
2011	1045,53	850,54
2012	1101,85	866,05
2013	1159,45	880,50
2014	1218,34	893,93
2015	1278,57	906,40
2016	1340,17	917,94
2017	1403,17	928,60
2018	1467,62	938,41
2019	1533,56	947,40
2020	1601,01	955,63
2021	1670,02	963,11
2022	1740,64	969,89
2023	1812,90	975,99
2024	1886,84	981,45
2025	1962,52	986,30
2026	2039,98	990,56
2027	2098,01	984,28
2028	2157,71	978,06
2029	2219,12	971,88
2030	2282,28	965,74
2031	2347,26	959,65
2032	2414,09	953,60
2033	2482,85	947,59
2034	2553,57	941,62
2035	2626,32	935,70
Interne opbrengstvoet	1%	-10.775

Bijlage 10 Financiële analyse van een passiefhuis ten opzichte van een energiezuinig huis. Alleen private baten.

Netto contante waarde = $a \cdot n \cdot r$ * kasstroom - investering

($a \cdot n \cdot r$ = actuele waarde van een annuïteit van één eenheid met n periodes en een discontovoet r waardes voor verschillende periodes)

Intrestvoet 3,5%

Kosten

Nieuwbouw Energiezuinig: totaal zonder grond: zonder subsidie	200.000 €
Nieuwbouw Passiefhuis: totaal zonder grond: zonder subsidie	225.000 €
Subsidies Energiezuinig	1.255 €
Subsidies Passiefhuis	1.405 €
Nieuwbouw Energiezuinig met subsidie	198.745 €
Nieuwbouw Passiefhuis met subsidie	223.595 €
Extra investering Passiefhuis (tov Energiezuinig) zonder subsidie	25.000 €
Extra investering Passiefhuis (tov Energiezuinig) met subsidie	24.850 €
Jaarlijkse terugbetaling Passiefhuis – Energiezuinig	1.377 €

Jaarlijkse kasstroom

Elektriciteit

Elektriciteitsverbruik energie zuinige woning kWh / jr	3.072 kWh
Elektriciteitsverbruik passiefhuis kWh/jr	1.978 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	1.095 kWh
Kostprijs elektriciteit	0,167 €/kWh
groeivoet elektriciteit prijs / jr	2,5%

Aardgas

Aardgas verbruik energie zuinige woning kWh / jr	6.533 kWh
Aardgas verbruik passiefhuis kWh/jr	2.719 kWh
Uitsparing aardgas	3.814 kWh
Kostprijs aardgas	0,039 €/kWh
Groeivoet prijs aardgas	3%

Stookolie

Stookolie verbruik energie zuinige woning kWh / jr	2.055 kWh
Stookolie verbruik passiefhuis kWh/jr	0 kWh
Uitsparing Stookolie	2.055 kWh
Kostprijs Stookolie	0,052 €/kWh
Groeivoet prijs Stookolie	3%

Private NCW Passiefhuis – Energiezuinig huis

- 15.113 €

Interne opbrengstvoet 30 jr Passiefhuis – Energiezuinig huis

Té negatief

Jaar	Kasstroom	NCW
2005	-24.850	-24.850
2006	201,91	195,08
2007	225,77	210,76
2008	250,10	225,58
2009	274,90	239,56
2010	300,20	252,76
2011	326,00	265,20
2012	352,31	276,91
2013	379,14	287,92
2014	406,51	298,27
2015	434,44	307,98
2016	462,93	317,08
2017	491,99	325,59
2018	521,65	333,55
2019	551,92	340,97
2020	582,81	347,87
2021	614,34	354,29
2022	646,52	360,24
2023	679,37	365,75
2024	712,91	370,82
2025	747,14	375,49
2026	782,10	379,77
2027	804,03	377,21
2028	826,58	374,68
2029	849,76	372,16
2030	873,60	369,66
2031	898,12	367,18
2032	923,32	364,72
2033	949,24	362,28
2034	975,89	359,86
2035	1003,30	357,45
Interne opbrengstvoet	Té negatief	- 15.113 €

Bijlage 11 Financiële analyse van een passiefhuis ten opzichte van een energiezuinig huis. Private – en sociale baten.

Netto contante waarde = $a \cdot n \cdot r$ * kasstroom - investering

($a \cdot n \cdot r$ = actuele waarde van een annuïteit van één eenheid met n periodes en een discontovoet r waardes voor verschillende periodes)

Intrestvoet 3,5%

Kosten

Nieuwbouw Energiezuinig: totaal zonder grond: zonder subsidie	200.000 €
Nieuwbouw Passiefhuis: totaal zonder grond: zonder subsidie	225.000 €
Subsidies Energiezuinig	1.255 €
Subsidies Passiefhuis	1.405 €
Nieuwbouw Energiezuinig met subsidie	198.745 €
Nieuwbouw Passiefhuis met subsidie	223.595 €
Extra investering Passiefhuis (tov Energiezuinig) zonder subsidie	25.000 €
Extra investering Passiefhuis (tov Energiezuinig) met subsidie	24.850 €
Jaarlijkse terugbetaling Passiefhuis – Energiezuinig	1.377 €

Jaarlijkse kasstroom

Elektriciteit

Elektriciteitsverbruik energie zuinige woning kWh / jr	3.072 kWh
Elektriciteitsverbruik passiefhuis kWh/jr	1.978 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	1.095 kWh
Kostprijs elektriciteit	0,167 €/kWh
groei voet elektriciteit prijs / jr	2,5%

Aardgas

Aardgas verbruik energie zuinige woning kWh / jr	6.533 kWh
Aardgas verbruik passiefhuis kWh/jr	2.719 kWh
Uitsparing aardgas	3.814 kWh
Kostprijs aardgas	0,039 €/kWh
Groei voet prijs aardgas	3%

Stookolie

Stookolie verbruik energie zuinige woning kWh / jr	2.055 kWh
Stookolie verbruik passiefhuis kWh/jr	0 kWh
Uitsparing Stookolie	2.055 kWh
Kostprijs Stookolie	0,052 €/kWh
Groei voet prijs Stookolie	3%

CO₂

Uitsparing elektriciteit / jr	1.095 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	3.941 MJ
Emissiefactor elektriciteit	0,0694 kg/MJ
Kostprijs 1 kg CO ₂ in 2005	0,0289 €/kg
Inflatievoet	2,5%

Bijlage - 33 -

uitsparing aardgas 3.814 kWh
 uitsparing aardgas 13.731 MJ
 Emissiefactor aardgas 0,056 kg/MJ
 Kostprijs 1 kg CO₂ in 2005 0,0289 €/kg
 Inflatievoet 2,5%

uitsparing stookolie 2.055 kWh
 uitsparingstookolie 7.397 MJ
 Emissiefactor stookolie 0,073 kg/MJ
 Kostprijs 1 kg CO₂ in 2005 0,0289 €/kg
 Inflatievoet 2,5%

Sociale NCW Passiefhuis – Energiezuinig huis - 13.929 €
Interne opbrengstvoet 30 jr Passiefhuis – Energiezuinig huis -1%

Jaar	Kasstroom	NCW
2005	-24.850	-24.850
2006	248,79	240,37
2007	273,82	255,61
2008	299,35	269,99
2009	325,38	283,55
2010	351,94	296,32
2011	379,03	308,34
2012	406,67	319,64
2013	434,86	330,24
2014	463,62	340,18
2015	492,98	349,48
2016	522,93	358,18
2017	553,50	366,30
2018	584,70	373,86
2019	616,54	380,89
2020	649,04	387,41
2021	682,23	393,44
2022	716,11	399,02
2023	750,69	404,14
2024	786,01	408,85
2025	822,08	413,15
2026	858,91	417,06
2027	882,76	414,15
2028	907,28	411,26
2029	932,48	408,39
2030	958,39	405,54
2031	985,02	402,71
2032	1012,40	399,91
2033	1040,54	397,13
2034	1069,48	394,37
2035	1099,23	391,63
Interne opbrengstvoet	-1%	-13.929

Bijlage 12 Financiële analyse van een energiezuinig huis ten opzichte van een conventionele woning. Enkel private baten.

Netto contante waarde = $a \cdot n \cdot r$ * kasstroom - investering

($a \cdot n \cdot r$ = actuele waarde van een annuïteit van één eenheid met n periodes en een discontovoet r waarden voor verschillende periodes)

Intrestvoet 3,5%

Kosten

Conventioneel huis kostprijs	185.250 €
Nieuwbouw energiezuinig: totaal zonder grond: zonder subsidie	200.000 €
Subsidies energiezuinig huis	1.255 €
Nieuwbouw energiezuinig met subsidie	198.745 €
Extra investering energiezuinig (tov conventioneel) zonder subsidie	14.750 €
Extra investering energiezuinig (tov conventioneel) met subsidie	13.495 €
Jaarlijkse terugbetaling energiezuinig huis – conventioneel huis	748 €

Jaarlijkse kasstroom

Elektriciteit

Elektriciteitsverbruik klassieke woning kWh/jr	3500 kWh
Elektriciteitsverbruik energie zuinige woning kWh / jr	3072 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	428 kWh
Kostprijs elektriciteit	0,167 €/kWh
Groeivoet elektriciteit prijs / jr	2,5%

Aardgas

Aardgas verbruik klassieke woning kWh / jr	10800 kWh
Aardgas verbruik energie zuinige woning kWh / jr	6533 kWh
Uitsparing aardgas	4267 kWh
Kostprijs aardgas	0,039 €/kWh
Groeivoet prijs aardgas	3%

Stookolie

Stookolie verbruik Klassieke woning kWh / jr	8.503 kWh
Stookolie verbruik energiezuinige woning kWh/jr	2.055 kWh
Uitsparing Stookolie	6.448 kWh
Kostprijs Stookolie	0,052 €/kWh
Groeivoet prijs Stookolie	3%

Private NCW Energiezuinig huis – Conventionele woning	1.162 €
Interne opbrengstvoet 30 jr Energiezuinig huis – Conventionele woning	4%

Jaar	Kasstroom	NCW
2005	-13.495	-13.495
2006	454,23	438,87
2007	477,67	445,91
2008	501,68	452,49
2009	526,28	458,62
2010	551,48	464,33
2011	577,30	469,63
2012	603,76	474,55
2013	630,87	479,09
2014	658,65	483,27
2015	687,13	487,12
2016	716,31	490,64
2017	746,23	493,84
2018	776,90	496,75
2019	808,33	499,37
2020	840,56	501,72
2021	873,61	503,81
2022	907,49	505,66
2023	942,23	507,26
2024	977,86	508,64
2025	1014,40	509,80
2026	1051,87	510,76
2027	1082,83	508,01
2028	1114,70	505,28
2029	1147,51	502,56
2030	1181,29	499,86
2031	1216,07	497,17
2032	1251,87	494,50
2033	1288,73	491,85
2034	1326,68	489,21
2035	1365,75	486,59
Interne opbrengstvoet	4%	1.162 €

Bijlage 13 Financiële analyse van een energiezuinig huis ten opzichte van een conventionele woning. Private - en sociale baten.

Netto contante waarde = $a \cdot n \cdot r$ * kasstroom - investering

(a $n \cdot r$ = actuele waarde van een annuïteit van één eenheid met

n periodes en een discontovoet r waarden voor verschillende periodes)

Intrestvoet 3,5%

Kosten

Conventioneel huis kostprijs	185.250 €
Nieuwbouw energiezuinig: totaal zonder grond: zonder subsidie	200.000 €
Subsidies energiezuinig huis	1.255 €
Nieuwbouw energiezuinig met subsidie	198.745 €
Extra investering energiezuinig (tov conventioneel) zonder subsidie	14.750 €
Extra investering energiezuinig (tov conventioneel) met subsidie	13.495 €
Jaarlijkse terugbetaling energiezuinig huis – conventioneel huis	748 €

Jaarlijkse kasstroom

Elektriciteit

Elektriciteitsverbruik klassieke woning kWh/jr	3500 kWh
Elektriciteitsverbruik energie zuinige woning kWh / jr	3072 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	428 kWh
Kostprijs elektriciteit	0,167 €/kWh
Groeivoet elektriciteit prijs / jr	2,5%

Aardgas

Aardgas verbruik klassieke woning kWh / jr	10800 kWh
Aardgas verbruik energie zuinige woning kWh / jr	6533 kWh
Uitsparing aardgas	4267 kWh
Kostprijs aardgas	0,039 €/kWh
Groeivoet prijs aardgas	3%

Stookolie

Stookolie verbruik Klassieke woning kWh / jr	8.503 kWh
Stookolie verbruik energiezuinige woning kWh/jr	2.055 kWh
Uitsparing Stookolie	6.448 kWh
Kostprijs Stookolie	0,052 €/kWh
Groeivoet prijs Stookolie	3%

CO₂

Uitsparing elektriciteit / jr	428 kWh
Uitsparing elektriciteit / jr	1.539 MJ
Emissiefactor elektriciteit	0,0694 kg/MJ
Kostprijs 1 kg CO ₂ in 2005	0,0289 €/kg
Inflatievoet	2,5%

Uitsparing aardgas	4.267 kWh
Uitsparing aardgas	15.360 MJ

Emissiefactor aardgas	0,056 kg/MJ
Kostprijs 1 kg CO ₂ in 2005	0,0289 €/kg
Inflatievoet	2,5%

Uitsparing stookolie	6.448 kWh
Uitsparing stookolie	23.214 MJ
Emissiefactor stookolie	0,073 kg/MJ
Kostprijs 1 kg CO ₂ in 2005	0,0289 €/kg
Inflatievoet	2,5%

Sociale NCW Energiezuinig huis – Conventioneel huis	2.663 €
Interne opbrengstvoet 30 jr Energiezuinig huis – Conventioneel huis	5%

Jaar	Kasstroom	NCW
2005	-13.495	-13.495
2006	514,90	497,49
2007	539,77	503,88
2008	565,24	509,81
2009	591,32	515,31
2010	618,05	520,38
2011	645,43	525,06
2012	673,49	529,36
2013	702,23	533,29
2014	731,69	536,86
2015	761,88	540,11
2016	792,81	543,03
2017	824,52	545,65
2018	857,02	547,98
2019	890,33	550,03
2020	924,48	551,81
2021	959,48	553,34
2022	995,37	554,62
2023	1032,16	555,68
2024	1069,89	556,51
2025	1108,57	557,13
2026	1148,24	557,55
2027	1181,44	554,27
2028	1215,61	551,02
2029	1250,77	547,78
2030	1286,95	544,57
2031	1324,18	541,38
2032	1362,50	538,20
2033	1401,93	535,05
2034	1442,51	531,92
2035	1484,27	528,81
Interne opbrengstvoet	5%	2.662,89 €

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen en uw akkoord te verlenen.

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Milieu- en economische effecten van passiehuizen en energiezuinige woningen

Richting: **Handelsingenieur**

Jaar: **2006**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt houdt in dat ik/wij als auteur de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij kan reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

U bevestigt dat de eindverhandeling uw origineel werk is, en dat u het recht heeft om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. U verklaart tevens dat de eindverhandeling, naar uw weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

U verklaart tevens dat u voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen hebt verkregen zodat u deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal u als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze licentie

Ik ga akkoord,

Marjan KNOOPS

Datum: