



Verkoopt duurzaam?



Een onderzoek naar het verkopen en bouwen van een energieneutrale 2-onder-1-kap woning in opdracht van Stegeman Bouw b.v.

Onderwijsinstelling:

Chr. Hogeschool Windesheim
School of Built Environment and Transport
Campus 2-6

Postbus 10090

8000GB Zwolle

Tel: 038 – 469 99 11

1^e schoolbegeleider: drs. ing. H.M. Nieman

2^e schoolbegeleider: ir. B.J.M. Slot

Opdrachtgever:

Stegeman Bouw b.v.

Wierdensestraat 25

7443AA Nijverdal

Tel: 0548 – 61 85 85

Bedrijfsbegeleider: ing. P. Steijsiger

Auteurs:

W.F. Holterman

Oude Twentseweg 51

8102SB Raalte

Tel: 06 – 27 37 40 06

J.M. Janssen

Nijlandstraat 18

7462RB Rijssen

Tel: 06 – 51 83 20 68

Datum:

7 juni 2012

Samenvatting

Stegeman Bouw bv is een bouwbedrijf in Nijverdal dat is opgericht in 1931. In 1996 is het bedrijf onderdeel geworden van de Ter Steege Groep uit Rijssen. Hierdoor is het bouwbedrijf in staat om, in combinatie met andere werkmaatschappijen van de Ter Steege Groep, ook grote en complexe projecten te realiseren.

In 2010 heeft Stegeman een concept ontwikkeld voor een goedkope basiswoning, dit concept voldoet aan de destijds geldende eisen. De eisen met betrekking tot energieprestatie worden steeds strenger. In 2020 moet het gebouwgebonden energieverbruik neutraal zijn, $EPC=0,0$. Stegeman Bouw wil hier tijdig op anticiperen door onderzoek te doen naar energieneutraal bouwen. Zo krijgt men inzicht in een nieuw energieconcept voor een energieneutrale woning, de aandachtspunten bij het verkopen van deze woning en of het in 2012 al mogelijk is om een energieneutrale woning te verkopen.

In opdracht van Stegeman Bouw bv is onderzoek verricht naar de mogelijkheden voor een energieneutraal concept en hoe dit concept het beste op de wensen van de markt aan kan sluiten. Na bespreking van de aanleiding van het onderzoek is de probleemstelling geformuleerd. Aan de hand van deze probleemstelling zijn de deelvragen en onderzoeksvragen geformuleerd.

Met de invoering van het Bouwbesluit 2012 veranderen veel zaken. Op het gebied van energieprestatie worden enkele eisen aangescherpt. De grootste verandering is de nieuwe EPG, deze heeft de oude EPN vervangen. De EPC wordt nu volgens de nieuwe NEN7120 bepaald.

Uit onderzoek blijkt dat consumenten over het algemeen weinig kennis hebben van energieneutrale woningen, men weet niet wat het inhoudt en hoe energieneutraliteit wordt gerealiseerd. De consument heeft sterke voorkeur voor bewezen technieken in een woning, het vertrouwen hierin is groter. In een energieneutrale woning zullen echter enkele innovaties doorgevoerd moeten worden. Een goede communicatie met de consument is hierbij van wezenlijk belang om tegenvallende prestaties door het gebrek aan kennis te voorkomen.

Energiezuinigheid van een bouwwerk is op verschillende manieren meetbaar te maken, hiervoor zijn meerdere methoden ontwikkeld. Uit vergelijking van verschillende methoden blijkt dat GPR gebouw de meest volledige methode is voor het bepalen van duurzaamheid en energieprestatie van nieuwbouwwoningen. Hiernaast is ook het energielabel relevant, dit label wordt per 1 januari 2013 een verplicht document bij de overdracht van een (nieuwbouw) woning.

Bij de ontwikkeling van een energieneutrale woning is de oriëntatie van de woning een aandachtspunt, omdat met zonnewarmte de woning in de winter deels verwarmd wordt. Deze warmte komt via de gevelopeningen binnen. Daarom is in de gunstigste situatie de gevel met het grootste glasoppervlak zuidelijk georiënteerd. Bij de 2-onder-1-kap woning, die als basis is gebruikt voor dit onderzoek, moet de voor- of achtergevel zuidelijk georiënteerd zijn omdat beide woningen op die manier voorzien kunnen worden van zonne-energie installaties die op het dak geplaatst worden en bij een zuidelijke oriëntatie de hoogste opbrengst hebben.

In de thermische schil worden de warmteweerstanden verhoogd en de luchtdichtheid verbeterd. Om oververhitting in de zomerperiode te voorkomen moet zomernachtventilatie gerealiseerd kunnen worden. Hierdoor wordt de woning in de zomernacht passief gekoeld.

De energieneutrale woning is duurder dan de huidige standaard woning, onder andere vanwege de hogere warmteweerstanden en de installaties. Door de verwachte prijsstijgingen van energie heeft de consument interesse in energiebesparing en is men ook bereid om hierin te investeren. Is de terugverdientijd van de investering kleiner dan 10 jaar dan wil de consument tot €15.000,- extra investeren. De consumenten die hier het meest in geïnteresseerd zijn, vallen in de leeftijdscategorie van 25 tot 55 jaar.

Op basis van de 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw is een energieneutraal energieconcept ontwikkeld. Hier blijkt dat de overstekken weinig invloed uitoefenen op het energieverbruik, een zo klein mogelijke overstek is het gunstigst ten aanzien van het totale energieverbruik. Om passieve koeling door zomernachtventilatie te realiseren moet op de 2^e verdieping een dakraam geplaatst worden, in combinatie met de te openen ramen in de woning kan de woning door thermische trek in de zomernachten gekoeld worden, enkele ramen op de begane grond worden voorzien van een inbraakwerend rooster.

De thermische schil van de 2-onder-1-kap woning is aangepast, de fundering en het casco binnen de thermische schil blijven gelijk. De begane grond vloer wordt uitgevoerd in ribcassettevloer, $R_c = 6,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. De spouw wordt voorzien van in het werk gespoten PUR isolatie $R_c = 8,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Dit verzorgt naast isolatie ook een goede luchtdichtheid. In de gevelopeningen worden houten kozijnen geplaatst, voorzien van tripane beglazing, $U_w \leq 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. De prefab kap blijft gehandhaafd, maar wordt wel verdikt om een hogere warmteweerstand te krijgen, $R_c = 9,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. De totale meerkosten voor deze bouwkundige aanpassingen bedragen €14.943,20 excl. BTW.

Uit de drie onderzochte installatieconcepten komt het concept met balansventilatie unit met warmteterugwinning, een CV-ketel, een zonneboiler aangesloten op het warm tapwater systeem, een douchepijp-wtw en PV-panelen als beste optie naar voren. De meerkosten van deze installatie ten opzichte van de huidige installatie bedragen €18.691,16 excl. BTW. Het volledig elektrisch concept met een lucht-water warmtepomp geeft het laagste energieverbruik maar heeft een dusdanig hoge aanschafprijs dat de terugverdientijd 21 jaar is.

Het verkopen en bouwen van de energieneutrale standaardwoning in plaats van de huidige standaardwoning is haalbaar op het moment dat de kosten en terugverdientijd acceptabel zijn. De verkoopprijs wordt €43.958,73 hoger (incl. BTW) en de terugverdientijd is achttien jaar. Hierin is een prijsstijging van de energiekosten van 6% meegenomen, dit is de gemiddelde stijging van de afgelopen acht jaar. De prijsstijging van de netwerkkosten is vastgesteld op 1,9%, dit is gelijk aan de inflatie van de afgelopen jaren. Zowel de hoogte van de extra investering als de terugverdientijd voldoen niet aan de gestelde eisen van de consument. Dit betekent dat het verkopen van een energieneutrale woning binnen de gestelde eisen van de consument nog niet mogelijk is zonder extra financiële voordelen als bijvoorbeeld subsidies.

Het verkopen van een energieneutrale woning begint met het overhalen van de koper om een dergelijke woning te kopen. Hierbij spelen vier factoren een rol, namelijk prijsbesef, milieubesef, comfort en gezondheid. Op deze vier factoren is de consument te sturen. Een verschil met de huidige standaardwoning is dat er bij de energieneutrale woning gestuurd moet worden op de woonlasten in plaats van de hypotheeklasten, door het grotendeels wegvallen van de energiekosten geeft dit een goed beeld van het nut van de extra investering. Bij de woning dient ook een gebruiksaanwijzing geleverd en uitgelegd te worden. Het doel hiervan is dat de koper weet hoe hij een goed klimaat kan creëren zonder veel energie te verbruiken.

Bij ontwikkeling van een energieneutraal project moet er vanaf het begin al samengewerkt worden tussen de betrokken partijen om zo een goed integraal ontwerp te maken. Bij de werkvoorbereiding van een energieneutrale woning moet er rekening mee worden gehouden dat dit extra tijd in beslag neemt, mede door de vereiste zorgvuldigheid en detaillering en de onbekendheid met het energieneutraal bouwen. De uitvoering van een energieneutrale woning vraagt ook om grote zorgvuldigheid. Het wordt sterk aanbevolen om personeel specifieke cursussen te laten volgen met betrekking tot energiezuinig bouwen. Bij oplevering van de woning kunnen er verschillende testen worden gedaan om te controleren of de woning aan de gestelde kwaliteit voldoet.

Om een energiezuinige woning toch te verkopen zal moeten worden voldaan aan de eisen van de consument. Om hierop in te spelen kan een tussenvorm tussen de standaardwoning en de energieneutrale woning worden ontwikkeld. Uitgangspunt hiervoor is de maximale investering van €15.000.- en de maximale terugverdientijd van 10 jaar.

Summary

Stegeman Bouw bv, founded in 1931, is a construction firm established in Nijverdal. In 1996 Stegeman Bouw became part of the Ter Steege Groep. In collaboration with other companies of this Ter Steege Groep, Stegeman Bouw is able to realize large and complex projects.

In 2010 Stegeman Bouw developed a new concept for a low-priced semi-detached dwelling. This concept meets the requirements of 2010. The requirements for energy performance become continually rigid. In 2020 the energy balance of the energy that is used to heat and ventilate the building and to provide hot water and the energy that is generated has to be neutral. Stegeman wants to anticipate to these developments by doing research into zero-energy dwelling houses. With this research they get more insight to a new energy concept for this type of dwelling houses, the points of interest by the selling of these dwelling houses and the opportunities of selling these zero-energy dwelling houses in 2012.

On behalf of Stegeman Bouw research has been carried out into the possibilities for a zero-energy concept and how to meet with the desires of the market. After the cause of this research is discussed, the problem is defined. Based on this problem definition the research questions are phrased.

By the time the Bouwbesluit 2012 is founded, many things will change. On the area of energy performance some requirements are being tightened. The greatest change is the new EPG, which will replace the EPN. The EPG is the new method to calculate the energy performance coefficient according to the NEN7120.

It turns out that consumers don't have a lot of knowledge about zero-energy dwelling houses. They don't know what it means exactly and how it's realized. People have a strong preference for proved technical installations because they trust these well-known installations better. In the zero-energy semi-detached dwelling some innovations have to be applied. It's very important to have a good communication with the consumer about these innovations to prevent negative experiences due to lack of knowledge.

Several methods to measure sustainability have been developed. It turns out that the GPR gebouw is the most complete method to determine the sustainability and the energy performance of new dwelling houses. Besides the "GPR gebouw" the "EnergieLabel" is also relevant because ever since 1 January 2013 this is an obligatory document by the transfer of a (new) dwelling house.

By development of a zero-energy dwelling house the orientation to the sun is an important point of interest, because the entrance of sunlight through the windows provides for a part of the heating demand during the winter. In the best situation the façade with the highest amount of glass surface is aligned to the south. In the situation of the semi-detached dwelling, which is basic for this research, the front or the back façade has to be aligned to the south because both sides of the semi-detached dwelling have to be connected to the solar power. The installations that capture the solar power are aligned to the south because this will give the highest revenue.

In the building envelope the thermal resistance is rated up and the air-tightness is improved. To prevent the overheating of the building during the summer it has to be possible to ventilate the building during the summer nights in a natural way.

The zero-energy dwelling house is due to, among other things, the higher thermal resistivity more expensive than the one according to the current concept. Due to the expected raise of energy prices the consumer is interested in energy saving and is willing to invest in this. In case the proceeds per unit of outlay are beneath 10 years, the consumer is willing to invest €15.000, - added to the price of a standard dwelling house. The most interested consumers are falling within the age category between 25 and 55 years.

On the basis of the semi-detached dwelling of Stegeman Bouw a new zero- energy concept is developed. It turns out that rafter-supported eaves have little impact on the energy consumption. Little rafter-supported eaves are better than large rafter-supported eaves. To realize the ventilation during the summer nights a skylight has to be applied in the roof, in combination with the other windows in the building sufficient ventilation is created. The windows on the ground floor are provided with an anti break-in grid.

The building envelope of the semi-detached dwelling is adapted, the foundation and the construction inside the building envelope are equal to the current concept. The suspended floor is designed as precast insulated rib concrete floor, $R_c = 6,50 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. The façades are insulated with a sprayed polyurethane foam, $R_c = 8,01 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. In addition to insulation, the foam also provides a good air-tightness. The window-frames are made of wood and equipped with triple glass $U_w \leq 0,8 \text{ W/ m}^2 \text{ K}$. The precast roof is equal to the current concept except for the thermal resistance, which is raised to $R_c = 9,9 \text{ m}^2 \text{ K/W}$. The total costs of all these edits to the building envelope are €14.943,20 exclusive of VAT.

From the three examined installations concepts the one equipped with a ventilation unit for balanced ventilation, furnace, solar water heater, heat exchanger and solar panels turns out to be the best option. The additional costs of this system compared to the current system are €18.691,16 exclusive of VAT. The all-electric concept equipped with an air-water heat pump has the lowest demand for energy but is so expensive that the pay-back time is 21 years.

The selling and construction of the zero-energy dwelling house instead of the current concept is achievable when the total additional costs and the pay-back time are acceptable. The total additional costs are in this case €43.958,73 inclusive of VAT and the pay-back time is 18 years. The annual rise of in energy prices is 6%, equal to the average rise of energy prices in the last 8 years. The annual rise of the standing charge is 1,9%, equal to the average inflation in the last years. Both the additional costs and the pay-back time don't meet the requirements of consumers. This means that selling a zero-energy dwelling house within the requirements of the consumers is not possible without additional financial help like subsidy.

The selling of a zero-energy dwelling house starts with convincing a consumer to buy a dwelling house like this. There are four points of interest for convincing a consumer, awareness of price, environment, comfort and health. A difference with the selling of a standard dwelling house is that there has to be communicated in affordability ratio instead of mortgage costs. Because of the low energy costs this will give a fair picture of the use of the additional investment. By the time the dwelling house is delivered a user manual has to be given and explained to the buyer. Because of this manual the buyer will know how to create a good climate with a low energy demand.

By development of a zero-energy project there has to be cooperated with all involved companies to create a good integral structural detailing. By work preparation for a zero-energy dwelling house it has to be taken into account that this process will cost extra time, compared to a standard project, because of the required accuracy, the details and the small knowledge of the construction of a zero-energy dwelling house. Construction of a zero-energy dwelling house also requires great accuracy. It is strongly recommended to train personnel on the specific points of interest by the construction of a zero-energy dwelling house. At the delivery of the dwelling house several tests can be executed to check whether the dwelling house meets the requirements or not.

In order to sell a zero-energy dwelling house it has to meet the requirements of the consumer. The zero-energy house can be adapted to these requirements by development of an energy efficient dwelling house. Points of origin for the development of this dwelling house are the maximum additional investment of €15.000, - and the maximum pay-back time of 10 years.

Voorwoord

Voor het afronden van onze opleiding Bouwkunde aan de Christelijke Hogeschool Windesheim te Zwolle hebben wij een afstudeeronderzoek uitgevoerd. Dit afstudeeronderzoek is uitgevoerd in opdracht van Stegeman Bouw te Nijverdal en heeft als onderwerp energieneutraal bouwen. Binnen Stegeman Bouw ontbrak het aan de nodige kennis wat betreft dit onderwerp, zowel bouwkundige kennis als marktkennis. De afgelopen vier maanden hebben wij ons verdiept in deze materie waarvan dit verslag het uitvloeisel is.

In dit onderzoek hebben we onderzocht hoe de huidige standaardwoning van Stegeman Bouw energieneutraal gemaakt kan worden. Het onderzoek moet inzicht geven in de wet- en regelgeving en de eisen en aandachtspunten rondom energieneutraal bouwen. Daarnaast moet duidelijk worden wat de wensen en eisen van de markt zijn. Hier kan vervolgens op ingespeeld worden. Verder hebben we onderzocht wat de beste uitgangspunten en oplossingen zijn voor een energieneutrale woning en waar in de voorbereiding en uitvoering van de bouw op gelet moet worden. Uiteindelijk hebben we onderzocht of verkoop haalbaar is.

Onze dank gaat uit naar alle mensen die inbreng hebben gehad in dit afstudeeronderzoek. Met in het bijzonder onze schoolbegeleiders drs. ing. H.M. Nieman en ir. B.J.M. Slot voor de begeleiding en adviezen. Daarnaast onze bedrijfsbegeleider ing. P. Steijsiger eveneens voor de begeleiding en adviezen en voor de beschikbaar gestelde informatie en locatie.

Nijverdal, donderdag 7 juni 2012
Wouter Holterman
Mark Janssen

Inhoudsopgave

1. Inleiding	11
<i>Opbouw van het onderzoek</i>	11
2. Probleemstelling	13
2.1 Aanleiding onderzoek	13
2.2 Probleemstelling	13
2.3 Begrippen	13
2.4 Onderzoeksvragen	14
2.5 Onderzoeksmethode	15
3. De woning van de toekomst	16
3.1 Inleiding	16
3.2 Welke eisen gelden in de huidige regelgeving met betrekking tot energiezuinig bouwen?	16
3.2.1 Bouwbesluit	16
3.2.2 Nieuwe EPN → EPG	17
3.2.3 Lente-akkoord	18
3.3 Wat verwacht de consument van de energieneutrale woning?	19
3.3.1 Verwachtingen	20
3.3.2 Kennis	20
3.3.3 Voorlichting	21
3.3.4 Resumerend	21
3.4 Welke middelen zijn er om de duurzaamheid van een woning te meten?	21
3.4.1 Algemeen	21
3.4.2 Energielabel	22
3.4.4 GPR gebouw	24
3.4.5 Eco-Quantum	26
3.4.6 BREEAM	27
3.4.7 GreenCalc+	28
3.4.8 PassiefBouwen Keur	30
3.4.9 Resumerend	32
3.5 Aan welke eisen moet het energieconcept voldoen om de woning energieneutraal te maken?	33
3.5.1 Energieconcept	33
3.5.2 Eisen energieverbruik	34
3.5.2 Eisen en aandachtspunten voor het ontwerp	35
3.5.3 Eisen voor de gebouwschil	36
3.5.4 Eisen met betrekking tot de installatie	38
3.6 Conclusie	42
4. Consument en duurzaamheid	43

4.1	Inleiding	43
4.2	Hoeveel wil de consument extra investeren bij de aanschaf van een energieneutrale woning?	43
4.2.1	Betalingsbereidheid	43
4.2.2	Terugverdientijd	45
4.2.3	De consument	45
4.2.4	Resumerend	46
4.3	Welke mogelijkheden zijn er om deze extra investering betaalbaar te maken?	46
4.3.1	Subsidies	46
4.3.2	Hypotheek	46
4.3.3	Groene leningen	47
4.4	Conclusie	47
5.	Het nieuwe energieconcept	49
5.1	Inleiding	49
5.2	Het huidige energieconcept	49
5.2.1	Basiswoning met EPC = 0,6	49
5.2.2	Aanpassingen voor EPC = 0,5	50
5.2.3	Aanpassingen voor EPC = 0,4	50
5.2.4	Basis voor het nieuwe energieconcept	51
5.3	Het nieuwe energieconcept	51
5.3.1	Bouwkundige onderdelen	52
5.3.2	Installatietechnische onderdelen	53
5.4	Ontwerp	53
5.4.1	Oriëntatie	53
5.4.2	Overstekken	54
5.4.3	Zonwering	54
5.4.4	Zomernachtventilatie	55
5.5	Thermische schil	57
5.5.1	Fundering	57
5.5.2	Begane grond vloer	57
5.5.3	De gevel	59
5.5.3	Gevelopeningen	66
5.5.5	Het dak	71
5.5.6	Resumerend	73
5.6	Installaties	76
5.6.1	Uitgangspunten installatie	76
5.6.2	Concepten	76
5.6.3	Basisonderdelen voor de installatie	77

5.6.4 Concept 1: CV-ketel en ventilatie unit	79
5.6.5 Concept 2: Brink Climate Systems Passiefhuistoestel	82
5.6.7 Keuze concept.....	86
5.7 Haalbaarheid.....	87
5.7.1 Bouwkosten.....	87
5.7.2 Energiekosten	87
5.7.2 Hypotheeklasten.....	90
5.7.3 Terugverdientijd.....	91
5.8 Conclusie	93
6. Energieneutraal bouwen.....	94
6.1 Inleiding.....	94
6.2 Communicatie met de koper	94
6.2.1. De houding van de koper	94
6.2.2 Beïnvloeding van de koper.....	95
6.2.3 Gebruiksaanwijzing bij de woning	96
6.3 Voorbereiding van de energieneutrale woning	97
6.3.1 Ontwerp	97
6.3.2 Werkvoorbereiding	98
6.4 Realisatie van de energieneutrale woning.....	98
6.4.1. Bouw	98
6.4.2 Toetsing behaalde kwaliteit.....	100
6.5 Conclusie	100
7. Conclusies en aanbevelingen.....	102
Literatuurlijst	103
Bijlagen	109

1. Inleiding

De gebouwde omgeving neemt ongeveer 35% van het totale Nederlandse energieverbruik voor haar rekening. De verwachting is dat energie in de toekomst alleen maar duurder zal worden. Daarom is het van belang om energiezuinig of zelfs energieneutraal te gaan bouwen. Dit zorgt ervoor dat de woonlasten in de toekomst betaalbaar blijven. De overheid sluit hierop aan met het beleid om de EPC's geleidelijk aan te verlagen. Vanaf 2020 mogen conform Europese regelgeving alleen nog maar 'near zero energy buildings' gebouwd worden.

Dit afstudeerrapport is het verslag van het onderzoek naar de energieneutrale woning. Om een energieneutrale woning te bouwen zal er bekend moeten zijn aan welke eisen deze moet voldoen. De woning moet echter wel verkoopbaar zijn dus is het ook van belang om te weten wat de consument wil. Een woning bouwen die energieneutraal is, is met de juiste kennis goed mogelijk. Ervoor zorgen dat deze woning ook aansluit op de wensen van de consument is echter nog veel belangrijker. De consument moet de woning kopen en wil dus het liefst een woning die voldoet aan zijn verwachtingen. Voorts is het van belang te weten wat een energieneutrale woning gaat kosten. De banken geven steeds lagere hypotheek af dus moet de investering wel betaalbaar zijn. De consument kan met hetzelfde geld ook een woning kopen met een luxe afwerking, maar zal ervan overtuigd moeten worden dat een energieneutrale woning een betere keuze is. Om tot een juist concept te komen zal er gekeken moeten worden welke aanpassingen er mogelijk zijn om het energieverbruik te beperken. Deze aanpassingen moeten dan wel rendabel zijn. Om het concept in een bepaalde richting te sturen zijn er een aantal eisen opgesteld waar de woning aan dient te voldoen. Aan de hand van deze eisen zijn verschillende opties onderzocht en na een vergelijking komt hier de beste naar voren.

Al deze veranderingen zijn ingrijpend voor het bouwproces, daarom wordt er omschreven wat deze verschillende veranderingen inhouden. Allereerst moet de communicatie naar de consument goed zijn zodat deze bewust wordt van de voordelen van een energieneutrale woning. Hij moet extra investeren, maar hij zal dit geld na verloop van jaren ook weer willen zien, in welke vorm dan ook. Daarnaast worden er in de uitvoering ook grote veranderingen doorgevoerd, de detaillering zal vanwege de luchtdichtheid flink veranderen. Op de bouwplaats zal er nauwkeuriger gewerkt moeten worden om geen luchtlekken te laten ontstaan.

Opbouw van het onderzoek

Dit rapport bestaat uit zes hoofdstukken waarin het hele onderzoek wordt besproken.

Het eerste hoofdstuk is de inleiding van het rapport.

In het tweede hoofdstuk wordt de probleemstelling uiteengezet. Hierin worden ook de hoofd- en deelvragen opgesteld. Dit is de leidraad van het rapport.

In het derde hoofdstuk wordt de relevante wet- en regelgeving omschreven alsmede de verwachting van de consument. Daarnaast wordt er verslag gedaan van het onderzoek naar de beschikbare middelen die er zijn om duurzaamheid in kaart te brengen. Vervolgens worden voor het nieuwe concept eisen opgesteld waar het ontwerp aan moet voldoen.

Hoofdstuk vier geeft antwoord op de tweede deelvraag. Hierin staat hoeveel de consument extra wil investeren bij de aanschaf van een energieneutrale woning en welke mogelijkheden er zijn om deze investering betaalbaar te maken.

In hoofdstuk vijf wordt als eerste de huidige standaardwoning omschreven. Daarna wordt het onderzoek naar het nieuwe energieconcept omschreven, zowel het bouwkundige deel als het installatietechnische deel. Aan de hand van de resultaten wordt een oordeel gegeven of het haalbaar is om nu al een energieneutrale woning neer te zetten.

In hoofdstuk zes wordt beschreven wat de aandachtspunten tijdens het bouwproces zijn. Als eerste tijdens de communicatie met de koper, daarna tijdens de voorbereiding en als laatste wat de aandachtspunten in de uitvoering zijn.

Hoofdstuk zeven is de conclusie waarin antwoord wordt gegeven op de hoofdvraag zoals geformuleerd in hoofdstuk twee.

Achter het laatste hoofdstuk zijn de literatuurlijst en de bijlagen opgenomen.

2. Probleemstelling

2.1 Aanleiding onderzoek

Het thema “duurzaam bouwen” is heel actueel. Door de overheid, woningcorporaties en bouwbedrijven wordt gewerkt aan plannen en in projecten om het energieverbruik van woningen, zowel nieuwbouw als de bestaande voorraad in Nederland, te verminderen. De overheid draagt hier aan bij door het verstrekken van subsidies en het uitvoeren van nieuwe wetgeving. Zo staat vanaf 2015 de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) eis op 0,4 en vanaf 2020 geldt de eis dat het gebouwgebonden energiegebruik van een nieuwe woning per saldo neutraal is. De EPC eis staat dan op 0,0.

Stegeman Bouw bv wil anticiperen op deze ontwikkelingen op het gebied van duurzaamheid bij het ontwikkelen, bouwen en verkopen van woningen. Ze willen graag een energieneutrale standaard woning ontwikkelen en op de markt zetten. Voor dit onderzoek vormt de huidige standaard 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw de basis.

2.2 Probleemstelling

Dat de woningen in de toekomst energieneutraal moeten worden staat vast. Het realiseren van deze energieneutraliteit van een woning kan op vele manieren. Bij het kiezen van de juiste weg naar energieneutraliteit moeten naast de wetgeving ook de verwachtingen van de eindgebruiker meegenomen worden, met het oog op het verkopen van de woning. Het is daarom voor de ontwikkelaar en de aannemer van belang om te weten hoe de woning er in de toekomst uit gaat zien en hoe deze gebouwd moet gaan worden. De hoofdvraag is daarom als volgt geformuleerd:

Kan de huidige standaardwoning van Stegeman Bouw zodanig energieneutraal ontworpen worden dat deze ook al in 2012 gebouwd en verkocht kan worden?

2.3 Begrippen

Huidige standaardwoning van Stegeman Bouw

De eisen met betrekking tot energiezuinigheid van woningen worden steeds verder aangescherpt. Vanaf 2020 moeten nieuwbouwwoningen energieneutraal zijn. De huidige standaardwoning van Stegeman Bouw voldoet niet aan deze eisen, maar door het energieconcept te herontwikkelen kan deze in de toekomst weer voldoen aan de eisen.

Bouwen van de woning

Om een woning te realiseren moet een bepaald proces doorlopen worden. Het bouwproces is onder te verdelen in 7 verschillende stappen. Elke stap levert input voor de volgende stap. Zoals op de onderstaande afbeelding is weergegeven.



Output van een fase is input voor de volgende fase

Afbeelding: fasen in het bouwproces
Bron: www.nieman.nl

Bij het realiseren van een energieneutrale woning gelden bijzondere eisen en aandachtspunten voor elke stap in het bouwproces.

- *Programma van eisen (PVE)*
Voor elk bouwwerk geldt dat het moet voldoen aan de wettelijk gestelde eisen, deze worden opgenomen in het PVE. In deze fase wordt bepaald wat voor soort bouwwerk er ontworpen gaat worden en hoe deze vorm moet krijgen.
- *Ontwerp*
Het uiterlijk van het bouwwerk wordt vormgegeven. Het ontwerp moet voldoen aan het programma van eisen.
- *Bouwvergunning*
Om een bouwvergunning te verkrijgen moet het ontwerp voldoen aan de wettelijk gestelde eisen, deze zijn opgenomen in het PVE en meegenomen in het ontwerp. Bij de aanvraag van de bouwvergunning is het ontwerp definitief.
- *Voorbereiding*
In de voorbereidingsfase moet de bouw worden voorbereid, deze fase overlapt de uitvoeringsfase.
- *Uitvoering*
In deze fase wordt het bouwwerk daadwerkelijk gerealiseerd. In deze fase moet de kwaliteit van de uitvoering goed gecontroleerd worden.
- *Exploitatie*
Na de oplevering neemt de koper het huis in gebruik. In deze fase moet ook onderhoud gepleegd worden door de eigenaar van de woning. De bouwer moet de juiste informatie verstrekken voor het correct uitvoeren van het onderhoud.
- *Sloop*
Na de gebruiksfase volgt de sloop van de woning. Er wordt weer plaats gemaakt voor een nieuw bouwwerk.

Verkopen

Om de toekomstige standaardwoning nu ook al te verkopen zal de consument bij de aankoop extra moeten investeren. De vraag is hoeveel de consument extra wil investeren en onder welke voorwaarden hij dit wil doen.

2.4 Onderzoeksvragen

Door het beantwoorden van de volgende vragen wordt de probleemstelling opgelost:

1. ***Wat zijn de voorwaarden en middelen om te komen tot een energieneutrale woning?***
 - 1.1. Welke eisen zijn opgenomen in de huidige regelgeving met betrekking tot energiezuinig bouwen?
 - 1.2. Wat verwacht de consument van de energieneutrale woningen?
 - 1.3. Welke middelen zijn er om de duurzaamheid van een woning te meten?
 - 1.4. Aan welke eisen moet het nieuwe energieconcept voldoen om de woning energieneutraal te maken?
2. ***Wanneer zal de consument kiezen voor de energieneutrale woning in plaats van de 'standaard' woning?***
 - 2.1. Hoeveel wil de consument extra investeren bij de aanschaf van een energieneutrale woning?
 - 2.2. Welke mogelijkheden zijn er om deze extra investering betaalbaar te maken?

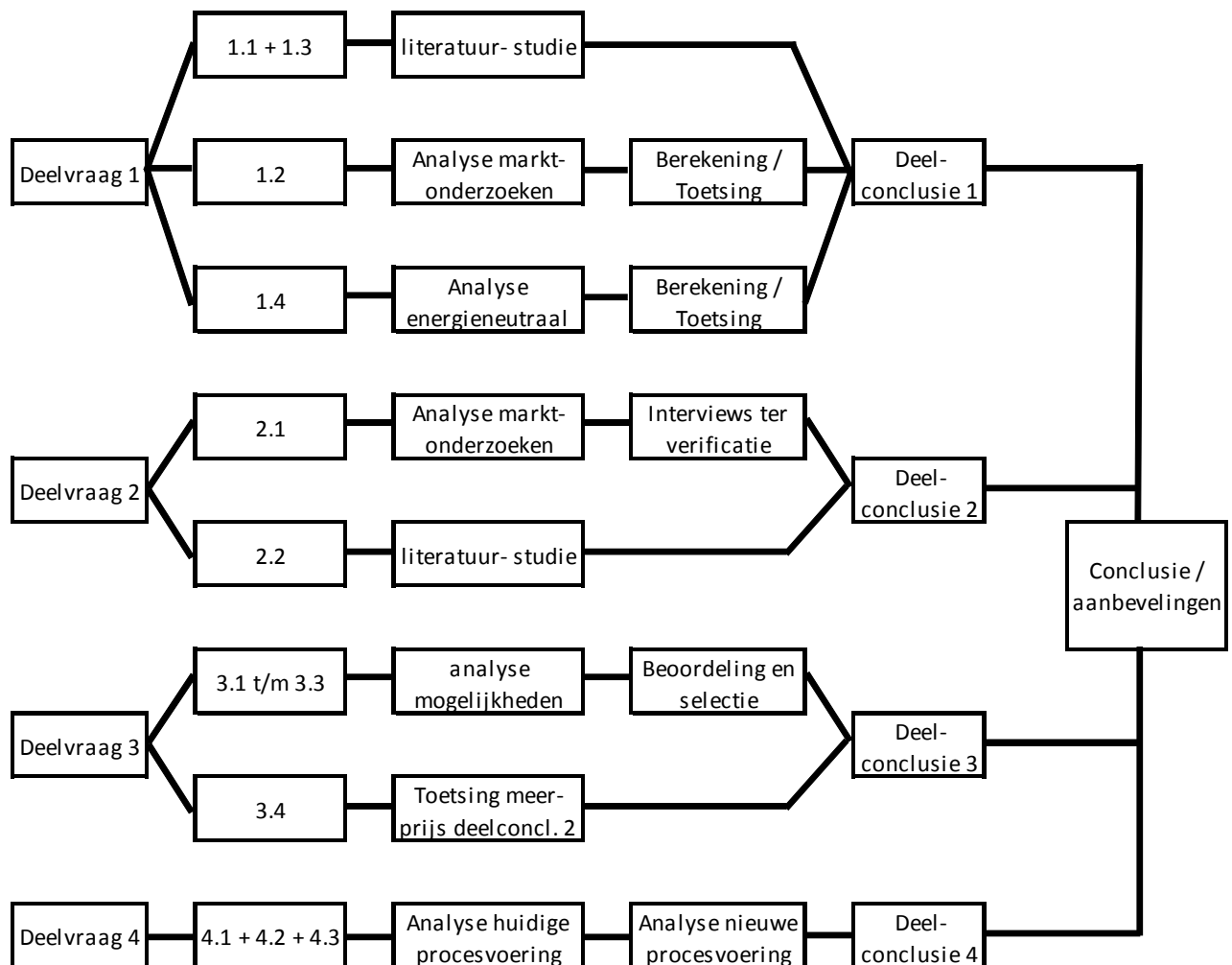
3. Wat is het optimale technisch ontwerp van de toekomstige standaardwoning van Stegeman Bouw?

- 3.1. Hoe is het energieconcept van de huidige standaardwoning opgebouwd?
- 3.2. Op welke wijze kunnen de bouwkundige eisen van het nieuwe energieconcept het best gerealiseerd worden?
- 3.3. Op welke wijze kunnen de installatietechnische eisen van het nieuwe energieconcept het best gerealiseerd worden?
- 3.4. Is de verkoop van de toekomstige standaard woning nu al haalbaar?

4. Wat betekent het energieneutraal bouwen voor de procesvoering van Stegeman Bouw?

- 4.1. Wat zijn de aandachtspunten bij energieneutraal bouwen bij communicatie met de koper?
- 4.2. Wat zijn de aandachtspunten bij energieneutraal bouwen in de voorbereiding?
- 4.3. Wat zijn de aandachtspunten bij energieneutraal bouwen in de uitvoering?

2.5 Onderzoeksmethode



3. De woning van de toekomst

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk is uiteengezet aan welke eisen de woning moet voldoen om energieneutraal te zijn. Het betreft hier zowel eisen vanuit de wetgeving als aanvullende technische eisen om de energieneutraliteit daadwerkelijk te realiseren. Dit is onderzocht aan de hand van deelvraag 1:

Wat zijn de voorwaarden en middelen om te komen tot een energieneutrale woning?

Bij het ontwikkelen van een woning heeft de ontwikkelaar te maken met verschillende partijen. De overheid stelt eisen waaraan de woning minimaal moet voldoen, de koper heeft zijn verwachtingen en het energieconcept van de woning moet zo worden gemaakt dat de energieopbrengst op jaarbasis minimaal gelijk is aan het verbruik. Om van al deze zaken een beeld te krijgen worden in dit hoofdstuk vier vragen aan de orde gesteld:

- Welke eisen zijn opgenomen in de huidige regelgeving met betrekking tot energiezuinig bouwen?
- Wat verwacht de consument van de energieneutrale woning?
- Welke middelen zijn er om de duurzaamheid van een woning te meten?
- Aan welke eisen moet het energieconcept voldoen om de woning energieneutraal te maken?

3.2 Welke eisen gelden in de huidige regelgeving met betrekking tot energiezuinig bouwen?

3.2.1 Bouwbesluit

De bouwtechnische regelgeving voor nieuwbouw, verbouw en bestaande bouw is in Nederland vastgelegd in het Bouwbesluit 2012. De eisen hierin beschrijven de minimale kwaliteit van het bouwwerk. Het Bouwbesluit is opgebouwd uit negen hoofdstukken:

- Algemene bepalingen
- Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van veiligheid
- Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van gezondheid
- Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van bruikbaarheid
- Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van energiezuinigheid en milieu, nieuwbouw
- Voorschriften inzake installaties
- Voorschriften inzake het gebruik van bouwwerken, open erven en terreinen
- Bouw- en sloopwerkzaamheden
- Overgangs- en slotbepalingen

Deze hoofdstukken zijn opgedeeld in afdelingen. Deze afdelingen bevatten de wetsartikelen. Elke afdeling begint met een sturingsartikel waar in een tabel kan worden afgelezen welke eisen uit de betreffende afdeling van toepassing zijn voor de betreffende gebruiksfunctie.

Om te bepalen of aan de gestelde eis voldaan wordt, wordt verwezen naar de NEN normen (NEderlandse Norm). In deze normen zijn de bepalingsmethoden voor de desbetreffende eisen vastgelegd. Praktijkvoorbeelden van de bepaling van de eisen in de NEN zijn vastgelegd in de Nederlandse Praktijk Richtlijnen (NPR), hierin staan onder andere rekenvoorbeelden en toelichting op de norm waar de desbetreffende NPR bij hoort.

Per 1 april 2012 geldt het nieuwe Bouwbesluit 2012 met uitzondering van de afdelingen¹:

- 2.16 Veiligheidszone en plasbrandaandachtsgebied, nieuwbouw
- 5.2 EPC, milieu, nieuwbouw
- 6.12 Veilig onderhoud gebouwen, nieuwbouw

De verwachting is dat deze afdelingen per 1 juli 2012 van kracht worden.

Het bouwbesluit is op vele punten aangepast ten opzichte van het vorige bouwbesluit zodat het leesbaarder, eenvoudiger en eenduidiger wordt.² Het bouwbesluit in zijn huidige vorm is in 1992 in werking getreden. Hierdoor werden de technische bouwvoorschriften voor het hele land gelijk. Per 1 januari 2003 is het Bouwbesluit 1992 vervangen door het Bouwbesluit 2003.

Een aantal concrete zaken die veranderen zijn:

Per 1 april 2012:

1. *Aanscherping van de minimale R_c -waarde van $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ naar $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ voor uitwendige scheidingsconstructies van het bouwwerk.*
2. *Voorschriften voor buitenbergingen en buitenruimten bij nieuwbouwwoningen*

Per 1 juli 2012:

3. *Voorschriften voor duurzaam bouwen.*

Voor woningen en kantoren met een gebruiksoppervlak $>100\text{m}^2$ moet bij de bouwaanvraag een milieuprestatieberekening ingeleverd worden die inzicht geeft in de CO_2 uitstoot en de uitputting van grondstoffen door de materialen in het gebouw.

3.2.2 Nieuwe EPN → EPG

Het Bouwbesluit stelt ook eisen aan het energieverbruik van een bouwwerk. Dit wordt bepaald aan de hand van de EnergiePrestatieCoëfficiënt (EPC). De EPC is de verhouding tussen het verwachte energieverbruik op basis van berekening en het toegestane energieverbruik op basis van referenties. Per 1 juli 2012 geldt een nieuwe berekeningsmethode voor deze EPC. Deze wordt nu aan de hand van de EPN (Energie Prestatie Norm) berekend, deze wordt bepaald volgens de NEN 5128. Deze zal per 1 juli 2012 vervangen worden door de EPG (Energie Prestatie Gebouwen), deze wordt bepaald volgens de nieuwe NEN 7120. Deze norm sluit beter aan op de praktijkervaringen van de afgelopen jaren.

Veranderingen

De nieuwe EPG is technisch verbeterd, hierdoor staan de resultaten dicht bij de werkelijkheid dan in de huidige situatie met de EPN. In de berekening wordt een deel van de gebruikersgebonden energie meegenomen. De hoeveelheid hiervan wordt bepaald op basis van macrocijfers. Deze berekeningen zijn in de EPG bijgesteld naar de huidige situatie, dat houdt onder andere in dat de gemiddelde gezinsgrootte is gewijzigd en de verwachte warm tapwater behoefte naar beneden is bijgesteld.

De waardering van de thermische kwaliteit van de gebouwschil nauwelijks verandert in de nieuwe methode. De volgende onderdelen veranderen significant:

- Het energieverbruik ten behoeve van warm tapwater. Dit daalt met 10 tot 25 procent.
- De toepassing van PV-cellen levert 20 tot 30 procent meer op dan voorheen.
- Warmteterugwinning uit ventilatielucht wordt lager gewaardeerd. Het rendement van 95% waar in de huidige situatie mee gerekend wordt, blijkt in de praktijk nauwelijks haalbaar. Een oorzaak hiervan is het verwarmingspatroon van de gebruiker.

¹ www.nieman.nl/2012/03/invoering-bouwbesluit-2012-definitief-op-1-april-2012/

² www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bouwregelgeving/bouwbesluit-2012

- De hulpenergie die gebruikt wordt voor het werken van installaties wordt zwaarder meegewogen. Dit is de energie die gebruikt wordt om de installatie te laten werken. Zwaardere weging hiervan resulteert bijvoorbeeld in een minder gunstig effect van een warmtepomp op de EPC omdat de pomp elektrische energie verbruikt bij de werking.

Naast de veranderingen in de berekening wordt de EPG ook gebruikt om een energielabel af te geven. Dit label is per 1 januari 2013 verplicht bij de verkoop of opleveringen van een woning. Nadere uitleg staat in paragraaf 3.4.2.

Ventilatie

Voor ventilatie is een aparte norm opgesteld, de NEN 8088-1. Deze beschrijft de berekeningsmethode voor het vaststellen van luchtstromen door ventilatie en infiltratie. Deze norm is van belang voor de bepaling van de energieprestatie. De norm berekent namelijk de energetische aspecten van ventilatie en infiltratie. Deze NEN komt voort uit de Europese NEN-EN 15242 en is vereenvoudigd en aangepast naar Nederlandse maatstaven. De NEN 8088-1 is toepasbaar op zowel woning- als utiliteitsbouw en geschikt voor nieuw- en verbouw.³

3.2.3 Lente-akkoord

Het Lente-akkoord is een convenant over energiebesparing in de nieuwbouw. Het is op 22 april 2008 tot stand gekomen als overeenkomst tussen de toenmalige ministeries van WWI en VROM, Bouwend Nederland, NEPROM en NVB. In oktober van dat jaar sloot de brancheorganisatie voor woningbouwcorporaties Aedes zich hierbij aan. Het lenteakkoord heeft als doel om de energieprestatie-eis van nieuwe woongebouwen met 25% in 2011 en 50% in 2015 aan te scherpen en voor utiliteitsgebouwen met 50% in 2017, met als uitgangspunt de geldende EPC eis van 0,8 in 2007. Het eerste doel, 25% in 2011, is inmiddels gerealiseerd. Deze doelen komen overeen met de eerder opgestelde EPBD (Energy Performance of Buildings Directive). Dit is de richtlijn van de Europese Unie die per 1 april 2003 in werking is getreden. Deze EPBD wordt in 2012 herzien door de 'EPBD recast'. De belangrijkste wijzigingen in de recast zijn:

- Nieuwe gebouwen moeten na 2020 energieneutraal zijn, de benodigde energie moet duurzaam opgewekt worden.
- Het energielabel wordt verplicht in alle EU-lidstaten. Elke staat moet hiervoor een handavings- en sanctioneringssysteem invoeren. Op het energielabel moet ook de kosteneffectiviteit van energiebesparende maatregelen aangegeven worden.
- Er komen over een aantal jaren eisen voor technische gebouwinstallaties, deze moeten ook periodiek gekeurd worden.

De Europese lidstaten moeten deze recast binnen 2,5 jaar implementeren.

Doel

Het doel van het lenteakkoord is energiebesparing op het gebied van gebouwgebonden energie. Hiermee wordt er gespaard op de uitstoot van broeikasgassen, de fossiele brandstoffen en de



Afbeelding: Organisatiestructuur Lente-akkoord

Bron: www.lente-akkoord.nl

³ <http://www.nen.nl/web/Normshop/Norm/NEN-808812011-nl.htm>

woonlasten. De reden dat het lenteakkoord is gesloten, is dat iedereen verantwoordelijk is voor het bestrijden van de CO₂-uitstoot en het beperken van het gebruik van eindige energiebronnen. De partijen gaan voor kwaliteitsverbetering van het bouwproces en het binnenmilieu die moeten leiden tot het verwezenlijken van de doelen. Om in de toekomst energie te besparen in woon- en utiliteitsgebouwen dienen die doelen nu gesteld te worden. Het betreft hier de volgende doelen:⁴

- In 2011 zijn de nieuwbouwwoningen die gerealiseerd worden 25% energiezuiniger dan volgens de bouwweisen van 2007.
- In 2015 zijn de nieuwbouwwoningen die gerealiseerd worden 50% energiezuiniger dan volgens de bouwweisen van 2007.
- In 2017 is het commercieel vastgoed dat gerealiseerd wordt 50% energiezuiniger dan volgens de bouwweisen van 2007.

Om het doel te bereiken wordt getracht om vanaf 2020 energieneutrale gebouwen te realiseren. Men wil dit bereiken door op technisch gebied een slag te slaan. Bewezen technieken worden verbeterd en er worden nieuwe energiebesparende technieken ontwikkeld. Daarnaast is de eis gesteld om de berekening van de energieprestatie te verbeteren. Deze berekening is inmiddels ontwikkeld, het is de nieuwe EPG die per 1 juli 2012 in werking treedt. Deze EPG is onder andere gebaseerd op resultaten uit de praktijk en geeft daarom een beter beeld van het te verwachten energiegebruik van het desbetreffende gebouw.

KopStaat aanpak

Om de opleverkwaliteit van gebouwen te verhogen is door de partners van het Lente-akkoord de “KopStaat aanpak” opgesteld. De essentie hiervan is dat de ontwikkelaar en/of opdrachtgever de verantwoordelijkheid neemt voor de kwaliteit van het bouwwerk. In de kop van het proces worden de eisen voor de energieprestatie vastgelegd door de minimale thermische kwaliteit en luchtdichtheid vast te leggen. In de staart van het proces wordt bij de oplevering gecontroleerd of de gestelde eisen behaald zijn.

De kopstaart aanpak is een checklist met 20 punten. Deze is te vinden op de website van het Lente Akkoord⁵. Deze punten zijn uitgewerkt in het KopStaat aanpak praktijkboek. Hierin staat van begin tot eind in hoe een bedrijf het proces moet organiseren om tot een energiezuinig eindproduct te komen. Dit wordt beschreven aan de hand van voorbeelden en ervaringen uit de praktijk, leerpunten, praktische tips en verwijzingen naar relevante websites, checklists en standaardprotocollen.

Kennisoverdracht

De vergaarde kennis moet ook gedeeld worden, hiervoor hebben de partijen van het “Lenteakkoord” een kennisoverdracht- en stimuleringsprogramma opgesteld. Hiermee wil men door middel van platforms en campagnes de betrokken partijen bereiken, dus zowel de bouwer en installateur als de eindgebruiker.

3.3 Wat verwacht de consument van de energieneutrale woning?

De verkoop van de energieneutrale woning heeft alles te maken met de verwachtingen van de koper. Deze is tenslotte de gebruiker van de woning. In deze paragraaf is een beeld geschetst van de verwachtingen van de koper ten aanzien van de energieneutrale woning.

⁴ <http://www.lente-akkoord.nl/kennis/wat-is-het-lente-akkoord/>

⁵ www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2010/08/Samenvatting-LA-KopStaat-Aanpak.pdf

3.3.1 Verwachtingen

De termen 'energiezuinig' en 'energieneutraal' wekt de verwachting op dat de jaarlijkse energielasten € 0,- bedragen. Naast deze verwachtingen heeft de consument ook verwachtingen op andere gebieden.

Volgens onderzoek van vastgoedontwikkelaar Bouwfonds (2010) verwacht 45% van de mensen dat een energiezuinige woning een behaaglijk binnenklimaat heeft, dat terwijl 20% vermoedt dat een energiezuinige woning 's zomers te warm blijft.

Verder verwacht 20% van de mensen dat vocht en schimmel een probleem zijn in energiezuinige woningen, dit is ook terug te zien in de verwachtingen voor de invloed op de gezondheid, slechts 19% gelooft dat een dergelijke woning bevorderlijk is voor de gezondheid.

Deze verwachtingen zijn aandachtspunten bij de verkoop van de woning. Negatieve verwachtingen moeten goed weerlegd worden om de koper overstag te laten gaan.

3.3.2 Kennis

De verwachting van de consument hangt nauw samen met de kennis van de consument. Uit onderzoek van vastgoedontwikkelaar Bouwfonds (2010) naar de betalingsbereidheid van consumenten voor een duurzame woning blijkt dat consumenten weinig kennis hebben over de voordelen van energiezuinige huizen. De groep mensen die wel goed geïnformeerd is over de te verwachten prijsstijging voor gas en elektriciteit en de mogelijkheden van energie besparing, tonen wel belangstelling voor energiezuinige installaties. Dit houdt in dat de grootste groep, de groep met weinig kennis niet de juiste verwachting heeft over de energieneutrale woning van de toekomst. Zo heeft de consument een sterke voorkeur voor een installatie waarvan de werking bewezen is en welke eenvoudig te bedienen is. Dit omdat een dergelijke installatie de mensen het idee geeft dat ze alles onder controle kunnen houden en invloed hebben.

In de energieneutrale woning zullen innovatieve installaties toegepast moeten worden om energie efficiënt te gebruiken en zo het energieverbruik te beperken. Deze moderne installaties moeten zich in de praktijk nog bewijzen en zijn vanwege de onbekendheid minder gewenst bij de consument. Goede inlichting over de werking en het eventueel vereiste onderhoud is van groot belang om de gebruiker goede ervaringen met het betreffende systeem te geven.

Uit onderzoek van de TU Delft (Klein, 2011) blijkt dat bij het verkopen van duurzame koopwoningen in het bijzonder de volgende aanknopingspunten kunnen worden gehanteerd:

- *Prijsbesef*
De consument is bereid extra te betalen voor duurzaamheid, zolang maar vaststaat dat de meerinvestering wordt terugverdiend. De consument ziet verschillende mogelijkheden voor financiering van de meerkosten, bij voorkeur via belastingvoordeel en/of groene hypotheek.
- *Milieubesef*
De consument is zich meer en meer bewust van milieu en duurzaamheid. Het milieuvoordeel van de verschillende maatregelen moet in meetbare cijfers worden uitgedrukt.
- *Comfort*
De consument heeft vanuit financiële maar ook vanuit comfortoverwegingen een voorkeur voor bewezen technieken. Bovenal wil de consument zelf de keuze kunnen maken uit (een combinatie van) duurzaamheidsmaatregelen.
- *Gezondheid*
De consument hecht veel belang aan een gezond binnenmilieu en wenst dat de duurzaamheidsmaatregelen hier een positieve bijdrage aan leveren.

Bij het verkopen van de energieneutrale woning is het van belang om bij het verstrekken van informatie zich te richten op deze vier punten. Omdat geen één mens het zelfde is zal het per persoon verschillen op welk punt het accent ligt.

3.3.3 Voorlichting

Uit onderzoek van de TU Delft (Klein, 2010) blijkt ook dat consumenten een sterke behoefte hebben aan extra informatie over duurzaamheid en toelichting over het gebruiksgemak van installaties. Omdat de meeste consumenten over het algemeen weinig kennis hebben van moderne installaties zal hier zeker aandacht aan besteed moeten worden bij de verkoop van de energieneutrale woning. De consument wil wel milieubewust kiezen, maar dan moet wel inzichtelijk gemaakt worden wat hier de kosten en baten van zijn. Door de consument, goed onderbouwd, duidelijk te maken wat de voor- en nadelen zijn is de consument eerder geneigd om te kiezen voor de energieneutrale woning, mits de opbrengsten voldoende opwegen tegen de kosten. Daarbij is ook de kwaliteit van groot belang. Het is een groot pluspunt als de consument zelf kan kiezen uit meerdere energiebesparende maatregelen. 78% van de consumenten wil een vrije keuze kunnen maken, 68% van deze groep wil kunnen kiezen uit vooraf vastgestelde maatregelen. Volgens het onderzoek van Van Eck (2008) is dit gewenst omdat het de consument inzicht in de situatie geeft en deze daarom een gegronde keuze kan maken.

3.3.4 Resumerend

Hoewel er vanaf 2020 energieneutraal gebouwd moet worden is de consument nog niet op de hoogte van wat het energieneutraal bouwen inhoud. Over het algemeen hebben consumenten dan ook geen goed beeld van de energieneutrale woning. Wat wel blijkt is dat de consument kiest voor producten waarvan de werking bewezen is. Deze producten genieten meer vertrouwen van de consument dan innovatieve en dus onbekende producten. Voorlichting over de energieneutrale woning is dan ook zeer belangrijk voor de verkoop en het gebruik van de woning. De bereidheid om te investeren is zeker aanwezig, mits aangegeven wordt wat de kosten en baten zijn. Als deze in de ogen van de consument voldoende tegen elkaar opwegen zal deze meer tot kopen geneigd zijn.

3.4 Welke middelen zijn er om de duurzaamheid van een woning te meten?

3.4.1 Algemeen

Er zijn meerdere methoden om duurzaamheid van een woning meetbaar te maken. Elke methode beoordeelt op eigen wijze de mate van duurzaamheid of energiezuinigheid van een gebouw. Elke methode heeft ook zijn eigen doelgroep. Hier wordt uitgegaan van methoden die gebruikt kunnen worden voor de nieuwe woningbouw in de Nederlandse markt.

De volgende methoden worden behandeld:

- Energielabel (EPA)
- GPR gebouw
- Eco-quantum
- BREAAM-NL
- Greencalc+
- PassiefBouwen keur

Naast deze methoden komt ook de Nationale Milieu Database aan bod. Dit is een database met gegevens over verschillende materialen. Deze gegevens worden weer gebruikt door enkele van de hierboven genoemde methoden.

3.4.2 Energielabel

Algemeen

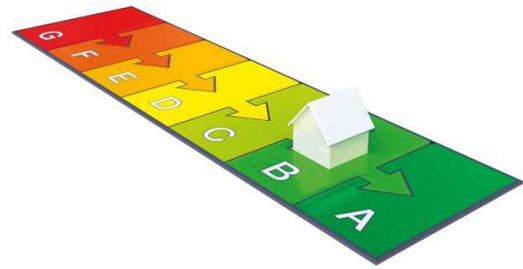
Het energielabel komt voort uit de Europese richtlijn om de energieprestatie van gebouwen te verbeteren, de Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). Deze richtlijn bepaalt onder andere dat het energiegebruik van gebouwen gereduceerd moet worden en dat gebouwen gecertificeerd moeten worden op het gebied van hun energieverbruik. In het kader van deze richtlijn is in Nederland het energielabel ontstaan.

Sinds 1 januari 2008 is het verplicht om een energielabel af te geven bij het verkopen of verhuren van een woning of gebouw. Dit label moet worden opgesteld door een gecertificeerd en onafhankelijk bedrijf. In 2010 zijn de eisen voor het opnemen van een gebouw om een energielabel te maken aangescherpt, ook is de controle op de bedrijven die het label aanleveren aangescherpt.

Door het label is eenvoudig te zien in welke mate een woning energiezuinig is.

In de huidige regeling wordt het energielabel in veel gevallen nog niet afgegeven bij de verkoop van een woning, dit gebeurt vaak omdat de koper en de verkoper het er over eens zijn dat het label niet afgegeven hoeft te worden. De verkochte woning wordt dan niet van een energielabel voorzien.

Tot 1 januari 2013 is het label nog niet verplicht voor woningen jonger dan 10 jaar. Voor deze woningen kan de labelplicht worden vervuld door de EPC berekening af te geven. Vanaf 1 januari 2013 is een energielabel verplicht bij de verkoop of oplevering van een woning. Zonder energielabel kan de woning dan niet overgedragen worden, voor huurders geldt dat bij het ontbreken van een energielabel de huur met 10% verlaagd moet worden. Het energielabel wordt dus steeds belangrijker op de Nederlandse markt.



Afbeelding: energielabel B woning

Bron: www.sallandwonen.nl

Hoe wordt de score bepaald?

Bij een inspectie voor het opstellen van een energielabel komt de inspecteur op bezoek.

De volgende zaken worden visueel opgenomen:

- Gevels: oppervlakte en thermische kwaliteit
- Gevelopeningen: oppervlakte en thermische kwaliteit
- Begane grond vloer: oppervlakte en thermische kwaliteit
- Hellend en plat dak: oppervlakte en thermische kwaliteit
- Oriëntatie van het gebouw
- Luchtdichtheid en ventilatie
- Installatie voor verwarming en warm tapwater en leidingverloop hiervan

De resultaten van het onderzoek worden ingevoerd in een software programma dat goedgekeurd is volgens de beoordelingsrichtlijn 9501 (BRL9501). Dit programma berekent de energie index van de woning. Deze energie index is een getal. Bij dit getal hoort een energielabel. Zo hoort bij een energie index van 1,06 – 1,30 een energielabel B. In onderstaande afbeelding is de verdeling van de labels weergegeven.

A⁺⁺	A⁺	A	B	C	D	E	F	G
≤ -0,50	0,51 - 0,70	0,71 - 1,05	1,06 - 1,30	1,31 - 1,60	1,61 - 2,00	2,01 - 2,40	2,41 - 2,90	2,91 - ≥

Afbeelding: labels behorend bij de energie index

Bron: www.energiesubsidiewijzer.nl

Met ingang van 1 juli 2012 geldt de NEN 7120 voor de bepaling van energieprestatie van gebouwen. Met deze NEN 7120 kan de energie index (EI woon) van bestaande bouw bepaald worden. Deze wordt voor woningbouw bepaald door de volgende formule:

$$EI_{\text{woon}} = \frac{E_{\text{PTot;woon}}}{E_{\text{P;adm;tot;bb;woon}}}$$

$E_{\text{PTot;woon}}$ = karakteristiek energiegebruik van de woning [MJ]

$E_{\text{P;adm;tot;bb;woon}}$ = referentie energiegebruik van de bestaande woning [MJ]

De energie index van bestaande utiliteitsbouw is gelijk aan de EPC waarde.

Energielabel voor nieuwbouw

Het vaststellen van het energielabel voor nieuwbouw gaat volgens het protocol BRL9500. Dit protocol wordt ook gebruikt voor het vaststellen van het energielabel voor bestaande bouw, maar aan het protocol worden twee onderdelen toegevoegd, de BRL 9500-05 voor het bepalen van het energielabel voor nieuwbouw woningen en de BRL 9500-06 voor het energielabel nieuwbouw utiliteitsbouw. Een energieprestatie adviseur moet gecertificeerd zijn voor het toepassen van deze protocollen.

Om voor een nieuwe woning van een energielabel te voorzien moet er bij oplevering een toets plaatsvinden door een gecertificeerde instelling. In deze toets wordt onderzocht of de opgegeven waarden uit de EPC berekening ook daadwerkelijk gerealiseerd is. Als er afwijkingen in de constructie worden geconstateerd moet de EPC herberekend worden. De EPC wordt daarna omgezet naar een energielabelcertificaat. De omrekening voor het omzetten van de EPC in een energielabelcertificaat is op dit moment nog niet bekend⁶.

Wat zegt de score?

Aan de hand van de energie index of het energielabel wordt een indicatie gegeven over de energiezuinigheid van het gebouw, in vergelijking met andere gebouwen. Het voordeel is dus dat gelijksoortige woningen eenvoudig vergeleken kunnen worden op hun energiezuinigheid. Ook wordt aangegeven wat de verbeterpunten zijn voor het desbetreffende gebouw.

De hoeveelheid informatie bij het label is minimaal, als de opdrachtgever meer informatie wil hebben kan een Energie Prestatie Advies (EPA) aangevraagd worden. Dit is een maatwerkadvies waarbij ook gekeken wordt naar het energieverbruik van de gebruiker of bewoner. Aan de hand van dit advies worden gedetailleerde maatregelen opgesteld om het energieverbruik te verlagen. De adviseur kan aan het EPA ook een label koppelen.

Relevantie

De Europese overheid stelt het energielabel vanaf 1 januari 2013 verplicht bij de overdracht van een woning, zonder dit label kan een woning dus vanaf dan niet verkocht worden.

De bekendheid van het labelsysteem wordt ook steeds groter. Een maand na de invoering in januari 2008 is 46% van de huiseigenaren bekend met het energielabel. Slechts 5% van de woningeigenaren is van plan een energielabel aan te schaffen voor zijn woning, bij verhuizing wil 17% dit doen.

Een groot bezwaar van de consument tegen het verkrijgen van een label is de aanschafprijs vanaf ongeveer €150,-. In het geval dat het label per 1 juli 2012 verplicht wordt bij de verkoop van een woning is dit bezwaar niet meer relevant.

Uit onderzoek voor de BouwKennis Renovatie Monitor, daterend uit december 2009 blijkt dat het energielabel wel belangrijker wordt voor woningeigenaren, al is het succes op dat moment nog niet groot. Het merendeel van degenen die in het bezit zijn van een label voor hun woning hebben dit

⁶ www.duurzaamgebouwd.nl/epertposts/20120309-energielabel-nieuwbouw-in-de-steigers

omdat het al aanwezig was. Uit onderzoek van Woonkennis (2008) blijkt dat degenen die een meerwaarde zien in het hebben van een energielabel bij de eigen woning zijn nog sterk in de minderheid zijn.

In de afbeelding hieronder staan redenen aangegeven waarom mensen voor een energielabel hebben gekozen. Het betreft hier dus alleen degenen die al in het bezit zijn van een label.

Redenen voor energielabel (in %)	
Was al aanwezig bij koop	66
Woning meerwaard	12
Inzicht krijgen in prestatie woning	9
Woning makkelijker verkopen	7
Bijdrage aan milieu	6
Anders	6
Weet niet/geen mening	7

Afbeelding: Redenen waarom mensen in bezit zijn van een energielabel voor hun woning
Bron: www.usp-mc.nl

Kortom: het energielabel geeft op een eenvoudige manier inzicht in het energieverbruik van een woning, maar particulieren zijn nog niet bereid om een label aan te schaffen omdat er nog niet voldoende meerwaarde in gezien wordt.

3.4.3 Nationale MilieuDatabase

De milieuprestatie van een gebouw kan met verschillende programma's worden berekend, bijvoorbeeld GPR gebouw en GreenCalc+. Deze programma's maken gebruik van de Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen. Hierbij hoort de Nationale Milieudatabase. Deze milieudatabase wordt beheerd door de Stichting Bouwkwiteit (SBK) en is gebaseerd op de NEN8006. Deze database bevat levenscyclus analyses (LCA) van bouwproducten.

De gegevens uit deze database worden gebruikt bij de bepaling van de milieubelasting van de toe te passen materialen in een gebouw. Aan de verschillende bouwmaterialen wordt op zeventien verschillende punten een score toegekend. Bijvoorbeeld op uitputting van grondstoffen, aantasting van de ozonlaag, verzuring, water- en energieverbruik en levensduur. Hiernaast wordt ook de transportafstand naar de bouwplaats meegeteld.

Met behulp van de levensduur kan ook de milieubelasting van het onderhoud van het bouwwerk worden berekend.

Aan de Nationale Milieudatabase is ook een nationale bepalingmethode verbonden, de "Materiaalgebonden milieuprestatie van gebouwen en GWW-werken". De basis van deze methode is vastgelegd in de NEN-8006. Door gebruik van deze methode ontstaat er een eenduidige beoordeling van de milieuprestaties van een gebouw. Per 1 januari 2013 moet bij de aanvraag van een omgevingsvergunning ook een milieuprestatie berekening ingediend worden. Voor deze milieuprestatie geldt, voor zover nu bekend, dan nog geen eis. De berekening kan gemaakt worden met behulp van GPR gebouw of GreenCalc+, beide programma's maken gebruik van de Nationale Milieudatabase en de bepalingmethode. Naast deze programma's worden er ook gratis software tools beschikbaar gesteld.

3.4.4 GPR gebouw

Algemeen

GPR gebouw is ontwikkeld door W/E adviseurs in samenwerking met de gemeente Tilburg. Het doel van de ontwikkelaars is "het creëren van een gebouwde omgeving met een zo hoog mogelijke kwaliteit en een zo laag mogelijk milieubelasting"⁷ Dit wordt gedaan door duurzaamheid meetbaar en bespreekbaar te maken. Met kwaliteit wordt de gebruikswaarde en gezondheid van het gebouw bedoeld. Verder is het doel om milieubelasting en uitputting van voorraden tegen te gaan.



Afbeelding: GPR gebouw
Bron: www.gprgebouw.nl

⁷ www.gprgebouw.nl/website/gebouw/achtergrond.aspx

Deze rekenmethode beoordeelt een gebouw op 5 thema's: Energie, milieu, gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde. Elk thema krijgt een cijfer, zo is eenvoudig te zien op welk punt er goed gescoord wordt en waar verbeteringen gedaan kunnen worden.

GPR gebouw wordt breed erkend door landelijke beleidsvormende organisaties en instituten Per 1 januari 2012 is het van toepassing verklaard voor het aanvragen van een milieu-investeringsaftrek, een regeling om fiscaal voordelig milieuvriendelijk te investeren.

Hoe wordt de score bepaald?

Voor de GPR berekening moeten veel gegevens van het gebouw ingevoerd worden, per thema worden onder andere de volgende zaken aangegeven:



Afbeelding: beoordeling GPR gebouw
Bron: www.gprgebouw.nl

Per onderdeel zijn lijsten opgesteld. Datgene dat van toepassing is moet worden aangevinkt. In sommige gevallen moet er nog aanvullende informatie worden toegevoegd, zoals bij het onderdeel water moet het aantal en type kranen en douchekoppen ingevuld worden.

Bij het thema "milieu" worden alle te gebruiken materialen ingevoerd, deze worden beoordeeld op milieubelasting en uitputting van voorraden in de wereld.

De berekening van het eindresultaat is onder andere gebaseerd op genormeerde rekenregels, onafhankelijk onderzoek en inzicht van deskundigen.

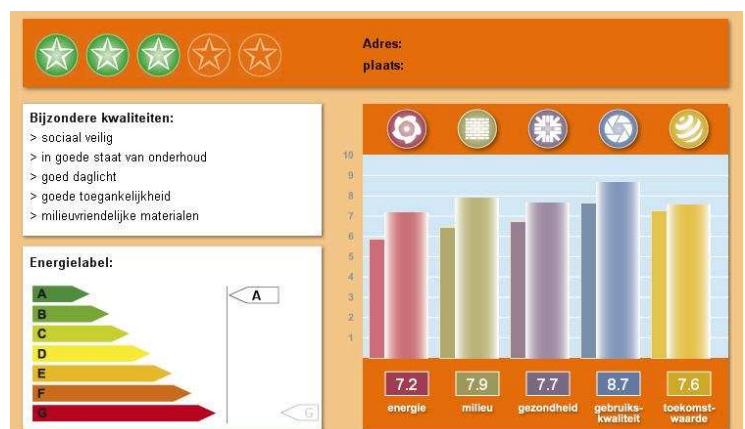
Het resultaat van de GPR-gebouw berekening kan gebruikt worden als input voor het thema materialen van BREEAM-NL, deze methode wordt verder behandeld in paragraaf 3.4.6.

Als de hele berekening ingevuld is wordt per thema een rapportcijfer op de schaal van 1-10 gegeven.

Het cijfer 6 staat gelijk aan het niveau van het bouwbesluit, dit is dus de minimaal vereiste score.

Wat zegt de score?

Als er goed gescoord wordt in de GPR, wil dat zeggen dat het gebouw slim is ontworpen en dat het in verhouding tot de milieubelasting erg functioneel is. Verder is eenvoudig te bepalen op welk gebied er goed gescoord wordt en waar de verbeterpunten liggen. Met behulp van de GPR kan er voor gezorgd worden dat op de



Afbeelding: Consumentenlabel GPR gebouw
Bron: www.gprgebouw.nl

milieubelasting een maximaal rendement wordt behaald.

Een gebouw kan als duurzaam worden aangemerkt als de GPR score minimaal een 7 bedraagt.

Relevantie

GPR gebouw wordt op gebouwniveau toegepast, dit kan voorlopig alleen op woon- kantoor- en onderwijsgebouwen. Deze methode kan dus ook gebruikt worden voor een eengezinswoning omdat het ook een oordeel geeft over de kwaliteit van het ontwerp en dus ook over de gebruiksvriendelijkheid van de woning.

De resultaten van de GPR berekening worden ook weergegeven in een consumentenlabel. Op deze manier kan de eindgebruiker van de woning of het gebouw eenvoudig zien in welke mate het bouwwerk duurzaam is en ook de score per thema bekijken. Dit zorgt er voor dat de bekendheid van het keurmerk minder relevant word, omdat de berekening en de resultaten eenvoudig richting de eindgebruiker gecommuniceerd kunnen worden. GPR gebouw is dus wel geschikt om als aanbieder onderscheidend te zijn in de woningmarkt.

Daarbij wordt het programma in het najaar van 2012 geschikt gemaakt voor aanvraag van de omgevingsvergunning. Met de GPR-gebouw software kan dan niet alleen de verplichte milieuprestatieberekening worden gemaakt maar ook de EPG op basis van de NEN7120⁸. Voor de aanvraag van de omgevingsvergunning is de GPR gebouw dan een compleet pakket en hoeft er geen aparte software te worden aangeschaft om de EPC te berekenen.

3.4.5 Eco-Quantum

Algemeen

De methode Eco-Quantum is in 1999 op de markt gekomen. Het is ontwikkeld door onder andere W/E adviseurs, IVAM environmental research en SBR. Voor de lancering in 1999 is het eerst getest door architecten en gemeenten.

Het doel van dit programma is om de totale milieubelasting van een geheel gebouw te bepalen.

Naast het energie- en waterverbruik wordt ook het materiaalgebruik en de totale levenscyclus van deze materialen meegenomen.

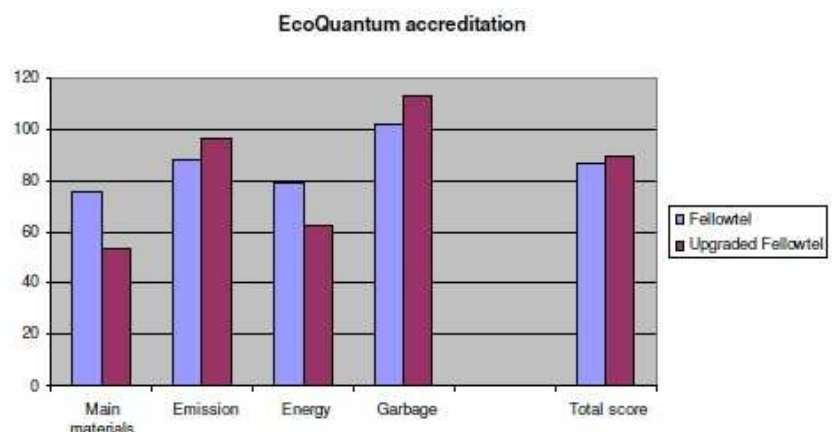
Er zijn twee versies beschikbaar, namelijk Eco-Quantum research en Eco-Quantum domestic. Met de research versie kan een uitgebreide analyse van de milieu effecten van een gebouw gemaakt worden. De domestic versie kan worden gebruikt om een oppervlakkige analyse te maken, zodat snel kan worden bepaald welke invloed bepaalde keuzes hebben. Deze versie is vooral bedoeld voor architecten, deze kunnen dan in het voorlopig ontwerp eenvoudig een beeld krijgen over de invloed van de keuzes die ze maken.

Hoe wordt de score bepaald?

Het hele bouwwerk wordt in het Eco-Quantum programma ingevoerd. Het programma berekent dan de jaarlijkse milieubelasting. Deze is opgebouwd uit de volgende onderdelen:

- Energie in de gebruiksfase
- Water in de gebruiksfase
- Materiaal initieel
- Materiaal onderhoud/vervanging

Er wordt ook rekening gehouden met het regelmatig onderhouden en/of vervangen van onderdelen. De berekening van het effect



Afbeelding: Eco-quantum score

Bron: www.ricardopoortvliet.nl

⁸ www.gprgebouw.nl/website/gebouw/actueel.aspx

hiervan is gebaseerd op Levens Cyclus Analyses (LCA).

Voor een woning wordt uitgegaan van een standaard levensduur van 75 jaar, deze levensduur kan wel aangepast worden in de berekening. De jaarlijkse milieubelasting is gebaseerd op de aangegeven levensduur van het gebouw.

De totale score is opgedeeld in 4 milieu indicatoren: ruwe materialen, emissie, energie en afval.

Het eindresultaat van de berekening is de totale milieu indicator. Hoe lager dit getal is, hoe beter de woning scoort. De gemiddelde eengezinswoning heeft bijvoorbeeld een score tussen de 150 en 250 punten.

Wat zegt de score?

De score geeft een beeld over de effecten van het gebouw op het milieu. Hierin is het energie- en waterverbruik meegenomen evenals de gekozen materialen. Een goede score betekent dus dat een gebouw een goede energie prestatie heeft en is opgebouwd uit materialen die een lange levensduur hebben, weinig onderhoud vragen en eenvoudig hergebruikt kunnen worden nadat het gebouw gesloopt is.

Relevantie

De Eco-Quantum methode kan eenvoudig gebruikt worden bij het ontwerp van een gebouw. Het is dan eenvoudig in kaart te brengen welke effecten het te bouwen gebouw op het milieu heeft. Eco-quantum geniet minder bekendheid dan bijvoorbeeld het energielabel. Het heeft ook grote overlap met keurmerken als GPR gebouw. Voor de woningbouwer is het keurmerk daarom minder relevant. Met bijvoorbeeld de GPR gebouw methode kan ook de duurzaamheid van de woning in het geheel worden beoordeeld. De resultaten van deze berekening worden ook vertaald in een consumentenlabel.

Eco-Quantum is dus bedoeld om in de ontwerpfase snel de milieu effecten te beoordelen en is daarom minder geschikt om onderscheidend te zijn richting de koper.

3.4.6 BREEAM

Algemeen

BREEAM is een model om duurzaamheid meetbaar te maken. Dit kan zowel voor nieuw als bestaand vastgoed. BREEAM is van oorsprong een Britse methode om de duurzaamheid van een gebouw te meten. Het is in 1990 ontwikkeld door de Building Research Establishment (BRE). De afkorting

BREEAM staat voor Building Research Establishment Environmental Assessment Method. De Dutch Green Building Council (DGBCC) heeft de BREEAM geïmplementeerd in de Nederlandse markt. Het model is sinds september 2009 operationeel in Nederland. Op dit moment is de 2.0 versie beschikbaar, hiermee kunnen ook woningen worden getoetst op hun duurzaamheid. De versie 1.0 was hier niet geschikt voor, een aantal credits waren niet toepasbaar op woningen. Deze zijn dan ook niet van toepassing op woningen, daarentegen zijn er een aantal credits toegevoegd die alleen voor woningen toegepast dienen te worden.

breeam nl

Afbeelding: BREEAM-NL
Bron: www.breeam.nl

Hoe wordt de score bepaald?

De BREEAM score wordt gebaseerd op negen onderdelen met elk hun eigen gewing. Het gaat om de volgende negen onderdelen met hun gewing:

- | | |
|-------------------------|-----|
| • Management | 12% |
| • Gezondheid en welzijn | 15% |
| • Energie | 19% |
| • Transport | 8% |
| • Water | 6% |

- Materialen 12.5%
- Afval 7.5%
- Landgebruik en Ecologie 10%
- Vervuiling 10%

Deze onderdelen bestaan uit meerdere credits. Deze credits zijn in BREEAM-NL gericht op de Nederlandse wet- en regelgeving, praktijkrichtlijnen en de bouwpraktijk⁹. Per credit zijn worden punten toegekend. De score wordt dan uiteindelijk bepaald aan de hand van het maximaal haalbare aantal punten en de weging van het desbetreffende onderdeel. Een rekenvoorbeeld staat in de afbeelding 'rekenvoorbeeld BREEAM'.

Gedetailleerd voorbeeld

Categorieën	Punten behaald	Punten Beschikbaar (=100%)	Percentage behaald t.o.v. 100%	Wegingsfactor (nieuwbouw)	score
Management	8	14	57%	12%	6,85%
Gezondheid & Welzijn	11	14	79%	15%	11,79%
Energie	12	25	48%	19%	9,12%
Transport	6	12	50%	8%	4,00%
Water	4	8	50%	6%	3,00%
Materialen	6	16	38%	12,5%	4,69%
Afval	4	6	67%	7,5%	5,00%
Landgebruik & Ecologie	4	12	33%	10%	3,33%
Vervuiling	6	11	55%	10%	5,45%
TOTAAL SCORE					53,23%

[RE] BUILDING THE FUTURE 

Wat zegt de score?

Er zijn vijf verschillende kwalificaties die behaald kunnen worden. Deze worden aangegeven met sterren. Het gaat om de volgende kwalificaties:

- * Pass ≥ 30%
- ** Good ≥ 45%
- *** Very good ≥ 55%
- **** Excellent ≥ 70%
- ***** Outstanding ≥ 85%

Het voorbeeld in de afbeelding zou met 53,23% dus de kwalificatie "Good" krijgen. Als een gebouw minder dan 30% scoort krijgt het geen BREEAM kwalificatie.

Afbeelding: Rekenvoorbeeld BREEAM

Bron: www.dgbc.nl

De score geeft aan in hoeverre een gebouw duurzaam is op de verschillende onderdelen. Een goede score is een meerwaarde voor de koper, huurder en belegger. Het is ook een impuls voor het groene imago van de betrokken partijen. Ook geeft een duurzaam gebouw vaak een besparing van de exploitatiekosten, dit kan echter verschillen. Daarnaast heeft een gebouw met een goede BREEAM score een gezondere en productievere leef- en werkomgeving.

Relevantie

De BREEAM is een model dat mondiale bekendheid geniet en ook zeer hoog aangeschreven staat. Het wordt momenteel vooral toegepast in het Verenigd Koninkrijk maar in de rest van Europa wordt het ook steeds breder toegepast.¹⁰ Het model was in eerste instantie vooral bedoeld voor grote projecten als kantoren, scholen, winkels en industriële gebouwen. Met de richtlijn 2.0 kunnen ook woningen en andere gebouwen beoordeeld worden. Het keurmerk BREEAM-NL zegt een professionele opdrachtgever met kennis van zaken meer dan de particuliere opdrachtgever. Bij de verkoop van een woning aan een particulier is het dus minder relevant.

3.4.7 GreenCalc+

Algemeen

GreenCalc+ is een model waar mee de duurzaamheid van een gebouw of wijk in kaart kan worden gebracht. GreenCalc+ is een product



Afbeelding: GreenCalc+

Bron: www.greencalc.com

⁹ www.breeam.nl/nieuwbouw/procedure_nieuwbouw

¹⁰ Dutch Green Building Council: Modelvergelijking voor de Nederlandse Green Building Tool

van de stichting Sureac. In de jaren negentig is Greencalc mede opgezet door de Rijksgebouwendienst. Er was behoefte om de duurzame huisvesting concreet en zo goed mogelijk kwalificeerbaar te maken. Dit leidde in 1997 tot de lancering van het rekenprogramma. In eerste instantie was Greencalc bedoeld voor kantoren. Ondertussen is GreenCalc uitgebreid tot GreenCalc+ zodat het programma ook geschikt werd voor woningen, scholen, gezondheidscentra, winkels en wijken. In de stichting Sureac zijn de volgende partijen vertegenwoordigd: Rijksgebouwendienst, NIBE, DGMR, Alliander, TU Delft en Universiteit Twente.

Hoe wordt de score bepaald?

De GreenCalc+ score wordt gebaseerd op drie verschillende onderdelen:

- Materiaalgebruik
- Watergebruik
- Energiegebruik

Deze drie thema's worden vertaald in een score, de milieu-index, dit is een dimensieloos getal. Daarnaast kan de mobiliteit nog worden meegenomen, dit is vooral van belang met betrekking tot woonwijken en de infrastructuur hierin. Mobiliteit wordt niet meegerekend in de milieu-index.

Voor elk onderdeel worden de zogenaamde milieukosten berekend op grond van de totale levensduur van het gebouw met behulp van de levenscyclus analyse (LCA). De milieukosten worden bij elkaar opgeteld, dit geeft de totale milieubelasting. Deze integrale levenscyclusanalyse maakt het mogelijk om bouwkundige en installatietechnische maatregelen te vergelijken en tegen elkaar af te wegen. Hierdoor kan per project onderzocht worden welke maatregelen getroffen moeten worden. Per maatregel kan dan bepaald worden in welke mate deze bijdraagt aan de duurzaamheid van het betreffende gebouw.

Wat zegt de score?

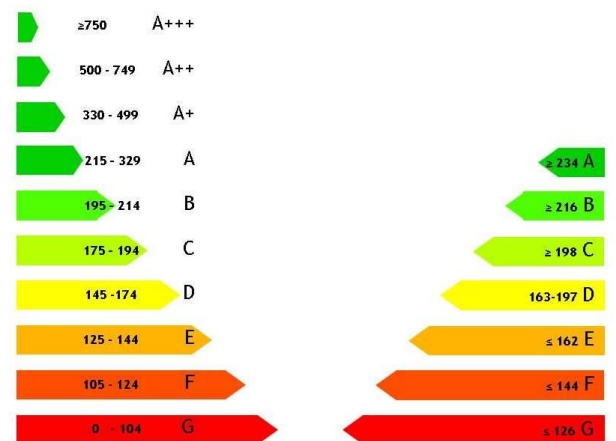
De milieu-index is een getal. De referentie is een standaardgebouw uit 1990. Hiervoor zijn in het model meerdere "standaard" gebouwen uit 1990 ingevoerd. Deze gebouwen hebben allemaal een index score van 100. Is een gebouw minder milieubelastend dan deze referentie, dan heeft het een score hoger dan 100.

Er wordt in GreenCalc+ onderscheid gemaakt in de milieu-index gebouw (MIG) en de milieu-index bedrijfsvoering (MIB). Deze twee indexeringen zijn in hoofdlijnen gelijk, maar de MIB is uitgebreider. De MIG-waarde geeft aan hoe duurzaam een gebouw is. De MIG-waarde is ook bedoeld om gebouwen binnen dezelfde gebruiksfunctie te kunnen vergelijken met elkaar. Gebouwen met een verschillende gebruiksfunctie met elkaar vergelijken geeft een vertekend beeld. Een waarde van 220 voor een kantoor houdt niet hetzelfde maatregelenpakket in als een waarde van 220 voor een ziekenhuis. De MIB-waarde houdt ook rekening met het gedrag van de toekomstige gebruiker. Maakt de toekomstige gebruiker gebruik van groene stroom of duurzame kantoorartikelen. Dit leidt tot een verhoging van de MIB-waarde, terwijl de MIG-waarde in deze gevallen gelijk blijft.

Daarnaast is er nog de milieu-index portefeuille (MIP). De MIP-waarde komt niet rechtstreeks uit de GreenCalc+ rekenmethode maar kan hier wel mee bepaald worden. Hiermee kan de milieuprestatie van een vastgoedportefeuille inzichtelijk gemaakt worden. De resultaten van afzonderlijke gebouwen worden dan samengevoegd tot één totaalscore.

GreenCalc+ versie 4.0

GreenCalc+ versie 2.2



Afbeelding: Labelklassen Greencalc+

Bron: www.greencalc.com

Relevantie

Het GreenCalc+ model is geschikt voor alle gebouwen of een combinatie daarvan. Het geeft een beeld van de milieuprestatie van een gebouw. Wordt er duurzaam gebouwd of juist niet? Ook kan het model rekening houden met de toekomstige gebruiker. Gaat deze op een duurzame manier te werk in zijn pand, dan komt dit de MIB-waarde ten goede. Het GreenCalc+ model is geschikt voor woningbouw. GreenCalc+ zegt een professionele opdrachtgever met kennis van zaken meer dan de particuliere opdrachtgever. Bij de verkoop van een woning aan een particulier is het dus minder relevant.

Samenwerking BREEAM-NL en Greencalc+

In juni 2011 is een samenwerkingsovereenkomst getekend tussen BREEAM-NL en GreenCalc+. Deze twee organisaties gaan hun methoden om duurzaamheid van gebouwen te beoordelen integreren. Dit houdt in dat GreenCalc+ wordt doorontwikkeld tot de tool BREEAM-light. Met behulp van deze tool kan snel inzicht worden verkregen in de mate van duurzaamheid van het gebouw. Desgewenst kan na het toepassen van deze tool het volledige BREEAM traject nog doorlopen worden.

3.4.8 PassiefBouwen Keur

Algemeen

In het kader van energiezuinig bouwen is Passief Bouwen zeer actueel. Het is ook internationaal bekend. Het doel van passief bouwen is om een gebouw zo te bouwen dat het weinig energie verbruikt, een comfortabele omgeving biedt en een gezond binnenklimaat heeft. Hiervoor is door de stichting PassiefBouwen.nl een keurmerk ontwikkeld. De stichting Passief Bouwen is een stichting die vertegenwoordigd wordt door particuliere marktpartijen en overheden.



Afbeelding: Stichting PassiefBouwen.nl

Bron: www.onspassiefhuis.nl

Hoe wordt de score bepaald?

Het certificaat voor passief bouwen wordt in twee fases afgegeven:

- *Ontworpen volgens PassiefBouwen keur*

In deze fase beoordeelt de stichting PassiefBouwen.nl het ontwerp.

- $q_{v;10;kar} = 0,15 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$

Dit is een waarde waar het ontwerp op gericht moet zijn. Bouwkundige details worden ook op kwaliteit beoordeeld volgens het toetsprotocol van SBR.

- Zomernachtventilatie moet mogelijk zijn. Het ventilatievoud moet hierbij minimaal 4 zijn ($n=4$). Dat wil zeggen dat de lucht in de woning vier keer per uur ververst wordt.
- Het totale primaire energieverbruik is max. 120 kWh/m^2 per jaar. Primaire energie is de energie die in een centrale gestoken moet worden om de benodigde hoeveelheid energie in de woning op te wekken (secundaire energie).

$$\text{Secundaire energie [MJ]} = \text{primaire energie [MJ]} \times \text{rendement centrale}$$

Dat wil zeggen dat met een rendement van 39 % van de elektriciteitscentrale het energieverbruik in de woning $46,8 \text{ kWh/m}^2$ per jaar mag zijn.

- De totale vraag naar verwarming en koeling is max. 15 kWh/m^2 per jaar. Deze waarde kan worden berekend met behulp van PHPP-NL.

De aanvrager moet bij de aanvraag een toetsingsrapport van een deskundig controle instituut overleggen. Als wordt voldaan aan de eisen wordt het certificaat 'ontworpen volgens passief bouwen keur' door de stichting PassiefBouwen.nl afgegeven.

- *Gebouwd volgens PassiefBouwen keur*

Tijdens de bouwfase worden twee bezoeken afgelegd. De eerste keer is bij de gevelsluiting van het bouwwerk, de tweede keer bij de aanleg van de installaties.

Bij deze bezoeken wordt met behulp van checklisten gecontroleerd of de vereiste kwaliteit ook daadwerkelijk wordt gerealiseerd.

Kort voor de oplevering wordt een blower door test uitgevoerd om de gerealiseerde luchtdichtheid te bepalen, ook worden de ventilatiedebieten gecontroleerd.

Bij de eerste mogelijkheid worden infrarood foto's van het gebouw genomen. De luchtdichtheid metingen en infrarood foto's worden gecontroleerd, eventuele fouten moeten worden hersteld. Hierna volgt een nieuwe controle.

Als de controles tijdens de bouw, de blower door test en de infrarood foto's een voldoende resultaat geven wordt door een deskundig controle instituut een voldoende resultaat geven, kunnen de resultaten doorgestuurd worden naar de stichting PassiefBouwen.nl, deze kan dan het certificaat 'Gebouwd volgens passief bouwen keur' afgeven.

PHPP-NL

PHPP-NL (Passief Huis ProjecteringsPakket) is de Nederlandse versie van de in Duitsland ontwikkelde PHPP rekenmethode. De PHPP-NL wordt uitgebracht door de stichting PassiefBouwen.nl Met behulp van deze methode kan het onder andere het energieverbruik en de kans op oververhitting van een woning berekend worden. Aan de hand van de resultaten van een PHPP berekening wordt bepaald of een woning in aanmerking komt voor een Passief Huis certificaat. Dit certificaat wordt uitgegeven door de stichting passief bouwen.

Wat zegt de score?

In het geval van het PassiefBouwen Keur is er geen sprake van een score op een bepaalde schaal. Van een gebouw wordt gecontroleerd of het voldoet aan de eisen voor passief bouwen of niet. Met het PassiefBouwen Keur wordt dus niet aangegeven in welke mate een gebouw duurzaam of energiezuinig is. Verschillende woningen kunnen op deze wijze het keurmerk van passief bouwen bezitten en toch verschillende prestaties leveren omdat het PassiefBouwen keurmerk geen vergelijkingsinstrument is.

Relevantie

Het PassiefBouwen Keur is een instrument waarmee onafhankelijk kan worden aangetoond of een woning voldoet aan de eisen. Het voordeel waarmee het Keur zich onderscheid is dat het gebouw ook wordt gecontroleerd tijdens de bouw en bij oplevering. Dit biedt extra zekerheid richting de koper. Nadeel van het PassiefBouwen Keur is dat het verkrijgen van het keurmerk een aanmerkelijke inspanning vraagt, er moeten gecontroleerd worden door een externe instantie, er moet op de bouw gecontroleerd worden. Deze maatregelen moeten door de aanvrager georganiseerd en betaald worden. De vraag is of de kosten voor het verkrijgen van dit certificaat opwegen tegen het resultaat.

3.4.9 Resumerend

Er is een groot aantal instrumenten beschikbaar om de duurzaamheid of energiezuinigheid van een bouwwerk te beoordelen. Deze instrumenten hebben allen hun eigen methode, hoewel er ook grote overlap aanwezig is. De werking van de verschillende instrumenten is in deze paragraaf beschreven. Nu kan de conclusie getrokken worden dat het energieverbruik van het gebouw het zwaarst weegt, dit komt namelijk in alle methodes terug. De kwaliteit van de thermische schil en van de installaties is dus zeer belangrijk, ongeacht welk instrument wordt gekozen om de duurzaamheid te beoordelen. De instrumenten zijn ontwikkeld door professionals en voor professionals. Professionele opdrachtgevers kunnen een minimale milieuprestatie voor een project opnemen in het programma van eisen. Welk softwarepakket hiervoor gebruikt moet worden wordt ook door de opdrachtgever bepaald. Voor de particuliere opdrachtgever zijn de instrumenten minder relevant vanwege de onbekendheid. Alleen het energielabel is bekend onder een groot deel van de bevolking. In onderstaand schema wordt een overzicht gegeven van de behandelde methodes.

	Energie-Label	GPR-gebouw	Eco-quantum	BREEAM-NL	Green-Calc+	Passief Bouwen
Toepassing:						
bestaand	X	X		X		
nieuwbouw	X (a)	X	X	X	X	X
Beoordelingscriteria¹¹:						
energie	X	X	X	X	X	X
materiaal/afval		X	X (c)	X	X	
water		X	X	X	X	
mobilititeit		X (b)		X	X	
landgebruik		X (b)		X		
gezondheid		X		X		
gebruikskwaliteit		X				
toekomstwaarde		X				
management				X		
Resultaat:	Energie-index (EI)	cijfer (1-10)	milieu-indicator	kwalificatie (pass-outstanding)	milieu-index	certificaat

a) verplicht vanaf 1 januari 2013

b) alleen in GPR-Stedenbouw

c) zowel initieel materiaalgebruik als onderhoud en sloop word meegewogen

Bij de verkoop van een woning is vanaf 1 januari 2013 het energielabel verplicht. Een andere methode om de duurzaamheid van de woning richting de koper aan te tonen is de GPR gebouw. Deze beoordeelt de woning op criteria die voor de gebruiker van de woning relevant zijn. Deze resultaten van deze beoordeling worden door de GPR gebouw vertaald in een consumentenlabel zodat de prestaties van de woning ook leesbaar zijn voor de consument. GPR gebouw voorziet ook in een energielabel. Of de potentiële koper ook beïnvloed wordt door het consumentenlabel van GPR gebouw is niet bekend maar met dit label kan in elk geval eenvoudig gecommuniceerd worden. De GPR gebouw methode is dus de meest geschikte van de behandelde methodes voor toepassing in de ontwikkeling van woningbouw voor de verkoop aan particulieren. De overige instrumenten, zoals BREEAM-NL, zijn gericht op professionele instellingen en zullen dus vooral worden gebruikt door de professionele opdrachtgevers als vastgoedbedrijven en woningcorporaties.

¹¹ W/E adviseurs: vergelijking duurzaamheidsinstrumenten augustus 2010

3.5 Aan welke eisen moet het energieconcept voldoen om de woning energieneutraal te maken?

In het voorgaande deel van dit hoofdstuk is de regelgeving met betrekking tot duurzaamheid en energieprestatie in kaart gebracht. Ook zijn verschillende instrumenten om duurzaamheid dan wel energiezuinigheid te bepalen behandeld. Deze informatie is van toepassing op nieuwbouw in het algemeen. In deze paragraaf wordt ingegaan op het energieconcept van de energieneutrale woning. Eerst wordt algemeen uitgelegd wat een energieconcept inhoudt, daarna worden de aandachtspunten en eisen specifiek uitgewerkt voor de standaard 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw. De uitwerking van het energieconcept aan de hand van deze eisen is opgenomen in hoofdstuk 5.

3.5.1 Energieconcept

Het energieconcept is bepalend voor het energieverbruik van de woning. Het bestaat uit een bouwkundig concept en een installatie concept. In het bouwkundige concept zijn de eisen en uitgangspunten voor het casco en de thermische schil opgenomen. Dit betreft onder andere de thermische kwaliteit, luchtdichtheid en de lineaire warmteverliezen. Daarbij komen nog de voorzieningen om actieve koeling te vermijden zoals zonwering en zomernachtventilatie. Het installatieconcept omvat het ventileren, verwarmen en koelen van de woning en de bereiding van warm tapwater. Om energieneutraliteit te realiseren zal ook energie opgewekt moeten worden. Deze opwekking is onderdeel van het installatieconcept. Bij het opstellen van een energieconcept wordt uitgegaan van de Trias Energetica. Deze ontwerptool werkt in drie stappen:



Afbeelding: Trias Energetica
Bron: www.nieman.nl

1. *Beperk de energievraag*
Het energieverbruik in een woning wordt beperkt door een goede thermische schil met een hoge warmteweerstand en een hoge luchtdichtheid.
2. *De benodigde energie duurzaam opwekken*
De energievraag is altijd aanwezig. In deze vraag moet volgens de Trias Energetica zo veel mogelijk duurzaam worden voorzien. Dat wil zeggen dat de benodigde energie in de woning wordt opgewekt door middel van zonne-energie of een warmtepomp.
3. *De resterende energiebehoefte voorzien door efficiënt gebruik van fossiele brandstoffen*
Mocht de duurzaam opgewekte energie niet voldoende zijn om aan de vraag te voldoen, dan moeten er efficiënte installaties ingezet worden. Zo blijft het verbruik van fossiele brandstoffen beperkt en dat heeft een positief effect op de milieubelasting.

Uit de opbouw van de Trias Energetica blijkt dat het maken van een energiezuinige of energieneutrale woning begint bij het bouwkundige deel van het gebouw. Door een goede thermische schil met een hoge warmteweerstand te creëren, wordt de energievraag voor verwarming en koeling sterk verlaagd. Bijkomend voordeel is dat de levensduur van de thermische schil hoger is dan de levensduur van de installatie. Het is dus rendabeler om, tot op zekere hoogte, in de thermische schil te investeren omdat deze over een langere termijn afgeschreven kan worden.

Bij het ontwikkelen van een energieconcept voor de energieneutrale 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw wordt daarom ook uitgegaan van de richtlijnen die gelden voor een passiefhuis. Dit betreft de richtlijnen voor de warmteweerstanden en de luchtdichtheid van de thermische schil.

Hierdoor wordt de energievraag beperkt. Het is niet het doel om het Passief Bouwen Keurmerk te verkrijgen, alleen de uitgangspunten van het passief huis worden overgenomen.

3.5.2 Eisen energieverbruik

Voor het begrip energieneutraal zijn meerdere definities beschikbaar. AgentschapNL geeft in de studie “uitgerekend nul” (2010) de volgende aanwijzing:

- de energie die gecompenseerd moet worden betreft uitsluitend gebruikers- en gebouwgebonden energie.

Hieruit is de volgende definitie opgesteld:

$$\text{Verbruikte energie (MJ)} \leq \text{Opgewekte energie (MJ)}$$

De verbruikte energie betreft hier de som van de gebouwgebonden energie en de gebruikersgebonden energie. Deze worden gerekend over een termijn van één jaar. De gebouwgebonden energie is de energie die gebruikt wordt voor het verwarmen, koelen en ventileren van het gebouw. Het resterende deel van het energieverbruik is de gebruikersgebonden energie. Dit is alle energie die door de bewoners verbruikt wordt bij het bewonen van de woning.

Energieverbruik in energieneutrale woning

In de energieneutrale woning moet het energieverbruik over de periode van een jaar ≤ 0 zijn. Tijdens de ontwerpfase is niet exact te bepalen hoeveel energie er verbruikt gaat worden, dit is mede afhankelijk van het leefpatroon van de eindgebruiker. Daarom zijn er gefundeerde aannames gedaan. De gebouwgebonden energie wordt bepaald met de EPG berekening. De gebruikersgebonden energie moet ook gecompenseerd worden om de woning energieneutraal te maken. Deze is afhankelijk van de bewoner(s) van de woning, de energieneutraliteit geldt dus voor een standaard situatie en niet voor een specifieke situatie. De NEN 7120 geeft in paragraaf 5.4.5.2 aan hoe het gebruikersgebonden energieverbruik benaderd kan worden. Dit wordt berekend met de volgende formule:

$$E_{nEPUs;el} = \sum e_{nEPUs;e;usi} \times A_{g;usi} \times 365 \times 24 \times 0,0036$$

Hierin is:

$E_{nEPUs;el}$	Totale jaarlijkse gebruikte primaire energie voor functies die niet zijn inbegrepen in het totaal aan energiefuncties voor de energieprestatie, in MJ.
$\sum e_{nEPUs;e;usi}$	Het specifieke elektriciteitsgebruik van de gebruiksfunctie, in W/m^2 . Ontleend aan tabel 5.3 van de NEN7120. Voor een woonfunctie is dit $3,2 W/m^2$
$A_{g;usi}$	Gebruiksoppervlakte van de woning, in m^2 .

In deze berekening wordt het energieverbruik van bijvoorbeeld de wasmachine en de vaatwasser meegenomen, evenals de benodigde energie voor het koken meegenomen.

Het gebruikersgebonden primaire energieverbruik bedraagt volgens de NEN7120:

$$E_{nEPUs;el} = 3,2 \times 117,78 \times 365 \times 24 \times 0,0036 = 11.886 \text{ MJ}$$

Het gaat hier om primaire energie. Dit is de energie die een elektriciteitscentrale verbruikt om de benodigde hoeveelheid elektrische energie op te wekken.

Met een opwekkingsrendement van 39% (tabel 5.4, NEN7120) voor elektriciteit staat dit gelijk aan:

$$11.886 \times 39\% = 4635 \text{ MJ (= 1288 kWh)}$$

Deze 1288kWh is het gebruikersgebonden energieverbruik in de woning, dus het verbruik dat door de meter in de meterkast wordt gemeten. Als de EPC = 0, dan is de gebouwgebonden energiebalans neutraal. Hiernaast moet dan nog deze gebruikersgebonden energie worden gecompenseerd. Als dit gerealiseerd is, is de woning energieneutraal.

Beperken huishoudelijk energiegebruik

Het gebruikersgebonden energieverbruik kan op verschillende manieren beperkt worden. Zo kan er bijvoorbeeld energiezuinige verlichting toegepast worden, er kunnen huishoudelijke apparaten met een groen label geplaatst worden. De vaatwasser en de wasmachine kunnen worden voorzien van een zogenaamde hotfill aansluiting. Dit houdt in dat de machine van warm water wordt voorzien in plaats van standaard koud water. Dit bespaart energie omdat het rendement van de wasmachine of vaatwasser lager is dan het rendement van een ander warmwater toestel als een HR-ketel of een zonneboiler. De warm water vraag stijgt hierdoor wel, maar het elektriciteitsverbruik van de huishoudelijke apparaten daalt sterker.

3.5.2 Eisen en aandachtspunten voor het ontwerp

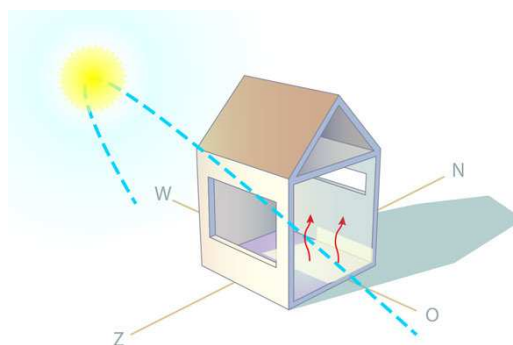
In deze deelparagraaf zijn ontwerp aspecten beschreven die van invloed zijn op de energieprestatie. Er wordt verwezen naar de standaard 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw BV in het huidige concept. Verdere uitwerking van deze ontwerpaspecten voor het energieneutrale concept zijn opgenomen in hoofdstuk 5.

Oriëntatie

Om optimaal de energie van de zon te kunnen benutten moet de voor- of achtergevel van de woning op het zuiden georiënteerd zijn. Als een zijgevel op het zuiden is georiënteerd kan namelijk maar één van de twee woningen onder de kap gebruik maken van zonne-energie.

Via de gevelopeningen kan de warmte van de zon binnengehaald worden, dit verlaagt de warmtevraag in de winterperiode. De gevel met het grootste glasoppervlak moet daarom op het zuiden gericht zijn, dit beperkt de transmissieverliezen omdat de gesloten delen van de gevel beter isoleren dan de gevelopeningen.

Afwijkingen van de oriëntatie tot 22,5 graden in beide richtingen hebben weinig invloed omdat ze zo nog onder de zuidelijke oriëntatie vallen. Wordt de afwijking groter dan valt de oriëntatie in de categorie zuidwest of zuidoost.



Afbeelding: Oriëntatie

Bron: www.explanationdesign.nl

Overstekken

Oververhitting in de zomerperiode kan worden voorkomen door het toepassen van overstekken en/of zonwering. De overstekken beperken de toetreding van warmte in de zomer meer dan in de winter omdat de zon in de zomerperiode hoger staat ten opzichte van de horizon. In de winterperiode is het toetreden van warmte in de woning gewenst om de warmtevraag te verminderen.

In paragraaf 5.4.5.2 is berekend bij welke afmetingen van de overstekken het energieverbruik het laagst is.

Zonwering

Alle gevelopeningen moeten worden voorzien van (automatische) zonwering, met uitzondering van de noordelijke gevel. Zo kan de warmte van de zon in de zomerperiode buiten de woning gehouden worden. Tijdens de winterperiode kan de warmte van de zon wel toetreden tot de woning. Ten opzichte van standaard zonwering heeft automatische zonwering het voordeel dat het op tijd ingeschakeld wordt en dat de bewoner er geen omkijken naar heeft. Dit levert een groter gebruiksgemak op.



Afbeelding: Screens
Bron: www.buitink.info

Zomernachtventilatie

Om oververhitting in de zomerperiode tegen te gaan moet de woning gekoeld kunnen worden. Actief koelen is niet wenselijk aangezien dit veel energie kost wat ook weer opgewekt moet worden. Dit moet voorkomen worden. Het alternatief voor actieve koeling is zomernachtventilatie, ook wel zomernachtkoeling genoemd. Dit houdt in dat de woning in de zomerperiode 's nachts sterk geventileerd wordt. Het minimaal vereiste ventilatievoud bij zomernachtventilatie is minimaal 4. Dat wil zeggen dat de lucht in de woning 4x per uur ververscht wordt.

3.5.3 Eisen voor de gebouwschil

Luchtdichtheid

Om het ongewenst warmteverlies door het verlies van warme lucht te beperken moet de luchtdichtheid van de schil zeer goed zijn. In de methodiek volgens de NEN5128 wordt voor de luchtdichtheid gerekend met een ondergrens van $q_{v,10;kar} = 1,0 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{Ag})$ voor een ventilatiesysteem met natuurlijke toevoer. Voor de systemen met een mechanische toevoer wordt de ondergrens op $q_{v,10;kar} = 0,4 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{Ag})$ gesteld.

Voor de passieve of energieneutrale woning moet, gemeten volgens de NEN2686, voldaan worden aan de eis van $q_{v,10;kar} \leq 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{Ag})$.

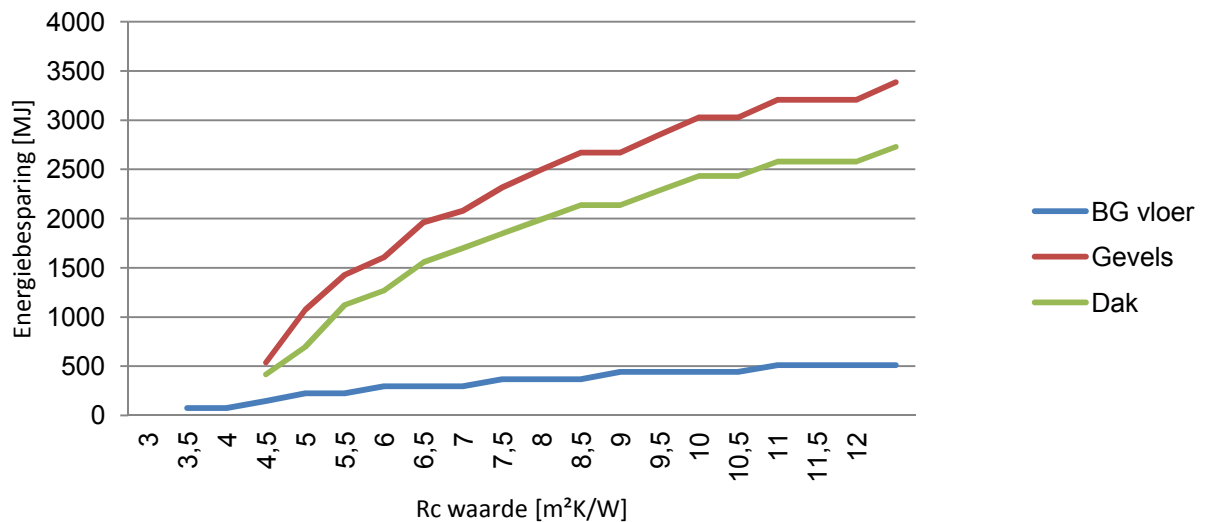
Thermische kwaliteit van de schil

De thermische schil wordt onderverdeeld in:

- Begane grond vloer
- Gevel
- Gevelopeningen
- Dak

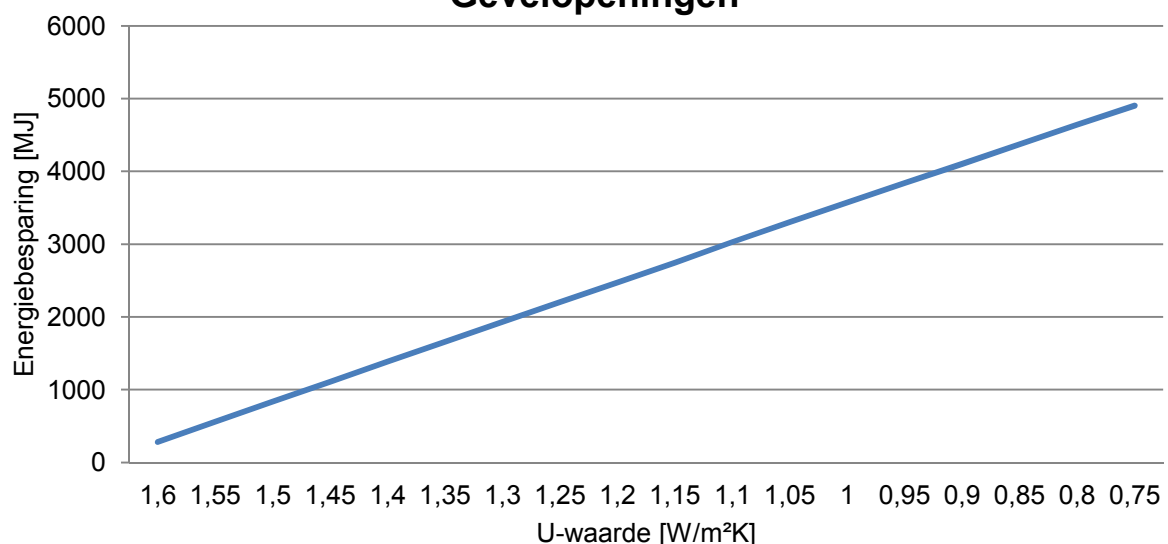
Dit zijn alle scheidingsvlakken tussen binnen en buiten. In onderstaande grafiek is weergegeven hoe de warmteweerstand van de verschillende delen van de thermische schil zich verhoudt tot de energiebesparing.

Energiebesparing door isolatie



In deze grafiek staat de energiebesparing die met een hogere warmteweerstand in de verschillende delen van de thermische schil te behalen is, de basis is het huidige concept van de standaard 2-onder-1-kap woning met EPC = 0,6. Uit de grafiek blijkt dat er meer energie bespaard kan worden door de warmteweerstand van de gevels en het dak te verhogen. De reden hiervoor is dat dit de grootste transmissie oppervlakken zijn en deze ook rechtstreeks grenzen aan de buitenlucht. De begane grond vloer is een relatief klein verliesoppervlak en grenst aan de lucht in de kruipruimte. Hierdoor gaat er veel minder warmte verloren. Om het warmteverlies te beperken is het dus rendabeler om de warmteweerstand van de gevel en het dak te verhogen. Opvallend is dat de energiebesparing minder toeneemt naarmate de warmteweerstand hoger wordt. Er is geen lineair verband tussen de warmteweerstand en de energiebesparing. Dit lineaire verband is er wel voor de gevelopeningen, dit is te zien in onderstaande grafiek.

Gevelopeningen



Uit deze grafieken blijkt dat in de gevelopeningen het grootste potentieel zit voor energiebesparing. Bij een U-waarde van 0,8 kan 4370MJ worden bespaard. Ter vergelijking: deze besparing wordt in de

dichte delen pas gerealiseerd bij een warmteweerstand van $R_c = 7,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ voor de begane grond vloer, de gevel en het dak. Deze berekening is te vinden in bijlage D.

Om de woning energieneutraal te maken zullen de warmteweerstanden aanzienlijk moeten worden verhoogd ten opzichte van de huidige situatie. Stichting Bouwresearch (SBR) hanteert in het infoblad 416 en de uitwerkingsinstructie toolkitconcepten passiefhuis (2009) de volgende eisen en uitgangspunten voor de warmteweerstanden van de thermische schil van de energieneutrale woning:

	Bouwdeel	Uitgangspunt referentie-details SBR passief niveau
Luchtdichtheid	gehele thermische schil	$q_{v,10;kar} \leq 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{Ag})$
Warmteweerstand	begane grond vloer	$R_c \geq 6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
	dak	$R_c \geq 10,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
	gevels	$8,0 \leq R_c \leq 10,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Warmtedoorgangscoëfficiënt	Ramen	$U_w \leq 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
	Deuren	$U_d \leq 0,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

3.5.4 Eisen met betrekking tot de installatie

De installatie in de energieneutrale woning moet op eenvoudige wijze zorgen voor een aangenaam binnenklimaat. De woning wordt voorzien van efficiënte installaties om het energieverbruik te beperken en energie duurzaam op te wekken.

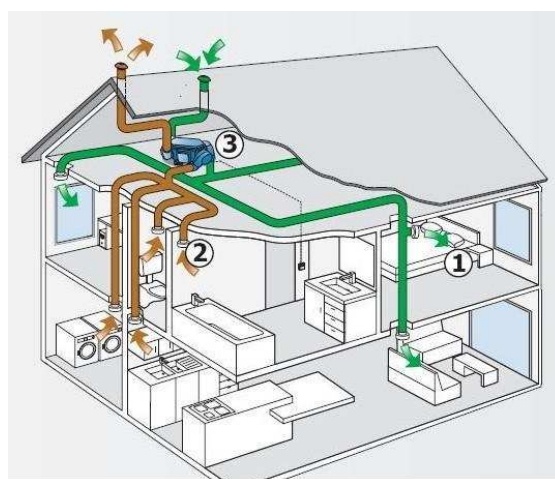
Verwarming

Bij de lage warmtebehoefte van een passief huis hoort een verwarmingsysteem met een laag vermogen. Voor een passief huis wordt volgens de PeGO Conceptlijn Passiefhuis (2007) een verwarmingsvermogen van maximaal 10 W/m^2 gerekend. Omdat het benodigde verwarmingsvermogen zo laag is heeft de zontoetreding in de woning in verhouding een grote invloed op de warmtevraag. Daarom is het belangrijk dat het verwarmingssysteem goed kan reageren op een wisselende warmtevraag.

Ventilatie

In het huidige concept wordt geventileerd door middel van systeem C, natuurlijke toevoer en mechanische afvoer van lucht. Bij dit systeem wordt de koude lucht van buiten toegevoerd en de warme lucht van binnen gaat rechtstreeks naar buiten. Dit zorgt voor een groot warmteverlies.

Om dit warmteverlies te beperken moet er een balansventilatie systeem worden toegepast. Deze installatie zorgt voor mechanische toe- en afvoer van lucht. Het apparaat is voorzien van een warmte terugwin (WTW) unit met hoog rendement (HR-WTW). Bij de installatie moet het ventilatiesysteem goed ingeregeld worden zodat goede ventilatie gegarandeerd wordt, dit inregelen kan op basis van de ventilatieberekening, opgenomen in bijlage B. De exacte uitvoering van het ventilatiesysteem is mede afhankelijk



Afbeelding: Balansventilatie
Bron: www.renson.be

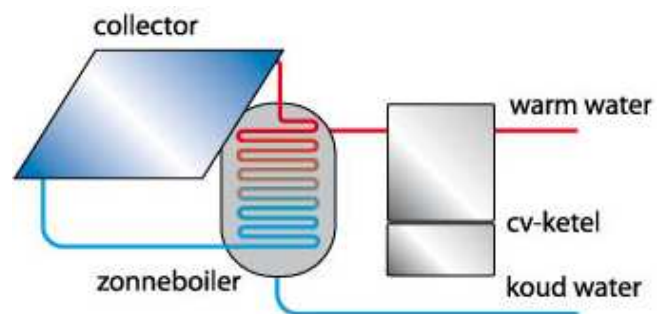
van de keuze voor het verwarmingssysteem. In het geval van luchtverwarming wordt het systeem zowel voor ventilatie als transport van warme lucht gebruikt, de lucht is dan het medium van het verwarmingssysteem.

Warm tapwater

Vanwege de goede thermische schil is de warmtevraag in de woning erg laag. Daarom is de vraag naar warm tapwater het grootste onderdeel van de energievraag. Er zijn verschillende installaties die aan deze vraag kunnen voldoen:

- *Verwarmingstoestel*
Een CV-ketel kan voorzien in de vraag naar warm tapwater. Er moet een ketel met een hoog rendement op warm tapwater worden toegepast. Dit rendement is belangrijker dan het rendement op verwarming omdat de vraag naar warm tapwater groter is dan de verwarming.
- *Warmtepomp*
Een warmtepomp is een andere oplossing om warm tapwater te produceren. Hierbij wordt gebruik gemaakt van lucht- of aardwarmte. Hierdoor kan men een volledig elektrische installatie aanleggen en alle energie opwekken met PV-panelen.

Om het energieverbruik voor de opwekking van warm tapwater te beperken kan er een zonnecollector worden toegevoegd. Deze wordt op het dak geplaatst en is, afhankelijk van het type, gevuld met een vloeistof of water. In het geval van een gesloten systeem wordt de collector gevuld met een vorstbestendige vloeistof. Deze vloeistof stroomt door de collector en vervolgens in een spiraal door het voorraadvat. Hierbij wordt de warmte afgegeven aan het tapwater in het voorraadvat, de vloeistof komt dus niet rechtstreeks in contact met het leidingwater.



Afbeelding: Zonnecollector met gesloten systeem
Bron: www.instalcenter.nl

Bij een open systeem stroomt het water uit het voorraadvat door de collector. De energie van de zon warmt dan rechtstreeks het water op. Deze zijn voorzien van een vorstbeveiliging om bevriezing van de collectoren in de winterperiode te voorkomen.

De keuze voor de warm tapwater bereiding hangt samen met de keuze voor het verwarmingssysteem van de woning. In de meeste gevallen wordt er één toestel gebruikt voor zowel het verwarmen van de woning als het warm tapwater.

Energie opwekking

Omdat de energievraag niet tot 0 gereduceerd kan worden moet er, om energieneutraliteit te bereiken, energie opgewekt worden. Met de opwekking van warmte kan alleen de warmtebehoefte en de vraag naar warm tapwater gecompenseerd worden, daarom wordt er elektrische energie opgewekt. Het opwekken van deze elektrische energie kan door middel van windenergie met een windmolen of zonne-energie door het plaatsen van PV panelen.

Verlichting

In verband met de zeer lage warmtevraag in de woning wordt het aangeraden alleen verlichting met een lage warmteproductie toe te passen. Gloeilampen zullen zorgen voor een hoge binnentemperatuur en verbruiken veel energie. Energiezuinige verlichting is een goed alternatief, bijvoorbeeld LED verlichting of spaarlampen. Dit wordt ook door de overheid bevorderd, de

productie van en handel in gloeilampen voor huishoudelijk gebruik wordt per 1 september 2012 verboden.

Afzuigkap

Voor de afzuigkap zijn er meerdere mogelijkheden:

- **Recirculatiesysteem:**

Dit systeem zuigt de lucht boven de kookplaat af, deze lucht wordt gefilterd en de ruimte weer in geblazen. Zo heeft het geen invloed op de ventilatiebalans en gaat er geen warmte verloren door de afvoer van lucht.

Voordeel: Geen warmteverlies en geen aansluitingen vereist. Ventilatie blijft in balans.

Nadeel: Het vervangen van filters is hier nog belangrijker dan bij een afzuigkap met afvoer omdat de lucht bij deze kap weer terug wordt geblazen in de keuken.

- **Motorloze afzuigkap:**

Een motorloze afzuigkap kan worden aangesloten op het ventilatiesysteem. Tijdens het koken kan het ventilatiesysteem in een hogere stand gezet worden zodat er meer lucht afgezogen wordt. De afzuigkap wordt in de ventilatieberekening niet meegenomen als vast afzuigpunt in de keuken. Daarom moet de afzuigkap afsluitbaar zijn zodat er geventileerd wordt volgens de ventilatieberekening als het ventilatiesysteem in de normale stand staat als er niet gekookt wordt.

Voordeel: Ventilatie blijft in balans, warmte wordt teruggewonnen.

Nadeel: De kanalen van het ventilatiesysteem vervuilen sneller.

- **Rechtstreekse afvoer naar buiten:**

Dit systeem zuigt lucht af boven de kookplaat en voert dit af naar buiten.

Voordeel: Goede afzuiging.

Nadeel: Er moet, buiten het ventilatiesysteem om, lucht van buiten aangevoerd worden omdat anders de woning vacuüm gezogen wordt. Tevens levert dit grote warmteverliezen op omdat terugwinning ontbreekt, door de geringe warmtevraag van de woning kan het zo zijn dat het verwarmingssysteem niet genoeg kan bij verwarmen en de temperatuur in de woning daalt. De afvoer van het systeem moet ook de thermische schil doorbreken, dit levert een warmtelek en een risico op een luchtlek op.



Afbeelding: Recirculatie afzuigkap

Bron: www.prosolo.nl

In de energieneutrale woning zijn het recirculatiesysteem en de motorloze afzuigkap de twee opties waaruit gekozen kan worden. Deze keuze kan door de koper gemaakt worden. Als deze een motorloze afzuigkap wenst moet er een aansluitpunt op het ventilatiesysteem in de keuken gemaakt worden. De traditionele afzuigkap met de afvoer rechtstreeks naar buiten brengt teveel nadelen met zich mee.

Ruimte en plaats voor installaties

De huidige standaard woning bevat aan installaties alleen een CV-ketel voor verwarming en warm tapwater en een ventilatiebox voor de afzuiging van lucht. In verhouding tot deze standaard woning worden meer en grotere installaties toegepast, bijvoorbeeld het voorraadvat voor warm tapwater en de WTW-unit voor de ventilatie. Daarom moet de plaats voor deze installaties in het ontwerp bepaald worden. Bij het bepalen van deze plaats moet rekening worden gehouden met:

- **Benodigde ruimte voor de installaties**

De totale benodigde installatie moet vanzelfsprekend in de woning geplaatst kunnen worden. Bij de keuze van de installatie moet daarom rekening gehouden worden met de afmetingen van de apparaten en de bereikbaarheid voor het plegen van onderhoud.

- *Aansluitingen*

De installatie voor verwarming, ventilatie en warm tapwater moet van water, elektriciteit en eventueel gas worden voorzien. Dit is op elke plaats in de woning mogelijk.

De balansventilatie moet ten behoeve van de toe- en afvoer van lucht voorzien worden van 2 uitvoeren naar buiten, deze mogen niet naast elkaar geplaatst worden omdat dan de afgevoerde lucht met de vers toe te voeren lucht vermengd wordt. De mate van vermenging van oude en verse lucht is de verdunningsfactor. Deze wordt berekend volgens de NEN1087 en mag volgens het Bouwbesluit maximaal 0,01 bedragen. De 2-onder-1-kap woning in dit onderzoek heeft een dakhelling van 35°. Uit berekening blijkt dat de onderlinge afstand tussen het aanvoerpunt en het afvoerpunt van het ventilatiesysteem minimaal 1,15m moet bedragen, gemeten langs de daklijn, bij de dakhelling van 35° is de horizontale afstand dan 0,66m. Zie bijlage B voor de berekening.

- *Lengte warmwater leidingen*

Lange warmwaterleidingen zorgen voor energieverlies omdat, als de warm water vraag stopt, de hele leiding nog vol warm water zit. Dit water in de leiding is dan voor niets opgewarmd. De lengte van de warmwaterleidingen moet dus zoveel mogelijk beperkt worden.

- *Geluid*

De installaties die toegepast gaan worden produceren allemaal geluid, hier dient rekening mee gehouden te worden. Dit is storend voor de bewoners en dus is dit van invloed voor de plaats waar de installaties geplaatst gaan worden.

Inzicht in energiegebruik

Uit het onderzoek “Energieadvies op maat” (ResCon, 2011) blijkt dat mensen die inzicht hebben in het energieverbruik in hun woning hebben tot 3% minder energie gebruiken dan mensen die dit niet hebben. Het toepassen van een geschikte meter om het energieverbruik weer te geven maakt duidelijk wanneer en hoeveel energie er wordt verbruikt. Als er bijvoorbeeld in de nacht energie wordt verbruikt door apparaten die stand-by staan ziet men dit op de meter en dan is de kans groot dat het betreffende apparaat uitgeschakeld wordt. Mensen gaan zo bewuster met hun energieverbruik om.

De overheid heeft besloten dat elk huishouden en de kleine bedrijven een ‘slimme’ energiemeter krijgen. Deze meter vervangt de huidige meter in de meterkast en brengt de volgende voordelen met zich mee:

- Nauwkeurige eindafrekeningen en meer inzicht in het verbruik door de 2-maandelijkse overzicht dat door de netbeheerder verstrekt wordt.
- Meterstanden kunnen op afstand worden afgelezen door de netbeheerder
- Inzicht in het energieverbruik doordat gebruikers hun verbruik kunnen zien op de website van de netbeheerder of men kan zelf de meter uitlezen door een display aan de meter te koppelen. De meter is hiervoor al geschikt.

De meter wordt in de bestaande bouw geïnstalleerd als de huidige meter aan vervanging toe is of bij grootschalige renovatie. Bij nieuwbouw wordt per 1 januari 2012 de slimme meter standaard geïnstalleerd.

Energieleveranciers bieden hun bestaande en nieuwe klanten ook verschillende mogelijkheden om inzicht te krijgen in hun energieverbruik. In enkele gevallen is het mogelijk om de verwarming en elektrische apparaten op afstand te bedienen via een applicatie op de smartphone. Het verschil met de slimme meter is dat de energieleveranciers de slimme meter combineren met een thermostaat. Dit apparaat hangt in de woning aan de wand en kan op elk gewenst moment worden uitgelezen. De exacte mogelijkheden verschillen per energieleverancier.

3.6 Conclusie

De eisen voor energieprestatie worden steeds verder aangescherpt, in 2020 staat de eis op EPC=0,0. Naast het energieverbruik van een gebouw worden ook de milieu effecten van de materialen in de toekomst meegewogen door het stellen van een milieu prestatie norm.

Per 1 april 2012 is het nieuwe Bouwbesluit in werking getreden. Op het gebied van energiebesparing worden de eisen voor de minimale warmteweerstand van de thermische schil aangescherpt. Verder stelt het Bouwbesluit, naast de energieprestatie coëfficiënt (EPC) en de luchtdichtheid (q_{v10}), geen eisen met betrekking tot energiebesparing. De methode voor het bepalen van de EPC wordt per 1 juli 2012 vervangen. De nieuwe methode sluit beter aan bij de praktijk en zal dus een reëler beeld geven van de energieprestatie van een gebouw.

Bij de verkoop van woningen aan particulieren zijn het energielabel en de GPR gebouw methode geschikt om de duurzaamheid of energiezuinigheid te communiceren. Het energielabel wordt per 1 januari 2013 een verplicht document bij de overdracht van een woning. Meer informatie over de eigenschappen van de verschillende methoden bevindt zich in paragraaf 3.3.

De consument heeft op dit moment beperkt kennis op het gebied van energieneutraal bouwen. De genegenheid om een energieneutrale woning te kopen hangt nauw samen met deze kennis. Zo blijkt dat mensen met weinig kennis van zaken op dit gebied de voorkeur geven aan een vertrouwd product. Naarmate deze kennis toeneemt is er ook meer interesse in de energieneutrale woning. Ook het financiële aspect is zeker van belang, de energieneutrale woning is duurder dan de standaard woning die voldoet aan de huidige eisen, maar brengt ook lagere energielasten met zich mee. Uit verschillende onderzoeken blijkt is dat de consument wel een hogere initiële investering wil doen, de terugverdientijd is hierbij een belangrijk criterium.

Energie neutraal betekent dat zowel de gebouwgebonden energie als de gebruikersgebonden energie geneutraliseerd moet worden. Dit wordt berekend over de periode van één jaar. Alle verbruikte energie wordt weergegeven in standaard energie eenheden als [MJ], zo kan het eventuele aardgas gebruik worden gecompenseerd door het opwekken van elektrische energie.

Om de standaard woning van Stegeman Bouw energieneutraal te maken moet het huidige energieconcept opnieuw ontwikkeld worden. Aandachtspunten en eisen bij deze ontwikkeling zijn:

- | | |
|------------------------------|---|
| <i>Ontwerp:</i> | Invloed van oriëntatie en overstekken op het energieverbruik. De zon levert warmte via de glasopeningen. Dit zorgt in de winterperiode voor een lagere warmtevraag maar levert in de zomerperiode een hogere koellast op. |
| <i>Zomernachtventilatie:</i> | Passief koelen in de zomerperiode door veel te ventileren in de nacht met behulp van natuurlijke ventilatie of het aanwezige ventilatiesysteem. |
| <i>Thermische schil:</i> | Hoge warmteweerstanden en goede luchtdichtheid. |
| <i>Installatie:</i> | Gebruik van zonne-energie voor opwekking van elektriciteit en eventueel warmte. Vanwege de goede thermische schil is de energiebehoefte voor warm tapwater hoger dan voor verwarming, dit is belangrijk bij de keuze van de installatie voor verwarming en warm tapwater. |

De daadwerkelijke veranderingen zijn uitgewerkt in hoofdstuk 5.

Inzicht in het energieverbruik draagt ook bij aan de energiebesparing. Dit kan door de slimme energiemeter. Deze meter wordt per 1 januari 2012 in alle nieuwbouwwoningen geplaatst. Deze meter zorgt er voor dat de consument zicht heeft op zijn energieverbruik zodat de mogelijkheden voor besparing duidelijker worden.

Om de verkoop van de energieneutrale woning succesvol te maken is het van groot belang dat er een goede communicatie richting de consument is. Ten eerste om deze te overtuigen om een extra investering te doen, ten tweede moet het gebruik van de woning en installaties goed worden uitgelegd om de woning goed te laten functioneren voor de bewoner.

Door de aandachtspunten van bouwer en koper in kaart te brengen is hiermee de basis gelegd voor de energieneutrale woning van Stegeman Bouw.

4. Consument en duurzaamheid

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk is het verslag van het literatuuronderzoek naar de houding van de consument ten aanzien van de energieneutrale woning. Dit is onderzocht aan de hand van deelvraag 2:

Wanneer zal de consument kiezen voor de energieneutrale woning in plaats van de 'standaard' woning?

De aannemer moet bij het verkopen van de energieneutrale woning rekening houden met de houding van de consument. Deze woning zal een hogere aanschafprijs hebben dan een woning volgens de huidige standaard. Deze hogere aanschafprijs zal door de koper moeten worden betaald en gefinancierd. Om de mogelijkheden in beeld te krijgen zijn de volgende vragen in dit hoofdstuk beantwoord:

- Hoeveel wil de consument extra investeren bij de aanschaf van een energieneutrale woning?
- Welke mogelijkheden zijn er om deze extra investering betaalbaar te maken?

De vragen komen in deze volgorde aan bod in dit hoofdstuk. Aan het eind van het hoofdstuk is duidelijk welk bedrag de consument naar verwachting extra wil investeren en welke voorwaarden hier aan zitten.

4.2 Hoeveel wil de consument extra investeren bij de aanschaf van een energieneutrale woning?

Het bouwen van een energieneutrale woning is naar verwachting duurder dan het bouwen van een woning volgens de huidige standaard. Om de energieneutrale woning te verkopen moet er een beeld zijn over de betalingsbereidheid van de consument onder welke voorwaarden hier aan verbonden zijn.

4.2.1 Betalingsbereidheid

In 2010 heeft Bouwfonds ontwikkeling verslag gedaan van het onderzoek "consument en duurzaamheid" waarin onderzoek is gedaan naar de betalingsbereidheid van mensen die willen verhuizen naar een nieuwbouwoorwoning. Hieruit blijkt dat de consument maar weinig kennis heeft wat betreft de specifieke eigenschappen van en technieken in energiezuinige woningen, maar hier wel grote belangstelling in heeft. De verwachte prijsstijgingen voor energie zijn een belangrijke oorzaak voor de aanwezigheid van deze belangstelling. Bij de consument dringt het door dat investeren in energiebesparing lonend is.

De steekproef van dit onderzoek van Bouwfonds bestaat voor 79% uit de gezinssamenstelling 'samenwonend met kinderen' en 'samenwonend zonder kinderen'. Verder verdient 67% van de steekproef een modaal of bovenmodaal inkomen. Deze samenstelling is representatief voor de doelgroep voor de verkoop van een 2-onder-1-kap woning.

Bij de betalingsbereidheid is er onderscheid te maken tussen onvoorwaardelijke en voorwaardelijke betalingsbereidheid. Bij onvoorwaardelijke betalingsbereidheid wil de consument extra investeren zonder dat hij voorwaarden stelt aan deze investering. Voorwaardelijke betalingsbereidheid wil zeggen dat de consument wel wil investeren, mits voldaan wordt aan bepaalde voorwaarden. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan het maximale bedrag dat een energieneutrale woning duurder mag zijn dan een standaard woning en de terugverdientijd van deze prijsverhoging.

Onvoorwaardelijke betalingsbereidheid

De onvoorwaardelijke betalingsbereidheid is in Nederland laag, maar 43% van de woonconsumenten zegt, onafhankelijk van de terugverdientijd, een prijsniveau tot €5000,- boven de huidige standaard te accepteren. Bij een prijsverhoging van maximaal €10.000,- ligt dit percentage op 28%. Hieruit kan de conclusie worden getrokken dat de bereidheid van de consument om onvoorwaardelijk te investeren zeker niet hoger dan €10.000,- is.

Voorwaardelijke betalingsbereidheid

De voorwaardelijke betalingsbereidheid bij consumenten in Nederland is vele malen groter, de consument wil wel investeren onder een bepaalde voorwaarde(n). Deze voorwaarde wordt vaak uitgedrukt in een terugverdientijd in jaren. Dat is de tijd die benodigd is om het bedrag van de extra investering terug te verdienen door lagere energielasten. Omdat het nut van de investering duidelijk is wanneer aangetoond wordt dat de investering wordt terugverdiend, is men eerder geneigd om tot extra investering over te gaan. Het aantal consumenten dat voorwaardelijk €5000,- wil investeren is 92%, waar dit bij onvoorwaardelijk nog maar 43% is. Daarnaast is 62% van de potentiële kopers bereid om voorwaardelijk een bedrag van €15.000,- te investeren.

Het verschil tussen de voorwaardelijke en onvoorwaardelijke betalingsbereidheid is door Bouwfonds (2010) weergegeven in onderstaande grafiek.



Bron: Bouwfonds (2010)

Naast de voorwaarden voor de extra investering is ook het inkomen van de consument van invloed. Mensen met een hoog inkomen die op zoek zijn naar een woning in de prijscategorie boven de €400.000,- zijn zelfs bereid om €30.000,- extra te investeren. Deze categorie is echter voor de 2-onder-1-kap woning niet relevant omdat de verkoopprijs hiervan lager ligt.

4.2.2 Terugverdientijd

De consument is onder een bepaalde voorwaarde wel bereid om te investeren in energiezuinige woningen. Deze voorwaarde wordt uitgedrukt in een terugverdientijd van de investering. Zo kan het nut van de extra investering duidelijk aan de klant uitgelegd worden. Deze terugverdientijd mag niet meer dan tien jaar zijn. Wordt de terugverdientijd langer dan deze tien jaar dan is 81% van de potentiële kopers niet meer bereid om te investeren. Dhr. Krikken, makelaar bij Krikken Makelaardij te Nijverdal bevestigt in een interview (bijlage E) eveneens dat de terugverdientijd zeker niet meer dan tien jaar mag zijn omdat mensen over het algemeen maar een beperkte tijd in dezelfde woning wonen.

De terugverdientijd moet korter zijn dan de periode die mensen in een woning wonen. Gemiddeld wonen mensen zeven jaar in een woning, binnen deze tijd moet de extra investering terugverdiend zijn, anders heeft de extra investering geen financieel voordeel. Mensen die investeren in energiezuinige maatregelen doen dit wel vanuit de gedachte voor langere tijd te blijven wonen in de woning, dus zal het gemiddelde van zeven jaar onder deze groep hoger worden, maar waarschijnlijk niet boven de tien jaar uitkomen.

Meerwaarde van de woning

De extra investering die gedaan wordt is niet alleen terug te verdienen door besparing op de energiekosten, maar ook door de meerwaarde, op termijn, van de energieneutrale woning ten opzichte van de standaard woning. Een energieneutrale woning die nu gebouwd wordt zal over tien jaar nog vergelijkbaar zijn met de nieuwbouwwoningen die dan gebouwd worden, aangezien deze vanaf 2020 energieneutraal moeten zijn. Een woning met een EPC = 0,6 is dan in verhouding meer gedateerd, dit verschil zal ook in de waarde terug te zien zijn. Dit is in de lijn der verwachting van de consument, 60% verwacht dat een energiezuinige woning op termijn meer waard is dan een minder energiezuinige woning (Bouwfonds, 2010).

Er is onderzoek gedaan naar de waardevermeerdering van een energiezuinige woning (Van Groenestein, 2011). Voor dit onderzoek is er een enquête gehouden onder een groep vastgoedprofessionals, bijvoorbeeld woningmarktconsultants. Als basis voor dit onderzoek is een hoekwoning met EPC=0,8 en een verbeterde hoekwoning met EPC=0,6 genomen. Uit de resultaten van deze enquête blijkt dat aan de hoekwoning met EPC=0,8 met een gemiddelde marktwaarde van €255.388,- een meerwaarde van €6142,- wordt toegekend in de EPC=0,6 uitvoering.

Uit deze gegevens kan de conclusie getrokken worden dat een energiezuinige woning wel een meerwaarde heeft ten opzichte van een minder energiezuinige woning. Maar de exacte meerwaarde kan niet bepaald worden omdat deze van veel factoren afhankelijk is. Ook is het onbekend of de consument gevoelig is voor de meerwaarde als verkoopargument.

4.2.3 De consument

De consument vindt het financiële aspect belangrijker dan het milieu. Volgens dhr. Krikken is de groep consumenten onder te verdelen in drie leeftijdscategorieën:

- ≤25 jaar
- 25-55 jaar
- ≥55 jaar

De eerste categorie, tot 25 jaar, heeft geen interesse in het milieu en kiest voor gemak en luxe. Als men de financiële ruimte heeft om extra te investeren dan kiest men voor een luxe badkamer of een duurdere keuken. De tweede categorie, mensen in de leeftijd van 25 tot 55 jaar, is het meest milieubewust, zij denken ook aan de toekomst van de volgende generatie en zijn bereid om zich aan te passen aan de restricties van een energieneutrale woning. De categorie met ouderen vanaf 55 jaar is ook weer minder milieubewust. Zij hebben het idee dat men op dit moment al veel energie bespaard in verhouding tot vroeger, de tijd waarin zij opgegroeid zijn. Daarnaast is bij deze categorie

de motivatie om nog weer energiezuinig te investeren in een woning minder omdat men eerder zal investeren in gemak met het oog op de eventuele beperkingen die hun leeftijd met zich mee kan brengen. Verder heeft men op latere leeftijd meer moeite met het aanpassen aan de restricties van en de omgang met de techniek in een energieneutrale woning.

4.2.4 Resumerend

De consument is bereid om te investeren in energiezuinige maatregelen, 43% van de woonconsumenten is bereid om bij verhuizing €5000,- onvoorwaardelijk te investeren, bovenop de standaardprijs. Kan er echter aangetoond worden dat de investering binnen tien jaar wordt terugverdiend dan is een investering van €15.000,- voor tweederde van de potentiële kopers acceptabel.

Als de verkopende partij de consument dus wil laten investeren in energiezuinige maatregelen dan zal men goed moeten kunnen aantonen wat de extra kosten en de terugverdientijd zijn. Door dit inzichtelijk te maken voor de consument kan deze ervan overtuigd worden om te investeren in een energieneutrale woning, mits het resultaat positief is. De mensen in de leeftijdscategorie van 25 tot 55 jaar zijn het meest milieubewust. Deze mensen zijn het meest geneigd een extra inspanning te leveren om energie te besparen.

4.3 Welke mogelijkheden zijn er om deze extra investering betaalbaar te maken?

Het energiezuinig bouwen van een nieuwe woning of energiezuinig verbouwen van een bestaande woning wordt op verschillende manieren gestimuleerd. De overheid verstrekt subsidies en maakt gepaste wetgeving om het energieverbruik van woningen te verminderen. Banken geven hogere hypotheekrentes of geven een korting op de hypotheekrente. Zo zijn er verschillende manieren om tegemoet te komen in de extra investering die een energiezuinige woning vraagt.

4.3.1 Subsidies

De overheid stimuleert energiebesparing in de bestaande bouw door middel van subsidies en fiscaal voordeel. Zo is op 16 juli 2011 de Meer Met Minder regeling ingegaan, dit was een eenmalig beschikbaar gesteld bedrag ten behoeve van de energiebesparing in de bestaande woningen. Deze regeling is op 29 december 2011 gesloten omdat de subsidiepot leeg was. Naast de Meer Met Minder regeling zijn er nog meer subsidieregelingen, ook deze gelden allen voor de bestaande bouw. De energiebesparing in de nieuwbouw wordt gerealiseerd door het aanscherpen van de eisen, zoals de EPC eis die in 2020 op 0,0 komt te staan. Het realiseren van deze eisen wordt aan de markt overgelaten, de overheid verstrekt geen subsidies om energiezuinige nieuwbouwwoningen te realiseren. Wel zijn er andere manieren om financieel voordeel te behalen, zoals de groene hypotheek. Deze regelingen zijn beschikbaar op nationaal, provinciaal en gemeentelijk niveau. Het is dus afhankelijk van de woonplaats welke subsidies en regelingen er mogelijk zijn omdat per gemeente de mogelijkheden verschillen.

4.3.2 Hypotheek

Elk jaar wordt door het Nationaal Instituut voor Budgetvoorlichting het financieringslastpercentage vastgesteld. Dit is het percentage van het bruto inkomen dat mag worden besteed aan een hypotheek. Dit percentage wordt gebruikt bij het bepalen van de maximale hoogte van de hypothecaire lening, in combinatie met de te hanteren



Bron: www.lente-akkoord.nl

hypotheekrente. De percentages zijn ook opgenomen in de Gedragscode Hypothecaire Financieringen.

De financieringslastpercentages werken volgens het comply-or-explain principe. Dat wil zeggen dat zodra het financieringslastpercentage overschreden wordt door de geldverstrekker hierbij een goed onderbouwde uitleg gegeven moet worden. Tevens moet de klant goed op de bijbehorende risico's gewezen worden.

Bij de aanschaf van een energiezuinige woning kan de explain situatie toegepast worden. In de Gedragscode Hypothecaire Financieringen van 1 augustus 2011 is namelijk opgenomen dat er een extra financiering verstrekt mag worden bij energiebesparende maatregelen of bij aankoop van een woning met minimaal een A-label.

Deze regel is opgenomen omdat er door de lagere energielasten meer geld overblijft voor de hypotheeklasten dan wanneer het standaard financieringslastpercentage wordt gehanteerd. Dit percentage gaat namelijk uit van een woning met een C-label met een energie index (EI) van $1,31 \leq EI \leq 1,60$ voor het gemiddelde energieverbruik. In de huidige gedragscode worden de volgende bedragen gehanteerd:

- | | | |
|-------------|--------------------------|----------|
| • Label A | $1,05 \geq EI \geq 0,71$ | € 3500,- |
| • Label A+ | $0,70 \geq EI \geq 0,51$ | € 5000,- |
| • Label A++ | $0,50 \geq EI$ | € 8500,- |

Het maximale bedrag voor de hypotheek, bepaald volgens het standaard financieringslastpercentage, mag met deze bedragen overschreden worden. Ondanks dat de gedragscode bindend is voor de banken wordt deze mogelijkheid voor een hogere hypotheek nog niet aangeprezen door banken en geniet daarom weinig bekendheid.

In het geval van een energieneutrale woning zou bij het maximale financieringslastpercentage een veel hogere hypotheek verstrekt kunnen worden, omdat de jaarlijkse lasten voor energieverbruik zeer laag zijn.

Uit onderzoek van het NIBUD (2011) in opdracht van de Stichting Experimenten Volkshuisvesting blijkt dat het verantwoord is om aan personen met een bruto inkomen vanaf € 27.000,- een bedrag van € 15.500,- aan de maximale hypotheek toe te voegen wanneer men een energieneutrale woning koopt. Dit is een recente ontwikkeling, uit navraag bij de Rabobank blijkt dat deze eventuele verhoging van de hypotheek in de praktijk nog niet voorkomt.

4.3.3 Groene leningen

Naast de eventuele subsidies en de hogere hypotheek zijn er ook voordeligere leningen verkrijgbaar voor een energiezuinige woning of energiebesparende maatregelen. Deze leningen worden door banken uitgegeven. Het financiële voordeel komt in de vorm van korting op de rente. Om in aanmerking te komen voor een groene lening wordt vaak een groenverklaring gevraagd. Deze verklaring wordt afgegeven door het ministerie van BZK. Dit ministerie bepaalt of het project aan de gestelde voorwaarden voldoet. Deze groenverklaring moet dan bij de betreffende bank worden overlegd om de groene lening te krijgen.

De mogelijkheden voor een voordelige lening bij een energiezuinige woning verschillen per bank. Er moet daarom per situatie bepaald worden wat de actuele mogelijkheden zijn omdat deze markt altijd aan verandering onderhevig is.

4.4 Conclusie

De consument heeft, ondanks beperkte kennis van zaken, grote belangstelling voor energiebesparende technieken. De verwachte prijsstijgingen voor energie wekken deze belangstelling hiervoor op. De betalingsbereidheid voor de energiebesparende maatregelen is te verdelen in onvoorwaardelijke en voorwaardelijke betalingsbereidheid. De onvoorwaardelijke

betalingsbereidheid is laag, slechts 28% van de consumenten wil een bedrag tot €10.000,- onvoorwaardelijk extra investeren.

Voorwaardelijk is de betalingsbereidheid groter, een extra investering van €15.000,- is voor 62% van de consumenten akkoord. De voorwaarde voor investering wordt uitgedrukt in een terugverdientijd. Bij een terugverdientijd langer dan tien jaar wil 81% van de consumenten niet meer investeren.

De consumenten die het meest geïnteresseerd is in energiebesparende maatregelen vallen in de leeftijdscategorie van 25 tot 55 jaar. Deze categorie is het meest milieubewust omdat ze rekening houden met de volgende generatie. Daarnaast zijn ze het meest bereid om hun gewoontes aan te passen aan de restricties van een energieneutrale woning.

De extra investering moet ook gefinancierd worden, dit kan op verschillende manieren. De overheid verstrekt subsidies, maar de mogelijkheden verschillen sterk per niveau en regio. Dit betekent dat een subsidie geen voorwaarde mag zijn om de verkoop van de energieneutrale woning haalbaar te maken.

Op de hypotheekmarkt moet meer ingespeeld worden op de energiezuinige woning om de extra kosten ten opzichte van een standaard woning te financieren. Door de lagere energielasten kan de consument meer geld uitgeven aan een hypotheek en toch dezelfde woonlasten hebben.

In de Gedragscode Hypothecaire Financieringen van 1 augustus 2011 is opgenomen dat er een extra financiering verstrekt mag worden bij energiebesparende maatregelen of bij aankoop van een woning met minimaal een A-label. Uit onderzoek van het NIBUD blijkt zelfs dat het verantwoord is om voor een energieneutrale woning de hypotheeklimiet met €15.500,- te verhogen.

5. Het nieuwe energieconcept

5.1 Inleiding

Het energieconcept van de standaard 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw moet worden herontwikkeld om een energieneutrale woning te realiseren. Dit hoofdstuk doet verslag van het onderzoek naar de verschillende opties voor het nieuwe energieconcept. Er is onderzoek gedaan aan de hand van de deelvraag:

Wat is het optimale technische ontwerp van de toekomstige energieneutrale standaardwoning van Stegeman Bouw?

Deze deelvraag is opgedeeld in de volgende onderzoeksvragen:

- Hoe is het energieconcept van de huidige standaardwoning opgebouwd?
- Op welke wijze kunnen de bouwkundige eisen van het nieuwe energieconcept het best gerealiseerd worden?
- Op welke wijze kunnen de installatietechnische eisen van het nieuwe energieconcept het best gerealiseerd worden?
- Is de verkoop van de toekomstige standaard woning nu al haalbaar?

De vragen komen in deze volgorde aan bod in dit hoofdstuk. Aan het eind van het hoofdstuk ligt er een nieuw energieconcept en wordt duidelijk of de extra kosten ten opzichte van de standaard woning dusdanig laag zijn dat de woning nog verkocht kan worden.

5.2 Het huidige energieconcept

De standaard 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw B.V. heeft in de huidige vorm een EPC van 0,6. Ook bestaan er 2 varianten met een EPC=0,5 en EPC=0,4. In dit verslag is beschreven hoe het energieconcept van deze woning is uitgewerkt, daarin wordt onderscheid gemaakt tussen de bouwkundige en de installatie onderdelen.

De woning met EPC=0,6 is de basis. Van de varianten met een EPC van respectievelijk 0,5 en 0,4 is aangegeven wat de wijzigingen zijn ten opzichte van de basis. De tekeningen van deze woning zijn opgenomen in bijlage A.

5.2.1 Basiswoning met EPC = 0,6

Bouwkundig:

- *Fundering*
De toe te passen fundering is afhankelijk van de ondergrond en de locatie. Er wordt standaard uitgegaan van een fundering op staal in de vorm van betonnen stroken die 85cm onder peil liggen. Op deze stroken worden kalkzandsteen wanden gemetseld in klinkerkwaliteit om optrekkend vocht tegen te gaan.
- *Begane grond vloer*
De begane grond vloer is opgebouwd uit een PS combinatievloer, $R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$
- *Gevels*
De gevel van de basiswoning is een spouwmuur met een totale breedte van 350mm (100-150-100), de kalkzandsteen wanden waar de verdiepingvloeren vloeren opgelegd worden



Afbeelding: Basis 2-onder-1-kap woning
Bron: Stegeman Bouw

hebben een dikte van 120mm, de spouwmuur komt hier op een totale dikte van 370mm (120-150-100). Het binnenblad bestaat uit kalkzandsteen lijmelementen. Hiertegen wordt glaswol isolatie aangebracht met een dikte van 120mm. Het buitenblad wordt opgemetseld met een waalformaat baksteen. Met deze constructie wordt een $R_c = 3,29 \text{ m}^2\text{K/W}$ gerealiseerd.

- *Gevelopeningen*

In de gevelopeningen worden hardhouten kozijnen en deuren toegepast, voorzien van HR++ beglazing. $U_w \leq 1,57 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

- *Dak*

De dakconstructie wordt als prefab scharnierkap uitgevoerd, afgedekt met sneldek betonpannen. De warmteweerstand van de constructie bedraagt $R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$

- *Luchtdichtheid*

Voor de luchtdichtheid van de woning wordt gerekend met de standaard waarde uit de EPC berekening volgens NEN 5128. Deze bedraagt $q_{v10;kar}/\text{m}^2 = 1,0 \text{ dm}^3/\text{s m}^2$.

Installatietechnisch:

- *Verwarming en warm tapwater:*

De woning wordt verwarmd met behulp van een Intergas HRE 28/24 CV-ketel. Deze is aangesloten op radiatoren en werkt volgens het hoog temperatuur systeem. Deze ketel verzorgt ook het warm tapwater.

- *Ventilatie*

De woning wordt geventileerd door middel van zelfregelende roosters in de ramen in verblijfsruimtes, dit in combinatie met een mechanische afzuiging. Deze zuigt lucht af in de badkamer, het toilet en de keuken.

5.2.2 Aanpassingen voor EPC = 0,5

De volgende wijzigingen worden doorgevoerd t.o.v. de basiswoning met EPC = 0,6:

Bouwkundig:

- De warmteweerstand van de gevel wordt verhoogd van $R_c = 3,29 \text{ m}^2\text{K/W}$ naar $R_c = 4,12 \text{ m}^2\text{K/W}$ door het toepassen van de hoogwaardige resol hardschuim isolatie van Kingspan, de Kooltherm K8 spouwplaat, met een dikte van 76mm.
- De warmteweerstand van de kap wordt verhoogd van $R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ naar $R_c = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Installatietechnisch:

- Op de begane grond wordt in de woonkamer een Climarad radiator toegepast. Dit is een radiator met bijbehorende balans ventilatie unit. Deze unit zuigt vraaggestuurd lucht af en voert lucht toe via de gevel, deze lucht wordt via de radiator in de woonkamer geblazen.
- Er wordt een douchepijp-wtw toegepast
- Er wordt een zonneboiler toegepast met een collectoroppervlak van $2,37 \text{ m}^2$.

5.2.3 Aanpassingen voor EPC = 0,4

De volgende wijzigingen worden doorgevoerd t.o.v. de basiswoning met EPC = 0,6:

Bouwkundig:

- De warmteweerstand van de vloer wordt verhoogd van $R_c = 2,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ naar $R_c = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$.
- De warmteweerstand van de gevel wordt verhoogd van $R_c = 3,29 \text{ m}^2\text{K/W}$ naar $R_c = 5,02 \text{ m}^2\text{K/W}$ door het toepassen van de hoogwaardige resol hardschuim isolatie van Kingspan, de Kooltherm plaat, de Kooltherm K8 spouwplaat, met een dikte van 98mm.

- De warmteweerstand van de kap wordt verhoogd van $R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$ naar $R_c = 5,00 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Installatietechnisch:

- Op de begane grond wordt in de woonkamer een Climarad radiator toegepast.
- Op de begane grond wordt vloerverwarming toegepast.
- Er wordt een douchepijp-wtw toegepast
- Er wordt een zonneboiler toegepast met een collectoroppervlak van $4,74 \text{ m}^2$

5.2.4 Basis voor het nieuwe energieconcept

De aanpassingen voor de EPC verlagingen naar 0,5 of 0,4 zijn gekozen op basis van de kosten die gemaakt moeten worden om de besparing te realiseren. De genoemde maatregelen zijn eenvoudig door te voeren in het bouwproces. Er wordt gebruik gemaakt van herberekeningen om de uiteindelijke EPC score van 0,5 of 0,4 te realiseren.

Om de huidige standaardwoning energieneutraal te maken is het niet meer haalbaar om nog wat extra energiebesparende maatregelen toe te voegen aan het huidige energieconcept. De eisen voor energieneutraal bouwen wijken dusdanig sterk af van het bestaande concept dat het concept opnieuw ontwikkeld moet worden. De eisen voor een energieneutrale woning betreffen namelijk elk onderdeel van het gebouw, de gehele thermische schil en de installatie.

Naast de vormgeving blijven de volgende zaken onveranderd ten opzichte van de huidige standaard:

- Fundering: Op staal met kalkzandsteen wanden in klinkerkwaliteit
- Dragend skelet: kalkzandsteen lijmelementen
- Verdiepingsvloeren: kanaalplaatvloer $d=200\text{mm}$

In een energieneutrale woning kan ook gekozen worden voor een draagstructuur die in hout is uitgevoerd. Dit is in dit onderzoek niet meegenomen omdat er vastgehouden wordt aan de draagstructuur waar de aannemer veel ervaring mee heeft, namelijk kalkzandsteen. De onderdelen die niet van invloed zijn op de energieprestatie blijven onveranderd.

5.3 Het nieuwe energieconcept

Nu de basis voor het nieuwe energieconcept vast staat kan het verder uitgewerkt worden. In deze paragraaf is beschreven op welke wijze het nieuwe energieconcept wordt uitgewerkt. Alle onderdelen die invloed op de energieprestatie hebben zijn tegen het licht gehouden. Het gaat hier om de volgende onderdelen:

Ontwerp:

- Oriëntatie
- Overstekken
- Zomernachtventilatie

Thermische schil:

- Begane grond vloer
- Dichte geveldelen
- Gevelopeningen
- Dak

Installatietechnisch:

- Verwarming
- Ventilatie
- Warm tapwater
- Energie opwekking

De verschillende opties zijn beoordeeld door middel van een multicriteria analyse. Zo is op basis van een score met een bepaalde weegfactor de beste optie bepaald. De grootte van de verschillende weegfactoren is bepaald op basis van een enquête onder het personeel van Stegeman Bouw.

5.3.1 Bouwkundige onderdelen

Voor de bouwkundige onderdelen zijn de uitgangspunten in paragraaf 3.5 vastgesteld. In dit hoofdstuk worden per onderdeel van de thermische schil een aantal opties opgesteld. Deze verschillende opties zijn beoordeeld op de volgende criteria:

- Kosten
- Thermische kwaliteit
- Voortgang bouwproces
- Onderhoud

Aan de hand van de beoordeling is een keuze gemaakt uit de verschillende mogelijkheden. Hieronder zijn de verschillende criteria toegelicht.

Kosten

Dit criterium is voor elk product uiteindelijk mede bepalend voor de totale kostprijs van de woning. De weergegeven prijs is de totale kostprijs om het betreffende onderdeel in het werk te realiseren. Zo vertegenwoordigt de prijs naast de aanschafprijs van het materiaal ook het tempo waarmee het verwerkt kan worden. De financiële gevolgen van de invloed op de totale bouwtijd worden niet meegenomen in dit criterium.

Thermische kwaliteit

Hierbij telt niet alleen de warmteweerstand van het materiaal, maar ook de thermische kwaliteit van de hele constructie. De warmteweerstand van het materiaal bepaalt de benodigde dikte van de constructie. Een grote spouw heeft een nadelig effect op de verhouding tussen het bruto en netto vloer oppervlak. Ook de details die horen bij het betreffende materiaal maken verschil. Zo is bijvoorbeeld het lineaire warmteverlies bij de vloerrand van een kanaalplaatvloer veel hoger dan bij een ribcassettevloer terwijl de warmtedoorgangcoëfficiënt gelijk is.

Voortgang bouwproces

De kosten voor arbeid om het betreffende materiaal toe te passen worden meegerekend bij het criterium 'kosten'. Deze uren zijn rechtstreeks aan het betreffende bouwdeel toe te schrijven. Maar als er meer uren op de bouwplaats besteedt moeten worden brengt dat ook extra reizen met zich mee en een langere bouwtijd. Tevens zorgt een langere bouwtijd voor verhoogde blootstelling aan weersinvloeden.

Naast de uren die het betreffende materiaal vereist komt het ook voor dat de verwerking van materialen bepaalde omstandigheden vereist of het verloop van het kritieke pad op de planning beïnvloed. Zo moet bijvoorbeeld in het geval van gespoten PUR-isolatie op het kalkzandsteen skelet het steiger van 90% winddicht doek worden voorzien en kunnen de isolatiewerkzaamheden pas starten als het skelet staat en de kap is gemonteerd. Het metselen van de buitengevel kan pas starten als de isolatiewerkzaamheden klaar zijn. Zo kan een keuze veel invloeden hebben op de voortgang van het bouwproces.

Onderhoud

Dit criterium wordt alleen meegewogen bij de onderdelen die onderhoud vragen. Dat zijn de kozijnen. Bij oplevering van de woning moeten deze zo zijn uitgevoerd dat er op korte termijn geen onderhoud nodig is. Dit houdt in dat houten kozijnen geschilderd moeten worden. Het schilderwerk is toe te schrijven aan de kosten van de houten kozijnen. De gevoeligheid voor onderhoud is bij houten kozijnen groter. Een grotere gevoeligheid voor de uitvoering van het onderhoud brengt een

hoger risico op klachten met zich mee. Het voordeel is weer dat eventuele beschadigingen eenvoudig hersteld kunnen worden.

Multicriteria analyse

De opgestelde opties zijn beoordeeld op bovengenoemde criteria. Per criterium is een weging en een score toegekend. De weging is bepaald aan de hand van een enquête onder 6 medewerkers van Stegeman Bouw. Zij hebben individueel de weging per criterium aangegeven. Van alle resultaten is het gemiddelde genomen en dit gemiddelde is de uiteindelijke weging. De resultaten van deze enquête zijn opgenomen in bijlage J.

De score is bepaald aan de hand van de verhouding tussen de eigenschappen van de verschillende opties. De score is toegekend op een schaal van 1-5.

5.3.2. Installatietechnische onderdelen

Voor de installatietechnische onderdelen zijn de uitgangspunten in paragraaf 3.5 vastgesteld. In dit hoofdstuk is een drietal concepten opgesteld, deze zijn uitgewerkt en beoordeeld in paragraaf 5.6. Deze drie verschillende concepten zijn beoordeeld op de volgende criteria:

- Kosten
- Comfort en gebruiksgemak

Aan de hand van de beoordeling is een keuze gemaakt uit de verschillende mogelijkheden. Hieronder zijn de verschillende criteria toegelicht.

Kosten

De concepten zijn vergeleken op basis van de totale aanschaf- en installatiekosten. Dit houdt in: de installatie voor verwarming, warm tapwater en ventilatie met daarbij de benodigde hoeveelheid PV panelen om energieneutraliteit te realiseren. Zo wordt de energiezuinigheid van de installaties meegenomen in de beoordeling op de kosten en kunnen de verschillende concepten eerlijk vergeleken worden.

Comfort en gebruiksgemak

De energieneutrale woning moet voorzien in een comfortabel binnenklimaat zonder dat de bewoner hiervoor veel moeite moet doen. Bij dit criterium is te denken aan de mogelijkheden voor de bewoner om het systeem te beïnvloeden of in hoeverre het systeem aandacht nodig heeft, maar ook bijvoorbeeld het type verwarming. Dit criterium is beoordeeld aan de hand van de voor- en nadelen van de verschillende systemen.

5.4 Ontwerp

5.4.1 Oriëntatie

In het ontwerp van de huidige standaard 2-onder-1-kap woning is, met betrekking tot het energieverbruik, de voorgevel op het zuiden georiënteerd het meest gunstig. Dit omdat deze gevel met 11,8m² meer glasoppervlak heeft dan de achtergevel met 9,7m². Uit de resultaten van de EPC berekening blijkt ook de zuidelijk georiënteerde voorgevel het meest gunstig is:

Oriëntatie voorgevel	elektriciteit [MJ]	aardgas [MJ]	totaal [MJ]	Δ energie [MJ]
Zuid	6598	17924	24522	
Noord	7286	18236	25522	1000

De besparing op de EPC bedraagt in deze situatie 4% ten opzichte van een oriëntatie met de voorgevel op het noorden gericht.

Het nadeel van deze zuidelijke oriëntatie is wel dat de achtertuin op het noorden georiënteerd is. In dat geval valt relatief weinig zonlicht in de achtertuin. Dit is een minpunt omdat mensen over het algemeen graag buiten zitten, een zuidelijk georiënteerde achtertuin sluit hier beter op aan.

Om dit probleem op te lossen zal het ontwerp aangepast moeten worden.

De oriëntatie en de invulling van de gevels zijn aandachtspunten bij de ontwikkeling van een project. Dit moet dan ook per situatie bekeken worden, daarom worden in dit onderzoek geen wijzigingen aangebracht in de invulling van de gevels. Er wordt uitgegaan van een situatie waarin de voorgevel op het zuiden georiënteerd is.

5.4.2 Overstekken

De overstekken zijn van invloed op de energieprestatie omdat ze invloed hebben op de toetreding van de zon. In de EPC berekening moeten twee beschaduwingsreductiefactoren ingevuld worden, namelijk:

$F_{sh;ob;C}$ = beschaduwingsreductiefactor t.b.v. de koudebehoefteberekening voor de periode van mei t/m september

$F_{sh;ob;H}$ = beschaduwingsreductiefactor t.b.v. de warmtebehoefteberekening voor de periode van oktober t/m april

In de zomerperiode moet er weinig zonlicht toetreden omdat dit een hogere koude behoefte oplevert. In de winterperiode moet er meer zonlicht toetreden omdat dit de warmtebehoefte verlaagt. De reductiefactoren verschillen ook van elkaar ook al is het overstek gelijk. Dit komt omdat de zon in de zomerperiode hoger staat dan in de winter.

Uit berekening blijkt dat een klein overstek (<0,64m vanaf de gevellijn) het voordeligst is voor het energieverbruik. Het overstek in het huidige ontwerp is 0,61m, deze wordt in de energieneutrale woning behouden. Uit berekening blijkt dat het vergroten van het overstek een negatief effect heeft op de energieprestatie. De berekening volgens NEN7120 is opgenomen in bijlage E.

5.4.3 Zonwering

Zonwering wordt toegepast op alle gevels, behalve de gevel die op het noorden georiënteerd is. In dit geval is dat de achtergevel.

De beschaduwingsreductiefactor voor zonwering wordt volgens de NEN 7120 bepaald met de volgende formule:

$$F_{sh;gl} = \frac{(1-f_{sh;with}) \times g_{gl} + f_{sh;with} \times g_{gl+sh}}{g_{gl}}$$

Hierin is:

$F_{sh;gl}$ beschaduwingsreductiefactor voor glas met zonwering

$f_{sh;with}$ Gewogen tijdfractie dat de zonwerende voorziening in gebruik is.

0,6 bij oriëntatie ZO / Z / ZW

0,5 bij oriëntatie O / W (tabel 11.3)

g_{gl} Zontoetredingsfactor (ZTA) van het glas = 0,6

g_{gl+sh} ZTA van het glas met zonwering = ZTA x 0,3 = 0,6 x 0,3 = 0,18 (tabel 11.4)

Deze beschaduwingsreductiefactor geldt alleen in de zomerperiode omdat in de winterperiode de zonwering niet nodig is om de warmte buiten te houden. Een lagere beschaduwingsreductiefactor is dus gunstiger. Deze beschaduwingsreductiefactor wordt verder niet handmatig berekend omdat er in de EPC berekening ook geen eigen waarde hiervoor ingevuld kan worden.



Afbeelding: screens

Bron: www.beneluxzonwering.nl

De NEN7120 stelt ook dat de zonwering van binnen uit bedienbaar moet zijn. Is dit niet het geval dan mag de zonwering niet worden meegerekend in de EPC berekening.

Vanwege de luchtdichtheid wordt de zonwering elektrisch bediend. Een elektrakabel heeft maar een kleine opening in de gevel nodig en deze kan eenvoudig afgedicht worden nadat de kabel doorgevoerd is. De zonwering kan dan handbediend worden via een schakelaar of automatisch via zon- en windsensoren bediend worden.

In het geval van automatische in plaats van handbediende zonwering wordt de $f_{sh,with}$ met 50% verhoogd. Dit levert een lagere

beschaduwingsreductiefactor op en dus een hogere besparing op de koudebehoefte. Tevens zorgt een automatische zonwering voor een hoger gebruiksgemak omdat de bewoner er geen aandacht meer aan hoeft te besteden. Dit voorkomt ook oververhitting als de bewoner een keer vergeet de zonwering naar beneden te doen.

In de NEN7120 wordt een standaard reductie voor zonwering aangehouden (g_{gl+sh}). Het verschil tussen screens en rolluiken heeft dus geen invloed op de berekening. De resultaten van de EPC berekening zijn als volgt:

bediening zonwering	elektriciteit [MJ]	aardgas [MJ]	totaal [MJ]	Δ energie [MJ]
handmatig	6900	17924	24824	
automatisch	6598	17924	24522	302

In de energieneutrale woning van Stegeman Bouw B.V. wordt standaard handbediende zonwering opgenomen, de automatisch bediende versie kan als optie worden aangeboden aan de koper. De zonwering wordt toegepast op alle gevels behalve de gevel die op het noorden georiënteerd is. De kosten voor deze zonwering bedragen:

- Screens, individueel elektrisch bediend met schakelaar € 2224,50
- Screens, automatisch € 3653,50

5.4.4 Zomernachtventilatie

Om de woning in de zomerperiode te koelen kan gebruik worden gemaakt van de buitenlucht, deze koelt in de nacht af en kan daarom gebruikt worden om de woning te koelen. Om voldoende koeling te creëren moet het ventilatievoud minimaal 4 bedragen (SBR infoblad 416 – passiehuiskoncept voor woningbouw). Dit betekent dat er in de verblijfsgebieden van de standaard woning minimaal $745\text{m}^3/\text{h}$ geventileerd moet worden. Dit is met een balansventilatie unit voor de woningbouw niet haalbaar aangezien deze over het algemeen een maximale capaciteit van $400\text{--}450\text{m}^3/\text{h}^{12}$ kunnen leveren.

Voldoende zomernachtventilatie wordt daarom gerealiseerd door op natuurlijke wijze te ventileren. Het ventilatie systeem kan ondanks de onvoldoende capaciteit uiteraard wel een bijdrage leveren aan de zomernachtventilatie. Dit kan door middel van de bypass. De afgevoerde lucht wordt dan om de warmte terugwin unit heen naar buiten geleid, zodat de warmte uit de woning niet overgedragen

¹² Bijvoorbeeld: Brink Renovent HR / J.E. Storkair WHR950

wordt aan de verse lucht die van buiten komt. Hierdoor wordt de zomernachtventilatie al deels in werking gesteld zonder dat de bewoner er iets aan hoeft te doen.

Gevelopeningen

Op de begane grond wordt het kozijn in de achtergevel voorzien van draaiende delen in de bovenlichten, in combinatie met het raam in het kozijn in de zijgevel zorgt dit voor voldoende doorspuicapaciteit als de ramen in de kiepstand staan. De berekening hiervan is opgenomen in bijlage B. Op de verdieping wordt voldoende ventilatie gerealiseerd door de ramen op kiepstand te zetten. De ramen zijn handbediend. De bewoner zal deze ramen dus zelf moeten openen om te ventileren. Maar aangezien alle ramen en luiken bevinden zich in leefruimten bevinden zal dit geen problemen opleveren. Mocht de bewoner het niet wenselijk achten om in de nacht de ramen op de begane grond in kiepstand te zetten, dan kan ook worden volstaan met het openen van de bovenlichten in de achtergevel. Deze moeten dan wel worden voorzien van een inbraakwerend rooster. De meerprijs voor de inbraakwerend rooster bedraagt € 202,- per raam, dat is €404,- per woning.



Afbeelding: inbraakwerend rooster
Bron: www.bouwproducten.nl

Dakraam

Door een dakraam in de kap te monteren wordt er een thermische trek gecreëerd. De warme lucht uit de woning stijgt op en verlaat de woning via het dakraam.

- *Uitvoering*

Er wordt een dakraam toegepast met in elk geval drievoudige beglazing en zonwering om respectievelijk de warmteverliezen te beperken en de koellast beperkt te houden. Het dakraam kan op het oosten en noorden georiënteerd worden omdat het zuidelijke dakvlak wordt voorzien van PV panelen en zonnecollectoren.

Oriëntatie	Zonwering	Elektriciteit [MJ]	Gas [MJ]	Totaal [MJ]	Δ Energie [MJ]
Noord	handmatig	6623	17993	24616	52
Oost		6640	17924	24564	
Noord	automatisch	6596	17993	24589	74
Oost		6591	17924	24515	

Uit de, in bovenstaande tabel weergegeven, resultaten van de EPC berekening blijkt dat de oriëntatie op het oosten het meest gunstig is voor het energieverbruik. Een verklaring hiervoor is dat er in de winterperiode nog warmte uit het zonlicht gehaald kan worden als het raam op het oosten georiënteerd is.

Plaatsing in het dakvlak op het oosten of westen betekent dat het dakraam in de kap ter plaatse van de zijgevel geplaatst wordt. Voordeel hiervan is dat de oriëntatie van de woning flexibel blijft omdat de voor- of achtergevel op het zuiden georiënteerd wordt. De dakvlakken aan voor- en achterzijde blijven zo beide beschikbaar voor het plaatsen van PV panelen en zonnecollectoren. Alleen het dakvlak dat op het zuiden georiënteerd is wordt van PV panelen en zonnecollectoren voorzien. Dit betekent dat het dakvlak aan voor- of achterzijde op het zuiden georiënteerd moet zijn omdat beide woningen van de 2-onder-1-kap woning op de PV panelen en zonnecollectoren aangesloten moeten worden.

- *Afmeting*

Volgens de berekening voor de zomernachtventilatie (bijlage B) moet er minimaal 0,29m² spuicapaciteit zijn. Elk leverbaar formaat van Velux dakramen met driedubbele beglazing heeft een oppervlak groter dan 0,29m². In dit onderzoek is uitgegaan van dakraam met de afmetingen 114 x 118 cm.

- **Bediening**

Er kan gekozen worden tussen een handmatig en een elektrisch bediend dakraam. Bij een elektrisch dakraam kan het Velux energiebalans programma worden toegepast. Dit programma zorgt er voor dat het dakraam op de juiste tijd geopend en gesloten wordt en dat de bijbehorende zonwering op het juiste moment in- en uitgeschakeld wordt. Zo wordt in de zomerperiode overdag de warmte buiten gehouden door een gesloten raam met zonwering en wordt 's nachts het raam geopend om de zomernachtventilatie in werking te zetten.

In de winterperiode wordt de zonwering 's nachts gesloten om een hogere warmteweerstand te creëren.

- **Prijs**

De prijzen die voortkomen uit de calculaties (bijlage G) zijn als volgt:

Handmatig bediend:

- Velux GGL S06 HR++ Triple beglazing incl. zonwering € 1198,32

Volledig automatisch:

- Velux GGL INTEGRA S06 HR++ Triple beglazing incl. zonwering € 1856,72

De elektrische uitvoering geeft een groot gebruiksgemak ten opzichte van het handbediende dakraam. Het dakraam kan op afstand bediend worden, het sluit automatisch als het gaat regenen en het energiebalans programma zorgt voor een optimaal comfort. De elektrisch bediende versie van het dakraam is echter wel 55% (€658,40) duurder dan het handbediende dakraam terwijl dit nauwelijks bijdraagt aan de energiebesparing volgens de EPC berekening. Daarom wordt in de standaard energieneutrale woning de handbediende versie opgenomen, de elektrisch bediende kan als optie aan de koper worden aangeboden.

Ventilatie

De benodigde luchtstroom wordt veroorzaakt door thermische trek. De warme lucht in de woning stijgt op en trekt door het dakraam naar buiten, de koele buitenlucht wordt via de gevelopeningen toegevoerd. De berekening voor zomernachtventilatie is opgenomen in bijlage B.

5.5 Thermische schil

5.5.1 Fundering

De fundering op staal met de klinkerkwaliteit kalkzandsteen wanden zoals deze in het huidige concept wordt toegepast wordt gehandhaafd. De fundering ligt buiten de thermische schil en heeft dus geen invloed op de energieprestatie. De perimeter is wel van belang, dit is de omtrek van de begane grond vloer voor zover deze aan de buitenlucht grenst. De ψ -waarde voor deze perimeter is afhankelijk van het detail.

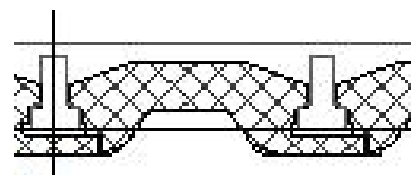
5.5.2 Begane grond vloer

De begane grond vloer moet voldoen aan de volgende eisen:

Warmteweerstand: $R_c \geq 6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$

Dagmaat overspanning: $l = 5,4 \text{ m}$

Dit kan worden gerealiseerd met de volgende drie typen vloeren:



Afbeelding: PS-combinatievloer

Bron: www.triconbeton.nl

PS-combinatievloer

De PS-combinatievloer wordt in het huidige concept ook toegepast. Deze vloer wordt aangeleverd in betonnen balken en EPS elementen, de balken worden op de juiste lengte aangeleverd, de EPS elementen moeten in het werk op maat worden gemaakt. Het systeem moet in het werk geplaatst worden, vervolgens moet er wapening op aangebracht worden waarna het geheel van een betonnen druklaag van 40mm wordt voorzien. Dit type vloer kan voldoen aan de vereiste warmteweerstand van $R_c \geq 6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

De balken worden gelegd met een hart op hart afstand van 600mm. De hoogte van de balken bedraagt 170mm. De totale hoogte van de constructie, inclusief druklaag, is dan ongeveer 210mm, mede afhankelijk van de dikte van de druklaag.

Bij toepassing van een PS-combinatievloer is weinig voorbereiding benodigd. De materialen zijn uit voorraad leverbaar. Het systeem vraagt, bij benadering, het dubbele aantal uren dan in het geval van geprefabriceerde elementen. Ook omdat de totale dikte van het element laag is, hierdoor moet een hogere fundering gemaakt worden dan bij een geïsoleerde kanaalplaat of ribcassettevloer.

Geïsoleerde kanaalplaatvloer

De kanaalplaatvloer is een voorgespannen betonnen element dat voorzien is van horizontale kanalen om het gewicht te beperken. De elementen worden pasklaar aangeleverd en worden met een kraan op de juiste plek gelegd. Hierna worden de naden gevuld met beton.

De breedte van de standardelementen is 1,2m en de vereiste dikte bij deze overspanning bedraagt 200mm.

Dit type vloer kan voldoen aan de vereiste warmteweerstand van $R_c \geq 6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. De maximaal haalbare warmteweerstand is op dit moment $R_c = 8,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

De totale dikte van het element met $R_c = 6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ is ongeveer 400mm, afhankelijk van de leverancier.

De toepassing van een geïsoleerde kanaalplaatvloer vraagt meer voorbereiding dan een PS-combinatievloer. Hiertegenover staat dat de elementen op maat worden aangeleverd en dat het leggen van een vloerveld veel sneller verloopt.



Afbeelding: Geïsoleerde kanaalplaatvloer

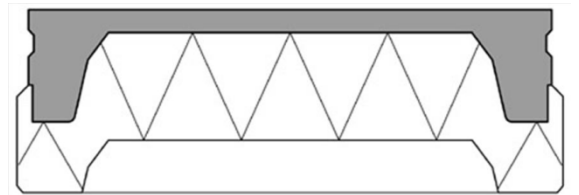
Bron: www.betonson.com

Ribcassettevloer

De ribcassettevloer is een betonnen plaat, aan de zijkanten voorzien van ribben om het draagvermogen te vergroten.

Afhankelijk van de breedte van het element bevindt zich in het midden van het element ook een rib. De elementen worden pasklaar aangeleverd en worden met een kraan op de juiste plek gelegd. Hierna worden de naden gevuld met beton. De standaardbreedte van de standaard elementen is 1,2m. Bij deze overspanning en een $R_c = 6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ bedraagt de hoogte van het element ongeveer 400mm.

De toepassing van een ribcassettevloer vraagt meer voorbereiding dan een PS-combinatievloer. Hiertegenover staat dat de elementen op maat worden aangeleverd en dat het leggen van een vloerveld veel sneller verloopt. In vergelijking met de geïsoleerde kanaalplaatvloer is het verschil dat de ribcassettevloer een lager gewicht per m^2 heeft.



Afbeelding: Ribcassettevloer

Bron: www.betonson.com

Lineaire warmteverliezen

Naast de transmissie door de vloer is de vloerrand ook een plaats waar warmte verloren wordt. De drie verschillende typen vloeren voldoen allen aan de minimale eis voor de warmteweerstand. Aan de hand van de SBR referentiedetails blijkt dat er bij een gelijk detail met de verschillende vloertypen

verschil zit in de lineaire warmteverliezen ter plaatse van de vloerrand. De gegeven ψ -waarden voor lineaire warmteverliezen gelden niet voor het passiefhuis niveau maar zijn ter vergelijking van de verschillende vloertypen.

Vergelijk

		PS-combinatievloer	Geïsoleerde kanaalplaatvloer	Ribcassettevloer
Prijs (€ / m ²)		€ 50,58	€ 56,34	€ 47,32
Totaalprijs		€ 2.657,56	€ 2.960,78	€ 2.486,77
hoogte (mm)		210	400	400
breedte element (mm)		600	1200	1200
gewicht (kg / m ²)		279	302	226
R _c (m ² ·K/W)		6,5	6,5	6,5
lineair warmteverlies	$\psi_{e,i}$ (W/m ¹ ·K)	0,917	1	0,927
	$\psi_{gr,i}$ (W/m ¹ ·K)	-0,157	-0,169	-0,162

Op basis van deze gegevens is de volgende beoordeling gemaakt:

	weging (%)	PS-combinatievloer		Geïsoleerde kanaalplaatvloer		Ribcassettevloer	
		score	totaal	score	totaal	score	totaal
Kosten	33,3%	5	1,67	3	1,00	5	1,67
Thermische kwaliteit constructie	22,5%	5	1,13	3	0,68	4	0,90
voortgang bouwproces	44,2%	2	0,88	4	1,77	4	1,77
	100%	3,67		3,44		4,33	

Aan de hand van deze gegevens blijkt dat de ribcassettevloer de beste optie is voor de begane grond vloer. De materiaalkosten zijn lager dan bij een kanaalplaatvloer. De benodigde bouwtijd is korter dan in het geval van een PS-combinatievloer en gelijk aan de kanaalplaatvloer. Op het gebied van thermische kwaliteit scoort de PS-combinatievloer beter omdat de lineaire warmteverliezen hier het kleinst zijn. Dit weegt echter niet op tegen het prijsverschil en de extra benodigde bouwtijd. De meerprijs ten opzichte van de huidige standaard woning bedraagt €421,70.

5.5.3 De gevel

Volgens de eisen zoals beschreven in paragraaf 1.4 moet de warmteweerstand van de gevel R_c = 8-10 m²·K/W bedragen. Er zijn vijf opties gekozen en onderzocht. Per onderzocht type isolatiemateriaal zijn drie verschillende warmteweerstanden bepaald, namelijk R_c ≈ 8 m²·K/W, R_c ≈ 9 m²·K/W en R_c ≈ 10 m²·K/W. De uiteindelijk toe te passen warmteweerstand is bepaald aan de hand van de verhouding tussen de kosten en de energiebesparing.

Kingspan Kooltherm K8 spouwplaat

De Kooltherm K8 spouwplaat is een resol hardschuim plaat met aan beide zijden een laag micro geperforeerd samengesteld aluminiumfolie. Resolschuim is op dit moment het harde isolatiemateriaal met de laagste λ -waarde. De hoofdbestanddelen van resolschuim zijn fenol, ureum en formaldehyde, door een chemische reactie ontstaat een hardschuim met een goede isolerende werking.

Het aluminiumfolie helpt de warmteweerstand van de plaat te verhogen doordat het warmtestraling weerkaatst. In de traditionele spouwmuur zal het buitenblad altijd straling afgeven, in de zomer warmtestraling en in de winter koudestraling. Het aluminiumfolie zorgt ervoor dat deze straling weerkaatst wordt en dus in mindere mate invloed heeft op de warmtetransmissie. Deze plaat heeft met $\lambda = 0,021 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ in verhouding een geringe dikte nodig om een hoge warmteweerstand te realiseren.

Om luchtstroming tussen de isolatie en het kalkzandsteen casco te voorkomen moet de plaat op een vlakke ondergrond aangebracht worden. Er wordt geadviseerd om het product te verwerken met boorankers, dit zorgt voor het beste resultaat en leidt tot minder beschadiging van de plaat. Na het aanbrengen van de platen moeten de eventuele naden tussen de platen onderling en de aansluiting bij de gevelopeningen gedicht worden met PUR-schuim. Hierdoor ontstaat een dichte schil.

Om een voldoende hoge warmteweerstand te realiseren moet de isolatie in twee lagen over elkaar aangebracht worden. De volgorde van de lagen is niet van belang.



Afbeelding: Kingspan Kooltherm K8
Bron: www.kingspaninsulation.nl

$$R_c \approx 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 123mm

Dikte 2^e plaat: 53mm

R_c : 7,93 $\text{m}^2\text{K/W}$

$$R_c \approx 9,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 123mm

Dikte 2^e plaat: 76mm

R_c : 8,92 $\text{m}^2\text{K/W}$

$$R_c \approx 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 123mm

Dikte 2^e plaat: 98mm

R_c : 9,86 $\text{m}^2\text{K/W}$

Kingspan Therma TW50 spouwplaat

De Therma TW50 spouwplaat is een plaat met een PIR hardschuim kern met aan beide zijden een aluminium meerlagen complex. PIR, Polyisocyanuraat, is de verbeterde versie van PUR, polyurethaan. Door tijdens het chemische proces het polyether-polyol te vervangen door een polyester-polyol ontstaat er PIR. Het voordeel van PIR ten opzichte van PUR is een verbeterde dimensionale stabiliteit, goede mechanische eigenschappen, zoals druksterkte en het is meer brandvertragend.

Het aluminiumfolie is ook op deze plaat aangebracht om warmtetransmissie d.m.v. straling tegen te gaan. De verwerking van deze platen dient op dezelfde wijze als de Kooltherm K8 plaat uitgevoerd te worden. PIR schuim isoleert minder goed dan resolschuim, $\lambda = 0,023 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. Van deze plaat moeten ook twee lagen aangebracht worden om een voldoende warmteweerstand te realiseren aangezien de maximaal haalbare $R_d = 5,22 \text{ m}^2\text{K/W}$ is bij de maximaal verkrijgbare dikte van 120mm.



Afbeelding: Kingspan Therma TW50
Bron: www.kingspaninsulation.nl

$$R_c \approx 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 120mm

Dikte 2^e plaat: 70mm

R_c: 7,85 m²K/W

$$R_c \approx 9,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 107mm

Dikte 2^e plaat: 107mm

R_c: 8,81 m²K/W

$$R_c \approx 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 120mm

Dikte 2^e plaat: 120mm

R_c: 9,83 m²K/W

Isover Mupan Plus en Multimax 30 ultra

Isover is een grote fabrikant van glaswol isolatie materiaal. Het product glaswol wordt gemaakt door verhitting van (ca. 40%) glasscherven en (ca. 60%) calciumcarbonaat, siliciumdioxide en natriumcarbonaat. De vezels die in het productieproces ontstaan, worden gebonden met een bindmiddel.

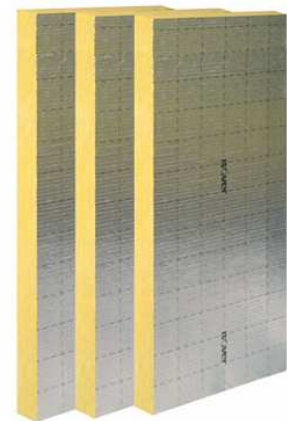
De Mupan Plus plaat wordt veel toegepast in de huidige nieuwbouw vanwege de relatief lage prijs. Deze plaat heeft met een $\lambda = 0,033 \text{ W/mK}$ een slechtere thermische kwaliteit dan de onderzochte harde isolatie platen.

De Multimax 30 ultra is een glaswolplaat met een hardere persing en is aan één zijde voorzien van een geperforeerde aluminium cachering. Deze plaat heeft een $\lambda = 0,030 \text{ W/mK}$.

Om de vereiste warmteweerstand te realiseren moeten er twee lagen isolatie aangebracht worden. In de eerste laag wordt de Mupan Plus plaat aangebracht. De tweede laag is de Multimax 30 ultra, deze heeft een geperforeerde aluminium cachering, daarom moet deze in de buitenste laag toegepast worden aangezien de aluminium cachering anders zijn functie verliest

Glaswol is vanwege de flexibiliteit minder gevoelig voor een oneffen ondergrond, het product is namelijk goed samen te drukken zodat de plaat zich vormt naar kleine oneffenheden in de ondergrond. Voor glaswol hoeven geen boorankers toegepast te worden, zoals bij harde isolatie het geval is, er kan worden volstaan met lijmmankers.

In tegenstelling tot de harde isolatiematerialen heeft glaswol een open structuur. Dit zorgt voor een goede geluidsabsorptie. Echter kan er ook vocht in deze open structuur trekken. Dit heeft tot gevolg dat de platen zwaarder worden en kunnen gaan zakken in de spouw. Dit heeft een negatieve invloed op de warmteweerstand van de gevel.



Afbeelding: Isover Multimax 30 ultra
Bron: www.isover.nl

1^e plaat: Mupan Plus

2^e plaat: Multimax 30 ultra

$$R_c \approx 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 110mm

Dikte 2^e plaat: 137mm

R_c: 7,96 m²K/W

$$R_c \approx 9,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 160mm

Dikte 2^e plaat: 121mm

R_c: 8,86 m²K/W

$$R_c \approx 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 160mm

Dikte 2^e plaat: 154mm

R_c-waarde: 9,87 m²K/W

Isobouw PolyFort Pro

Dit is een EPS plaat met een aluminiumfolie aan één zijde, het gaat hier om EPS met een verhoogd isolerend vermogen. EPS (geëxpandeerd polystyreen) ontstaat door de monomeer styreen te polymeriseren en dit vervolgens te expanderen. Styreen ontstaat bij de raffinage van aardolie en na polymerisatie ontstaan kleine harde bolletjes. Deze worden door EPS verwerkers in een mal door middel van stoom geëxpandeerd. De korrels zetten uit en smelten aan elkaar, hierdoor blijft de korrelstructuur zichtbaar, maar ontstaat er toch een hard en gesloten eindproduct in elke gewenste vorm en afmeting.

De platen moeten op een vlakke ondergrond aangebracht worden zodat er geen valse luchtsponw achter de platen ontstaat. Ze zijn rondom voorzien van een grote sponning zodat de aansluiting tussen de platen onderling goed afdicht. Het aluminiumfolie moet aan de kant van de luchtsponw zitten zodat de straling van het buitenblad gereflecteerd wordt. De plaat moet over de sponwankers heen gedrukt worden of er moet gebruik worden gemaakt van boorankers. Na het aanbrengen van de platen moeten de eventuele naden tussen de platen onderling of de aansluiting met kozijnen gedicht worden met PUR-schuim. Hierdoor ontstaat een dichte schil.

Ook bij toepassing van deze plaat moeten er twee lagen isolatie aangebracht worden, dit betekend wel dat de folie op de eerste laag zijn werking verliest. De λ -waarde van het verbeterde EPS is 0,031 W/m·K waar dit bij standaard EPS 0,035 W/m·K of nog hoger is.

$$R_c \approx 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 110mm

Dikte 2^e plaat: 144mm

R_c-waarde: 8,14 m²K/W

$$R_c \approx 9,0 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Dikte 1^e plaat: 144mm

Dikte 2^e plaat: 144mm

R_c-waarde: 9,15 m²K/W



Afbeelding: Isobouw PolyFortPro
Bron: www.isobouw.nl

R_c = 9,15 m²K/W is de maximaal haalbare R_c waarde met 2 lagen Polyfort Pro. Het onderzoeken van het toepassen van drie lagen is niet relevant omdat de plaat vanwege de stijging van de arbeidskosten met 50% dan niet kan concurreren met de andere isolatiematerialen.

Isodun

Dit is een nieuw product op de markt, het is een dunne isolatieplaat die bestaat uit een kern van samengeperste microglasvezels. Dit is vacuüm gezogen waardoor een lage gasdruk ontstaat. Hieromheen bevindt zich een omhulsel van recyclebare barriërfilm, dat waterdamp en atmosferische gassen buiten het kernmateriaal houdt. Doordat de plaat vacuüm gezogen is, is de warmteweerstand zeer hoog wat als gevolg heeft dat de plaat zeer dun kan blijven.

De platen kunnen tijdens het verwerken niet op maat gemaakt worden aangezien het gecreëerde vacuüm dan verdwijnt en daarmee de isolatiewaarde. De platen komen op maat op de bouwplaats aan en moeten vervolgens gemonteerd worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een panelenplan. Dit vergt wel een goede voorbereiding aangezien alle maten vooraf gecontroleerd moeten worden. Een ander risico is ook dat er in het geval van beschadiging een nieuwe plaat besteld moet worden. Dit kan het bouwproces aanzienlijk vertragen.

Voor de gevelisolatie komen er twee platen in aanmerking. De 35mm versie heeft een R_d-waarde van 8,33 m²K/W en 40mm geeft een R_d-waarde van 9,52 m²K/W. Dit resulteert in de volgende R_c-waarden:

Dikte plaat: 35mm

R_c-waarde: 8,29 m².K/W

Dikte plaat: 40mm

R_c-waarde: 9,42 m².K/W



Afbeelding: Isodun
Bron: www.isodun.nl

Omdat de prijs voor dit isolatiemateriaal vele malen hoger ligt (€150/m² tegen €35,-/m²) dan hoogwaardige PIR isolatie en ook de risico's hoog zijn maakt dit materiaal geen kans om toegepast te kunnen worden. Daarom wordt dit materiaal niet verder meegenomen in het vervolg van dit onderzoek.

Pluimers HR Isospray

Deze vorm van isolatie wordt aangebracht nadat het skelet van de woning, inclusief kozijnen en de kap gereed is. Het geheel wordt dan voorzien van een laag PUR-schuim in de gewenste dikte. Nadat de isolatiewerkzaamheden voltooid zijn kan worden gestart met het metselwerk.

De kwaliteit van deze isolatie is hoog vanwege de gunstige λ -waarde van 0,025 W/m·K. Daarbij komt het voordeel dat er met deze methode een zeer goede luchtdichtheid kan worden behaald, de thermische schil is één geheel en sluit overal naadloos op aan omdat het tegen het casco gespoten wordt en hier op hecht.

Als er gekozen wordt voor de toepassing van Pluimers HR Isospray moet wel rekening gehouden worden met de volgende zaken:

- De spuitnevel die ontstaat tijdens het aanbrengen. Om de eventuele schade hiervan te voorkomen moet de steiger worden voorzien van 90% dicht windbreekgaas.
- Alle elementen waar tegen aan gespoten wordt moeten voor uitvoering van de isolatiewerkzaamheden bevestigd zijn. Denk hierbij aan gootrekken, stelkozijnen en HSB elementen.
- Kozijnen inpakken om te voorkomen dat de spuitnevel hierop terecht komt.
- Oppervlakte temperatuur moet $\geq 5^{\circ}\text{C}$ zijn om een goede hechting te garanderen
- De te spuiten ondergrond moet droog, stof- en vetvrij zijn.

De belangrijkste aandachtspunten zijn de ondergrond en de spuitnevel. De ondergrond moet warm en schoon genoeg zijn. Ook moeten de risico's van de nevel beperkt worden. In het huidige bouwproces van Stegeman Bouw wordt al voldaan aan de eis dat alle elementen waar tegen aan gespoten wordt al gemonteerd zijn.

$R_c \approx 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c \approx 9,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	$R_c \approx 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$
Dikte isolatie: 210mm	Dikte isolatie: 235mm	Dikte isolatie: 265mm
R_c -waarde: 8,01 m ² .K/W	R_c -waarde: 8,93 m ² .K/W	R_c -waarde: 10,01 m ² .K/W

Keuze spouwisolatie

In onderstaande tabel zijn de eigenschappen en gegevens van de verschillende typen isolatie opgenomen. De weergegeven prijzen zijn de prijzen voor het maken van het buitenspouwblad. Op deze wijze worden ook de verschillen in de normen voor het aanbrengen van isolatie meegenomen. Het aanbrengen van minerale wol kost namelijk minder tijd dan het aanbrengen van harde isolatie. Tevens moeten bij harde isolatie boorankers toegepast worden en moeten de naden dichtgeschuimd worden. Zo zijn alle specifieke eigenschappen meegenomen in de prijsberekening. De calculaties zijn opgenomen in bijlage F.

	R_c ($m^2 \cdot K/W$)	λ ($W/m \cdot K$)	dikte (mm)	spouw (mm)	€ / m^2	totaal (€)
Standaard Mupan Plus	3,29	0,033		150	€ 80,60	€ 7.241,28
Kingspan Kooltherm K8	7,93	0,021	176	210	€ 129,66	€ 11.820,65
	8,92		199	230	€ 133,71	€ 12.248,91
	9,87		221	255	€ 139,31	€ 12.838,41
Kingspan Therma TW50	7,86	0,023	190	220	€ 124,52	€ 11.379,75
	8,80		214	250	€ 124,84	€ 11.490,84
	9,83		240	270	€ 131,69	€ 12.179,68
Isover Mupan Plus	7,96	0,033/0,030	247	280	€ 117,40	€ 10.883,81
Multimax 30 Ultra	8,86		281	315	€ 119,13	€ 11.135,91
	9,87		314	345	€ 125,31	€ 11.796,52
Isobouw Polyfort Pro	8,14	0,031	254	270	€ 120,54	€ 11.148,01
	9,15		288	320	€ 123,41	€ 11.550,02
	-	-	-	-	-	-
Gespoten PUR-isolatie	8,01	0,025	210	240	€ 122,55	€ 11.253,01
	8,92		235	265	€ 126,78	€ 11.711,88
	10,01		265	295	€ 131,22	€ 12.208,52

Op basis van deze informatie over de verschillende spouwisolaties is de volgende beoordeling gemaakt:

	weging (%)	Kooltherm K8		Therma TW50		Mupan Plus + Multimax 30 ultra		Polyfort Pro		PUR - sputisolatie	
		score	totaal	score	totaal	score	totaal	score	totaal	score	totaal
Kosten	43,4%	3	1,30	4	1,736	5	2,17	5	2,17	4	1,74
Thermische kwaliteit constructie	28,3%	4	1,132	4	1,132	1	0,28	2	0,566	5	1,42
voortgang bouwproces	28,3%	4	1,132	4	1,132	5	1,415	4	1,132	3	0,849
	100%		3,57		4,00		3,87		3,87		4,00

De opties Therma TW50 en de HR Isospray scoren gelijk. Op basis van alle gegevens en de beoordeling wordt gekozen voor de Pluimers HR Isospray isolatie. Met deze vorm van isoleren wordt het realiseren van een hoge luchtdichtheid eenvoudiger dan bij het toepassen van harde isolatieplaten, het risico op luchtlekken is zo veel kleiner.

Het is wel duurder dan de combinatie van Mupan Plus en Multimax 30 ultra maar het toepassen van gespoten isolatie zorgt er voor dat de luchtdichtheid veel eenvoudiger gerealiseerd kan worden. De verschillende onderdelen hoeven niet meer te worden voorzien van allerlei luchtdichtingen, dit is voordelig voor materiaal en arbeid.

Het toepassen van de glaswol isolatie heeft een minimaal 40mm grotere spouw nodig, de totale dikte van de spouw bedraagt bij glaswol minimaal 480mm terwijl bij de HR Isospray 440mm voldoende is. Dit geldt ook voor de Polyfort Pro van Isobouw, ook hier is een grote spouw van minimaal 290mm

vereist, dit levert een totale dikte op van 490mm. Een grote spouw heeft een nadelig effect op de verhouding tussen het bruto en het netto vloeroppervlak. Tevens wordt hierdoor de inhoud van de woning groter. Deze inhoud kan door de bewoner niet benut worden maar deze extra inhoud moet wel betaald worden. Daarbij levert de HR Isospray een hoge bijdrage aan het realiseren van de hoge eis voor de luchtdichtheid. De kosten zijn daarom in verhouding tot de prestaties lager. Het toepassen van deze isolatie vraagt wel extra aandacht op de bouw. De ondergrond moet schoon en vetvrij zijn en bij het spuiten ontstaat een nevel die op andere constructies terecht kan komen waar het niet hoort. Het risico hierop kan wel beperkt worden door het toepassen van windbreekgaas (90%) op het steiger. Het afplakken van onderdelen om te beschermen tegen de spuitnevel en het aanbrengen van windbreekgaas is meegenomen in de calculatie. Ondanks deze extra maatregelen is het prijsverschil klein.

Keuze R_c waarde

De minimale warmteweerstand bedraagt volgens de richtlijnen van de SBR $R_c \geq 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$. Met de Pluimers HR Isospray kunnen onderstaande waarden gerealiseerd worden:

Pluimers HR Isospray			materiaalprijs		energiebesparing (MJ)		
R_c	dikte (mm)	spouw (mm)	totaal	Δ	totaal	Δ	€ / MJ
8,01	210	240	€ 11.253,01		3013		
8,93	235	270	€ 11.711,88	€ 458,87	3187	174	€ 2,64
10,01	265	300	€ 12.208,52	€ 955,51	3367	354	€ 2,70

In de energieneutrale woning moet het energieverbruik gecompenseerd worden door opwekking van energie. Deze opwekking gebeurt door middel van PV-panelen. In bovenstaande tabel is te zien dat wanneer de warmteweerstand verhoogd wordt hier ook meer energie mee bespaard wordt. Deze hogere warmteweerstand heeft ook een hogere prijs.

Uit de berekening in bijlage I blijkt dat de aanschafprijs voor de zonnepanelen per Megajoule (MJ) energiebesparing op jaarbasis €0,64 is. De opwekking van energie door middel van PV-panelen is dus voordeliger dan het besparen van energie door het verhogen van de warmteweerstand van de gevels. Daarom wordt in de energieneutrale woning van Stegeman Bouw gekozen voor een warmteweerstand van $R_c = 8,01 \text{ m}^2\text{K/W}$ voor de gevels.

De meerprijs voor deze optie ten opzichte van de standaard begroting bedraagt €4011,73. De totale prijs voor het maken van het buitenspouwblad inclusief isolatie bedraagt nu €122,55/m² tegenover €80,60/ m² voor de huidige standaard woning. Alle calculaties zijn opgenomen in bijlage G.

Buitengevelisolatie met steenstrips

Naast de traditionele spouwconstructie kan er ook buitengevelisolatie toegepast worden. Het isolatiemateriaal wordt dan op het kalkzandsteen casco bevestigd door verlijming of boorankers. Deze isolatielaag wordt dan voorzien van stucwerk. Voor de afwerking zijn er verschillende mogelijkheden. Het stucwerk kan worden uitgevoerd in sierpleister, dit is dan de eindafwerking van de gevel. Dit systeem wordt veel toegepast in het buitenland. Ook kunnen er kunsthars steenstrips of keramische steenstrips op het stucwerk geplakt worden. Zo is het uiterlijk nagenoeg gelijk aan dat van een woning met een traditionele spouwmuur. Het StoTherm Vario systeem van Sto Isoned is een goed voorbeeld van een systeem dat geschikt is voor het toepassen van zowel sierpleister als steenstrips in beide uitvoeringen.

Het voordeel van buitengevelisolatie is de kleinere omvang van de constructie in vergelijking met de traditionele spouwmuur. Om $R_c = 8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ te realiseren moet 270mm isolatie toegepast worden. De totale dikte van de buitengevel bedraagt hierbij 390mm. Dit is een besparing van 50mm ten opzichte van de HR Isospray. Een ander voordeel is de ontwerpvrijheid in de gevel. Er kunnen

combinaties van steenstrips en sierpleisters gemaakt worden, zo kan het uiterlijk van de woning eenvoudig gewijzigd worden.

De reden waarom er niet voor dit systeem gekozen is, is de prijs. Voor het toepassen van StoTherm Vario gelden de volgende prijzen:

$R_c = 8,1 \text{ m}^2\text{K/W}$	270 mm EPS	
	kunsthars steenstrips:	€ 160,- / m^2
	Keramische steenstrips:	€ 185,- / m^2
$R_c = 9,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	300mm EPS	
	kunsthars steenstrips:	€ 167,50 / m^2
	Keramische steenstrips:	€ 192,50 / m^2
$R_c = 9,9 \text{ m}^2\text{K/W}$	330mm EPS	
	kunsthars steenstrips:	€ 175,- / m^2
	Keramische steenstrips:	€ 200,- / m^2

Het prijsverschil met de HR Isospray bedraagt ongeveer 30%. Dit maakt het toepassen van buitengevelisolatie met steenstrips geen relevante optie.

5.5.3. Gevelopeningen

De gevelopeningen hebben grote invloed op de energieprestatie van een woning. De warmteweerstand van deze onderdelen is lager dan die van de dichte geveldelen. Door de gevelopeningen wordt dus relatief veel energie verloren maar kan ook veel warmte binnen komen door middel van zonlicht. Er zijn veel verschillende materialen of combinaties van materialen beschikbaar om kozijnen te maken die in de gevelopeningen geplaatst worden. Enkele typen met een voldoende warmtedoorgangscoefficient zijn geselecteerd en worden in deze paragraaf beschreven en beoordeeld. Ook algemene aandachtspunten met betrekking tot kozijnen en montage komen aan de orde.

Houten kozijnen

Kozijnen worden al sinds eeuwen in hout uitgevoerd. Tegenwoordig zijn houten kozijnen verkrijgbaar bij de timmerfabriek. De houten kozijnen en ramen worden opgebouwd uit standaard profielen voor de dorpels en stijlen. Er is een grote keuze in de toe te passen houtsoorten. Er kan gekozen worden voor loofhout of naaldhout, beiden bevatten weer verschillende houtsoorten van verschillende boomsoorten.

Om het kozijn te bevestigen worden de kozijnen in de fabriek voorzien van een spouwlat. De spouwlat kan door middel van kozijnankers (bij stapelbouw) of metalen hoekjes (prefab bouw / lijmelementen) aan het skelet van de woning bevestigd worden. Het afwerkingsniveau van de houten kozijnen bij levering is afhankelijk van het gekozen concept. Bij de fabrikanten waar informatie is ingewonnen voor dit onderzoek worden de kozijnen geleverd in concept II of concept III¹³.

Concept II:

- Voorlaksysteem



Afbeelding: geïsoleerd kozijn

Bron: www.tifaoverbeek.nl

¹³ Opties in gevelproducten, de concepten I, II en III; Nederlandse Bond van Timmerfabrikanten

- Beglazing inclusief
- Bescherming dorpels aangebracht

Concept III:

- Aflaksysteem
- Beglazing inclusief
- Geheel voorzien van bescherming
- Leverancier is verantwoordelijk voor het eindproduct.

De warmteweerstand van een houten kozijn wordt mede bepaald door de gekozen houtsoort. Een naaldhoutsoort als accoya heeft een lagere λ -waarde dan een loofhoutsoort als meranti. Bij enkele timmerfabrieken in Nederland is het mogelijk om kozijnen te produceren met geïsoleerde profielen. Dat wil zeggen dat het hout van de dorpels en stijlen van het kozijn is onderbroken door een strook isolatiemateriaal. Dit geeft een betere thermische prestatie dan een standaard houten profiel.

Een goed isolerend kozijn moet ook voorzien worden van een goed isolerende deur. Deze deur is opgebouwd uit een frame dat opgevuld is met isolatiemateriaal. Het frame is vervolgens afgedekt met plaatmateriaal. Ook voor een deurkozijn geldt dat de U-waarde maximaal $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ mag bedragen. Bij de twee timmerfabrikanten die een offerte voor dit onderzoek wordt dit op verschillende wijzen ingevuld. De één heeft een eigen deur ontwikkeld met $d=100\text{mm}$, de ander maakt gebruik van de KegaPro+ deur, dit is een deur van deurenfabrikant Kegro met een hoge isolatiewaarde en $d=73\text{mm}$. De U_{deur} die uiteindelijk gerealiseerd wordt is mede afhankelijk van de grootte van het glas.

Hout – aluminium kozijnen

Deze kozijnen zijn er in verschillende varianten. De eerste variant is een houten kozijn welke aan de buitenzijde is voorzien van een aluminium afdekkap. Deze kap kan in elke gewenste kleur worden geleverd. Het voordeel hiervan is dat de gevoeligheid voor onderhoud lager wordt, het aluminium beschermd tegen de weersinvloeden. Deze variant van een hout-aluminium kozijn heeft geen betere thermische prestatie dan een houten kozijn. Het aluminium heeft dus een esthetische en praktische functie. Dit type kozijn kan ten behoeve van montage worden voorzien van een spouwlat. Om beschadigingen tijdens de bouw te voorkomen is het aan te raden om te kiezen voor montage in een stelkozijn. Omdat deze variant zich, wat de thermische prestatie betreft, niet onderscheidt van een houten kozijn is deze niet verder onderzocht.



Afbeelding: Hout-aluminium kozijn met niet isolerend aluminium
Bron: www.tifaoverbeek.nl



Afbeelding: Hout-aluminium kozijn met geïsoleerd aluminium
Bron: www.hekonorm.nl

Afstudeeronderzoek
“verkoopt duurzaam?”

De tweede variant is onderdeel van dit onderzoek. Hier is het houten kozijn ook aan de buitenzijde voorzien van een aluminium profiel. In dit geval is het profiel niet gevuld met hout, maar met hoogwaardig isolatiemateriaal. Dit resulteert in een betere isolatiewaarde van het frame. Dit betekent dat de isolatiewaarde van het gehele kozijn beter is als hetzelfde glas wordt toegepast. Het aluminium aan de buitenzijde zorgt ook bij deze variant voor een lagere onderhoudsgevoeligheid. De thermische verbetering bevindt zich in het profiel.

Het kozijn met het geïsoleerde aluminium profiel wordt gemonteerd in een stelkozijn. Zo kan de montage van kozijnen later in het bouwproces plaatsvinden. Hierdoor is er een lager risico op beschadigingen tijdens de bouw.

De deuren worden ook uitgevoerd in hout-aluminium. Het principe is gelijk aan dat van de deur voor de houten kozijnen. De deur bestaat uit een geïsoleerd houten frame en is in dit geval afgedekt met aluminium. De dikte van de deur varieert van 85mm tot 93mm. Hiermee kan een U_{deur} van minimaal $0,73 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ gerealiseerd worden.

Kunststof kozijnen

De kunststof kozijnen worden geproduceerd uit standaard kunststof profielen. De profielen zijn hol, maar wel opgebouwd uit verschillende kamers om voldoende sterkte te creëren. Als er met behulp van deze kamers niet voldoende sterkte gecreëerd kan worden, bijvoorbeeld bij langere profielen, kan er een stalen profiel in een kamer worden gemaakt. Deze kamers zorgen ook voor een goede isolatiewaarde van het kozijn. In enkele gevallen zijn ze gevuld met isolatiemateriaal, maar over het algemeen zorgt de stilstaande lucht in de kamers zorgt voor voldoende isolatie. Dit verschilt wel per fabrikant.

Kunststof kozijnen worden net als de hout-aluminium kozijnen gemonteerd in een stelkozijn. De keuze voor de deur verschilt ook per fabrikant. De twee fabrikanten die een offerte hebben uitgebracht voor dit onderzoek hebben elk een eigen oplossing. De één levert een aluminium deur in combinatie met de kunststof kozijnen terwijl de ander een kunststof deur levert. Beide oplossingen hebben een voldoende lage warmtedoorgangscoefficient.

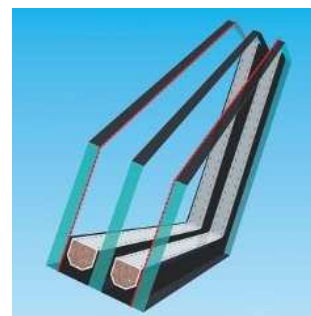
Beglazing

Om aan de eis van $U=0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ voor gevelopeningen te voldoen moet het toe te passen glas ook minimaal aan deze eis voldoen. Dit kan niet gerealiseerd worden met dubbele beglazing. Hiermee kan ten hoogste $U=1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ worden behaald. In plaats van dubbele beglazing moet daarom drievoudige beglazing worden toegepast met $U \leq 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. De ruimten tussen de verschillende schijven zijn gevuld met een hoogwaardig gas als argon of krypton. Tevens is het glas voorzien van een coating die de warmte van de zon binnen laat en de warmte uit de woning tegen houdt. Uit berekening van de U_w van de ramen van de energieneutrale woning volgt dat de U_w hierdoor gemiddeld met 31% verlaagd wordt als er glas met $U=0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ wordt toegepast in plaats van standaard HR++ beglazing met $U=1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

In onderstaande tabel zijn de EPC resultaten weergegeven van de verschillende typen glas.

		elektriciteit (MJ)	aardgas (MJ)	totaal (MJ)	Δ Energie (MJ)
ZTA 50%	$U = 0,6$	6588	18298	24886	
	$U = 0,5$	6599	18020	24619	267
ZTA 60%	$U = 0,6$	6776	17572	24348	538
	$U = 0,5$	6795	17281	24076	810
		Δ elektriciteit (MJ)	Δ aardgas (MJ)	Δ totaal (MJ)	
Isolerende afstandhouders		-19	460	441	

Ook de afstandhouders spelen een rol bij de isolatiewaarde van het glas. Standaard dubbele beglazing is voorzien van metalen afstandhouders, deze hebben een $\lambda \geq 15 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. De isolerende afstandhouders (TGI spacer) die glasfabrikant Pilkington toepast hebben een $\lambda = 0,25 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Deze sterk verbeterde λ -waarde vertaalt zich in een veel gunstigere ψ_{glas} . Uit berekening van de U_w volgt dat de U_w hierdoor gemiddeld met 13% verlaagd wordt. Naast de isolatiewaarde van glas is ook de zontoetredingsfactor (ZTA) van belang. Dit getal bepaalt in welke mate de warmte van de zon toegelaten wordt. Hoe hoger dit getal, hoe meer warmte van de zon doorgelaten



Afbeelding: Afstandhouders in beglazing
Bron: www.fakro.nl

wordt. In de winterperiode is een hoge ZTA dus gunstig omdat dit de warmtevraag deels opvangt. In de zomerperiode levert het ook extra warmte op maar dit wordt in deze periode beperkt door de zonwering. Uit EPC berekening blijkt dat een ZTA waarde van 60% een lager energieverbruik oplevert ten opzichte van een ZTA van 50%.

Drievoudige beglazing heeft in een standaard uitvoering een ZTA waarde van 50%. Om een ZTA van 60% te realiseren moet er extra helder glas worden toegepast.

Kierdichting

Om de eis van de luchtdichtheid te realiseren moeten de kozijnen en de beglazing goed luchtdicht zijn. Daarom zijn draaiende delen in kozijnen voorzien van een dubbele of driedubbele kierdichting. Ook bij de beglazing is dit een belangrijk aandachtspunt. Of er droge beglazing of kit wordt toegepast is afhankelijk van het type kozijn. Bij houten kozijnen wordt de beglazing over het algemeen afgekit en bij kunststof kozijnen wordt droge beglazing toegepast, de kunststof glaslatten zijn voorzien van afdichtingsrubbers.

Hang- en sluitwerk

Het hang- en sluitwerk speelt een belangrijke rol bij het goed functioneren van de kozijnen. Om de kierdichtingen in de draaiende delen goed te laten werken moeten deze delen zijn voorzien van knevelende meerpuntssluitingen. Dit zorgt er voor dat het raam of de deur goed tegen de kierdichtingen aangetrokken wordt.

De scharnieren die toegepast worden mogen de kierdichtingen niet doorbreken. Een oplossing hiervoor is het toepassen van 'opdek' scharnieren. Ook dit is afhankelijk van het type kozijn.

Het hang- en sluitwerk dat door de gevelopening heen gaat, zoals deurklinken en cilinders, moet ook onderbroken zijn omdat anders een kleine koudebrug gevormd wordt.

Er mag geen brievenbus worden toegepast in de kozijnen. Dit zou een veroorzaakt een luchtlek en een warmteverlies. Er moet daarom een brievenbus buiten de woning geplaatst worden.

Vergelijk kozijnen inclusief beglazing

Leverancier:	De Vries	Overbeek	Overbeek	Hekonorm	Aarnink
Materiaal	Hout oregon pine	Hout meranti	Geïsoleerd hout lariks	Hout/aluminium	Kunststof
$U_{fr,gem;vastglas}$ (W/m ² ·K)	0,95	1,10	0,86	0,87	0,74
$U_{fr,gem;draaikiep}$ (W/m ² ·K)	0,99	1,15	0,92	0,87	0,74
Deuren					
Materiaal	hout	hout	hout	hout/aluminium	aluminium
$U_{deur,gem}$ (W/m ² ·K)	0,75	0,90	0,90	0,73	0,84
Glas					
U_{glas} (W/m ² ·K)	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
$\psi_{glas,vast}$ W/m·K	0,033	0,035	0,035	0,035	0,035
$\psi_{gl,draaikiep}$ W/m·K	0,033	0,038	0,038	0,038	0,035
ZTA	50%	49%	49%	50%	50%
Geheel					
Prijs € / m ²	€ 369,09	€ 567,53	€ 593,32	€ 747,82	€ 427,38
totaal	€ 9.692,34	€ 14.903,37	€ 15.580,67	€ 19.637,88	€ 11.222,88

Voor verdere beoordeling vallen de meranti kozijnen af. Deze zijn in verhouding tot de oregon pine kozijnen veel duurder en hebben een slechtere thermische kwaliteit. Daarbij worden deze meranti kozijnen geleverd in concept II, zodat er tijdens de bouw ook geschilderd moet worden. Dit alles zorgt er voor dat de meranti kozijnen al bij voorbaat niet kunnen concurreren met de andere typen. Op basis van de bovenstaande gegevens is voor de overige typen de volgende beoordeling gemaakt:

	weging (%)	hout		geïsoleerd hout		hout - aluminium		kunststof	
		score	totaal	score	totaal	score	totaal	score	totaal
Kosten	36,7%	5	2	3	1,101	2	1	5	1,835
Thermische kwaliteit constructie	25,0%	3	0,75	4	1	4	1	3	0,75
voortgang bouwproces	22,5%	5	1,125	5	1,125	3	0,675	3	0,675
Onderhoud	15,8%	3	0,474	3	0,474	4	0,632	5	0,79
	100%	4,18		3,70		3,04		4,05	

Uit deze beoordeling wordt de conclusie getrokken dat het toepassen van houten kozijnen de beste optie is. Ten eerste is dit de goedkoopste optie, dit is ook wel te zien in de thermische kwaliteit. Deze scoort lager dan de rest, maar dit weegt niet op tegen de andere voordelen zoals de bouwsnelheid.

Deze houten kozijnen worden geleverd in concept III. Dat betekent dat de kozijnen compleet afgelakt en beglaasd zijn. Ook zijn ze geheel ingepakt in folie. Dit is ook een voordeel bij het toepassen van de gespoten PUR isolatie, de kozijnen hoeven dan niet meer beschermd te worden tegen de spuitnevel. Als de kozijnen gemonteerd zijn, zijn ze in één keer compleet. Bij het toepassen van een stelkozijn horen altijd meerdere handelingen, dit heeft een nadelig effect op de voortgang van het bouwproces. Op het gebied van onderhoud scoren de houten kozijnen ook niet het best, maar de weging van dit criterium zorgt er voor dat het niet opweegt tegen de andere voordelen ten opzichte van de overige onderzochte typen. De meerprijs van deze houten kozijnen ten opzichte van de kozijnen in de huidige standaard 2-onder-1-kap woning bedraagt € 379,34.

5.5.5 Het dak

Het dak van de woning is een groot transmissievlak waardoor veel warmte verloren kan gaan. Daarom dient dit vlak een goede isolatiewaarde te hebben. De eis die hieraan gesteld is, is $R_c \geq 10,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Een dak kan traditioneel gebouwd worden, als gordingconstructie met dakplaten, of als prefab elementen geplaatst worden. Daarnaast dient er een dakraam te worden opgenomen in het dak t.b.v. de zomernachtventilatie. Dit dakraam is behandeld in paragraaf 5.4.4.

Traditionele kap

Van oorsprong werden kappen altijd op de bouwplaats gemaakt, de spanten werden gezet en het dakbeschot werd hierop gemaakt. Het dakbeschot is in de loop der jaren vervangen door geïsoleerde dakplaten. De isolatiewaarde van deze platen was aanvankelijk laag vanwege bijvoorbeeld de steeds strengere eisen in het bouwbesluit zijn de leverbare warmteweerstanden van deze platen steeds hoger geworden. De platen bestaan uit een kern van isolatiemateriaal met aan beide zijden een dunne, vochtbestendige houtspaanplaat, ook de tengels zitten al standaard in de plaat. Dit maakt de huidige platen steviger dan de eerste exemplaren waardoor er minder gordingen benodigd zijn.



Afbeelding: Passieve dakplaat
Bron: www.kingspanunidek.com

Als eerste worden de spanten opgezet met hiertussen de gordingen. Hier worden de dakplaten overheen gelegd waarna de panlatten aangebracht worden. Dit is een bewerkelijk proces wat een langere bouwtijd tot gevolg heeft. Dakramen en dakkapellen moeten later worden aangebracht, hiervoor dient er een sparing in de dakplaten gemaakt te worden.

De luchtdichtheid is bij een energieneutrale woning zeer belangrijk, op elk detail moet gelet worden aangezien de eis van $q_{v,10;kar} \leq 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{Ag})$ anders niet gehaald wordt. De naden tussen de platen dienen normaalgesproken dicht geschuimd te worden met flexibel PUR-schuim, om voldoende luchtdichtheid te realiseren moeten deze naden ook afgeplakt worden. Ook de aansluiting van de kap op de bouwmuren is van belang, deze kunnen niet meer alleen maar met een plint afgewerkt worden, dit is niet voldoende luchtdicht. De aansluitingen zullen met een naaddichting afgedicht moeten worden. Dit vergt extra detaillering en een nauwkeurige uitvoering.

Het grote nadeel van een traditioneel getimmerde kap is de R_c -waarde, deze is niet toereikend voor de gestelde eis. Het assortiment van de meeste fabrikanten reikt niet verder dan een R_d -waarde van $6,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en de best scorende plaat die leverbaar is heeft een R_d -waarde van $9,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Om aan een R_c -waarde van $10,0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ te komen zal er dus bijgeïsoleerd moeten worden. Het toepassen van een traditionele kap kost al meer uren dan een kap uit prefab elementen. Als er ook nog bij geïsoleerd moet worden kost dit zoveel tijd dat het toepassen van deze kap niet meer opweegt tegen de prefab kap. Daarom is dit type kap niet verder onderzocht.

Prefab kap

De prefab heeft in korte tijd een groot marktaandeel verworven. De prefab kap is ontstaan omdat hiermee een kortere bouwtijd behaald kon worden. Daarnaast worden de risico's op de bouw ook meer vermeden, deze liggen nu bij de fabrikant van de kap.

De prefab kap bestaat uit meerdere HSB delen die met een kraan op de woning geplaatst worden. Het ligt aan de vorm van de kap of deze delen scharnierend aan elkaar bevestigd zijn of dat het losse delen zijn. Het grote voordeel van deze manier van bouwen is de korte bouwtijd, een kap wordt normaal gesproken in één dag geplaatst. Daarnaast is een prefab kap bouwfysisch gezien beter dan een in het werk gemaakte kap. Dit komt in de berekening van de warmteweerstand naar voren in de correctiefactor α , deze is voor prefab 0,02 tegenover 0,05 voor een in het werk gemaakte constructie. Uit de formule voor de berekening van de R_c blijkt dat deze lagere α een gunstig effect heeft:

$$R_c = \frac{\sum R_m + R_{si} + R_{se}}{1 + \alpha} - R_{si} - R_{se}$$

De elementen zelf zijn luchtdicht, er moet alleen aandacht besteedt worden aan de aansluitingen. De naden tussen de onderlinge elementen kunnen eenvoudig dicht geschuimd of afgeplakt worden met een daarvoor bestemde tape. De aansluitingen op de vloer en de bouwmuren moeten goed gedetailleerd worden en met een speciale naaddichting uitgevoerd worden.

De prefab dakdelen zijn standaard opgebouwd uit houten balken met daartussen glaswolisolatie. Voor de kappen met een hoge R_c -waarde kunnen ook zogenaamde I-liggers worden toegepast, dit zijn ranke en sterke liggers. Deze beperken het gewicht en door de dunne flens wordt een lager houtpercentage gerealiseerd dan in het geval van standaard sporen. Dit geeft weer een gunstige gewogen λ -waarde. Dit resulteert in een lagere totale dikte van de kap, het is echter de vraag of deze voordelen opwegen tegen de meerkosten. Het is daarom afhankelijk van de leverancier of er I-liggers worden toegepast of niet. Houtskelet wordt over het algemeen geïsoleerd met minerale wol vanwege de prijs en omdat dit flexibel is en daardoor goed aansluit op de houten onderdelen. Bij hoge R_c -waarden begint de dikte van het pakket ook mee te tellen. Vanwege de hogere λ -waarde van glaswol wordt bij hogere R_c -waarden door sommige fabrikanten hoogwaardige isolatie toegepast.



Afbeelding: I-liggers
Bron: www.finnforest.nl

De prefab kap kan ook eenvoudig worden voorzien van een dakraam, hiervoor kan in de fabriek een sparing aangebracht worden zodat de aansluitingen, met de nodige voorzieningen, altijd luchtdicht uitgevoerd kunnen worden. Het dakraam kan ook al in de fabriek geplaatst worden.

De warmteweerstanden die met een prefab kap te behalen zijn, zijn hoger dan de waarden die met dakplaten te behalen zijn. Op dit moment zijn R_c -waarden tot 12,0 m².K/W gangbaar.

Keuze kap

Voor de kap wordt de keuze op een andere manier gemaakt dan voor de overige onderdelen. De traditionele kap is afgefallen vanwege de R_c -waarden die niet toereikend zijn. De prefab kap is dan de enige optie die overblijft. Deze is bij alle fabrikanten in grote lijnen hetzelfde. Het verschil zit in het type liggers en het type isolatie. Het eindproduct, de dakelementen, hebben allemaal dezelfde R_c -waarden en zijn allemaal luchtdicht. Alleen de dikte kan per fabrikant verschillen. De bepalende factor is dus de prijs.

	prijs	Δ prijs	Energiebesparing [MJ]	€ / MJ
$R_c = 9,9 \text{ (m}^2\cdot\text{K/W)}$	€ 10.570,00			
$R_c = 11,2 \text{ (m}^2\cdot\text{K/W)}$	€ 11.075,00	€ 505,00	121	€ 4,17

Het verschil in de opbouw van de kappen is het type isolatie. In de kap met $R_c = 11,2 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ wordt een betere variant van glaswol toegepast, de Knauf Naturoll 032.

In bovenstaande tabel zijn de prijzen en verschillen tussen de twee kappen weergegeven. Uit EPC berekening blijkt dat de energiebesparing van een kap met $R_c = 11,2 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ ten opzichte van $R_c = 9,9 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ 121 MJ is, dat is €4,17 per MJ. Het opwekken van energie door middel van PV-panelen kost €0,64/MJ. Daarom is het voordeliger om te kiezen voor een kap met een R_c -waarde van $9,9 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.



Afbeelding: Prefab kap
Bron: www.jhk-bv.nl

De kap met een $R_c = 9,9 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ bestaat uit elementen van 2440 mm breed en is op de volgende manier opgebouwd:

- 13 mm Spano E1-V313 onbehandeld kleur groen
- Dampremmende p.e. folie 0,20 mm
- Sporen 60 x 400 mm h.o.h. 610 mm
- 400 mm glaswol Knauf Naturoll 035
- waterdichte dampopen diffusiefolie $>1400 \text{ gr/m}^2/24 \text{ uur}$
- Tengels 22 x 50 mm
- Panlatten 22 x 50 mm

Er wordt bij deze kap geen gebruik gemaakt van I-liggers maar standaard houten sporen. De dikte van de elementen is 413 mm excl. de tengels en panlatten. De elementen mogen als luchtdicht beschouwd worden vanwege de toepassing van dampremmende folie. Om de totale kap luchtdicht te maken moet er nog op de naden tussen de elementen en de aansluitingen op de bouwmuur en vloer gelet worden. Deze zullen luchtdicht afgewerkt moeten worden.

5.5.6. Resumerend

De verschillende onderdelen van het bouwkundige deel van het energieconcept zijn nu opnieuw ingevuld. Een kort overzicht van de gemaakte keuzes:

Ontwerp:

Het is van belang dat de voor- of achtergevel zuidelijk georiënteerd is. Dit omdat beide woningen van de 2-onder-1-kap woning gebruik moeten maken de energie van de invallende zon en van het dak om de PV panelen en zonnecollectoren te plaatsen. Deze moeten op het zuiden georiënteerd worden om een hoge opbrengst te realiseren.

Ander aandachtspunt bij de oriëntatie is het glasoppervlak in de gevel. In het ontwerp van de huidige standaard 2-onder-1-kap woning is in de gunstigste situatie de voorgevel zuidelijk georiënteerd omdat in deze gevel het glasoppervlak het grootst is. Om optimaal gebruik te maken van de oriëntatie moet de gevel met het grootste glasoppervlak zuidelijk georiënteerd zijn.

De overstekken worden vergroot van 0,61m in het ontwerp van de huidige standaard 2-onder-1-kap woning naar 0,73m in het nieuwe ontwerp. Deze verandering wordt veroorzaakt door de toegenomen dikte van de scharnierkap. Uit berekening is gebleken dat in deze situatie een klein overstek een lager energieverbruik oplevert dan een groot overstek.

De zonwering op de oost- en zuidgevel wordt uitgevoerd in screens, elektrisch bediend.

Voldoende zomernachtventilatie kan gerealiseerd worden door de ramen in de woning op kiepstand te zetten, in combinatie met een dakraam. Door thermische trek ontstaat er voldoende ventilatie.

Thermische schil:

In de energieneutrale woning wordt de begane grondvloer als ribcassettevloer uitgevoerd. Dit vloerelement heeft een dikte van 400mm en $R_c = 6,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

Het kalkzandsteen casco wordt voorzien van 210mm HR Isospray, dit is PUR isolatie in het werk op het casco gespoten. Dit levert een hoge luchtdichtheid op omdat deze vorm van isolatie overal naadloos op aansluit. Door het toepassen 210mm HR Isospray wordt $R_c = 8,01 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.

De gevelopeningen worden uitgevoerd in hout (oregon pine) en voorzien van 3-voudige beglazing met $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Dit levert een U_w op die varieert van $U_w = 0,71 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ tot $U_w = 0,82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

In het ontwerp van de huidige standaard 2-onder-1-kap woning is een prefab scharnierkap opgenomen. Deze vorm van kap wordt gehandhaafd. Alleen de warmteweerstand wordt verhoogd naar $R_c = 9,90 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en er wordt extra aandacht besteed aan de luchtdichtheid van de elementen. Deze worden uitgevoerd in luchtdichtheidsklasse 3.

Luchtdichtheid

De luchtdichtheid van de gevel wordt gerealiseerd door de gespoten isolatie die naadloos aansluit op alle elementen. De kozijnen worden in de fabriek al voorzien van luchtdichtingen. Voor de kap is gerekend op uitvoering in luchtdichtheidsklasse 3. Deze luchtdichtingen zijn dus in de prijs verwerkt. Vanwege de gespoten isolatie en de luchtdichte uitvoering van de kap is een hoge luchtdichtheid te verwachten. Het is echter niet bekend hoe hoog deze luchtdichtheid zal zijn en welke extra maatregelen er eventueel nog getroffen moeten worden.

De gekozen opties en het effect op de kostprijs is in onderstaand overzicht weergegeven. Ook de extra opties die gekozen kunnen worden door de koper zijn hierin opgenomen.

Onderdeel:	Uitvoering	Prijs		Prijsverschil
		huidig ontwerp	energieneutraal	
Zomernachtvent.	Dakraam	€ -	€ 1.198,32	€ 1.198,32
	rooster	€ -	€ 404,00	€ 404,00
Zonwering	Screens, elektrisch	€ -	€ 2.224,50	€ 2.224,50
Begane grond vloer	Ribcassettevloer	€ 2.065,07	€ 2.486,77	€ 421,70
Gevel	HR Isospray	€ 7.241,28	€ 11.253,01	€ 4.011,73
Gevelopeningen	Hout (oregon pine)	€ 9.312,96	€ 9.692,34	€ 379,38
Dak	Scharnierkap	€ 10.824,70	€ 17.128,27	€ 6.303,57
		totaal meerprijs bouwkundig: € 14.943,20		

Opties koper:		Prijs		Prijsverschil
		energieneutraal	optie	
Zomernachtvent.	Dakraam, automatisch	€ 1.198,32	€ 1.865,72	€ 667,40
Zonwering	Screens, automatisch	€ 2.224,50	€ 3.653,50	€ 1.429,00
		totaal meerprijs opties: € 2.096,40		

5.6 Installaties

Voor de installatietechnische onderdelen zijn niet dezelfde criteria als voor de bouwkundige onderdelen gegeven. Dit onderdeel is niet te vergelijken met de bouwkundige onderdelen die de thermische schil bevorderen. Er is een aantal concepten opgesteld die in deze paragraaf worden beschreven en beoordeeld. Dit zijn concepten die gericht zijn op een passieve woning en een standaard concept ter vergelijking. Daarnaast is er onderscheid gemaakt in een systeem dat op gas en elektriciteit werkt en een volledig elektrisch systeem, dit om te kijken of een gasaansluiting voor de woning achterwege kan blijven.

5.6.1 Uitgangspunten installatie

De mogelijkheden voor de installaties ten behoeve van verwarming, warm tapwater en ventilatie zijn onderzocht aan de hand van vooraf opgestelde concepten. Deze verschillende concepten die in deze paragraaf behandeld worden, zijn opgesteld aan de hand van de volgende eisen die zijn toegesneden op de 2-onder-1-kap woning.

Verwarming

Volgens de PeGO Conceptlijn passiefhuis is het maximale verwarmingsvermogen in een passief huis $10\text{W}/\text{m}^2$. Voor de 2-onder-1-kap woning, met een gebruiksoppervlak van $117,8\text{ m}^2$, betekent dit dat het verwarmingssysteem een minimaal vermogen moet hebben van $1,18\text{ kW}$.

Warm tapwater

De installatie in de huidige standaard woning heeft een comfort warm water klasse 4 (CW4). Omdat deze woning verder ontwikkeld en verbeterd wordt moet deze klasse minimaal gehandhaafd worden.

Ventilatie

Volgens de ventilatiebalansberekening in bijlage B moet in de woning minimaal $204\text{ m}^3/\text{h}$ geventileerd worden. Het ventilatiesysteem moet hiervoor voldoende capaciteit hebben. Het Bouwbesluit 2012 (Artikel 3.34, lid 5) stelt dat in elk verblijfsgebied maximaal 50% van de toe te voeren lucht via een ander verblijfsgebied of via een verkeersruimte mag worden toegevoerd. Daarom moet elke verblijfsruimte worden voorzien van een toevoerpunt voor verse lucht. Afzuiging gaat via ventielen in de badkamer, het toilet en de keuken. Om de luchtstromen in balans te krijgen moet er op de begane grond nog een extra afvoerpunt worden aangebracht. De exacte hoeveelheden zijn berekend in de ventilatiebalansberekening.

Leidingverloop

De leidingen van de installatie lopen door de verdiepingsvloeren. Hiervoor worden kanaalplaat leidingvloeren toegepast. Mocht het in de praktijk makkelijker blijken te zijn om breedplaatvloeren toe te passen in verband met bijvoorbeeld de hoeveelheid leidingen dan levert dit een meerprijs van €2257, - op. De calculatie is opgenomen in bijlage G. In dit onderzoek wordt vastgehouden aan het toepassen van kanaalplaatvloeren.

5.6.2 Concepten

Voor het onderzoek zijn er drie verschillende installatieconcepten samengesteld:

- CV-ketel verwarming en warm tapwater in combinatie met aparte ventilatie unit
- Alles-in-één toestel met gas aansluiting: Brink Passiefhuis toestel
- Alles-in-één toestel volledig elektrisch: Nilan Compact VP18 UVP

Het eerste concept is gekozen vanwege het feit dat de consument graag bekende en bewezen technieken ziet. Daarnaast geeft het ook antwoord op de vraag of het nog mogelijk is om een

‘standaard’ systeem toe te passen in plaats van een alles-in-één toestel. Daarnaast zijn twee alles-in-één toestellen onderzocht, deze toestellen zijn speciaal ontwikkeld voor passiehuizen, en zijn dus geschikt voor woningen met een lage warmtevraag. Tegelijkertijd hebben deze toestellen voldoende vermogen om aan de warm tapwater vraag te voldoen. Het gaat hier om een gastoestel en een volledig elektrisch toestel. Het rendement van gas om warm tapwater te bereiden is beter dan het rendement van elektriciteit. Elektriciteit is echter weer volledig op te wekken door middel van PV-panelen en bovendien wordt een gasaansluiting hierdoor overbodig.

Om de kosten voor elk concept te bepalen is van elk concept een calculatie en een EPC berekening gemaakt. Aan de hand van deze EPC berekening is bepaald welke extra maatregelen er benodigd zijn om energieneutraliteit te behalen. Zo worden de totaalkosten per concept in beeld gebracht.

Berekening energieverbruik

De verschillende installatieconcepten zijn in de EPC berekening ingevoerd (ENORM v0.8). Zo is het energieverbruik van de woning op jaarbasis bepaald. De benodigde PV-panelen om dit verbruik te compenseren zijn handmatig berekend op basis van de resultaten van de EPC berekening. Dit is handmatig gedaan vanwege de gehanteerde definitie van energieneutraal. Het programma ENORM gaat hier anders mee om. De opbrengst van de PV-panelen is wel berekend op basis van de NEN7120.

5.6.3 Basisonderdelen voor de installatie

Naast de verschillende onderdelen van de concepten is er een aantal onderdelen die in elk geval worden toegepast, ongeacht het installatieconcept.

Energie opwekking

Om een woning energieneutraal te maken zal de verbruikte energie gecompenseerd moeten worden door opwekking van energie. Dit kan door middel van windenergie en zonne-energie. Het toepassen van een windmolen voor het opwekken van windenergie is geen aantrekkelijke optie omdat de opbrengst sterk afhankelijk is van de windsnelheid op locatie. Ook de kosten wegen niet op tegen het alternatief van PV-panelen. Uit een test van verschillende windmolens blijkt dat in het meest voordelige geval de prijs voor de opwekking van windenergie €0,36/kWh¹⁴ bedraagt. Dit weegt niet op tegen €0,15/kWh uit zonne-energie bij een aanschafprijs van €2,05 per Wp en een levensduur van 25 jaar. De optie voor windenergie is daarom niet verder onderzocht. PV-panelen (Photo Voltaïsch) zetten zonne-energie om in elektrische energie. Het aantal panelen dat geplaatst moet worden om energieneutraliteit te bereiken verschilt per energieconcept. De PV-panelen zijn onder te verdelen in drie typen, namelijk monokristallijn, polykristallijn en amorf. Deze drie typen zijn in onderstaande tabel vergeleken¹⁵. Uit deze tabel blijkt dat monokristallijne PV-panelen het hoogste rendement hebben, dit type heeft een relatief klein oppervlak nodig om voldoende elektriciteit op te wekken.



Afbeelding: PV-panelen op dakpannen
Bron: www.b-solar.be

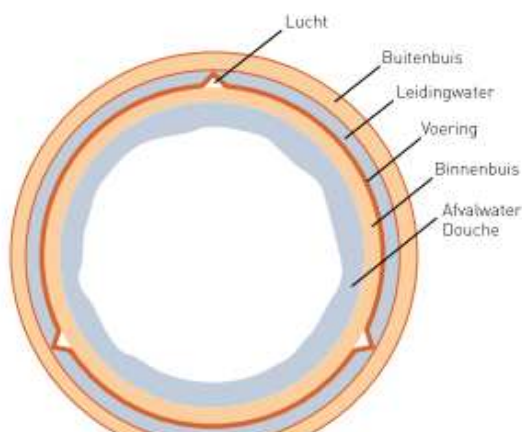
Type	vermogen Wp / m ²	Oppervlakte per KWp m ²	opbrengst kWh / m ²
Amorf silicium	54-63	18,5 - 15,9	45 - 53
Polykristallijn	121-138	8,3 - 7,2	102 - 116
Monokristallijn	135-168	7,4 - 6	113 - 141

¹⁴ www.greenchoice.nl/thuis/zelf-opwekken/met-wind/kleine-windmolen-kopen

¹⁵ <http://www.zonnepanelen.de/zonnepanelentekomst.htm>

Uit de EPC berekening blijkt hoeveel gebouwgebonden energie er verbruikt gaat worden. Dit moet gecompenseerd worden en daarnaast moet ook het gebruikersgebonden energieverbruik gecompenseerd worden. Uit de berekening in paragraaf 3.5.2 van dit rapport blijkt dat er voor de gebruikersgebonden energie 1288 kWh opgewekt moet worden. Volgens berekening (Bijlage I) komt dit overeen met 1355 Wp. Bij de verschillende installatieconcepten wordt bepaald wat het gebouwgebonden energieverbruik is en hoeveel energie er in totaal opgewekt moet worden om energieneutraliteit te realiseren.

PV-panelen worden op het dak gemonteerd. Er worden metalen steunen op de panlatten gemonteerd, hieromheen worden de pannen gelegd. Na het leggen van de pannen worden de PV-panelen geplaatst. De benodigde hoeveelheid dakpannen blijft dus gelijk. Voor het leggen van de pannen om de metalen steunen wordt door het dakdekkersbedrijf een aantal uren in rekening gebracht. Deze kosten zijn opgenomen in de prijs van PV-panelen: €2,05 per Wp vermogen.



Afbeelding: Doorsnede douchepijp-wtw
Bron: www.technea.nl

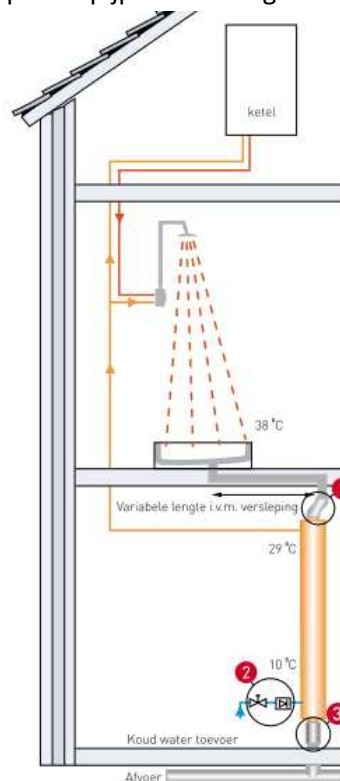
het binnenste van de pijp, van boven naar beneden. Om de binnenbuis zit een tweede, dunwandige buis. Deze buis heeft over de hele lengte een plooi. Hierdoor ontstaat een expansiemogelijkheid waardoor de buis onder invloed van de waterleidingdruk volledig tegen de binnenbuis wordt gedrukt. Dit is nodig om een goede warmteoverdracht te realiseren. Rondom deze binnenbuis stroomt het koude leidingwater van beneden naar boven. Door het tegenstroomprincipe wordt de warmte van het douchewater overgebracht naar het koude leidingwater. Dit kan een rendement opleveren tot 65%, afhankelijk van het type en de omstandigheden.

Er zijn wettelijke eisen gesteld aan de warmtewisselaar, het leidingwater mag in geen geval vervuild raken. Om aan deze eisen te voldoen en de douchepijp dus rechtstreeks op het riool te mogen aansluiten is een dubbele scheiding tussen het afvalwater en het leidingwater vereist.

Nadat het koude leidingwater is opgewarmd door de douchepijp-wtw zijn er drie mogelijkheden. Ten eerste kan het opgewarmde water rechtstreeks naar de douche gaan, het vervangt dan de koud water aansluiting. Ten tweede kan het

Douche-wtw

De douche-wtw is een simpel systeem dat de warmte uit douchewater terugwint. Er zijn drie types, namelijk de douchepijp, douchegoot en douchebak. Het meest voorkomende systeem is de douchepijp-wtw, dit is een lange pijp, ruim twee meter, die verticaal geplaatst moet worden. Dit gebeurt meestal in de meterkast, de pijp moet namelijk altijd bereikbaar blijven. De werking van het systeem is gebaseerd op het tegenstroomprincipe. De pijp wordt aangesloten op het riool en het douchewater stroomt door



Afbeelding: Werking douchepijp-wtw
Bron: www.technea.nl

opgewarmde water naar de ketel gaan zodat deze minder hoeft bij te verwarmen. Tenslotte is een combinatie van deze twee opties ook mogelijk. Dit is energetisch gezien de meest rendabele oplossing.

De energiebesparing van een douche-wtw is weergegeven in onderstaande tabel.

	elektriciteit [MJ]	aardgas [MJ]	totaal [MJ]	Δ energie [MJ]	prijs	kosten € / MJ
standaard	4549	17940	22489			
met douche wtw	4549	15297	19846	2643	€ 715,00	€ 0,27

Het besparen van energie door middel van een douchepijp-wtw is met €0,22/MJ goedkoper dan het opwekken van energie door middel van PV panelen (€0,54/MJ) die het opwekken van 1 MJ kost door middel van zonne-energie. Daarom wordt er standaard een douchepijp-wtw gemonteerd in de energieneutrale woning, onafhankelijk van het installatieconcept.

5.6.4 Concept 1: CV-ketel en ventilatie unit

Dit concept omvat een traditionele installatie van een CV-ketel ten behoeve van verwarming en warm tapwater en een ventilatie unit met warmte terugwinning ten behoeve van de ventilatie. De toestellen in dit concept zijn gebruikt als uitgangspunt. Deze merken en typen zijn niet bindend omdat de verschillende fabrikanten veel gelijkwaardige apparatuur leveren. De installateur heeft naar eigen inzicht een bepaald merk en type aangeboden.

Ventilatie

In dit concept wordt een balansventilatie unit met warmteterugwinning geïnstalleerd. Een kunststof tegenstroomwisselaar zorgt voor de warmteterugwinning. Verder is de unit voorzien van een 100% bypass. Dit houdt in dat in de zomerperiode de retourlucht buiten de warmtewisselaar om naar buiten afgevoerd wordt. Zo wordt voorkomen dat de toevoerlucht wordt opgewarmd met de afvoerlucht. Zonder deze bypass zou de woning in zomernachten nauwelijks afkoelen, dat is niet gewenst.

Standaard wordt de hoeveelheid ventilatie geregeld met een 3-standen schakelaar. De bewoner kan dan handmatig de ventilatiehoeveelheid regelen. Extra energiebesparing en een hoger gebruiksgemak kan worden bereikt met vraaggestuurde ventilatie met zonering. Het ventilatiesysteem kan dan 2 zones apart bedienen, namelijk de woonzone en de slaapzone. Zo kan 's nachts de ventilatie in de woonzone minimaal zijn en in de slaapzone verhoogd, overdag is dit omgekeerd. De ventilatiehoeveelheid wordt dan gestuurd via een CO₂ sensor. Het blijft ook nog steeds mogelijk om handmatig invloed uit te oefenen.

Het ventilatiesysteem zoals is aangeboden door de installateur maakt gebruik van de Itho HRU ecofan ventilatiebox. Deze kan zowel door middel van een 3-standen schakelaar als door CO₂ sturing geregeld worden. Beide versies zijn in onderstaande tabel weergegeven.

	elektriciteit [MJ]	aardgas [MJ]	totaal [MJ]	Δ energie [MJ]	prijs	Δ prijs	kosten € / MJ
3-standen schakelaar	4772	6025	10797		€ 3.255,00		
CO ₂ sturing en zonering	3763	4979	8742	2055	€ 4.510,00	€ 1.255,00	€ 0,61

Met €0,61/MJ energiebesparing zijn de aanschafkosten hoger dan die van zonnepanelen (€0,54 / MJ, zie berekening in bijlage I) maar omdat een automatisch gestuurd systeem ook een hoger gebruiksgemak met zich meebrengt en de energiebesparing van 2055 MJ (=571 kWh) ook aanzienlijk is wordt in dit concept gekozen voor de CO₂ sturing en zonering van het systeem gekozen.

Verwarming

Een CV-ketel zorgt voor de benodigde warmteopwekking. Er wordt verwarmd volgens het laagtemperatuur systeem ($\leq 55^{\circ}\text{C}$ aanvoer) omdat dit energiezuiniger is dan een hoogtemperatuur systeem ($\leq 90^{\circ}\text{C}$ aanvoer). Ook is het hoogtemperatuur systeem niet geschikt voor deze woning vanwege de lage warmtevraag. De woning zal dan snel te warm worden omdat de radiator meer warmte afgeeft dan benodigd is als deze eenmaal is gevuld met heet water.

Uit EPC berekening blijkt dat het toepassen van radiatoren of vloerverwarming nagenoeg geen invloed heeft op de energieprestatie mits beiden maar in een laagtemperatuur systeem worden toegepast. Daarom wordt vanwege het comfort gekozen voor vloerverwarming in de gehele woning. Het nadeel van dit systeem is dat het niet snel kan reageren.

Warm tapwater

De CV-ketel wordt gebruikt voor verwarming en levering van warm tapwater. Bij toepassing van een CV-ketel voor de levering van warm tapwater is een voorraadvat (boiler) niet vereist.

De verwarming van de woning en de levering van warm tapwater zou bijvoorbeeld kunnen met de Atag E264C. Deze ketel heeft een CW-klasse 4 en met 26 kW ruim voldoende vermogen voor het verwarmen van de woning.

De kosten voor de installatie van deze CV-ketel een laagtemperatuur verwarmingssysteem bedragen:

- CV installatie Atag E264C € 4284,-

Zonnecollector

Om het energieverbruik voor warm tapwater verder te beperken kan de CV-installatie uitgebreid worden met een zonnecollector en een voorraadvat. Het water in het voorraadvat wordt opgewarmd door de vloeistof die via de zonnecollector door een leiding in het voorraadvat stroomt. Deze collectorvloeistof transporteert de zonnewarmte dus naar het water, dit is een gesloten systeem. Het water uit het voorraadvat wordt via de CV-ketel naar het tappunt getransporteerd. Omdat het water al is voorverwarmd door de zon hoeft de ketel niet of nauwelijks bij te verwarmen.

Er zijn meerdere typen collectoren beschikbaar op de markt. Deze zijn onder te verdelen in twee groepen, namelijk de vlakke plaat collectoren en de heatpipe collectoren.



Afbeelding: vlakke plaat collector
Bron: www.aetec.be

De vlakke plaat collector is het meest bekende type collector. Deze bestaat uit een isolerende bak waarin een zwarte plaat is gemonteerd (absorber). Deze plaat vangt door zijn zwarte kleur veel zonnewarmte op. Op deze plaat zijn vloeistofleidingen gemonteerd. De vloeistof in deze leidingen neemt de warmte uit de absorber op, zo kan de warmte naar het voorraadvat getransporteerd worden.

Een heatpipe collector is opgebouwd uit verschillende buizen. Deze buizen zijn in vacuüm collectoren geschoven. Deze vacuüm collectoren zijn voorzien van aluminium vinnen. Deze vinnen geven de warmte van buitenaf door aan de heatpipe. Als deze heatpipe opwarmt verdampt de vloeistof in de heatpipe. De damp die ontstaat condenseert in de condensor bovenin de collector. Van hieruit wordt de warmte naar het voorraadvat getransporteerd en loopt de gecondenseerde vloeistof weer naar beneden waar het proces weer opnieuw begint.



Afbeelding: heatpipe collector
Bron: www.econo.nl

In de EPC berekening levert het een extra voordeel op als het collector systeem voorzien is van een zonnekeur label. Dit omdat dit label aangeeft dat het systeem voldoet aan bepaalde kwaliteitseisen, deze kwaliteit wordt door de NEN7120 gehonoreerd.

	elektriciteit [MJ]	aardgas [MJ]	totaal [MJ]	Δ energie [MJ]	prijs	kosten € / MJ
zonder boiler	3335	14020	17355			
Vlakke plaat collector 2,37m ²	3635	10185	13820	3535	€ 2.125,00	€ 0,60
Vlakke plaat collector 4,74m ²	3735	8906	12641	4714	€ 2.375,00	€ 0,50
Heatpipes 5,6 m ²	6042	5043	11085	6270	€ 3.658,80	€ 0,58

Het energieverbruik van de woning zal gecompenseerd moeten worden. Dit gebeurt enerzijds door energiebesparing en anderzijds door energie opwekking. Opwekking gebeurt via PV-panelen. Om het energieneutrale concept zo goedkoop mogelijk te ontwikkelen is per energiebesparende maatregel berekend wat de kosten per MJ besparing zijn. De kosten voor het installeren van zonnepanelen zijn € 0,54 / MJ. Het installeren van een zonneboiler weegt hier met maximaal €0,50 / MJ ruim tegen op. Om een maximale energiebesparing te realiseren wordt een zonneboiler geïnstalleerd met een collectoroppervlak van 4,74 m².

Voordelen:

- Eenvoudige installatie en eventuele vervanging vanwege de losse componenten.
- Traditionele installatie geniet de voorkeur bij de koper, zie ook paragraaf 3.3.1.

Nadelen:

- Vloerverwarmingssysteem reageert traag op eventuele warmte door invallende zon

Resultaten:

Op basis van het energieconcept met daarin dit eerste installatieconcept is het jaarlijkse energieverbruik volgens de NEN7120 als volgt:

- | | | | |
|---------------------------------------|-------------|-----------|-----------------------|
| • Elektriciteit: | 2975 | MJ | |
| • Aardgas: | 6401 | MJ | |
| • Gebruikersgebonden energieverbruik: | <u>4635</u> | <u>MJ</u> | (zie paragraaf 3.5.2) |
| Totaal: | 14011 | MJ | (EPC = 0,22) |

In de energieneutrale woning wordt dit energieverbruik gecompenseerd door opwekking van energie. Dit wordt gerealiseerd door PV-panelen op het dak te plaatsen. Vanwege de grootte van de energievraag moeten er panelen op zowel het zuidelijke dakvlak als het oostelijke dakvlak worden toegepast. Per dakvlak moeten de volgende vermogens worden geplaatst:

- Zuid georiënteerd: 2203,4 Wp (= maximaal aantal)
- Oost georiënteerd: 2448,2 Wp (= maximaal aantal)

Met de toepassing van deze PV panelen kan nog geen volledige energieneutraliteit worden gerealiseerd. De jaarlijkse resterende energievraag is 12,06 kWh. Dit kan niet worden gecompenseerd door het toepassen van PV panelen omdat er geen ruimte meer is op het zuidelijk of oostelijk georiënteerde dakvlak. De berekening en de tekening van het dakvlak is opgenomen in bijlage H.

De totaalprijs voor de installatie volgens concept I bedraagt € 30.750,-. Dit is een meerprijs van €18.690,- ten opzichte van de huidige standaard woning. De calculatie hiervan is opgenomen in bijlage G.

5.6.5 Concept 2: Brink Climate Systems Passiefhuistoestel

Het Brink passiefhuistoestel is een alles in één toestel voor verwarming, ventilatie en warmwatervoorziening. Het toestel is ontwikkeld voor woningen met een lage warmtevraag, zoals passiefhuizen. In een andere vermogensvariant is het ook geschikt voor goed geïsoleerde en luchtdichte nieuwbouwwoningen en vernieuwende renovatieprojecten. De capaciteit van het toestel is aangepast aan de lage warmtevraag van deze woningen. Het toestel is zo ontworpen dat het rendement optimaal is voor woningen met een geringe warmtevraag.

Het toestel bestaat uit een aantal hoofdcomponenten die aan elkaar gekoppeld zijn. De warmte die wordt opgewekt wordt opgeslagen in een boiler met een inhoud van 200 liter. Deze warmte wordt in eerste instantie opgewekt door twee zonnecollectoren met een totale oppervlakte van 3,98 m² die op het dak geplaatst worden (Brink Sun Set). Deze verwarmt het water in de boiler tot zestig graden. Op het moment dat de collector niet aan de warmtevraag kan voldoen, met name in de wintermaanden, is er een klein CV-toestel (Intergas Kombi Kompakt HRE24/18) dat het bovenste deel van het water in de boiler bijverwarmd. Daarnaast bevat het toestel een ventilatie-unit (Brink Renovent HR) die op het toestel is gemonteerd.

Ventilatie

De woning wordt geventileerd middels een conventioneel ventilatiesysteem, de Renovent HR medium. Dit is een ventilatiebox met warmteterugwin-unit die de warmte uit de afgezogen lucht overdraagt aan de verse lucht die wordt toegevoerd. In deze unit zit een kunststof tegenstroom wisselaar waarmee het rendement kan oplopen tot 95%. Daarnaast beschikt de unit over een bypass zodat er, wanneer nodig, sneller gekoeld kan worden op het moment dat het buiten koeler is dan binnen. De verse lucht wordt toegevoerd in de verblijfsruimten en op de benodigde punten afgezogen. Regeling kan door middel van een 3-standen schakelaar of automatisch door middel van CO₂ sturing. In dit concept is uitgegaan van een automatische sturing, om dezelfde redenen als bij concept I.

De ventilatie-unit is uitgerust met een elektrische voorverwarmer. Deze maakt het mogelijk ook bij lage buitentemperaturen de gevraagde hoeveelheid buitenlucht aan te zuigen en voldoende te verwarmen.

Verwarming

De woning wordt op basis van luchtverwarming verwarmd door middel van het ventilatiesysteem. Na de WTW-unit is een naverwarmer gemonteerd die de verse lucht op de juiste temperatuur brengt alvorens deze de woning wordt ingeblazen. De naverwarmer gebruikt de warmte uit de boiler als bron.

Warm tapwater

Het warm tapwater komt rechtstreeks uit de boiler. Om te zorgen dat dit warm tapwater altijd de juiste temperatuur heeft wordt het niet naverwarmd als het uit de boiler komt, maar wordt het in de boiler al op temperatuur gehouden. Door het water op een juiste manier uit de boiler te pompen en weer op de juiste manier terug te laten stromen, zodat er geen wervelingen ontstaan, kan het bovenste deel van het water verwarmd worden zonder dat het onderste deel opwarmt. Dit komt door de gelaagdheid die ontstaat in het water, het warme water blijft door het temperatuurverschil boven in het vat zitten. Voor het verwarmen wordt er gebruik gemaakt van een Brink Kombi Kompakt HRE 24/18, dit is een HR-107 cv-ketel



Afbeelding: Brink passiefhuistoestel
Bron: www.brinkclimatesystems.nl

Het toestel is compact genoeg om op de zolder van de 2-onder-1-kap woning geplaatst te kunnen worden. De leidingen van en naar de zonnecollector en de aan- en afvoerkanalen van de ventilatie kunnen zo relatief kort worden gehouden. Bij eventuele vervanging kan het toestel door het dakraam getransporteerd worden.

De aansluitingen voor gas en water zijn dicht bij elkaar geplaatst aan de zijkant van het toestel, dit maakt het overzichtelijk en compleet afgewerkt. De aansluitingen voor de ventilatie en de rookgasafvoer zitten bovenop het toestel.

Voordelen:

- Compact toestel.
- Luchtverwarming kan snel reageren op invallende warmte van de zon.

Nadelen:

- Prijs.
- De consument ziet liever een 'bekend' systeem, zie ook paragraaf 3.3.1.

Resultaten:

Op basis van het energieconcept met daarin dit eerste installatieconcept is het jaarlijkse energieverbruik volgens de NEN7120 als volgt:

• Elektriciteit:	3089	MJ	
• Aardgas:	7297	MJ	
• Gebruikersgebonden energieverbruik:	<u>4635</u>	<u>MJ</u>	(zie paragraaf 3.5.2)
Totaal:	15021	MJ	(EPC = 0,24)

In de energieneutrale woning wordt dit energieverbruik gecompenseerd door opwekking van energie. Dit wordt gerealiseerd door PV-panelen op het dak te plaatsen. Vanwege de grootte van de energievraag moeten er panelen op zowel het zuidelijke dakvlak als het oostelijke dakvlak worden toegepast. Per dakvlak moeten de volgende vermogens worden geplaatst:

- Zuid georiënteerd: 2448,2 Wp (= maximaal aantal)
- Oost georiënteerd: 2448,2 Wp (= maximaal aantal)

Met de toepassing van deze PV panelen kan nog geen volledige energieneutraliteit worden gerealiseerd. De jaarlijkse resterende energievraag is 59,83 kWh. Dit kan niet worden gecompenseerd door het toepassen van PV panelen omdat er geen ruimte meer is op het zuidelijk of oostelijk georiënteerde dakvlak. De berekening en de tekening van het dakvlak is opgenomen in bijlage H.

De totaalprijs voor de installatie volgens concept I bedraagt € 37.890,-. Dit is een meerprijs van €25.830,- t.o.v. de huidige standaard woning. De calculatie hiervan is opgenomen in bijlage G.

5.6.6 Concept 3: Nilan VP18 Compact UVP

De Nilan VP18 Compact UVP is een alles in één toestel met als basis een lucht-water warmtepomp. Het toestel verzorgt ventilatie, verwarming en warm tapwater. Het toestel werkt volledig op elektrische energie en maakt dus een gasaansluiting voor de woning overbodig.

Het toestel bestaat uit een warmtewisselaar voor de ventilatielucht, een luchtwarmtepomp en een warm tapwater reservoir van 180 liter. De

Afbeelding: Nilan VP18 Compact
Bron: www.nilanbelgium.be



warmtepomp levert de warmte voor de vloerverwarming en kan in de zomer via hetzelfde systeem koelen. Het warm tapwater wordt opgewarmd met de restwarmte van de ventilatielucht, ook middels een warmtepomp. De warmtewisselaar beschikt ook over een bypass voor de zomermaanden. Er kan dan in de nacht gekoeld worden omdat de warmte vanuit de woning dan niet wordt overgedragen aan de toegevoerde lucht.

Ventilatie

De basis van het ventilatiegedeelte is een polystyreen warmtewisselaar met een rendement tot 85%. De warmtewisselaar brengt de warmte uit de afgezogen lucht over naar de verse lucht, er wordt daarbij gebruik gemaakt van polystyreen vanwege de betere eigenschappen ten opzichte van metaal. Dit komt doordat polystyreen de warmte minder naar de oppervlakte van de warmtewisselaar leidt dan metaal dat doet. Daarnaast wordt er middels een warmtepomp warmte uit de afgevoerde lucht gehaald en weer afgegeven aan de verse lucht of aan het warm tapwater toegevoegd. Het systeem kan geregeld worden door middel van een 4-standen schakelaar.

Verwarming

De verwarming van de woning is gebaseerd op een warmtepomp die de warmte levert voor het verwarmingssysteem, in dit geval vloerverwarming. Buiten de woning komt een split unit die de warmte naar het basistoestel leidt. Dit zorgt ervoor dat er geen grote luchtkanalen aangelegd hoeven te worden. Het nadeel is dat er aan de buitenkant van de woning een unit geplaatst wordt die het uiterlijk van de woning niet ten goede komt. De warmte die via de leidingen het basistoestel binnenkomt wordt via de verwarmingseenheid overgedragen aan het verwarmingselement voor de vloerverwarming.

Koeling

Het toestel is ook geschikt om te koelen. Het systeem gaat dan tegenovergesteld werken en haalt warmte uit de leidingen van de vloerverwarming, deze warmte wordt door de warmtepomp afgegeven aan de buitenlucht. Daarnaast kan de temperatuur van de verse ventilatielucht ook met 8°C omlaag gebracht worden doordat hier warmte uitgehaald wordt en wordt afgegeven aan het warm tapwater.



Afbeelding: Werking Nilan compact VP18 UVP

Bron: www.nilanbelgium.be

Warm tapwater

Het warm tapwater zit in een 180 liter reservoir en wordt verwarmd door de warmtepomp die gebruik maakt van de restwarmte uit de ventilatielucht. Mocht deze onvoldoende capaciteit dan kan de warmtepomp voor verwarming bijspringen.

Het toestel is met zijn afmetingen van 90x60x200 centimeter compact van formaat. Hierdoor is het toestel goed op de zolder te plaatsen. Dit is ook wel een vereiste want door het compacte ontwerp van de woning is er op de begane grond en de 1^e verdieping ook geen plek voor een dergelijke installatie. De benodigde aan- en afvoerkanalen van de ventilatie kunnen op deze manier kort gehouden worden. Daarnaast geeft de installatie op de zolder het minste geluidsoverlast.

Voordelen:

- Compact toestel
- Mogelijkheid tot koelen
- Volledig elektrisch systeem, gasaansluiting is niet nodig.

Nadelen:

- Prijs
- Vloerverwarmingssysteem reageert traag op eventuele warmte door invallende zon
- Geen CO₂ sturing ventilatie mogelijk.
- Buiten unit is esthetisch niet gewenst.
- De consument ziet liever een 'bekend' systeem, zie ook paragraaf 3.3.1.

Resultaten:

Op basis van het energieconcept met daarin dit eerste installatieconcept is het jaarlijkse energieverbruik volgens de NEN7120 als volgt:

• Elektriciteit:	9169 MJ	
• Gebruikersgebonden energieverbruik:	<u>4635 MJ</u>	(zie paragraaf 3.5.2)
Totaal:	13804 MJ	(EPC = 0,36)

In de energieneutrale woning wordt dit energieverbruik gecompenseerd door opwekking van energie. Dit wordt gerealiseerd door PV-panelen op het dak te plaatsen. Vanwege de grootte van de energievraag moeten er panelen op zowel het zuidelijke dakvlak als het oostelijke dakvlak worden toegepast. Per dakvlak moeten de volgende vermogens worden geplaatst:

- Zuid georiënteerd: 3182,7 Wp (= maximaal aantal)
- Oost georiënteerd: 1224,11 Wp (= maximaal aantal)

Met de toepassing van deze PV panelen kan volledige energieneutraliteit worden gerealiseerd. De netto jaarlijkse energieopbrengst is 84,18 kWh.

De berekening en de tekening van het dakvlak is opgenomen in bijlage H.

De totaalprijs voor de installatie volgens concept I bedraagt € 44.166,-. Dit is een meerprijs van €32.106,- t.o.v. de huidige standaard woning. De calculatie hiervan is opgenomen in bijlage G.

5.6.7 Keuze concept

In onderstaande tabel zijn de eigenschappen en prestaties van de drie verschillende installatieconcepten weergegeven.

	Concept I	Concept II	Concept III
	CV + zonneboiler	Passiefhuistoestel	Luchtwarmtepomp
Verwarming			
opwekking	CV ketel	CV - ketel + collector	luchtwarmtepomp
medium	water	lucht	water
systeem BG	vloerverwarming	lucht	vloerverwarming
systeem verd.	LT radiatoren	lucht	vloerverwarming
Warm tapwater			
opwekking	CV + zonneboiler	CV + zonneboiler	ventilatie- en warmtepomp
Ventilatie			
systeem	HR WTW ($\eta \approx 95\%$)	HR WTW ($\eta \approx 95\%$)	HR WTW ($\eta \approx 85\%$)
bediening	CO ₂ sturing	CO ₂ sturing	4-standen schakelaar
EPC resultaat			
	0,22	0,24	0,36
PV-panelen			
type	monokristallijn	monokristallijn	monokristallijn
vermogen	150 Wp/m ²	150 Wp/m ²	150 Wp/m ²
Aantal:			
Zuidgevel	9 (14,69 m ²)	10 (16,32 m ²)	13 (21,22 m ²)
Oostgevel	10 (16,32 m ²)	10 (16,32 m ²)	5 (8,16 m ²)
Prestaties			
Resterend energievraag	12,06 kWh	59,83 kWh	- 84,18 kWh
Meerprijs	€ 18.691,16	€ 25.830,98	€ 32.106,84
Totaalprijs	€ 30.750,76	€ 37.890,58	€ 44.166,44
Terugverdientijd	17 jaar	19 jaar	20 jaar

Op basis van de grote onderlinge prijsverschillen is gekozen voor concept I. Dit concept is ook het meest vertrouwd bij de consument omdat het een installatie met bekende componenten is. Om deze redenen zal de consument ook de voorkeur hebben voor concept I.

Op het gebied van comfort en gebruiksgemak zijn de verschillende concepten niet uitputtend onderzocht. De onderlinge verschillen zijn op dit gebied niet groot. Een CO₂ gestuurd ventilatiesysteem levert een groter gebruiksgemak omdat de bewoner er geen omkijken naar heeft. De concepten I en II onderscheiden zich hierin van concept III.

Uit onderzoek (Van de Cruys, 2009) blijkt dat vloerverwarming wordt door de bewoner als comfortabel ervaren. De concepten I en III onderscheiden zich hierin van concept II.

Er is uiteindelijk gekozen voor concept I vanwege de prijs en de wensen van de consument.

5.7 Haalbaarheid

Nadat de kosten voor de energieneutrale woning zijn uitgerekend is er onderzoek gedaan om te beoordelen of het haalbaar is om de energieneutrale woning nu al in de markt te zetten. Dit heeft te maken met de hoogte van de extra investering en de terugverdientijd van deze investering. Uit het onderzoek blijkt dat de consument wel wil investeren, maar onder bepaalde voorwaarden, zoals beschreven in hoofdstuk 4. Om een goed vergelijk met de aanschaf van een standaard woning te kunnen maken zijn de woonlasten berekend. Deze zijn opgebouwd uit de energielasten en de hypotheeklasten. Op basis van de verschillende woonlasten is de terugverdientijd van de extra investering voor een energieneutrale woning berekend.

5.7.1 Bouwkosten

De kosten voor de huidige standaardwoning bedragen €99.673,70 incl. BTW. Voor de drie installatieconcepten zijn de meerprijzen uiteengezet in de onderstaande tabel.

Kosten incl. BTW			
	Concept I	Concept II	Concept III
Meerprijs bouwkundig	€ 14.943,20	€ 14.943,20	€ 14.943,20
Meerprijs installatie	€ 18.691,16	€ 25.830,98	€ 32.106,84
	€ 33.634,36	€ 40.774,18	€ 47.050,04
Aannemerskosten ca. 10%	€ 3.305,75	€ 4.007,49	€ 4.624,31
	€ 36.940,11	€ 44.781,67	€ 51.674,35
BTW 19%	€ 7.018,62	€ 8.508,52	€ 9.818,13
Totale meerkosten	€ 43.958,73	€ 53.290,19	€ 61.492,48
Totale kosten	€ 143.632,43	€ 152.963,89	€ 161.166,18

Installatieconcept I komt als goedkoopste concept naar voren met een meerprijs van €43.958,73 en komt daarmee op een totaalprijs van €143.632,43 voor de bouwkosten.

5.7.2 Energiekosten

Voor het bepalen van de terugverdientijd moet bekend zijn wat de prijs van energie is, hoe deze is opgebouwd en wat de verwachting voor de toekomst is. Door dit te onderzoeken kan een juiste aanname gedaan worden voor de te verwachten energieprijzen. Hierbij dient een scheiding te worden gemaakt tussen elektriciteit en gas.

De consument betaalt voor elektriciteit en gas jaarlijks de verbruikskosten en de netwerkkosten. De kosten worden in rekening gebracht door de energieleverancier zodat er maar één rekening is. De netwerkkosten worden door de leverancier in rekening gebracht en vervolgens afgedragen aan de netwerkbeheerder. De verbruikskosten bestaan uit de volgende onderdelen.

- *Vaste leveringskosten (vastrecht)*
Het vastrecht is een vast bedrag per maand of jaar dat de energieleverancier in rekening kan brengen.
- *Variabele leveringskosten*

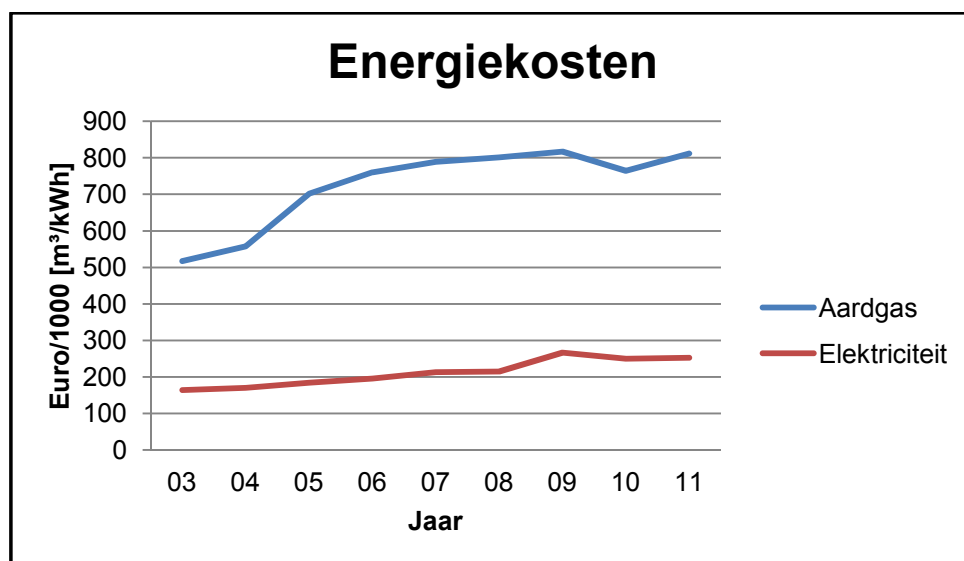
Dit zijn de kosten die betaald worden voor het energieverbruik en rechtstreeks ten goede komen aan de leverancier. Het bedrag wordt bepaald door het verbruik te vermenigvuldigen met het verbruikstarief.

- *Energiebelasting*
Dit is de belasting die de overheid heft over het energieverbruik. Het is een bedrag per verbruikte kWh elektriciteit, het wordt door de energieleverancier in rekening gebracht en vervolgens afgedragen aan de overheid.
- *Heffingskorting*
Een deel van het energieverbruik is onbelast en wordt verrekend via de heffingskorting. De hoogte van deze belastingvermindering wordt jaarlijks vastgesteld. Indien er minder energiebelasting wordt betaald dan heffingskorting, krijgt men toch de volledige belastingvermindering. Bij erg lage verbruiken is het dus mogelijk dat men geld terugkrijgt van de leverancier.

De netwerkkosten bestaan uit de volgende onderdelen.

- *Periodieke aansluitvergoeding*
Dit is een vast bedrag per maand of jaar dat betaald moet worden voor de aansluiting op het elektriciteitsnetwerk.
- *Vastrecht transport*
Dit is het bedrag dat betaald moet worden voor het transport van de energie.
- *Capaciteitstarief*
Dit bedrag wordt betaald voor de grootte van de aansluiting.
- *Systeemdiensten*
Dit zijn de kosten voor de diensten van de beheerder van het landelijk hoogspanningsnet (TenneT). Dit landelijk netwerk staat boven het regionale netwerk wat de netbeheerder beheert. De systeemdiensten hoeven alleen voor elektriciteit betaald te worden en niet voor gas, vanwege het ontbreken van een hoogspanningsnet.
- *Meterkosten*
Dit zijn de kosten voor het gebruik, controle, onderhoud en de opname van de meter.

De meeste componenten zijn vaste kosten, de variabele delen zijn de variabele leveringskosten (aanschafprijs) en de energiebelasting. Dit zijn de twee delen waarop een kostenbesparing valt te behalen door zelf energie op te wekken.



Dat de prijs van elektriciteit en gas alsmear hoger wordt is algemeen bekend. Om hier ook goed rekening mee te kunnen houden is de gemiddelde stijging van energieprijzen in de afgelopen 8 jaar berekend op basis van cijfers van het Centraal Bureau voor de Statistiek. Uit deze cijfers (ook weergegeven in onderstaande tabel) blijkt dat de energieprijzen voor elektriciteit en gas de afgelopen acht jaar elk jaar gemiddeld met 6% is gestegen.

	Gas		Elektriciteit	
Jaar	[1000 m ³]	Stijging [%]	[1000 kWh]	Stijging [%]
2003	€ 517,00		€ 164,00	
2004	€ 558,00	7,9%	€ 170,00	3,7%
2005	€ 701,00	25,6%	€ 184,00	8,2%
2006	€ 760,00	8,4%	€ 196,00	6,5%
2007	€ 789,00	3,8%	€ 213,00	8,7%
2008	€ 801,00	1,5%	€ 215,00	0,9%
2009	€ 817,00	2,0%	€ 267,00	24,2%
2010	€ 764,00	-6,5%	€ 250,00	-6,4%
2011	€ 812,00	6,3%	€ 253,00	1,2%
Gemiddelde stijging		6,1%		5,9%

De netwerkkosten stijgen ook jaarlijks. Voor de hoogte van deze stijging is uitgegaan van de inflatie in Nederland. Deze bedroeg in de periode van 2002 – 2011 gemiddeld 1,89%.¹⁶

De huidige prijs voor energie is per leverancier verschillend en ook verschillend opgebouwd. Het vastrecht verschilt echter niet veel, tussen het hoogste en het laagste bedrag zit een verschil van ruim twaalf euro. Door meerdere prijzen met elkaar te vergelijken is er een gemiddelde tot stand gekomen. Elektriciteit kost gemiddeld € 0,219/kWh en gas € 0,614/m³. Het bedrag dat men ontvangt voor elektriciteit die wordt opgewekt en niet wordt verbruikt, dus wordt geleverd aan het net verschilt ook per energieleverancier. Uit navraag bij energieleverancier Essent blijkt dat zij het leveringstarief dat in het contract van de afnemer staat, ook vergoeden voor terug geleverde elektriciteit.

Voor de teruglevering van energie wordt het aankoop bedrag zonder energiebelasting (€ 0,136) gerekend, € 0,083 per kWh.

De energieprijzen van een aantal leveranciers zijn in onderstaande tabel weergegeven.

¹⁶ <http://www.cbs.nl/nl-nl/menu/themas/prijzen/publicaties/artikelen/archief/2012/2012-3548-wm.htm>

Leverancier	Elektriciteit	Gas	Vastrecht	
			elektriciteit	gas
Anode	€ 0,208	€ 0,600	€ 28,50	€ 28,50
Delta	€ 0,210	€ 0,611	€ 38,08	€ 17,85
Nuon	€ 0,227	€ 0,612	€ 27,00	€ 33,00
Electrabel	€ 0,222	€ 0,626	€ 27,50	€ 27,50
Oxxio	€ 0,220	€ 0,591	€ 23,85	€ 23,85
Essent	€ 0,222	€ 0,633	€ 29,85	€ 29,85
DONG Energy	€ 0,226	€ 0,614	€ 23,85	€ 23,85
Eneco	€ 0,220	€ 0,626	€ 23,85	€ 27,20
Gemiddeld	€ 0,219	€ 0,614	€ 27,81	€ 26,45

Bron: www.energieprijzen.nl (15-5-2012)

5.7.2 Hypotheeklasten

De woonlasten bestaan uit energielasten en hypotheeklasten. Een energiezuinige woning heeft lage energielasten, maar de extra investering moet wel gefinancierd worden. Dit brengt hogere financieringslasten met zich mee. Om het voordeel van de aanschaf van een energiezuinige woning te kunnen berekenen moeten ook de financieringslasten van de benodigde hypotheek bepaald worden.

Hypotheekvorm

In politiek Den Haag is onlangs besloten dat het fiscale voordeel van een hypotheek (hypotheekrenteaftrek) wordt beperkt. Het voordeel geldt per 1 januari 2013 alleen voor hypotheeklen die in 30 jaar volledig en ten minste annuïtair worden afgelost¹⁷. Voor aflossingsvrije hypotheeklen vervalt dit voordeel dan. Het voordeel geldt dan alleen nog voor de lineaire hypotheek en de annuïteiten hypotheek. De lineaire hypotheek brengt in het begin hoge bruto maandlasten met zich mee, bij een annuïteiten hypotheek blijven deze maandlasten gelijk. De betaalde rente neemt telkens af omdat er afgelost wordt, de hypotheekrenteaftrek wordt dus ook telkens lager. In de berekening voor dit onderzoek is daarom uitgegaan van een annuïteiten hypotheek, deze komt in elk geval in aanmerking voor hypotheekrenteaftrek.

Hypotheekrente

De hypotheekrente is bepalend voor de financieringslasten. Het bedrag dat aan rente wordt betaald is de prijs voor het verkrijgen van geld. De hypotheekrente is afhankelijk van de marktomstandigheden. Als een hypotheek wordt afgesloten met Nationale Hypotheek Garantie (NHG) heeft dit een gunstig effect op de hoogte van de rente. Omdat tegenwoordig het overgrote deel van de hypotheeklen wordt afgesloten onder NHG¹⁸ is dit gunstige effect meegenomen in de berekening.

De hoogte van de rente wordt ook bepaald door de keuze tussen een variabele en een vaste rente voor een bepaalde periode. Omdat het verloop van de hypotheekrente in de toekomst moeilijk te voorspellen is in de berekening uitgegaan van een rentevaste periode van 20 jaar. Het rentepercentage dat tijdens deze periode betaald moet worden is gerekend voor de gehele aflossingsperiode van 30 jaar.

De rekenwaarde voor de hypotheekrente is bepaald door de rentepercentages van een aantal banken te middelen. Hieruit volgt dat de gemiddelde rente voor een hypotheek onder NHG met een rentevaste periode van 20 jaar 5,66% bedraagt.

¹⁷ <http://www.consumentenbond.nl/test/geld-verzekering/wonen/hypotheeklen/nieuws/2012/onzalig-hypotheekplan-kunduz-akkoord>

¹⁸ http://www.hypotheekrente.nl/nieuws/779/Recordaantal_hypotheeklen_met_NHG_door_crisis.html

Bank	Rentepercentage
WestlandUtrecht Bank	5,29%
Aegon	5,15%
Delta Lloyd	5,80%
ASR	5,40%
SNS Bank	6,15%
Bank of Scotland	5,75%
ABN Amro	5,75%
ING	5,95%
gemiddeld:	5,66%

Bron: www.hypotheekshop.nl/actuele-rentes (31-5-2012)

Hoogte hypotheek

De bijkomende kosten voor een hypotheek bij aanschaf van een nieuwbouwwoning bedragen volgens de normen van de NHG 8% over de aankoopsom van de woning.

De aankoopsom van de woning bestaat uit de aanschaf van de grond en de bouwkosten. De bouwkosten verschillen per energieconcept. Voor de bepaling van de grondkosten is een kavel in de gemeente Hellendoorn van 250m² met een grondprijs van €347, - / m² (incl. BTW) als uitgangspunt genomen.¹⁹

Hypotheekrenteaf trek

De hoogte van de hypotheekrente aftrek wordt bepaald door de volgende factoren:

- Loonheffingpercentage 42%
- WOZ waarde € 250.000, -
- Eigenwoningforfait 0,60%

Het inkomen is bepalend voor het percentage van de hypotheekrente dat kan worden afgetrokken. In de berekening is uitgegaan van een persoon met een inkomen tussen de € 33.863 en € 56.491, hierbij hoort een loonheffingpercentage van 42%. Dit is een reële aanname, ook omdat iemand met een inkomen tussen € 18.945 en € 33.863 een loonheffingpercentage van 41,95% betaalt, nagenoeg 42%.

In overleg met Stegeman Bouw is een WOZ waarde van €250.000 als uitgangspunt genomen. Omdat de ontwikkeling van de WOZ waarde in de toekomst op dit moment erg onzeker is, is deze WOZ waarde voor de hele periode gelijk gehouden.

Het eigenwoningforfait is het bedrag dat wordt bepaald aan de hand van een percentage van de WOZ waarde. Over dit bedrag mag geen hypotheekrente worden afgetrokken. Het percentage van de WOZ waarde dat hiervoor gehanteerd wordt bedraagt 0,60%. Dit komt overeen met een bedrag van €1500, -.

Op het moment dat het bedrag van de betaalde hypotheekrente lager is dan het eigen woning forfait mag het positieve verschil tussen de hypotheekrente en het eigen woning forfait worden afgetrokken.

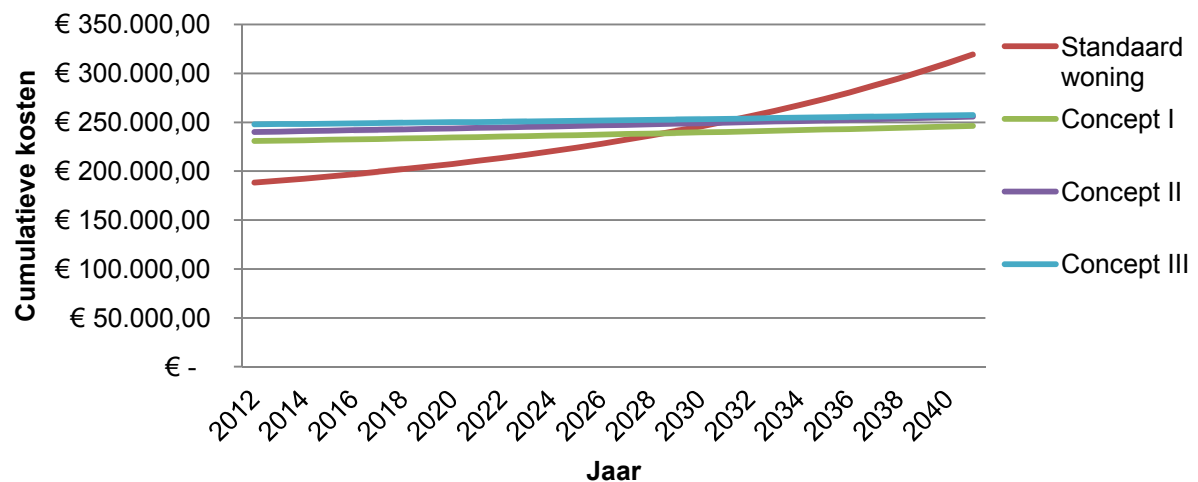
5.7.3 Terugverdientijd

De terugverdientijd verschilt per concept en is dan ook voor alle concepten berekend. Dit geeft duidelijk aan welk installatieconcept uiteindelijk het voordeligst is, omdat de aanschaf- en verbruikskosten zijn doorberekend. Om de terugverdientijd exact te berekenen zijn de aanschafkosten en de jaarlijkse verbruikskosten cumulatief opgesteld. Door dit voor de drie

¹⁹ http://www.hellendoorn.nl/diensten/projecten/kruidentwijk-zuid/00001/Nieuwsbrief_februari_2011.pdf/

concepten en de huidige standaardwoning te doen kan eenvoudig bepaald worden na welke periode het energieneutrale concept winstgevend wordt ten opzichte van de huidige standaardwoning. In onderstaande grafiek zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven. De exacte berekening is terug te vinden in bijlage K.

Terugverdientijd installatieconcepten



Uit de berekening blijkt dat installatieconcept I zich als eerste heeft terugverdiend, dit is na 18 jaar. Voor installatieconcept II is dit 20 jaar en voor installatieconcept III 21 jaar. Uit eerder onderzoek blijkt echter dat de consument een terugverdientijd van maximaal tien jaar accepteert, zie paragraaf 4.2.

Achttien jaar zal dus niet algemeen geaccepteerd worden. Daarnaast bedraagt de extra investering € 43.959, -. Dit is bijna drie keer zoveel als het bedrag dat de consument extra wil investeren, namelijk ongeveer € 15.000, -.

Deze resultaten laten zien dat het nu nog niet mogelijk is om de consument een energieneutrale woning te verkopen in plaats van een woning met een EPC van 0,6, zonder dat de consument hier een investering voor moet doen die hij niet wenst. De energieneutrale woning zal dus verkocht kunnen worden aan de categorie consumenten die de mogelijkheid heeft en bereid is om extra te investeren in een energiezuinige woning en deze investering niet binnen 10 jaar terugverdiend wil hebben.

5.8 Conclusie

Op basis van de standaard 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw is een nieuw energieconcept ontwikkeld. Toepassing van dit energieconcept levert een energieneutrale woning op. Het kalkzandsteen casco en de kanaalplaat verdiepingsvloeren uit het huidige concept zijn behouden. In het bouwkundige deel van het nieuwe energieconcept is uit meerdere opties gekozen voor een ribcassettevloer op de begane grond, gespoten PUR isolatie in de spouw en houten kozijnen met tripane beglazing. De warmteweerstand van de scharnierkap is verhoogd tot $R_c = 9,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$. Verder zijn voorzieningen getroffen voor passieve koeling in de zomerperiode door middel van zomernachtventilatie.

In dit bouwkundig concept wordt een traditionele installatie geïnstalleerd. Deze voorziet in verwarming door middel van een HR-ketel. Deze ketel wordt gecombineerd met een zonneboiler en een voorraadvat ten behoeve van de levering van warm tapwater, de energievraag voor warm tapwater wordt nog verder verlaagd door het toepassen van een douchepijp wtw. In ventilatie wordt voorzien door een HR-WTW unit. Het ventilatiesysteem is gezoned en CO_2 gestuurd. Deze totale installatie geniet de voorkeur van de gemiddelde consument en is veruit het goedkoopst.

Om energieneutraliteit te realiseren worden PV-panelen geplaatst die voorzien in het resterende energieverbruik. De dakvlakken aan de zuidzijde en de oostzijde worden hiervoor volledig benut. De meerprijs (exclusief staartkosten en BTW) van het nieuwe energieconcept ten opzichte van de standaard woning bedraagt:

• Bouwkundig;	€ 14.943,20
• Installatietechnisch:	<u>€ 18.691,16</u>
Totaal:	€ 33.634,36

De totale meerprijs inclusief staartkosten en BTW voor de energieneutrale woning met installatieconcept I bedraagt €43.958,73. De terugverdientijd van deze extra investering bedraagt 18 jaar. Uit het antwoord op deelvraag twee is gebleken dat de consument tot ongeveer € 15.000,- onder de voorwaarde dat deze investering binnen 10 jaar is terugverdiend.

De energieneutrale woning van Stegeman Bouw zal dus op dit moment nog niet goed verkocht kunnen worden omdat de investering te hoog is en de terugverdientijd te lang. Om verkoop toch mogelijk te maken zullen er subsidies of voordelige financieringen beschikbaar moeten zijn die de extra investering verlagen, waardoor de terugverdientijd ook korter wordt.

6. Energieneutraal bouwen

6.1 Inleiding

Energieneutraal bouwen brengt de nodige veranderingen met zich mee, verspreid over het hele bouwproces. Dit hoofdstuk doet verslag van het onderzoek naar deze veranderingen waarbij de veranderingen worden onderverdeeld in drie categorieën, te weten de communicatie met de koper, de voorbereiding van de bouw en de uitvoering van de bouw. Door deze drie onderwerpen te onderzoeken moet deelvraag vier beantwoord worden, die luidt als volgt:

Wat betekent het energieneutraal bouwen voor de procesvoering van Stegeman Bouw?

Aan het eind van dit hoofdstuk zal duidelijk zijn waar de aannemer op moet letten als hij een energieneutrale woning wil verkopen. Daarnaast is bekend met welke veranderingen er in de voorbereiding en tijdens de bouw rekening moet worden gehouden.

6.2 Communicatie met de koper

Bij de verkoop van een woning is veel communicatie vereist tussen de verkopende en de kopende partij. In deze communicatie zijn twee fasen te onderscheiden, namelijk de fase waarin de potentiële koper wordt overgehaald om de woning te kopen en de fase waarin de koper besloten heeft de woning daadwerkelijk te kopen.

In de eerste fase zal de persoon overgehaald moeten worden om de woning te kopen, de woning moet hiervoor aangeprezen worden. In de tweede fase zal voorlichting moeten worden gegeven over de specifieke kenmerken van de woning met betrekking tot het gebruik er van. Uit het voorgaande deel van dit onderzoek is ook gebleken dat de consument over het algemeen een sterke behoefte aan informatie op het gebied van de energieneutrale woning heeft. In de eerste fase om de drempel van de onbekendheid weg te nemen en in de tweede fase om de woning zo te gebruiken dat er een optimaal klimaat met een minimaal energieverbruik ontstaat.

6.2.1. De houding van de koper

Om de aankoop van een energieneutrale woning te overwegen zal de consument eerst een positieve houding tegenover de specifieke eigenschappen van deze woning moeten krijgen. Deze houding wordt vooral bepaald door de volgende factoren (Bouwfonds, 2010 en Klein, 2011):

- **Prijsbesef**
De mate waarin consumenten energie besparen om financiële redenen. Dit is een zeer belangrijk, zo niet het belangrijkste, motief.
- **Milieubesef**
De mate waarin consumenten zich zorgen maken over het milieu. Een groot milieubesef betekent echt niet direct dat de consument ook milieubewust zal kiezen, dit motief is vaak ondergeschikt.
- **Comfort**
De beoordeling van het comfort van een woning hangt sterk samen met het niveau van de kennis en ervaring van de mens. Maar het comfort van een woning draagt in grote mate bij aan het woongenot van de mens. Het is dus zeer zeker een relevant motief.
- **Gezondheid**
De mate waarin consumenten bezorgd zijn over de toestand van het binnenmilieu in een energiezuinige woning.

De factor prijsbesef is de enige factor waarin de consument met harde cijfers overtuigd kan worden. Dit is dus de meest objectieve factor. De factor milieubesef legt het over het algemeen af tegen het prijsbesef, het financiële voordeel gaat voor het milieu. Bij de keuze voor een woning is de prijs een veel belangrijker aandachtspunt dan de energiezuinigheid.

Voor de factoren comfort en gezondheid geldt dat deze zeer subjectief zijn. De ervaringen op deze gebieden verschillen per persoon. Met de juiste hoeveelheid informatie moet de eventuele negatieve houding van de consument worden omgebogen in een positieve. Deze hoeveelheid informatie verschilt per consument en is ook afhankelijk van het kennisniveau.

Het belangrijkste uitgangspunt bij de verkoop van de energieneutrale woning is dus het financiële plaatje dat hierbij hoort. Ieder mens is geïnteresseerd in voordeel voor de eigen portemonnee. De consument laat zich graag goed en uitgebreid informeren over de mogelijkheden en kosten. Hij laat hierdoor mede zijn koopgedrag bepalen. Transparantie van de verkopende partij is hierbij wel noodzakelijk (Klein, 2011).

6.2.2 Beïnvloeding van de koper

De consument is beïnvloedbaar op de verschillende factoren zoals die in de vorige subparagraaf beschreven zijn.

De energieneutrale woning van Stegeman Bouw heeft een hogere aanschafprijs dan dezelfde woning die volgens het huidige concept is gebouwd. Dit prijsverschil schrikt de consument af. Daarom moet het prijsverschil gerelativeerd worden. Dit kan door te communiceren op basis van woonlasten in plaats van de aanschafprijs of hypotheeklasten.

De woonlasten omvatten de kosten voor het bewonen van de woning. Dat is de hypotheek om de aanschaf te realiseren en het energieverbruik dat hoort bij het gebruik van de woning. Op deze wijze kan het financiële voordeel van een energieneutrale woning ten opzichte van de huidige standaard woning duidelijk gemaakt worden en het verschil in de aanschafprijs gerelativeerd worden.

Om transparant te zijn moet de opbouw van de berekening van de woonlasten duidelijk zijn voor elke partij. Door de opbouw duidelijk te maken kan de consument de berekening ook eenvoudig vertalen naar zijn eigen specifieke situatie.

Naast het financiële plaatje zijn ook comfort en gezondheid van belang. Zoals eerder genoemd verschilt de houding hierin per persoon en is deze afhankelijk van het kennis niveau. Daarom moet de consument met de juiste hoeveelheid informatie benaderd worden. Als iemand bijvoorbeeld via de media veel negatieve berichten heeft ontvangen over balansventilatie, dan heeft deze persoon een negatieve houding tegenover deze installatie. Er wordt echter wel een balansventilatiesysteem toegepast. In een gesprek met deze persoon zal deze negatieve houding omgebogen kunnen worden door bijvoorbeeld de oorzaken van de problemen uit te leggen en vervolgens te verklaren waarom dit bij de energieneutrale woning van Stegeman Bouw niet voor zal komen.

In de praktijk zou het voorgaande als volgt uitgewerkt kunnen worden: op het reclamebord bij de bouwplaats kan gestuurd worden op het kostenplaatje van de energieneutrale woning, weergegeven in de woonlasten. Als mensen geïnteresseerd zijn kunnen zij een folder ontvangen waarin het kostenplaatje onderbouwd wordt. Hierin worden ook de factoren comfort en gezondheid kort behandeld door de specifieke eigenschappen van de energieneutrale woning van Stegeman Bouw te vergelijken met de huidige standaard woning en te onderbouwen waarom de energieneutrale woning een beter comfort geeft en een bijdrage levert aan een goede gezondheid. De factor milieubesef kan achterwege worden gelaten, deze wordt al voldoende aangeprezen door bijvoorbeeld het lage energieverbruik dat in het kostenplaatje is onderbouwd.

Een ander punt dat de consument zou kunnen beïnvloeden zijn keurmerken. De meeste keurmerken zullen de consument weinig zeggen, maar een aantal kunnen wel degelijk van invloed zijn. De GPR-score geeft een cijfer tussen de 1 en 10 over de duurzaamheid van de woning, dit is voor de

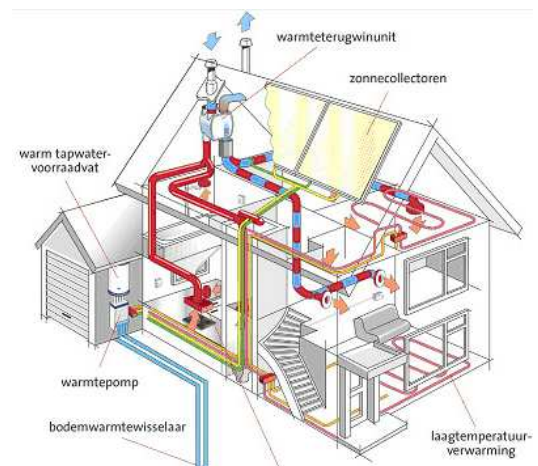
consument goed te begrijpen. Op dit moment geniet de GPR-score echter nog maar weinig bekendheid en het is de vraag of de bekendheid in de toekomst toe zal nemen. Mocht dit wel gebeuren dan is dit een goed keurmerk.

Daarnaast is er het PassiefBouwen Keur, dit kan verkregen worden als men bouwt volgens de richtlijnen van dit keurmerk. De energieneutrale standaardwoning is volgens deze richtlijnen ontworpen, hier zit echter geen keurmerk op. Als de consument graag een keurmerk wil dan is dit zeker mogelijk. Het keurmerk bestaat uit twee delen, allereerst moet het ontwerp voldoen aan de eisen van het keurmerk. Zo moet er een PHPP berekening komen en moeten de warmteweerstanden van voldoende kwaliteit zijn. Tijdens de bouw worden er twee controles op de bouwplaats uitgevoerd om te kijken of er ook daadwerkelijk volgens het ontwerp gebouwd wordt. Deze controles en het extra werk dat dit met zich meebrengt kosten extra geld. Hier tegenover staat het keurmerk dat de consument na de bouw ontvangt. De waarde die hieraan gehecht wordt zal per consument verschillen, over de financiële waarde van een dergelijk keurmerk of certificaat is weinig te zeggen.

6.2.3 Gebruiksaanwijzing bij de woning

Zoals eerder in dit onderzoek (paragraaf 3.3.2.) al is beschreven, heeft de consument door de bank genomen weinig kennis op het gebied van de energieneutrale woningen. Om er voor te zorgen dat de consument geen negatieve ervaringen met deze woning krijgt, moet er voor gezorgd worden dat deze de woning op de juiste wijze gebruikt. De bewoner moet de eigenschappen en eisen van de woning en installaties hiervoor kennen. Enkele onderdelen waar aandacht aan geschonken moet worden bij de in gebruik name van de woning zijn:

- **Zomernachtventilatie**
Het principe van dit systeem moet uitgelegd worden, zodat het ook goed gebruikt kan worden door de bewoner.
- **Balansventilatiesysteem**
Over dit systeem zijn verschillende negatieve berichten in de media geweest. Mensen zouden ernstige gezondheidsklachten krijgen als gevolg van het balansventilatiesysteem²⁰. Om dit te voorkomen moeten de bediening van het systeem en het vereiste onderhoud als het vervangen van de filters aan de klant uitgelegd worden.
- **Verwarming**
Van de verwarmingsinstallaties moet de bediening ook uitgelegd worden, op welke wijze wordt de woning verwarmd. De handleiding van de installatie en dan met name die van de thermostaat moet aanwezig zijn. Door de hoge warmteweerstanden van de woning zal de manier van verwarmen namelijk anders zijn dan men gewend was. Dit moet met de bewoner doorgesproken worden en na dit gesprek moet het voor de bewoner duidelijk zijn hoe deze de woning op een juiste manier kan verwarmen. Indien de installatie ook kan koelen moet ook dit uitgelegd worden.



Afbeelding: installaties in een woning
Bron: www. wassink.nl

Om deze en eventuele andere aandachtspunten goed over te brengen op de koper kan een kleine gebruiksaanwijzing bij de woning worden opgesteld. Dit is een samenvatting van de gebruikershandleidingen van de toegepaste installaties. In deze handleiding kan de bewoner snel en eenvoudig zien wat hij minimaal moet doen om een goed en gezond binnenklimaat te krijgen en te houden. Tijdens de oplevering kan deze handleiding doorgelopen en overhandigd worden.

²⁰ http://brandpunt.kro.nl/seizoenen/2011/afleveringen/15-05-2011/fragmenten/verstikkende_ventilatie/

6.3 Voorbereiding van de energieneutrale woning

Het voorbereidingstraject van een energieneutraal project vraagt meer aandacht dan dat van een woning volgens de huidige standaard. Er zijn allerlei extra zaken die extra aandacht vereisen. Dit begint al vroeg in de ontwerpfase van de woning. Niet elk ontwerp is geschikt om als energieneutraal uit te voeren. Communicatie tussen de verschillende partijen als architect, aannemer en de installateur is van groot belang. Tijdens de werkvoorbereiding zijn er allerlei extra dingen waarop gelet moet worden zoals de detaillering met betrekking tot de thermische kwaliteit en de luchtdichtheid hiervan.

6.3.1 Ontwerp

Het ontwerp van de woning is van invloed op het energieverbruik, daarom is een goed ontwerp van groot belang voor een energieneutrale woning. Daarom is het van belang dat er tijdens het ontwerp al wordt samengewerkt tussen de architect, aannemer en installateur. De architect moet een goed energiezuinig ontwerp maken, de woning moet zeer energiezuinig zijn waardoor er maar weinig compensatie door middel van PV-panelen benodigd is. Hiervoor dient er met een aantal dingen rekening gehouden te worden.

- *Oriëntatie*
De oriëntatie van de woning is van groot belang vanwege de zontoetreding, zoals beschreven in het vorige hoofdstuk. Bij het ontwerp moet de situering dus bekend zijn. Dit houdt ook in dat er niet zomaar een ontwerp gemaakt kan worden dat in de hele wijk toepasbaar is. De vorm van de kap moet zo zijn dat elke woning PV-panelen en zonnecollectoren kan plaatsen die op het zuiden gericht zijn. Daarnaast kan het een voordeel zijn om een woning van binnen zo te ontwerpen dat de binnenkant gespiegeld kan worden ten opzichte van de buitenkant zodat dezelfde woning aan beide zijden van de straat te bouwen is.
- *Glasoppervlakte*
Het glasoppervlakte in de gevel is bij het ontwerp ook een aandachtspunt. De zuidgevel moet een groot glasoppervlakte bevatten om de zonnewarmte goed te kunnen benutten en de noordgevel een klein oppervlak om onnodig warmteverlies tegen te gaan.
- *Materialisatie en detaillering*
De materiaalkeuze voor een project is van invloed op de detaillering. Bij deze detaillering zijn bij een passiefhuis of energieneutrale woning de luchtdichtheid en de thermische kwaliteit de belangrijkste aandachtspunten. Door hier al tijdens het ontwerp aandacht aan te schenken kan het risico op luchtlekken of onvoldoende isolerende details worden ingeperkt. Bij Oude Lenferink Bouw worden de ontworpen details ter beoordeling aangeboden aan een bouwkundig adviesbureau. Dit bureau geeft eventuele verbeteringen en aandachtspunten in de details aan. Zo zijn in een vroeg stadium de aandachtspunten bekend en kan hierop in het verdere traject geanticipeerd worden.
Enkele details die horen bij de energieneutrale woning van Stegeman Bouw zijn opgenomen in bijlage A.

Bij het ontwerp is het ook van belang dat er goed wordt gecommuniceerd tussen de architect, de aannemer en de installateur. Hierdoor kan direct het optimale ontwerp gemaakt worden. De grootste verandering in het ontwerpproces is dat de verschillende partijen die betrokken zijn bij de bouw ook al bij het ontwerp worden betrokken. Zo wordt het ontwerp integraal tot stand gebracht.

6.3.2 Werkvoorbereiding

Om goed inzichtelijk te krijgen wat er voor de werkvoorbereiding verandert, is er een gesprek gevoerd met dhr. Tempert, projectleider bij Oude Lenferink Bouw uit Hardenberg. Deze aannemer is onderdeel van de Ter Steege Groep en heeft ervaring met passief en energieneutraal bouwen, het verslag van dit interview is opgenomen in bijlage F.

- *Tijdsbesteding*
Bij de werkvoorbereiding van een energieneutrale woning zijn er twee grote factoren die extra tijd kosten. Ten eerste kost het voorbereiden, vanwege extra overleg met onderaannemers en de detaillering, meer tijd dan de voorbereiding van de bouw van een woning volgens de huidige standaard. Ten tweede zijn er veel nieuwe aspecten, deze kosten vooral in het begin als men weinig ervaring heeft met energiezuinig bouwen meer tijd, er moet nog ervaring opgedaan worden. Na het bouwen van meerdere energiezuinige woningen zal de tijdsbesteding wel lager worden dan bij het eerste project. Dhr. Tempert heeft de ervaring dat er op kantoor ongeveer twee keer zoveel uren voor de voorbereiding benodigd zijn ten opzichte van de bouw van een woning volgens de huidige standaard.
- *Productkeuze detaillering*
Tijdens het ontwerp zijn de details al bepaald. Voor het realiseren van de luchtdichtingen zijn talloze mogelijkheden, hiervoor moeten de juiste producten op de juiste plaats toegepast worden. Enkele fabrikanten van luchtdichtingsmiddelen geven hiervoor adviezen af door in de details de toe te passen producten aan te geven. Zo wordt een goede luchtdichting gegarandeerd, mits deze goed aangebracht is.

Energie-neutraal bouwen is voor alle partijen in de markt relatief nieuw. Dit zorgt ervoor dat veel zaken nog onderzocht moeten worden, voor verschillende problemen is nog niet bekend wat de beste oplossing is en veel specifieke producten zijn nieuw voor de aannemer. Dit zal vooral bij de eerste energieneutrale bouwprojecten extra tijd kosten.

De vereiste grote zorgvuldigheid en de communicatie met de verschillende partijen kosten veel tijd. Belangrijke aandachtspunten bij de werkvoorbereiding zijn dus de tijdsbesteding en kennis van zaken.

6.4 Realisatie van de energieneutrale woning

De uitvoering van de bouw van een energieneutrale woning vergt ook extra aandacht. Voor een goede uitvoering is ook op de bouwplaats kennis van zaken vereist. De details waar naar verwezen wordt zijn opgenomen in bijlage A.

6.4.1. Bouw

- *Kennis*
Kennis van zaken met betrekking tot energieneutraal bouwen is bij het gehele proces van belang. Voor het bouwplaatspersoneel gaat het met name om het juist uitvoeren van de detaillering en het op de goede wijze toepassen van de producten, met name met betrekking tot de luchtdichtingen. Al het personeel moet zich ervan bewust zijn wat de gevolgen van een luchtlek kunnen zijn. Er zijn praktijkcursussen beschikbaar voor bouwplaatspersoneel. Voor het UTA personeel is er bijvoorbeeld de cursus Passief Bouwen. Uit het gesprek met dhr. Tempert bleek dat dergelijke cursussen effect hebben op het personeel en de geleverde kwaliteit. Het personeel kreeg een beeld bij het begrip passief bouwen. Naast de lesstof is het brede publiek dat bij de cursus aanwezig is ook erg leerzaam. Iedereen heeft zijn eigen invalshoek zodat ook het onderlinge contact bij een dergelijke cursus of bijeenkomst zeer leerzaam is. Ervaring moet echter uit de praktijk verkregen worden.

- **Personeel**

Dhr. Tempert geeft in het interview ook aan dat hij bij luchtdicht bouwen ook rekening houdt met de persoonlijke eigenschappen van het personeel. De ene persoon werkt netter en nauwkeuriger dan de ander, dit is ook van invloed op de uiteindelijk geleverde kwaliteit.

- **Luchtdichtheid**

Een belangrijk aspect bij de uitvoering van een energieneutrale woning is de luchtdichtheid. Als er een eis van $q_{v,10;kar} \leq 0,15 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{m}^2_{Ag})$ geldt, dan kan men zich in de uitvoering geen fouten veroorloven, deze komen tijdens de blower door test naar voren. De belangrijke punten zitten in de aansluitingen tussen verschillende constructies en de draaiende delen in de gevelopeningen.

In de energieneutrale woning van Stegeman Bouw wordt de luchtdichtheid gerealiseerd door het toepassen van in het werk gespoten isolatie en een prefab scharnierkap met een luchtdichtingspakket.

- **Kozijnen(detail 2 t/m 5)**

De kozijnen die in de gevel geplaatst worden moeten naadloos aansluiten op het binnenblad. Het kalkzandsteen binnenblad is onderdeel van de luchtdichte schil waarin de opening een onderbreking is. Door het kozijn te plaatsen wordt deze opening luchtdicht, mits alle naden ook luchtdicht afgewerkt worden. De aansluiting tussen het kalkzandsteen casco en spouwlat/stelkozijn kan door middel van spuitisolatie luchtdicht worden afgewerkt of door middel van een sealer die gespoten wordt aangebracht. Bij een stelkozijn moet de aansluiting tussen kozijn en stelkozijn ook van een dubbele kierdichting voorzien worden. Ook het glas moet luchtdicht geplaatst worden. De uitvoering hiervan verschilt per leverancier.



Afbeelding: luchtdichte aansluiting kozijn
Bron: www.sbr.nl

- **Draaiende delen(detail 2 t/m 5)**

De draaiende delen moeten voorzien worden van een dubbele kierdichting, een enkele kierdichting laat teveel lucht door om de eis voor luchtdichtheid te realiseren. Vooral bij de voordeur moet hier aandacht aan geschonken worden, deze deur draait naar binnen en dit bemoeilijkt de luchtdichting van de dorpel.

- **Kalkzandsteen**

De kalkzandsteen bouwmuren worden als luchtdicht beschouwd, dit houdt in dat de elementen altijd volledig verlijmd moeten zijn. Hier moet de onderaannemer zich goed van bewust zijn. Ook dilataties moeten luchtdicht worden afgewerkt.

- **Muren/vloeren (detail 1,6)**

De aansluiting van de kalkzandsteen bouwmuren op de verdiepingsvloeren mag niet als luchtdicht worden beschouwd. Dit moet aan de buitenzijde afgeplakt worden. T.p.v. de woningscheidende wand wordt dit bemoeilijkt door de smalle spouw, een bredere spouw is hier een eventuele oplossing.

- **Verdiepingsvloeren (detail 6)**

Als er kanaalplaatvloeren als verdiepingsvloeren worden gebruikt moeten de kanalen aan de uiteinden luchtdicht worden afgesloten. Gebeurt dit niet dan kan er lucht vanuit de spouw, via de kanalen, de woning instromen via de centraaldozen.

- *Kap (detail 6 t/m 8)*

Bij de kap moeten alle naden goed worden afgeplakt, met name de aansluiting van de kap op de muurplaat en het daarbij behorende detail verdient de aandacht. Hier komen meerdere constructies bij elkaar.

- *Doorvoeren*

De doorvoeren door de thermische schil ten behoeve van bijvoorbeeld de verschillende installaties moeten luchtdicht worden uitgevoerd, dit kan door middel van manchetten of door het afplakken van de naden.



Afbeelding: doorvoer met manchet

Bron: www.sbr.nl

In de uitvoeringsfase komen alle aspecten uit de ontwerpfase en werkvoorbereidingsfase bij elkaar. Het personeel moet hier mee om kunnen gaan. Men moet zich bewust zijn van het feit dat er veel meer aandacht moet worden geschonken aan de details dan bij de bouw van een woning volgens de huidige standaard.

6.4.2 Toetsing behaalde kwaliteit

In bepaalde gevallen is een toetsing van de behaalde kwaliteit vereist. Dit kan bijvoorbeeld nodig zijn voor het toekennen van een bepaald certificaat aan een woning, bijvoorbeeld het Passief Bouwen Keur. Ook kunnen testresultaten een verplicht onderdeel zijn voor het verkrijgen van een subsidie.

De testresultaten waar in veel gevallen om gevraagd wordt zijn:

- Luchtdichtheid: Blower-doortest
- Thermische kwaliteit: Infrarood foto's
- Ventilatie: Meting ventilatiedebieten

De tests geven weer in welke mate de ontworpen kwaliteit gerealiseerd is. Omdat er aan de hand van de testresultaten nog eventuele verbeteringen plaats kunnen vinden verkleint dit ook het risico op verschillen in het verwachte energieverbruik en het werkelijke energieverbruik.

De tests moeten zo vroeg mogelijk in de bouwfase worden uitgevoerd, bijvoorbeeld na het sluiten van de schil met de gesloten isolatie. Dit maakt het uitvoeren van verbeteringen eenvoudiger omdat de eventuele gebreken dan makkelijker toegankelijk zullen zijn.

6.5 Conclusie

De communicatie met de koper richt zich op vier factoren, te weten prijsbesef, milieubesef, comfort en gezondheid. Het prijsbesef is vaak van doorslaggevend belang, vanwege de hogere verkoopprijs moet hierbij vooral gestuurd worden op de woonlasten. Comfort en gezondheid zijn zeer subjectief en hierbij moet goed worden ingespeeld op de consument. Daarnaast kan de consument nog overtuigd worden door middel van een keurmerk of certificaat. Verder moet er een gebruiksaanwijzing van de woning en installaties gemaakt worden die tijdens de oplevering behandeld wordt. Hierdoor weet de bewoner ook hoe deze in de woning een aangenaam klimaat kan creëren en in stand kan houden zonder dat dit een hoger energieverbruik oplevert.

Tijdens het ontwerp van de woning dient er al vroeg in het traject overleg plaats te vinden tussen architect, aannemer en installateur. Hierdoor kan de installatie in het ontwerp opgenomen worden zodat er achteraf geen aanpassingen gedaan hoeven te worden. Ook dient er in het ontwerp rekening te worden gehouden met de oriëntatie en het glasoppervlakte van de woning, dit is van invloed op het energieverbruik. De detaillering van de woning dient ook goed uitgewerkt te worden, met name op het gebied van luchtdichtheid, dit is namelijk een risicovol onderwerp. Hiervoor is het verstandig om bijvoorbeeld een deskundig adviesbureau in de hand te nemen. Verder moet in acht worden genomen dat de werkvoorbereiding van de woning meer tijd in beslag neemt dan die van een 'standaard' woning.

Tijdens de uitvoering is kennis over luchtdicht bouwen vereist. Fouten met betrekking tot luchtdichtheid zijn niet te verbergen en komen tijdens de blower door test altijd aan het licht. Tijdens de bouw zijn er meerdere punten die de aandacht verdienen en waar extra op gecontroleerd moet worden. Het is dan ook aan te raden om het personeel te selecteren op persoonlijke eigenschappen en gericht te scholen, dit geldt voor zowel het UTA personeel als het bouwplaatspersoneel.

7. Conclusies en aanbevelingen

De huidige standaard 2-onder-1-kap woning van Stegeman Bouw voldoet niet meer aan het nieuwe bouwbesluit. De eisen met betrekking tot energieprestatie worden steeds verder aangescherpt, tot energieneutraal in het jaar 2020. De vraag is dan ook of deze woning zodanig energieneutraal ontworpen kan worden zodat het haalbaar is om de woning nu al te verkopen en te bouwen. Het nieuwe ontwerp, dat is gebaseerd op de huidige standaardwoning, is energieneutraal. Om dit te realiseren is de thermische schil opnieuw ontwikkeld en is een nieuw installatieconcept toegepast.

Het ontwerp van de woning is niet specifiek gericht op energiezuinigheid. Dit wil niet zeggen dat het niet mogelijk is om met het huidige ontwerp energieneutraliteit te bewerkstelligen, maar enkele aanpassingen in het ontwerp zoals een groter glasoppervlak op het zuiden kunnen er voor zorgen dat de zon beter tot de woning kan toetreden. Dit doet de netto warmtevraag in de winter afnemen. Door de thermische schil te verbeteren is de basis voor een energieneutrale woning gelegd. Voor de vloer is er voor een geïsoleerde ribcassettevloer gekozen vanwege het financiële aspect. De gevel wordt voorzien van gespoten PUR-isolatie, dit levert een goede warmteweerstand op en bovendien zorgt het voor een hoge luchtdichtheid omdat het uiteindelijk een schil uit één geheel vormt. Dit levert een lager risico op luchtlekken op en een besparing op de aan te brengen luchtdichtingen. De houten kozijnen zijn van oregon pine gemaakt en voorzien van trip-pane beglazing. De ramen hebben een dubbele kierdichting zodat deze voldoen aan luchtdichtheidsklasse drie. De warmteweerstand van de scharnierkap is verhoogd.

Het nieuwe installatieconcept is uitgebreider dan het huidige concept. Het bestaat uit een CV-ketel, een balansventilatie unit met warmteterugwinning, een zonneboiler aangesloten op het warm tapwater systeem, een douchepijp-wtw en PV-panelen. Door dit energieconcept toe te passen kan de woning volledig energieneutraal worden gemaakt. Dit houdt in dat het netto jaarlijkse energieverbruik (in MJ) 0 is.

De woning kan nu al wel gebouwd worden, de meerkosten bedragen echter wel € 43.958,73 incl. BTW. Dit resulteert in een terugverdientijd van achttien jaar. Uit onderzoek blijkt dat de consument een maximale investering wil van € 15.000,- met een maximale terugverdientijd van tien jaar. Hieraan voldoet het concept niet en dus zal de energieneutrale woning niet te verkopen zijn in plaats van de huidige standaardwoning.

Duidelijk is dat het energieneutraal bouwen van de 2-onder-1-kap woning niet mogelijk is met een maximale extra investering van € 15.000,- en de terugverdientijd van maximaal 10 jaar. In plaats van een volledig energieneutrale woning aan te bieden kunnen wel verschillende energiebesparende maatregelen apart of in pakketten aangeboden worden. Zo kan de consument een keuze maken uit verschillende opties. Van deze opties moeten dan de kosten en de terugverdientijd bekend zijn. Zo kan de mate van energiezuinigheid door de consument zelf bepaald worden. De woning zal dan uiteindelijk niet energieneutraal zijn, maar wel energiezuinig. De verkoop hiervan zal wel haalbaar zijn omdat het zo altijd voldoet aan de eisen en wensen van de consument. Aandachtspunt hierbij is dat investeren in een energiezuinige installatie zich over het algemeen sneller terug zal verdienen dan de investering in de thermische schil dat doet. Investeren in de thermische schil is echter een investering voor de lange termijn, terwijl de installaties na een periode van ongeveer 25 jaar aan vervanging toe zijn.

Bij de verkoop van deze maatregelen moet worden gestuurd op woonlasten, dit is het totaal van de hypotheeklasten en de energielasten. Een duidelijke en heldere onderbouwing van de kosten en de terugverdientijden zal bijdragen aan de verkoop van de woning.

Literatuurlijst

Literatuur

- Agentschap NL (2010). Energieneutraal bouwen, hoe doe je dat.
- Agentschap NL (2010). Uitgerekend nul Taal, Rekenmethode en Waarde voor CO2 cq. energieneutrale utiliteitsgebouwen
- Agentschap NL (2012). Nieuwe digigids energieneutraal bouwen.
- Ir. C. Boonstra, ir. R. Cloquet en ir. L. Joosten (2006). Passiefhuizen in Nederland; Boxtel: Uitgeverij Aeneas
- Bouwfonds (2010). Consument en duurzaamheid.
- CBS (2009). Het wonen overwogen.
- DHV B.V. (2010). Rapportage monitoring 3 woningen De Kroeven, Roosendaal.
- Dutch Green Building Council (2008). Modelvergelijking voor de Nederlandse green building tool.
- Annelinda van Eck (2008). De 'willingness to pay' voor een energiezuinige nieuwbouw woning.
- I.A. van de Cruijs (2009). Thermisch geactiveerde vloeren in woningen.
- Ing. J.G. van Groenestein (2011). De waarde van duurzaamheid.
- Ir. R.J. Klein (2011). Duurzaamheid in een nieuwbouwkoopwoning: hoe kun je dit vermarkten?
- Laure Itard (2009). Consumentenonderzoek Lenteakkoord.
- Lente-akkoord (2008). Energiebesparing in de nieuwbouw.
- NIBUD (2010). Financieringslastpercentages voor verschillende soorten woningen.
- NIBUD (2011). Energiezuinige woningen en de financieringslasttabellen.
- NIBUD (2011). Extra hypotheek voor energieneutrale woningen.

Brochures

- Brink climate systems, Dé totaaloplossing voor duurzaam verwarmen, ventileren en warm watervoorziening: het Passiefhuistoestel.
- Dutch solar systems, meer zon in eigen huis
- Itho, warmteterugwinunit, HRU Ecofan 3
- Nilan, Compact VP18 by Nilan.
- Technea, warmteterugwinning uit douchewater

Websites

- Aedes, woningcorporatie. <http://www.aedesnet.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- Agentschap NL, overheid. <http://www.agentschapnl.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Atag, verwarming. <http://www.atagverwarming.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Betonson, betonnen vloeren. <http://www.betonson.com>
Geraadpleegd, maart 2012
- Bouwbesluit 2012. <http://www.bouwbesluitonline.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Bouwkennis, markt- en marketinginformatie. <http://www.bouwkennis.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- Brink climate systems, verwarming- en ventilatie. <http://www.brinkclimatesystems.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Centraal Bureau voor Statistiek. <http://www.cbs.nl>
Geraadpleegd, mei 2012
- Consumentenbond. <http://www.consumentenbond.nl>
Geraadpleegd, mei 2012
- Consuwijzer, overheid. <http://www.consuwijzer.nl>
Geraadpleegd, mei 2012
- DGBC, Dutch Green Building Council. <http://www.dgbc.nl>
Geraadpleegd, februari 2012

- DGMR, ENORM software. <http://www.dgmr.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Dutch Solar Systems, zonneboiler. <http://www.dutchsolarsystems.com>
Geraadpleegd, april 2012
- Eco-Quantum, keurmerk. <http://www.kiesuwlabe.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- EK bouwadvies, berekeningen. www.ekbouwadvies.nl
Geraadpleegd, april 2012
- Energielabel, keurmerk. <http://www.energielabel.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Energieraad, onafhankelijk adviescollege. <http://www.algemene-energieraad.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- Energievastgoed, informatie over energielabels. <http://www.energievastgoed.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Finstral, kozijnen. www.finstral-nederland.nl
Geraadpleegd, maart 2012
- GPR gebouw, keurmerk. <http://www.gprgebouw.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- Greencalc+, keurmerk. <http://www.greencalc.com>
Geraadpleegd, maart 2012
- Grontmij, advies- en ingenieursbureau. <http://www.grontmij.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Hypotheken. <http://www.maximale-hypotheek.com>
Geraadpleegd, mei 2012
- Hypotheken. <http://www.hypotheekrente.nl>
Geraadpleegd, mei 2012
- Hypotheekshop, hypotheekverstrekking. <http://www.hypotheekshop.nl>
Geraadpleegd, mei 2012
- IG Passivhaus, kozijnen. www.igpassivhaus.at
Geraadpleegd, februari 2012
- Itho Daalderop, ventilatie. <http://www.ithodaalderop.nl>
Geraadpleegd, april 2012

- Intergas, verwarming. <http://www.intergas-verwarming.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Internorm, kozijnen. www.internorm.com
Geraadpleegd, april 2012
- Isobouw, isolatie. <http://www.isobouw.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- Isodun, isolatie. <http://www.isodun.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- Isover, isolatie. <http://www.isover.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- JHK, prefab scharnierkappen. <http://www.jhk-bv.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Kingspan Insulation, isolatie. <http://www.kingspaninsulation.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- KNB, Vereniging Koninklijke Nederlandse bouwkeraamiek. <http://www.knb-baksteen.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Lente-akkoord. <http://www.lente-akkoord.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- LG, PV panelen. <http://www.lg-zonnepanelen.nl>
Geraadpleegd, mei 2012
- De Mâr, prefab scharnierkappen. <http://www.demar.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- NEN, Nederlandse normen. <http://www.nen.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Nieman, adviesbureau. <http://www.nieman.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Nilan, verwarmings- en ventilatiesystemen. <http://www.nilanbelgium.be>
Geraadpleegd, april 2012
- Passief bouwen, PassiefBouwen Keur. <http://www.passiefbouwen.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Passief kozijn, kozijnen. www.passiefkozijn.nl
Geraadpleegd, april 2012

- Pluimers, isolatie. <http://www.pluimers.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- Rijksoverheid, regelgeving. <http://www.rijksoverheid.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Slim bouwen, informatie over keurmerken. <http://www.slimbouwen.nl>
Geraadpleegd, februari 2012
- Stichting Bouw Research. <http://www.sbr.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Stichting milieunet. <http://www.stichtingmilieunet.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- Technea, douche-wtw. <http://www.technea.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Tilburg university. <http://www.tilburguniversity.edu>
Geraadpleegd, april 2012
- Timmerfabriek Overbeek, kozijnen. <http://www.tifaoverbeek.nl>
Geraadpleegd, april 2012
- Tricon beton, betonnen vloeren. <http://www.triconbeton.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- VBI, betonnen vloeren. <http://www.vbi.nl>
Geraadpleegd, maart 2012
- De Vries, kozijnen. www.devrieskozijnen.nl
Geraadpleegd, april 2012
- Zewotherm, heatpipe zonnecollector. <http://www.zewothermbenelux.nl>
Geraadpleegd, april 2012

Bijlagen

- A. Tekeningen energieneutrale woning
 - Tekeningen woning
 - Kozijntekening
 - Details 1 t/m 8
- B. Bouwbesluitberekeningen
 - Oppervlakte GO / VG
 - Daglichttoetreding
 - Doorspuicapaciteit
 - Ventilatiebalans
 - Kozijnlijst
 - Afstand toe- en afvoerpunt balansventilatie
 - Zomernachtventilatie
- C. R_c berekeningen
- D. Onderzoek effecten thermische schil op energieprestatie
- E. Berekening effect overstekken
- F. Verslagen interviews
 - Dhr. B. Krikken, makelaar Krikken makelaardij
 - Dhr. G. Tempert, projectleider Oude Lenferink Bouw
- G. Calculaties
 - Begane grond vloer
 - Gevels
 - Dak
 - Gevelopeningen
 - Dakramen
 - Verdiepingsvloeren
 - Installaties
- H. Resultaten EPC berekeningen verschillende installatieconcepten
- I. Berekening kosten energieopwekking PV panelen
- J. Resultaten enquête weegfactoren
- K. Berekening terugverdientijd installatieconcepten