

Afstudeerscriptie

Active House

*Hoe zijn de Active House specificaties afgestemd op de Nederlandse
regelgeving en bouwmethodiek?*

Iris de Goijer

Gegevens student

Naam student: Iris de Goijer
Adres student: Edelstenenbaan 42, IJsselstein
Telefoonnummer student (mobiel): 06 52601088
Telefoonnummer student (thuis): 030 6889850
Studentnummer: 1594803
E-mailadres: Iris.degoijer@student.hu.nl
Datum: 02-06-2014

Gegevens opleiding

School: Hogeschool Utrecht
Opleiding: Bouwkunde
Afstudeerrichting: Bouwfysica
Semester: 8
Cursus: Afstuderen
Cursuscode: TBWK-AFF8-03
Startdatum afstuderen: 03-02-2014
Geschatte einddatum afstuderen: 19-06-2014

Gegevens afstudeerbedrijf

Naam bedrijf: Nieman Raadgevende Ingenieurs
Adres bedrijf: Atoomweg 400
Postcode, plaats bedrijf: 3542 AB, Utrecht
Telefoonnummer bedrijf: 030 2413427

Gegevens bedrijfsbegeleider

Bedrijfsbegeleider: Ir. Kitty Huijbers
Telefoonnummer bedrijfsbegeleider: 06 46233951
E-mailadres bedrijfsbegeleider: K.huijbers@nieman.nl

Gegevens eerste begeleider

Eerste docentbegeleider: Ir. Marieke van der Laan
Telefoonnummer eerste docentbegeleider: -
Emailadres eerste docentbegeleider: M.vanderlaan@hu.nl

Gegevens tweede begeleider

Tweede docentbegeleider: Ir. Marian van Wershoven
Telefoonnummer tweede docentbegeleider: 088 481 8440
Emailadres Tweede docentbegeleider: M.vanwershoven@hu.nl

Voorwoord

Ter afronding van mijn opleiding Bouwkunde aan de Hogeschool Utrecht heb ik deze scriptie geschreven. De scriptie omvat een onderzoek naar hoe het principe van Active House toegepast kan worden in de Nederlandse bouwmethodiek.

De aanleiding van het onderzoek is dat de internationale eisen voor een Active House enkel vertaald zijn naar het Nederlands maar niet zijn omgezet naar de Nederlandse gebouwen en regelgeving. Hierdoor is het erg interessant om uit te zoeken hoe een standaard Nederlandse woning past in het principe van Active House.

De doelgroep van deze scriptie omvat lezers met een bouwkundige achtergrond. De lezer hoeft echter geen deskundige te zijn van het principe van Active House om deze scriptie te kunnen lezen. Voor een lezer zonder bouwkundige achtergrond is de scriptie ook goed te lezen aan de hand van de begrippenlijst die achterin het rapport is toegevoegd.

Ik heb met plezier aan dit onderzoek gewerkt en ik ben tevreden met het verkregen eindresultaat.

Graag wil ik mevrouw Huijbers bedanken voor haar begeleiding en adviezen tijdens het onderzoek. Daarnaast wil ik ook graag mevrouw van der Laan en mevrouw van Wershoven bedanken voor hun begeleiding en adviezen tijdens het afstudeertraject.

Utrecht, juni 2014

Iris de Goijer

Samenvatting

Active House NL (2013) beschrijft het begrip Active House als volgt: *“Een gebouw dat de levens van zijn bewoners gezonder en comfortabeler maakt, zonder dat het klimaat negatief wordt beïnvloed.”* De visie van Active House is gebaseerd op drie sleutelprincipes: comfort, energie en milieu. Het zo goed mogelijk combineren van deze drie sleutelprincipes zorgt voor het ambitieniveau van een Active House. Om een Active House te worden, dient er aan verschillende criteria te worden voldaan. Per criterium zijn er vier scores te behalen. Hierbij is score 1 de best haalbare score en is score 4 de minimale score die gehaald dient te worden. Deze criteria vallen onder verschillende parameters die gekoppeld zijn aan de drie genoemde sleutelprincipes comfort, energie en milieu. (Active House NL, 2013)

Het “probleem” is dat er in Nederland nog vrijwel niets is vastgesteld over hoe het internationale principe van Active House geïnterpreteerd dient te worden voor de Nederlandse bouw. De Active House specificaties zijn namelijk op de meeste onderdelen enkel vertaald naar de Nederlandse taal, maar nog onvoldoende afgestemd op Nederland zelf. Doordat Active House is afgestemd op de internationale markt kan het zo zijn dat de verhoudingen niet met de Nederlandse bouwpraktijk en bouwregelgeving overeenkomen.

De centrale vraagstelling van het afstudeeronderzoek luidt als volgt: *“Hoe zijn de Active House specificaties afgestemd op de Nederlandse regelgeving en bouwmethodiek en wat kan er aangepast worden om deze specificaties (nog) beter op de Nederlandse regelgeving en bouwmethodiek aan te laten sluiten?”* Om deze onderzoeksvraag te beantwoorden, zijn er twee woningtypen getoetst aan de principes van Active House: een vrijstaande woning en een tussenwoning. Deze beide woningen zijn nieuwbouwprojecten die voldoen aan het Nederlandse Bouwbesluit 2012.

Bij de toetsing kwam naar voren dat er een aantal criteria zijn waar ruim wordt voldaan aan de eisen van Active House en er daarnaast ook een aantal criteria zijn waar de woningen niet voldoen aan de gestelde eisen. Een voorbeeld van een criterium waar beide woningen in de uitgangssituatie niet aan voldeden, is de opwekking van energie. Volgens de principes van Active House dient er ten minste 25 % van de benodigde energie door het gebouw zelf of door een nabijgelegen systeem geproduceerd te worden om de score 4 te behalen. (Active House NL, 2013) Beide woningen hadden geen zonnepanelen, of enige andere vorm van energieopwekking, waardoor er 0 % door de woning zelf of door een nabijgelegen systeem geproduceerd werd.

Een voorbeeld van een criterium dat door de beide woningen ruim gehaald werd, is de minimale kamertemperatuur. Om de score 1 te behalen, moet het mogelijk zijn om in verblijfsruimten met het verwarmingssysteem, bij een buitentemperatuur van 12 °C of lager, een kamertemperatuur van 21 °C te halen. (Active House NL, 2013) Deze eis is met de huidige verwarmingssystemen goed te halen.

Na het toetsen van de twee woningtypen konden er een aantal conclusies getrokken worden. Er zijn zowel een aantal verschillen als overeenkomsten tussen de vrijstaande woning en de tussenwoning op het gebied van Active House. Voor het onderdeel comfort behaalt de vrijstaande woning een hogere score vanwege de hogere daglichttoetreding. Daarentegen haalt de tussenwoning op het gebied van energie een hogere score doordat de woning slechts twee gevels heeft die aan de buitenlucht grenzen. Ten slotte halen beide woningen voor het onderdeel milieu dezelfde score.

Er zijn daarnaast ook vier variantonderzoeken uitgevoerd. In het eerste variantonderzoek is er onderzocht hoe de scores van de milieueffecten veranderen wanneer de toegepaste materialen vervangen worden door zeer milieuvriendelijke of milieuonvriendelijke materialen. Door het toepassen van milieuvriendelijke materialen werden de milieubelastingen van alle milieueffecten verminderd. Er waren echter wel een aantal milieueffecten waarbij het toepassen van milieuvriendelijke materialen niet een dusdanig groot effect had zodat de scores ook verbeterden. Bij de toepassing van milieuonvriendelijke materialen werden de milieubelastingen van alle milieueffecten verslechterd. Ook bij deze verandering waren er een aantal scores van milieueffecten die gelijk bleven.

Het tweede variantonderzoek had betrekking op verschillende EPC-waarden. Door middel van het toevoegen van zonnepanelen werd de EPC-waarde van de vrijstaande woning steeds verlaagd. Het doel van dit onderzoek was om te onderzoeken of de scores van het onderdeel energie ook steeds verbeterden. Na het uitvoeren van dit onderzoek kwam naar voren dat de score voor de parameter energievoorziening steeds beter werd na het verlagen van de EPC-waarde. De parameter jaarlijkse energievraag bleef echter, bij het aanpassen van de EPC-waarde, gelijk. Ten slotte was er bij de parameter jaarlijkse energieprestatie een klein verloop van score 4 tot 1 in de scores te zien.

In het derde variantonderzoek is er gekeken naar hoe de maximale kamertemperaturen zullen veranderen wanneer er zonwering bij alle ramen toegepast wordt. In de huidige situatie was er namelijk geen zonwering toegepast. Bij de toetsing aan de maximale kamertemperaturen voldeden beide woning net aan de eis van score 4. Na het toevoegen van de zonwering werd de score van de vrijstaande woning verlaagd van een score 4 naar een score van 2. Het toepassen van zonwering heeft dus een zeer gunstig effect op de maximale kamertemperaturen.

In het vierde en laatste variantonderzoek is er onderzocht of een ruimte, die precies voldoet aan de minimale eisen van het Bouwbesluit 2012, ook voldoet aan het principe van Active House met betrekking tot de daglichtfactor. Een ruimte die is opgebouwd uit alle minimale afmetingen heeft een daglichtfactor van 1,3 %. Dit komt overeen met een minimale score van 4 van Active House. Er kan dus geconcludeerd worden dat de minimale eisen van het Bouwbesluit met betrekking tot daglicht overeenkomen met de minimale daglichteisen van Active House.

Een woning die precies voldoet aan het Bouwbesluit, en verder geen extra toevoegingen heeft, voldoet niet aan alle eisen van het principe van Active House. Dit komt met name doordat ten minste 25 % van de totale energievraag zelf opgewekt dient te worden wat bij de meeste standaard woningen niet het geval is. Daarnaast wordt de minimale eis van een daglichtfactor van 1 % vaak niet gehaald op de zolderkamers en wordt de maximale waarde van de milieubelasting aantasting van de ozonlaag vaak overschreden.

Nederlandse bouwprincipes, zoals metselwerk gevels, dakpannen daken en de doorzonwoning, passen alle drie goed in Active House. Uit het eerste variantonderzoek is naar voren gekomen dat de metselwerk gevel en het dakpannen dak gemiddeld naar voren kwamen. Er zijn materialen die een stuk milieuvriendelijker zijn, maar er zijn ook veel materialen die het milieu nog meer belasten. Het is dus niet zo dat deze materialen ervoor zorgen dat de milieucriteria niet gehaald worden. Ten slotte past het principe van de doorzonwoning goed in het principe van Active House. Er komt namelijk dan in de woonkamer veel daglicht binnen wat niet alleen kan zorgen voor een hoge daglichtfactor, maar voornamelijk zorgt voor een hoge zonlichttoetreding.

Uit het onderzoek kwam naar voren dat er een aantal criteria zijn die zeer lastig zijn om te halen terwijl er andere criteria zijn die zonder moeite gehaald worden. Deze criteria dienen dus nog verder uitgewerkt te worden zodat ze beter aansluiten op de Nederlandse gebouwen.

Door het toetsen van de twee woningtypen en het uitvoeren van de drie variantonderzoeken is er genoeg informatie verzameld om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag. De specificaties van Active House zijn op dit moment nog onvoldoende afgestemd op de Nederlandse bouw. Om deze specificaties wel goed te kunnen laten aansluiten, dienen er een aantal aanpassingen gemaakt te worden.

Zoals genoemd, dienen er een aantal criteria aangepast te worden zodat deze beter aansluiten op de Nederlandse bouwmethodiek. Naast het aanpassen van de criteria zal de (standaard) Nederlandse manier van bouwen ook aangepast moeten worden om voortaan te voldoen aan de eisen van Active House.

Zo dient er bijvoorbeeld voortaan rekening gehouden te worden met dat er minimaal 25 % van de benodigde energie zelf geproduceerd wordt. Bij de berekende tussenwoning kwam dit neer op het plaatsen van 6 zonnepanelen op het dak. Normaalgesproken worden er niet standaard 6 zonnepanelen op het dak van een tussenwoning geplaatst. Om een hoge score voor de parameter thermische omgeving te behalen, is het daarnaast ook verstandig om zonwering bij alle ramen toe te passen.

Er dient ook rekening gehouden te worden met dat er bij de (verblijfs-)ruimten veel daglicht binnenkomt. In de huidige woningen komt er namelijk vaak wel voldoende daglicht in de woon- en slaapkamers binnen, maar komt er op de zolderkamers te weinig daglicht binnen om aan de minimale eis van de daglichtfactor te voldoen.

Wanneer er een hoge score voor de parameter thermische omgeving gewenst is, dan is het van belang dat er voor alle ramen zonwering geplaatst wordt. En ten slotte dienen er, om hoge scores te behalen op het onderdeel milieu, milieuvriendelijke materialen toegepast te worden met een lage milieubelasting.

Er kan dus geconcludeerd worden dat de Nederlandse woningen, die gebouwd zijn op dezelfde manier als de woningen die gebruikt zijn in dit onderzoek, op dit moment nog onvoldoende voldoen aan de principes van Active House, maar wel genoeg potentie hebben om wel te gaan voldoen.

Andersom heeft het principe van Active House ook veel potentie voor de Nederlandse gebouwen. Wanneer er woningen volgens het principe van Active House gebouwd zullen worden, dan heeft dit een grote meerwaarde voor de woningen zelf. De woningen zullen niet alleen comfortabeler en energiezuiniger zijn, maar de woningen zullen daarnaast ook een positieve bijdrage leveren aan het milieu.

Active House heeft dus veel potentie voor de Nederlandse bouw en de Nederlandse bouw heeft veel potentie om te voldoen aan de principes van Active House.

Summary

Active House (2013) describes the concept of Active House as follows : *"A building that creates healthier and more comfortable lives for its occupants without having a negatively impacting on the climate."* The vision of Active House is based on three key principles: comfort, energy and the environment.

Combining these three key principles in the best possible way ensures the ambition of an Active House. To become an Active House, different criteria have to be met. For each criterion there are four possible scores to obtain. The best possible score is 1 and the minimum score that must be achieved is 4. These criteria are subjected to parameters that are connected to the three mentioned key principles comfort, energy and the environment. (*Active House NL, 2013*)

The "problem" however, is that in the Netherlands virtually nothing has been determined on how the international principle of Active House should be interpreted for the Dutch buildings and regulations. Most parts of the specifications are just translated into the Dutch language, but they are insufficiently tailored to the Netherlands itself. Because the Active House specifications are attuned to the international market it could be possible that the proportions do not match the Dutch buildings and regulations.

The central question of this research thesis is: *"How are the Active House specifications tailored to the Dutch regulations and building methods and what can be adjusted to accustom these specifications (even) better to the Dutch regulations and building methods?"* To answer this research question two types of housing are tested according to the principles of Active House: a detached house and a townhouse. Both homes are new construction projects that comply with the Dutch Building Regulations of 2012.

Testing the two types of housing showed that several criteria did comply with the requirements and several did not. An example of a criterion where both houses did not comply in the initial situation is the criterion energy supply. According to the principles of Active House at least 25 % of the energy used in the building should be produced on the plot or in a nearby system to accomplish the score 4. (*Active House, 2013*) Both housing types did not have solar panels, or another form of energy production. This resulted in the fact that the own produced energy supply of the house was 0 %.

An example of a criterion that was easily accomplished by both housing types is the minimum operative temperature. To accomplish a score of 1 the system should be designed to achieve 21 degrees in periods with an outside temperature of 12 degrees or less in the living spaces. (*Active House, 2013*) This requirement is easily met with the current heating systems.

After testing the two housing types a number of conclusions could be drawn. There are some differences as well as similarities between the detached and townhouse concerning Active House. In terms of comfort, the detached house achieves a higher score because of the higher daylighting. On the other hand the townhouse gets a higher score in the field of energy, because the house has only two facades facing the outside. Finally, both housing types are awarded with the same score in the area of environment.

In addition, four variant researches have been executed. In the first variant research the changes of scores of the environmental impacts, by changing the applied basic materials for the most environmentally friendly or unfriendly materials, were investigated. The use of environmentally friendly materials resulted in the fact that the environmental impacts were reduced. However, there are also a number of environmental effects where the use of environmental friendly materials has no (significant) effect on the score. By the use of environmentally unfriendly materials the environmental impacts became even worse. Also at this change, there were some scores of environmental effects that remained the same.

The second variant research is related to different EPC values. By adding solar panels, the EPC value of the detached house was greatly reduced. The purpose of this research was to investigate whether the score of the component energy also improved. This research showed that the score for the parameter energy supply was improving after reducing the EPC value. The parameter annual energy demand remained the same, after adjusting the EPC value. Finally, the score of the parameter primary energy performance showed a small increase from a score of 4 to a score of 1.

In the third variant research has been investigated how the maximum operative temperatures will change when blinds are applied to all windows. In the current situation, no blinds are being used. In the assessment of the maximum operative temperatures, both housing types just barely accomplished the requirement of score 4. After adding the blinds, the score of the detached house has been reduced from 4 to a score of 2. This shows that applying blinds has a positive influence on the maximum operative temperatures.

In the fourth and final variant research it has been examined whether a room, that meets the minimum requirements of the Dutch Building Regulations 2012 on daylight, also meets the principle of Active House regarding the daylight factor. A room that is built up of all the minimum dimensions has a daylight factor of 1,3 %. This is equivalent to a minimum score of 4 of Active House. This means that the minimum requirements of the Dutch Building Regulations relating to daylight match the minimum light requirements of Active House.

A house that has been designed according to the current Dutch Building Regulations, and has no further additional additions, does not meet the principles of Active House. This is mainly because of the requirement that at least 25 % of the energy used in the building has to be produced on the plot or in a nearby system which is not the case with most standard homes. Also, the minimum requirement of the daylight factor of 1 % is often not met by rooms that are situated on the top floor. The environmental load ozone depletion potential is also often exceeded.

Dutch building principles such as masonry walls, tiled roofs and a living room with big windows on both facades that will let in a lot of light all fit well in Active House. The first variant research has shown that the masonry facade and tiled roofs came out average on their environmental loads. There are materials that are more environmentally friendly, but there are many other materials that have a more negative effect on the environment. Thus, it is not the case that the environmental criteria are not met because of the use of these materials. Finally, the principle of a living room with big windows on both facades fits very well in the principle of Active House. The big windows can not only provide a high daylight factor, but they will also provide a high availability of direct sunlight.

This research revealed that there are some criteria that are very difficult to achieve while other criteria are reached very easily. These criteria should be further elaborated for the Dutch buildings.

By testing the two types of housing and performing the four variant researches, enough information has been collected to answer the research question. The specifications of Active House are currently not sufficiently attuned to the Dutch market. In order to align these specifications a number of adjustments should be made.

As mentioned, a number of criteria should be adjusted to suit the (standard) Dutch building methods better. Besides adjusting the specifications of Active House, the Dutch way of building houses should be adjusted as well to be able to comply with the requirements of Active House in the future.

So, from now on it should be taken into account that at least 25 % of the energy used in the building has to be produced on the plot or in a nearby system. For the townhouse this was achieved by placing six solar panels on the roof. Even though, this is not really common in the Netherlands. To achieve a high score for the parameter thermal environment it is also wise to apply blinds on all of the windows.

Daylight in the (living) spaces should also be taken in account. In today's homes there will be sufficient daylight into the living rooms and bedrooms, but when it comes down to the attic rooms there is usually not enough daylight to meet the requirement of the daylight factor.

When the parameter thermal environment has to achieve a high score, it is important that all windows have blinds. Finally, environmentally friendly materials, that cause a low environmental impact, should be used so high scores on the component environment can be achieved.

It can therefore be concluded that at this moment the Dutch houses, that are built like the ones used in this research, insufficient meet the principles of Active House. They do however, have enough potential to comply with the principles.

Conversely, the principle of Active House also has potential for the Dutch buildings. If homes will be built according to the principle of Active House, this will be of great value for the house themselves. The houses will not only be more comfortable and energy efficient, but the homes will also have a positive contribution to the environment.

Thus, Active House has a lot of potential for the Dutch buildings and the Dutch buildings have a lot of potential to meet the principles of Active House.

Inhoudsopgave

1	Inleiding onderzoek.....	14
1.1.	Aanleiding.....	14
1.2	Bedrijfsprofiel.....	14
1.3	Probleemstelling	14
1.4	Onderzoeksvragen	15
1.5	Beschrijving onderzoek	15
1.6	Afbakening	16
1.7	Doelgroep.....	16
1.8	Opbouw.....	16
2	Theoretische achtergrond.....	17
2.1	Visie Active House.....	17
2.2	Criteria Active House.....	17
2.2.1	Kwantitatieve parameters.....	18
2.2.2	Kwalitatieve parameters	21
2.2.3	Bepaling van de criteria.....	22
2.3	Active House in Nederland.....	22
2.3.1	Verschillen in specificaties met het buitenland	22
2.3.2	Nederlandse Active House projecten.....	23
2.4	Active House en passief bouwen	24
2.5	Meerwaarde Active House.....	25
3	Werkwijze en methoden.....	26
3.1	Toegepaste casussen	26
3.2	Programmatuur Active House.....	29
4	Onderzoeksresultaten en analyse.....	31
4.1	Vrijstaande woning	31
4.1.1	Comfort	31
4.1.2	Energie	36
4.1.3	Milieu	39
4.1.4	Conclusie	43
4.2	Tussenwoning	45
4.2.1	Comfort	45
4.2.2	Energie	48
4.2.3	Milieu	50
4.2.4	Conclusie	52
4.3	Vergelijking vrijstaande woning en tussenwoning.....	54

5	Variantonderzoeken.....	56
5.1	Variantonderzoek milieuvriendelijke materialen	56
5.2	Variantonderzoek EPC-waarde	60
5.3	Variantonderzoek zonwering.....	62
5.4	Variantonderzoek Bouwbesluit ruimte m.b.t. daglicht.....	63
6	Nederlandse en de internationale rekenmethoden	65
6.1	Verschillen in aanpak van de berekeningen	65
6.2	Verschillen toegepaste programma's	67
7	Conclusies en aanbevelingen	69
7.1	Conclusies.....	69
7.1.1	Active House en het Bouwbesluit	69
7.1.2	Active House en verschillende woningtypen	70
7.1.3	Active House en Nederlandse bouwprincipes	70
7.1.4	Active House specificaties in Nederland	70
7.1.5	Aanpassingen in de Nederlandse manier van bouwen.....	71
7.1.6	Meerwaarde Active House voor Nederland	72
7.2	Aanbevelingen.....	72
7.2.1	Specificaties.....	72
7.2.2	Programmatuur.....	73
7.2.3	Overige aanbevelingen.....	76
8	Literatuur	78
9	Begrippen- en afkortingenlijst.....	81
9.1	Begrippenlijst	81
9.2	Afkortingenlijst.....	84
10	Bijlagen.....	86

1 Inleiding onderzoek

In het eerste hoofdstuk zal de achtergrond van het onderzoek behandeld worden. Hierbij komen inhoudelijke aspecten naar voren, zoals de aanleiding van het onderzoek, de probleemstellingen en de onderzoeksvragen. Er zal tevens ingegaan worden op het afstudeerbedrijf, de afbakening van het onderzoek en er zal een korte beschrijving gegeven worden van het onderzoek. Ten slotte wordt de opbouw van het onderzoeksrapport behandeld.

1.1. Aanleiding

Nieman Raadgevende Ingenieurs wil graag uitgezocht hebben hoe het principe van Active House het beste in Nederland toegepast kan worden. Deze vraag is met name voortgekomen doordat er medewerkers van Nieman in de kennisgroep van de Nederlandse afdeling van Active House zitten.

Active House is een concept bedacht door Velux in Denemarken. Het gehele principe van Active House is dus gebaseerd op de Deense (Scandinavische) bouwmethodiek. Inmiddels is er een algemene internationale Active House visie opgezet. Daarnaast hebben diverse landen een eigen visie ontwikkeld met betrekking tot Active House. Nederland heeft echter nog geen eigen visie ontwikkeld. Doordat de Nederlandse bouw op een aantal gebieden verschilt van de internationale bouw is het van belang dat Nederland ook een eigen interpretatie van Active House ontwikkeld. Een voorbeeld van een verschil in bouwmethodiek is dat er in Nederland bijvoorbeeld voornamelijk met steen en in andere landen, zoals Denemarken, voornamelijk met hout gebouwd wordt.

Voordat een gebouw een Active House genoemd kan worden, moet het gebouw aan verschillende aspecten getoetst worden. Deze aspecten zijn nu nog direct overgenomen van de internationale visie. Hierdoor kan het zo zijn dat een traditionele Nederlandse woning met gemak een bepaald aspect behaalt terwijl een ander aspect juist zeer lastig is om te behalen. Er kan gedacht worden aan bijvoorbeeld voldoende daglicht. In Nederland komt de “doorzonwoning” veelvuldig voor. Dit type woning is in Scandinavië daarentegen zeer zeldzaam.

Aan de hand van het afstudeeronderzoek wordt er onderzocht hoe de Nederlandse bouw past in het principe van Active House. Er zullen verschillende standaardwoningen getoetst worden aan het principe van Active House. Op deze manier wordt er gekeken hoe de Nederlandse bouw op dit moment staat in Active House.

1.2 Bedrijfsprofiel

De afstudeerstage is bij Nieman Raadgevende Ingenieurs vervuld. Dit bedrijf is een onderdeel van de Nieman Groep en is gespecialiseerd in de bouwfysica, bouwtechniek en regelgeving. Nieman Raadgevende Ingenieurs heeft een vestiging in Utrecht en in Zwolle. *(Nieman Groep, geen datum)*

De Nieman Groep heeft circa 80 medewerkers en is een middelgroot bedrijf *(MKB Servicedesk, 2014)*. Naast Nieman Raadgevende ingenieurs bestaat de Nieman Groep ook uit: Nieman-Kettlitz Gevel- en Dakadvies, Nieman Consultancy en Nieman-Valk Technisch adviesbureau. Nieman Kettlitz is gespecialiseerd in gevel- en dakadvies. Nieman Consultancy is gespecialiseerd in bouwmanagement en beleidsadvies voor energie, duurzaamheid en beheer. En ten slotte heeft Nieman-Valk als specialisatie installatieadvies en technisch beheer. *(Nieman Groep, geen datum)*

1.3 Probleemstelling

Het “probleem” is dat er in Nederland nog vrijwel niets is vastgesteld over hoe het internationale principe van Active House geïnterpreteerd dient te worden voor de Nederlandse bouw. De Active House specificaties zijn namelijk op de meeste onderdelen enkel vertaald naar de Nederlandse taal, maar nog onvoldoende afgestemd op Nederland zelf. Doordat Active House is afgestemd op de internationale markt kan het zo zijn dat de verhoudingen niet met de Nederlandse bouwpraktijk en bouwregelgeving overeenkomen.

Een voorbeeld waarbij dit naar voren komt, zijn de zogenoemde “doorzonwoningen”. In Nederland komen de “doorzonwoningen” veelvuldig voor terwijl in landen, zoals Denemarken, deze type woningen niet vaak voorkomen. De traditionele (doorzon)woning in Nederland zal dus een hoge score behalen op zonlichttoetreding terwijl dit type woning in Nederland niet ervaren wordt als een woning met een extreem hoge daglichttoetreding, maar als een standaard woning. Dit is slechts een enkel voorbeeld waarbij de verhoudingen tussen Active House en de Nederlandse bouw (nog) niet met elkaar overeenkomen.

1.4 Onderzoeksvragen

De centrale vraagstelling van het afstudeeronderzoek luidt als volgt: *“Hoe zijn de Active House specificaties afgestemd op de Nederlandse regelgeving en bouwmethodiek en wat kan er aangepast worden om deze specificaties (nog) beter op de Nederlandse regelgeving en bouwmethodiek aan te laten sluiten?”*

Om tot een goed antwoord te komen voor de centrale vraagstelling zijn er een aantal deelvragen opgesteld. Dit zijn de volgende deelvragen:

1. Wat houdt het principe van Active House in?
2. Wat is de meerwaarde van Active House?
3. Waaraan dient een huis minimaal te voldoen om een Active House te worden?
4. Waarop zijn de criteria voor de kwantitatieve parameters gebaseerd?
5. Waarop zijn de criteria voor de kwalitatieve parameters gebaseerd?
6. Hoe kunnen de verschillende criteria bepaald worden?
7. Welke score van Active House behaalt een woning die voldoet aan het Bouwbesluit in Nederland?
8. Wat zijn de verschillen tussen een vrijstaande woning en een tussenwoning op het gebied van Active House?
9. Hoe scoren Nederlandse principes zoals, doorzonwoning, pannendaken, spouwmuren, et cetera in het Active House principe?
10. Welke parameters zijn, met de Nederlandse bouwmethodiek, vrij eenvoudig en welke parameters zijn zeer lastig om te behalen?
11. Moeten de verschillende criteria aangepast worden om het principe van Active House meer op de Nederlandse bouwmethodiek aan te laten sluiten?

1.5 Beschrijving onderzoek

Het onderzoek zal opgebouwd worden aan de hand van twee casussen: een vrijstaande woning en een tussenwoning. Deze twee woningtypen zijn gebouwd volgens de standaard Nederlandse bouwmethoden.

Onder standaard Nederlandse woningen worden woningen verstaan die opgebouwd zijn uit materialen en principes die kenmerkend zijn voor de Nederlandse bouwmethodiek. Voorbeelden hiervan zijn metselwerk gevels, schuine daken met dakpannen en spouwmuurconstructies met een betonnen binnenspouwblad.

Er zal voor ieder van deze casussen bekeken worden of en hoe zij voldoen aan het principe van Active House. Alle parameters zullen dus voor de woningen bepaald worden. Voor het bepalen van de verschillende criteria zal er of een realistische aanname gedaan worden of er zullen (aan de hand van software) berekeningen uitgevoerd worden.

Na het toetsen van de twee woningen zullen er nog vier variantonderzoeken uitgevoerd worden. Aan de hand van alle verkregen gegevens worden er vervolgens conclusies getrokken over hoe de Nederlandse bouwmethodiek past in het principe van Active House. Hierbij wordt onder andere gekeken op welke onderdelen een standaard woning (ruim) voldoet en voor welke onderdelen het bijna onmogelijk is om deze te behalen.

1.6 Afbakening

Om het onderzoek concreet te houden, is het belangrijk dat het onderzoek goed afgebakend wordt. De belangrijkste afbakening van het onderzoek betreft het aantal casussen. Er zal uitsluitend voor een vrijstaande woning en een tussenwoning berekend worden of deze voldoen aan de verschillende criteria die van toepassing zijn bij het principe van Active House.

Het onderzoek is dus alleen toegespitst op de woningbouw. Kantoorgebouwen, schoolgebouwen etc. zullen in het onderzoek achterwege gelaten worden.

Bij de toetsing van de twee woningtypen zal er uitsluitend ingegaan worden op de kwantitatieve parameters. Deze parameters zullen voor beide woningtypen berekend of bepaald worden. Voor de kwalitatieve parameters zal er een grove inschatting gemaakt worden. In het onderzoek spelen deze criteria namelijk geen belangrijke rol. In de bijlagen zijn de kwalitatieve parameters voor beide woningen terug te vinden.

1.7 Doelgroep

Dit onderzoeksrapport is gericht op lezers met een bouwkundige achtergrond. Er wordt dus uitgegaan dat de lezer over een bepaalde basiskennis van de bouwkunde beschikt. Om het rapport echter voor iedereen leesbaar te maken, is er in hoofdstuk 9 een begrippen- en afkortingenlijst toegevoegd.

1.8 Opbouw

Deze afstudeerscriptie is onderverdeeld in verschillende hoofdstukken. Als eerst zal de theoretische achtergrond van het onderzoek in hoofdstuk 2 behandeld worden. In dit hoofdstuk wordt er informatie gegeven over wat het principe van Active House precies inhoudt. Daarnaast zal er informatie gegeven worden over twee voorbeeldprojecten.

Als tweede zal de werkwijze van het onderzoek behandeld worden. Hoe de verschillende gegevens verkregen zijn, en wat de eigenschappen van de twee berekende woningtypen zijn, komen onder andere in hoofdstuk 3 aan bod.

Nadat de werkwijze van het onderzoek behandeld is, zullen de resultaten en de analyses van de uitgevoerde berekeningen beschreven worden in hoofdstuk 4. In dit hoofdstuk zal naar voren komen hoe de vrijstaande woning en de tussenwoning scoren op het gebied van Active House. De verschillen en overeenkomsten tussen de twee woningen komen tevens in dit hoofdstuk aan bod.

In het vijfde hoofdstuk zullen de vier variantonderzoeken behandeld worden. In het eerste variantonderzoek wordt er onderzocht wat de toepassing van milieuvriendelijke en milieuvriendelijke materialen voor invloed heeft op de milieubelastingen. Het tweede variantonderzoek zal ingaan op de invloed van de EPC-waarde op de energetische criteria. De invloed van de toepassing van zonwering op de maximale kamertemperatuur wordt in het derde variantonderzoek behandeld. Ten slotte wordt er in het vierde variantonderzoek gekeken naar hoe een ruimte, die precies voldoet aan de minimale eisen het Bouwbesluit, voldoet aan de minimale daglichtfactoreis vanuit Active House.

In hoofdstuk 6 wordt de internationale manier van een Active House toetsing vergeleken met de huidige Nederlandse manier van toetsen.

Uit de uitkomsten van de berekeningen en aannames kunnen verscheidene conclusies getrokken worden. Deze conclusies zullen in hoofdstuk 7 aan bod komen. Naast de conclusies zal er ook een advies uitgebracht worden in de vorm van aanbevelingen.

Na het lezen van deze afstudeerscriptie is er een duidelijk beeld verkregen over hoe de Nederlandse bouwmethodiek past in het principe van Active House en wat Active House kan betekenen voor Nederland.

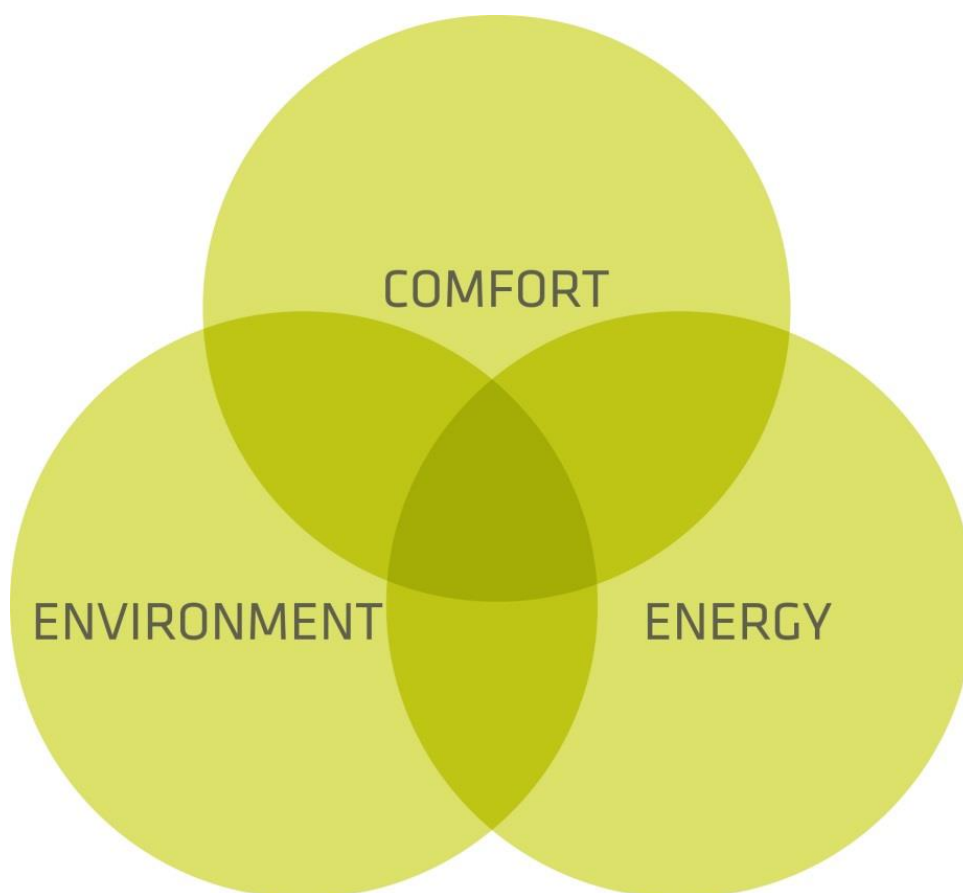
2 Theoretische achtergrond

De wereld staat momenteel voor een aantal milieu-uitdagingen. Natuurlijke bronnen zijn schaars, de opwarming van de aarde moet worden aangepakt en traditionele energiebronnen raken uitgeput. Tegelijkertijd heeft de mens essentiële behoefte aan een gezond en comfortabel binnenklimaat. Active House probeert beide factoren met elkaar te verenigen. (Active House NL, 2013)

2.1 Visie Active House

Active House NL (2013) beschrijft het begrip Active House als volgt: *“Een gebouw dat de levens van zijn bewoners gezonder en comfortabeler maakt, zonder dat het klimaat negatief wordt beïnvloed.”*

De visie van Active House is gebaseerd op drie sleutelprincipes: *comfort*, *energie* en *milieu*, figuur 2.1. Het zo goed mogelijk combineren van deze drie sleutelprincipes zorgt voor het ambitieniveau van een Active House. (Active House NL, 2013)



Figuur 2.1 De drie sleutelprincipes van Active House. Verkregen van: <http://www.activehouse.info/about-active-house/active-house-vision>

Een woning dat gebouwd is volgens het principe van Active House zorgt dus niet alleen voor een comfortabel binnenklimaat en een gunstige energiebalans van de woning zelf, maar levert ook een positieve bijdrage aan het milieu. (Active House NL, 2013)

2.2 Criteria Active House

Om een Active House te worden, dient er aan verschillende criteria te worden voldaan. Deze criteria vallen onder verschillende parameters die gekoppeld zijn aan de drie sleutelprincipes *comfort*, *energie* en *milieu*. (Active House NL, 2013)

De parameters zijn onderverdeeld in kwantitatieve en kwalitatieve parameters. De kwantitatieve parameters bevatten criteria waaraan voldaan dient te worden en de kwalitatieve parameters bevatten overige belangrijke punten voor het ontwerpen van een Active House. (Active House NL, 2013)

2.2.1 Kwantitatieve parameters

In tabel 2.1 is een overzicht weergegeven waarin beschreven staat aan welk sleutelprincipe de parameters gekoppeld zijn en welke criteria daarbij horen. (*Active House NL, 2013*)

Voor elke parameter gelden verschillende criteria, tabel 2.1. Voor de parameter *daglicht* zijn dit bijvoorbeeld de *daglichtfactor* en de *beschikbaarheid direct zonlicht*. Dit zijn twee meetbare criteria die getoetst dienen te worden. (*Active House NL, 2013*)

Sleutelprincipe	Parameter	Criterium
Comfort	Daglicht	– Daglichtfactor – Beschikbaarheid direct zonlicht
	Thermische omgeving	– Maximale kamertemperatuur – Minimale kamertemperatuur
	Binnenluchtkwaliteit	– Standaardhoeveelheid frisse lucht
Energie	Energievraag	– Jaarlijkse energievraag
	Energievoorziening	– Bron van de energievoorziening
	Jaarlijkse energieprestatie	– Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw
Milieu	Duurzaam materiaalgebruik	– Primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw
		– Klimaatsverandering tijdens de levensduur van het gebouw
		– Aantasting van de ozonlaag tijdens de levensduur van het gebouw
		– Fotochemische oxidantvorming tijdens de levensduur van het gebouw
		– Verzuring tijdens de levensduur van het gebouw
		– Vermesting tijdens de levensduur van het gebouw
	Drinkwaterverbruik en afvalwaterzuivering	– Verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw
	Milieubelasting door emissies in lucht, bodem en water	– Gerecyclede content
		– Verantwoorde bronnen

Tabel 2.1 Overzicht criteria Active House. Verkregen van: Active House – Een internationale richtlijn 2^e editie (2013).

Van een woning dient ieder van de in tabel 2.1 genoemde criteria berekend of bepaald te worden. Met de verkregen getallen kan vervolgens uitgezocht worden of de woning in aanmerking komt om Active House genoemd te worden. (*Active House NL, 2013*)

Per criterium zijn er vier verschillende ambitieniveaus. Hierbij is 1 het hoogste niveau en 4 het laagste niveau dat gehaald kan worden. Het is tevens mogelijk dat er bij een criterium een zeer lage score gehaald wordt waardoor het laagste niveau niet gehaald wordt. In dit geval is de woning geen Active House. (*Active House NL, 2013*)

De verkregen scores worden vergeleken met de benodigde score om erachter te komen in welk ambitieniveau het criterium zich bevindt. Vervolgens wordt er per parameter alle scores van de criteria bij elkaar opgeteld en gedeeld door het aantal. Op deze manier wordt er per parameter een eindscore verkregen. (*Active House NL, 2013*)

In tabellen 2.2-2.4 is per criterium beschreven welke scores bij welke ambitieniveaus horen. Hierbij geldt dat er minimaal voldaan dient te worden aan score 4 om aan de principes van Active House te voldoen. In bijlage 1 zijn deze kwantitatieve parameters ook terug te vinden.

Daglicht	
Daglichtfactor in % gemiddeld	1. Daglichtfactor > 5 % gemiddeld 2. Daglichtfactor > 3 % gemiddeld 3. Daglichtfactor > 2 % gemiddeld 4. Daglichtfactor > 1 % gemiddeld
Beschikbaarheid direct zonlicht in % van de verwachte zonne-uren	1. Minimaal 10 % van de verwachte zonne-uren 2. Minimaal 7,5 % van de verwachte zonne-uren 3. Minimaal 5 % van de verwachte zonne-uren 4. Minimaal 2,5 % van de verwachte zonne-uren
Thermische omgeving	
Maximale kamertemperatuur in °C voor verblijfsruimten zonder mechanische koeling	1. $T_{i,o} < 0,33 * T_{rm} + 20,8\text{ °C}$ 2. $T_{i,o} < 0,33 * T_{rm} + 21,8\text{ °C}$ 3. $T_{i,o} < 0,33 * T_{rm} + 22,8\text{ °C}$ 4. $T_{i,o} < 0,33 * T_{rm} + 23,8\text{ °C}$
Maximale kamertemperatuur in °C voor verblijfsruimten met mechanische koeling	1. $T_{i,o} < 25,5\text{ °C}$ 2. $T_{i,o} < 26\text{ °C}$ 3. $T_{i,o} < 27\text{ °C}$ 4. $T_{i,o} < 28\text{ °C}$
Minimale kamertemperatuur in °C voor verblijfsruimten	1. $T_{i,o} > 21\text{ °C}$ 2. $T_{i,o} > 20\text{ °C}$ 3. $T_{i,o} > 19\text{ °C}$ 4. $T_{i,o} > 18\text{ °C}$
Binnenluchtkwaliteit	
Standaard-hoeveelheid frisse lucht in ppm boven de CO ₂ -concentratie buiten	1. 500 ppm boven de CO ₂ -concentratie buiten 2. 750 ppm boven de CO ₂ -concentratie buiten 3. 1000 ppm boven de CO ₂ -concentratie buiten 4. 1200 ppm boven de CO ₂ -concentratie buiten
Tabel 2.2 Kwantitatieve parameters met de bijbehorende criteria van het onderdeel comfort. Verkregen van: Active House – Een internationale richtlijn 2 ^e editie (2013).	
Energievraag	
Jaarlijkse energievraag in MJ/m ²	1. $\leq 150\text{ MJ/m}^2$ 2. $\leq 225\text{ MJ/m}^2$ 3. $\leq 300\text{ MJ/m}^2$ 4. $\leq 450\text{ MJ/m}^2$
Energievoorziening	
Bron van de energievoorziening in % van de door het gebouw gebruikte energie wordt op het perceel of door een nabijgelegen systeem geproduceerd	1. 100 % of meer van de door het gebouw gebruikte energie wordt op het perceel of door een nabijgelegen systeem geproduceerd 2. $\geq 75\%$ van de door het gebouw gebruikte energie wordt op het perceel of door een nabijgelegen systeem geproduceerd 3. $\geq 50\%$ van de door het gebouw gebruikte energie wordt op het perceel of door een nabijgelegen systeem geproduceerd 4. $\geq 25\%$ van de door het gebouw gebruikte energie wordt op het perceel of door een nabijgelegen systeem geproduceerd
Jaarlijkse energieprestatie	
Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw in MJ/m ²	1. $< 0\text{ MJ/m}^2$ 2. $0-55\text{ MJ/m}^2$ 3. $55-110\text{ MJ/m}^2$ 4. $\geq 110\text{ MJ/m}^2$

Tabel 2.3 Kwantitatieve parameters met de bijbehorende criteria van het onderdeel energie.
Verkregen van: Active House – Een internationale richtlijn 2^e editie (2013).

Milieubelasting	
Primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw in kWh/m ² *a	1. < -150 kWh/m²*a 2. < 15 kWh/m²*a 3. < 150 kWh/m²*a 4. < 200 kWh/m²*a
Klimaatverandering (GWP) tijdens de levensduur van het gebouw in kg CO ₂ -eq./m ² *a	1. <-30 kg CO₂-eq./m²*a 2. <10 kg CO₂-eq./m²*a 3. <40 kg CO₂-eq./m²*a 4. <50 kg CO₂-eq./m²*a
Aantasting van de ozonlaag (ODP) tijdens de levensduur van het gebouw in kg R ₁₁ -eq./m ² *a	1. <2,25E-06 kg R₁₁-eq./m²*a 2. <5,3E-06 kg R₁₁-eq./m²*a 3. <3,7E-06 kg R₁₁-eq./m²*a 4. <6,7E-06 kg R₁₁-eq./m²*a
Foto chemische oxidantvorming (POCP) tijdens de levensduur van het gebouw in kg C ₂ H ₄ -eq./m ² *a	1. <0,0025 kg C₂H₄-eq./m²*a 2. <0,0040 kg C₂H₄-eq./m²*a 3. <0,0070 kg C₂H₄-eq./m²*a 4. <0,0085 kg C₂H₄-eq./m²*a
Verzuring (AP) tijdens de levensduur van het gebouw in SO ₂ -eq./m ² *a	1. <0,010 kg SO₂-eq./m²*a 2. <0,075 kg SO₂-eq./m²*a 3. <0,100 kg SO₂-eq./m²*a 4. <0,125 kg SO₂-eq./m²*a
Vermesting (EP) tijdens de levensduur van het gebouw in kg PO ₄ -eq./m ² *a	1. <0,0040 kg PO₄-eq./m²*a 2. <0,0055 kg PO₄-eq./m²*a 3. <0,0085 kg PO₄-eq./m²*a 4. <0,0105 kg PO₄-eq./m²*a
Drinkwaterverbruik	
Verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw in verbetering in % versus het gemiddelde nationale waterverbruik	1. Verbetering ≥ 50 % 2. Verbetering ≥ 30 % 3. Verbetering ≥ 20 % 4. Verbetering ≥ 10 %
Duurzaam materiaalgebruik	
Gerecyclede content in %	1. ≥ 50 % 2. ≥ 30 % 3. ≥ 10 % 4. ≥ 5 %
Verantwoorde bronnen in %	1. 100 % van het gebruikte hout is gecertificeerd (FSC, PEFC) en 80 % van de leveranciers van nieuwe materialen is EMS gecertificeerd 2. 80 % van het gebruikte hout is gecertificeerd (FSC, PEFC) en 50 % van de leveranciers van nieuwe materialen is EMS gecertificeerd 3. 65 % van het gebruikte hout is gecertificeerd (FSC, PEFC) en 40 % van de leveranciers van nieuwe materialen is EMS gecertificeerd 4. 50 % van het gebruikte hout is gecertificeerd (FSC, PEFC) en 25 % van de leveranciers van nieuwe materialen is EMS gecertificeerd

Tabel 2.4 Kwantitatieve parameters met de bijbehorende criteria van het onderdeel milieu.
Verkregen van: Active House – Een internationale richtlijn 2^e editie (2013).

Wanneer van alle parameters de eindscores bekend zijn, kan er een radar opgesteld worden, figuur 2.2. (Active House NL, 2013)



Figuur 2.2 Voorbeeld van een Active House radar. Verkregen van: http://becgreen.ca/wp-content/uploads/2014/01/Radar_Great-Gulf-AH-page-001.jpg

Een huis kan ten slotte een Active House genoemd worden indien iedere parameter, zoals beschreven in tabel 2.1, ten minste over ambitieniveau 4 beschikt. Er wordt verder geen onderscheid gemaakt of een huis alle parameters met een ambitieniveau van 4 of 1 behaalt. Er geldt wel dat hoe groter de radar is, hoe beter het gebouw voldoet aan de principes van Active House.

In bijlage 1 zijn de Nederlandse specificaties van Active House terug te vinden. In deze specificaties staan tevens alle parameters met de daarbij horende criteria beschreven.

2.2.2 Kwalitatieve parameters

Zoals genoemd, zijn er naast de kwantitatieve parameters ook kwalitatieve parameters die gelden voor een Active House. Deze kwalitatieve parameters zijn opgebouwd uit verschillende criteria en zijn tevens gebaseerd op de drie sleutelprincipes. Naast de drie sleutelprincipes zijn er tevens parameters die gebaseerd zijn op het *gebruik van het gebouw*.

Het grootste gedeelte van de kwalitatieve parameters hebben geen meetbare criteria. Deze parameters gaan voornamelijk dieper in op hoe het, in de kwantitatieve parameters beschreven, prestatieniveau bereikt kan worden.

Om meer duidelijkheid te verschaffen over de verschillen tussen kwalitatieve en kwantitatieve parameters zal er een voorbeeld gegeven worden. De parameter *daglicht* komt zowel voor in het kwantitatieve als in het kwalitatieve gedeelte. In het kwantitatieve gedeelte zijn er criteria die betrekking hebben op de *daglichtfactor* en de *beschikbaarheid directe zonlicht*. Bij het kwalitatieve gedeelte zijn er criteria die betrekking hebben op het *uitzicht*, het *doorzicht*, de *schittering* en het *daglicht in de secundaire ruimten*.

Voor deze criteria geldt dat er geantwoord kan worden met een *ja* of *nee*. In de internationale visie wordt er vervolgens bij de Active House score aangegeven hoeveel procent er van de criteria is beantwoord met *ja*. Er wordt echter geen minimum gegeven aan het aantal criteria waar het gebouw aan dient te voldoen. Hoeveel keer er “ja” gegeven wordt, heeft dus verder geen invloed op de beoordeling of een woning voldoet aan de principes van Active House. In bijlage 1 zijn alle kwalitatieve parameters in de specificaties terug te vinden.

2.2.3 Bepaling van de criteria

Om de genoemde kwantitatieve parameters te verkrijgen, dient er gebruik gemaakt te worden van een aantal programma's. Er staat echter in de Active House specificaties niet beschreven welke programma's er precies toegepast dienen te worden. Alleen bij de criteria van de parameter *daglicht* staat beschreven volgens welke norm of door middel van wat voor soort programma deze criteria berekend dienen te worden, zie bijlage 1.

In paragraaf 3.2 zal er dieper ingegaan worden op de verschillende programma's die gebruikt zijn voor dit onderzoek.

2.3 Active House in Nederland

Op 14 november 2013 is op het Duurzaam gebouwd congres de Stichting Active House Nederland gelanceerd. Het doel van de stichting is om gebouweigenaren en hun adviseurs bewust te maken van het belang van een goed binnenmilieu. (C. Vissering, 2013)

Deze stichting beschikt over 16 partners die de visie van Active House binnen Nederland promoten. De 16 partners zijn verschillende bouw gerelateerde bedrijven waaronder Nieman Raadgevende Ingenieurs. (Active House NL, 2013b)

2.3.1 Verschillen in specificaties met het buitenland

De Active House specificaties zijn vertaald door de Nederlandse Active House afdeling. Hierbij is de bestaande tekst alleen vertaald naar het Nederlands, maar zijn de eisen verder niet in zijn geheel omgezet naar Nederland. Er zijn echter wel enkele veranderingen tussen de internationale versie en de Nederlandse versie.

Bij het onderdeel *energie* hebben de meeste aanpassingen plaatsgevonden. Bij de internationale versie zijn de eenheden in kWh terwijl deze in de Nederlandse versie in MJ zijn. 1 kWh staat gelijk aan 3,6 MJ. De getallen zijn wel allemaal gelijk gebleven, ze zijn namelijk alleen omgerekend en vervolgens afgerond op ronde getallen. (Active House NL, 2013)

Een andere wijziging in de Nederlandse specificatie heeft betrekking op een kwalitatieve parameter. De eis voor het installatiegeluid is namelijk met 5 dB verhoogd ten opzichte van de internationale versie. Dit is gedaan om zo aan te sluiten op het Bouwbesluit 2012. (Active House NL, 2013)

2.3.2 Nederlandse Active House projecten

In Nederland zijn er al een aantal projecten uitgevoerd volgens de principes van Active House. In deze paragraaf zullen twee van deze projecten behandeld worden, namelijk een nieuwbouw project en een renovatie project.

HOTT-woning

HOTT staat voor *House of Tomorrow Today* en is de eerste woning in Nederland die gebouwd is volgens de principes van Slimbouwen en Active House, figuur 2.3. (J. Lichtenberg, *geen datum*)

De HOTT woning produceert meer energie op jaarbasis dan het gebruikt zonder dat het binnenklimaat op een negatieve manier wordt beïnvloed. Door middel van een luchtwarmtepomp, vloerverwarming met *phase change material (PCM)* voor opslag, zonnecollectoren en zonnecellen wordt de woning voorzien van hernieuwbare energie. (J. Lichtenberg, *geen datum*)

Daarnaast zijn er verschillende maatregelen getroffen om minder energie te gebruiken zoals zeer goed geïsoleerde muren en daken, een effectieve hybride ventilatiesysteem, lage temperatuur verwarming en hoge temperatuur koeling en energie-efficiënte huishoudelijke apparaten. (J. Lichtenberg, *geen datum*)

Naast deze energetische voordelen heeft de HOTT-woning ook een zeer aangenaam binnenklimaat. HOTT laat zonlicht en daglicht de leefruimtes binnentreden. De woning heeft automatische zonneschermen en een afdak die voorkomen dat het in de zomer te warm wordt. De gemiddelde *daglichtfactor* bedraagt ten minste 5 % in alle woonruimtes. (J. Lichtenberg, *geen datum*)

Ten slotte is er ook rekening gehouden met het milieu. De woning is namelijk volledig geprefabriceerd. De constructie is een droge constructie wat inhoudt dat het gebouw demontabel is en in de toekomst aangepast kan worden. (J. Lichtenberg, *geen datum*)

De HOTT-woning is niet alleen volgens de principes van Active House, maar ook volgens de principes van Slimbouwen gebouwd. Slimbouwen houdt in dat er minder materiaal gebruikt wordt, het gebouw een hoog aanpassingsvermogen heeft en het bouwproces zo effectief mogelijk is. (J. Lichtenberg, *geen datum*)



Figuur 2.3 Doorsnede HOTT-woning. Verkregen van: http://www.actiefbouwen.eu/wp-content/uploads/energiEDOORSNEDe_391x625.jpg

De Poorters van Montfoort

In Montfoort zijn er voor het eerst in Nederland woningen gerenoveerd volgens de principes van Active House. (*Velux, geen datum*) Dit waren 10 jaren 70 sociale huurwoningen die samen de Poorters van Montfoort vormen. Bij de renovatie van deze woningen is er rekening gehouden met een goede balans tussen het energieconcept, het binnenklimaat en de omgeving. Hierbij stond het wooncomfort en de gezondheid van de bewoner centraal. (*Active House NL, geen datum*)

De woningen in de Poorterstraat in Montfoort hadden voorheen energielabel E. Als eerst zijn er 82 woningen gerenoveerd en opgewaardeerd naar energielabel A. Normaliter zouden dergelijke woningen opgewaardeerd worden naar energielabel C. Van deze 82 woningen zijn er vervolgens 10 opgewaardeerd naar een nog hoger niveau namelijk energielabel A⁺⁺ (De Active House woningen). (*C. van Veenendaal, geen datum*)

Naast de goede energieprestaties beschikken de woningen ook over meer leefruimte, daglicht en een prettiger binnenklimaat. (*C. van Veenendaal, geen datum*)

Op figuren 2.4 en 2.5 zijn foto's van de voorgevel van voor de renovatie en van na de renovatie terug te vinden.



Figuur 2.4 Oude voorgevel Poorters van Montfoort (links). Verkregen van: <https://www.velux.nl/nl-NL/OverVELUX/Pers/PublishingImages/Poorterstraat%20huidige%20situatie%20voorzijde%20280px.jpg>



Figuur 2.5 Nieuwe voorgevel Poorters van Montfoort (rechts). Verkregen van: <http://www.activehousenl.info/wp-content/uploads/2013/09/Voorzijde-De-Poorters-1-.jpg>

In hoofdstuk 6 zal er dieper worden ingegaan op de Active House toetsing die voor dit project is uitgevoerd.

2.4 Active House en passief bouwen

Active House en passief bouwen hebben een aantal overeenkomsten. Beide concepten betreffen energiezuinige gebouwen. Daarnaast dient een gebouw bij beide concepten te voldoen aan een aantal minimale eisen.

Voor een passief huis geldt dat de jaarlijkse energievraag voor ruimteverwarming en koeling beperkt moet blijven tot 15 kWh/m². Naast deze concrete eis dient er ook rekening gehouden te worden met een aantal andere belangrijke onderdelen. Door zeer goede isolatie en een zeer goede luchtdichting worden de warmteverliezen beperkt. De warmtewinsten worden daarentegen geoptimaliseerd door het gebruik van passieve energie. Ten slotte wordt de luchtkwaliteit gewaarborgd door ventilatie met warmteterugwinning. (*Passiefhuis-platform, 2011*)

Bij het principe van Active House worden er naast verschillende eisen aan energiegebruik ook eisen gesteld met betrekking tot comfort en milieu. Bij het onderdeel comfort hebben een passief huis en een Active House overeenkomsten op het gebied van luchtkwaliteit. Beide concepten houden hier namelijk

rekening mee. Het principe van Active House geeft echter specifieke eisen aan de binnenluchtkwaliteit terwijl een passiefhuis dit niet geeft.

Naast luchtkwaliteit wordt er bij het principe van Active House ook nog eisen gesteld aan de daglichttoetreding en de minimale en maximale kamertemperaturen in de woning. (*Active House NL, 2013*)

Op het onderdeel energie hebben de beide principes ook raakvlakken. Zo wordt er bij allebei gestreefd naar een zo laag mogelijke energiebehoefte. (*Passiefhuis-platform, 2011*) Bij beide principes wordt er ook een eis gesteld aan de jaarlijkse energievraag. Voor een passiefhuis geldt dat de jaarlijkse energievraag ten hoogste 120 kWh/m² mag bedragen. (*Passiefbouwen, geen datum*) Om een minimale score van 4 bij Active House te behalen, mag de jaarlijkse energievraag ook ten hoogste 120 kWh/m² bedragen. Op dit onderdeel komen de beide principes dus met elkaar overeen. (*Active House Alliance, 2013*)

Bij een passiefhuis mag de jaarlijkse energievraag voor verwarming daarnaast slechts 15 kWh/m² bedragen. (*Passiefhuis-platform, 2011*) Bij het principe van Active House zijn er verder geen specifieke eisen beschreven omtrent de jaarlijkse energievraag voor verwarming. Echter, het principe van Active House stelt wel meer eisen aan het onderdeel duurzaam energiegebruik. Zo dient minimaal 25 % van de door het gebouw gebruikte energie op het perceel of door een nabijgelegen systeem geproduceerd te worden. Ten slotte wordt er ook een eis gesteld aan de jaarlijkse energieprestatie voor een gebouw bij Active House. (*Active House NL, 2013*)

Op het onderdeel energie hebben de beide principes dus zowel raakvlakken als enkele verschillen.

Het laatste onderdeel is milieu. Om een passiefhuis te worden, hoeft er aan geen enkele milieueis voldaan te worden. Om een Active House te worden, dient er echter wel aan een aantal milieueisen voldaan te worden. Dit zijn niet alleen eisen met betrekking tot de milieubelasting van de toegepaste materialen, maar ook eisen die betrekking hebben op het drinkwaterverbruik en het duurzaam materiaalgebruik. (*Active House NL, 2013*)

2.5 Meerwaarde Active House

In de vorige paragraaf is er een vergelijking gemaakt tussen Active House en het principe van passief bouwen. Passief bouwen is een bouwprincipe dat al meerdere malen is toegepast. Het principe van Active House is echter nog minder bekend. Desondanks heeft het principe van Active House op een aantal onderdelen meer te bieden dan het principe van passief bouwen.

De meerwaarde van Active House is dat er niet alleen gekeken wordt naar hoeveel energie een gebouw verbruikt, maar ook of het prettig is om in het gebouw te verblijven en wat de impact van het gebouw op het milieu is. Deze twee belangrijke onderdelen zijn niet terug te vinden in andere bouwconcepten zoals passief bouwen. Bij andere bouwconcepten worden er namelijk alleen maar eisen gesteld aan het energieverbruik en niet aan bijvoorbeeld de hoeveelheid daglicht dat de woning binnen dient te komen of hoe warm het maximaal in de ruimtes mag worden in de zomer. (*Active House NL, 2013*)

3 Werkwijze en methoden

In dit hoofdstuk zal naar voren komen op welke wijze het onderzoek aangepakt zal worden. Het onderzoek zal uitgevoerd worden aan de hand van twee casussen. Deze casussen zijn een vrijstaande woning en een tussenwoning die ieder voldoen aan de minimale eisen van het Bouwbesluit

De twee genoemde woningtypen staan model voor de Nederlandse bouwmethodiek. Typerend voor de Nederlandse bouwmethodiek voor de woningbouw is:

- Betonnen casco;
- Bakstenen gevel;
- Spouwmuur;
- Pannendaken;
- Schuine daken.

Beide woningtypen beschikken over deze vijf aspecten. Op deze manier wordt er een reëel beeld gecreëerd over hoe de standaard Nederlandse woningen voldoen aan het principe van Active House. Meer informatie over de woningen wordt in paragraaf 3.1 gegeven.

Zoals beschreven, zijn er verschillende criteria waaraan een woning dient te voldoen voordat de woning een Active House genoemd mag worden. Van beide casussen zullen alle criteria berekend of bepaald worden. Een aantal criteria kunnen met de hand bepaald worden, ingeschat worden of door middel van literatuur gevonden worden. Andere criteria dienen met verschillende software berekend te worden.

Nadat alle criteria van de parameters bekend zijn, kan de Active House radar opgesteld worden. Aan de hand van de Active House specificaties, (*Active House NL, 2013*), wordt eerst per criterium bepaald wat voor score er bij de verkregen waarde hoort. Vervolgens worden per parameter de scores gemiddeld en zijn alle punten van de radar bekend. De programma's die gebruikt zijn voor de bepaling van de criteria worden in paragraaf 3.2 beschreven.

Door het invullen van de radars van allebei de woningtypen kunnen deze goed met elkaar vergeleken worden. Vervolgens zullen er conclusies getrokken worden op welke onderdelen welke woningtype het beste naar voren komt en waarom dat zo is.

Ten slotte zullen er variantonderzoeken worden uitgevoerd. Een voorbeeld van een variantonderzoek is het aanpassen van de toegepaste materialen naar milieuvriendelijke materialen. Vervolgens wordt er onderzocht wat de verschillen zijn tussen de oude en nieuwe situatie. Er zullen in totaal vier van dit soort variantonderzoeken worden uitgevoerd.

Op deze manier zal er een compleet beeld verkregen worden van hoe verschillende gebouwtypen en uitvoeringen voldoen aan het principe van Active House.

3.1 Toegepaste casussen

Zoals eerder genoemd, wordt er een vrijstaande woning en een tussenwoning getoetst aan de principes van Active House. Om een goed beeld te krijgen van deze twee woningen, zijn er een aantal gegevens en uitgangspunten opgesteld.

Algemene gegevens:

- De woningen voldoen aan het Bouwbesluit 2012;
- Het zijn beide nieuwbouwprojecten;
- Voorgevel ligt op het noordoosten en zuidgevel ligt op zuidwesten.

Technische gegevens:

- Rc-waarde begane grondvloer: 5,0 m²K/W;
- Rc-waarde gevels: 5,0 m²K/W;

- Rc-waarde dak: $6,0 \text{ m}^2\text{K/W}$;
- U-waarde ramen: $1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$
- GO vrijstaande woning: $169,89 \text{ m}^2$;
- GO tussenwoning: $160,22 \text{ m}^2$;
- Ketel: Intergas Kombi Kompakt HRE 28-24
- Mechanische toe- en afvoer in de woonkamer/keuken;
- Natuurlijke toevoer en mechanische afvoer in de overige ruimten;
- Geen zonnestroom aanwezig;
- Geen zonwering aanwezig.

In figuur 3.1 is een overzichtstekening te zien van het project. Het betreft een nieuwbouwproject in Voorhout. Er worden verschillende typen woningen gerealiseerd namelijk: vrijstaande woningen, twee-onder-een-kappers, drie-onder-een-kappers, seniorenwoningen en eengezinswoningen.



Figuur 3.1 Situatietekening met daarop aangegeven de berekende vrijstaande woning (blauw) en de tussenwoning (rood). Verkregen van architectenbureau Van Manen.

Het onderzoek is toegespitst op de vrijstaande woning en de tussenwoning van de drie-onder-een-kapper. Deze twee woningen zijn met blauw en rood aangegeven op figuur 3.1.

De opdrachtgever van dit (nog uit te voeren) project wil graag alle woningen laten voldoen aan de principes van Active House. De huidige ontwerpen van de woningen voldoen echter nog niet geheel aan de eisen van Active House.

In het onderzoek zal naar voren komen op welke onderdelen de twee woningtypen reeds voldoen en wat er eventueel aangepast dient te worden om wel aan alle onderdelen te voldoen. In hoofdstuk 4 zijn de resultaten van de toetsingen van de twee woningen terug te vinden.

In figuren 3.2 en 3.3 zijn 3D aanzichten van de beide woningen weergegeven. In bijlage 2 zijn de tekeningen van de vrijstaande woning en in bijlage 17 zijn de tekeningen van de tussenwoning terug te vinden.



Figuur 3.2 3D aanzicht voorkant vrijstaande woning. Verkregen van architectenbureau Van Manen.



Figuur 3.3 3D aanzicht voorkant tussenwoning. Verkregen van architectenbureau Van Manen.

3.2 Programmatuur Active House

In paragraaf 2.2.3 is reeds beschreven dat er vanuit Active House geen specifieke programma's zijn voorgeschreven die gebruikt dienen te worden bij de bepaling van de criteria die benodigd zijn bij de Active House toetsing.

In tabel 3.1 is een overzicht weergegeven met de programma's die uiteindelijk zijn gebruikt voor dit onderzoek.

Onderwerp	Software
Daglichtfactor	Relux
Beschikbaarheid direct zonlicht	In te schatten
Maximale kamertemperatuur	Vabi UO
Minimale kamertemperatuur	Van te voren vast te stellen
Standaardhoeveelheid frisse lucht	Bouwbesluit 2012
Jaarlijkse energievraag	Uniec 2.0
Bron van de energievoorziening	Uniec 2.0
Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw	Uniec 2.0
Primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw	GPR gebouw
Klimaatverandering tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool
Aantasting van de ozonlaag tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool
Fotochemische oxidantvorming tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool
Verzuring tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool
Vermesting tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool
Verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw	Bepalen volgens formule
Gerecyclede content	Handmatig te berekenen
Verantwoorde bronnen	Van te voren vast te stellen

Tabel 3.1 Toegepaste programma's bij de bepaling van de criteria.

Tijdens het onderzoek zijn er ook voor een aantal criteria nog andere programma's en formules gebruikt. Deze programma's en formules zijn echter niet gebruikt voor de uiteindelijke uitkomsten van de criteria. Hierdoor zal alleen van de in tabel 3.1 beschreven software een korte beschrijving gegeven worden.

Relux

Relux is een simulatieprogramma waarmee de daglichtfactor van een ruimte berekend kan worden. Na het invoeren van de ruimte, met alle benodigde eigenschappen, komt er uit het programma zowel de minimale, maximale en de gemiddelde daglichtquotiënt.

VABI UO

VABI UO staat voor VABI Uniforme Omgeving. VABI UO is opgedeeld in verschillende berekeningen die uitgevoerd kunnen worden. Voor dit onderzoek wordt er alleen gebruik gemaakt van de temperatuuroverschrijdingsberekening (TO-berekening). Aan de hand van deze dynamische berekening kan (onder andere) voor alle ruimten de minimale en maximale kamertemperaturen bepaald worden. Deze temperaturen worden voor iedere ruimte per uur berekend voor een jaar lang. Aan de hand van deze temperaturen kan bepaald worden of de eis voor de maximale kamertemperatuur, zie tabel 2.2, niet overschreden wordt.

Uniec 2.0.7

Met Uniec 2.0.7 kan een EPC-berekening gemaakt worden. Dit programma is volgens de NEN 7120. Naast de energiestatistiekcoëfficiënt (EPC) komt er ook uit het programma naar voren hoeveel energie er voor welk onderdeel benodigd is. De verschillende onderdelen die uit Uniec 2.0 komen, zijn: verwarming, warmtapwater, koeling, zomercomfort, ventilatoren en verlichting. Aan de hand van deze energiebehoeften kunnen de energiecriteriën van Active House bepaald worden.

GPR Gebouw

Aan de hand van GPR Gebouw kan de onderzocht worden hoe een gebouw presteert op verschillende gebieden van duurzaamheid. De GPR-berekening is opgebouwd uit vijf thema's: energie, milieu, gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde. Bij het thema milieu kan een milieuprestatieberekening (MPG) van het gebouw uitgevoerd worden. Van de GPR-berekening zal alleen de MPG berekening gebruikt worden voor het onderdeel milieu van Active House.

DGBC materialentool

Het laatste programma dat gebruikt wordt, is de DGBC materialentool versie 2.0. Aan de hand van dit programma wordt tevens een MPG berekening uitgevoerd. De totale milieubelastingen, van de materialen die in het gebouw zijn toegepast, komen in dit programma naar voren. Deze milieubelastingen zijn benodigd voor het onderdeel milieu van Active House.

In het volgende hoofdstuk zullen alle verkregen resultaten van de genoemde berekeningen behandeld worden. Alle criteria van tabellen 2.2-2.4 zullen in het volgende hoofdstuk aan bod komen.

4 Onderzoeksresultaten en analyse

In de werkwijze staat beschreven dat er twee woningen getoetst zullen worden aan de criteria van Active House. Deze woningen betreffen een vrijstaande woning en een tussenwoning. In dit hoofdstuk zullen de resultaten van de uitgevoerde berekeningen geanalyseerd worden. De berekeningen en analyses waarmee deze resultaten verkregen zijn, zijn in bijlage 3-30 terug te vinden.

4.1 Vrijstaande woning

Als eerst zal er de in paragraaf 3.1 beschreven vrijstaande woning, figuur 4.1, doorgerekend worden volgens het Active House principe. De tekeningen van de gebruikte vrijstaande woning zijn in bijlage 2 terug te vinden. Alle criteria, zoals beschreven in tabel 2.1, zullen voor deze woning berekend of bepaald worden. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt in de drie onderdelen *comfort*, *energie* en *milieu*.



Figuur 4.1 Voor- en achtergevel van de berekende vrijstaande woning. Verkregen van architectenbureau Van Manen.

4.1.1 Comfort

Het eerste onderdeel dat berekend zal worden, is *comfort*. Dit onderdeel is opgedeeld in verschillende parameters en criteria, tabel 4.1.

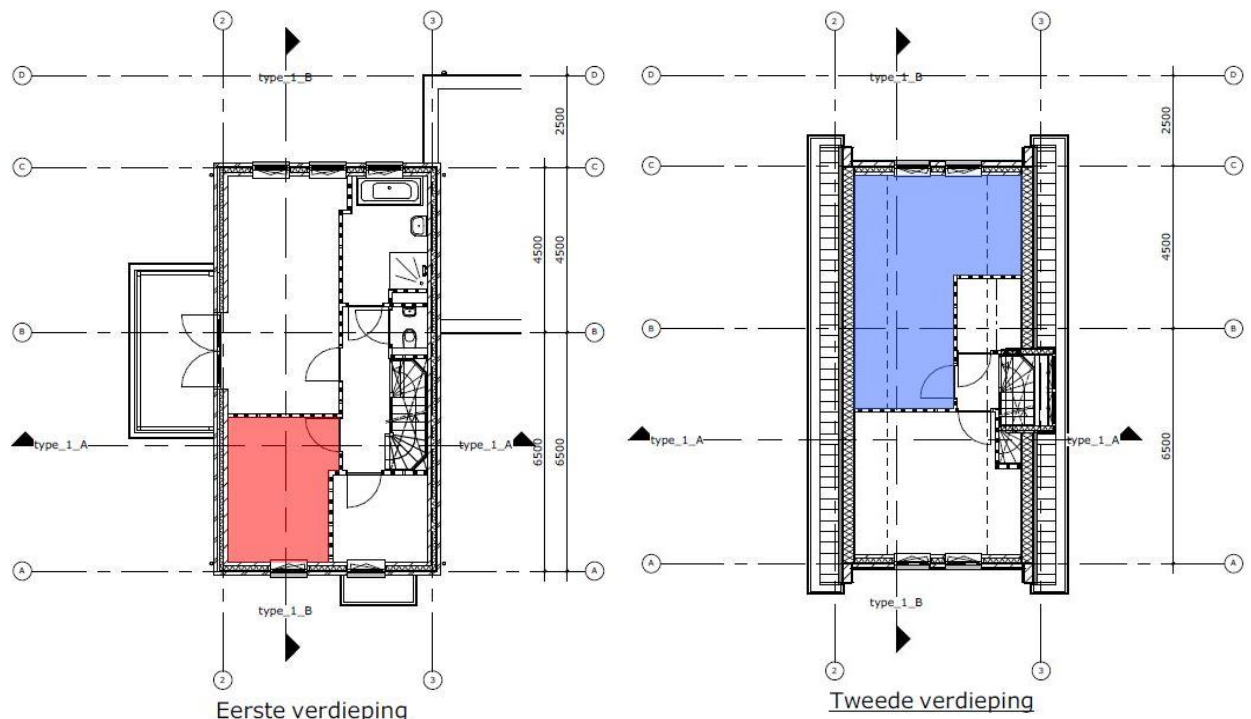
Sleutelprincipe	Parameter	Criterium
Comfort	Daglicht	– Daglichtfactor
		– Beschikbaarheid direct zonlicht
	Thermische omgeving	– Maximale kamertemperatuur
		– Minimale kamertemperatuur
	Binnenluchtkwaliteit	– Standaardhoeveelheid frisse lucht

Tabel 4.1 Overzicht criteria comfort Active House. Verkregen van: Active House – Een internationale richtlijn 2^e editie (2013).

Daglichtfactor

Om de *daglichtfactor* voor de vrijstaande woning te bepalen, dient de daglichtfactor berekend te worden voor de meest ongunstigste ruimte. Er zijn voor deze berekeningen twee ruimten geselecteerd die hoogstwaarschijnlijk het meest ongunstig zijn met betrekking tot de daglichtfactor.

Deze ruimten betreffen een slaapkamer op de eerste verdieping en een zolderkamer op de tweede verdieping, figuur 4.2.



Figuur 4.2 Plattegronden begane grond (links) en eerste verdieping (rechts) met daarop aangegeven de twee meest ongunstige ruimten met betrekking tot daglicht (slaapkamer 2 en zolderkamer 1). Verkregen van architectenbureau Van Manen.

De daglichtfactor kan bepaald worden aan de hand van een formule of aan de hand van een simulatieprogramma. Volgens Active House NL (2013) dient de daglichtfactor berekend te worden met behulp van een gevalideerd daglichtsimulatieprogramma.

Om toch te onderzoeken of het mogelijk is om de daglichtfactor aan de hand van een formule te berekenen, wordt deze mogelijkheid ook meegenomen. Als eerst is daarom de gemiddelde daglichtfactor bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$DF_{AV} = \frac{A_{\text{raam}} \times T_{\text{raam}} \times \gamma}{A_{\text{schil}} \times (1 - R_{AV}^2)}$$

Deze formule wordt gebruikt bij de BREEAM-NL 2011 toetsing. In deze formule is:

DF_{AV} de gemiddelde daglichtfactor

A_{raam} het raamoppervlak van het vertrek

A_{schil} het schiloppervlak van het vertrek (vloer, plafond, wanden inclusief ramen)

T_{raam} de transmissiefactor van het raam (LTA)

γ de hemelzichthoek (rekening houdend met overstekken en belemmeringen)

R_{AV} de gemiddelde reflectiefactor van de schil (exclusief ramen)

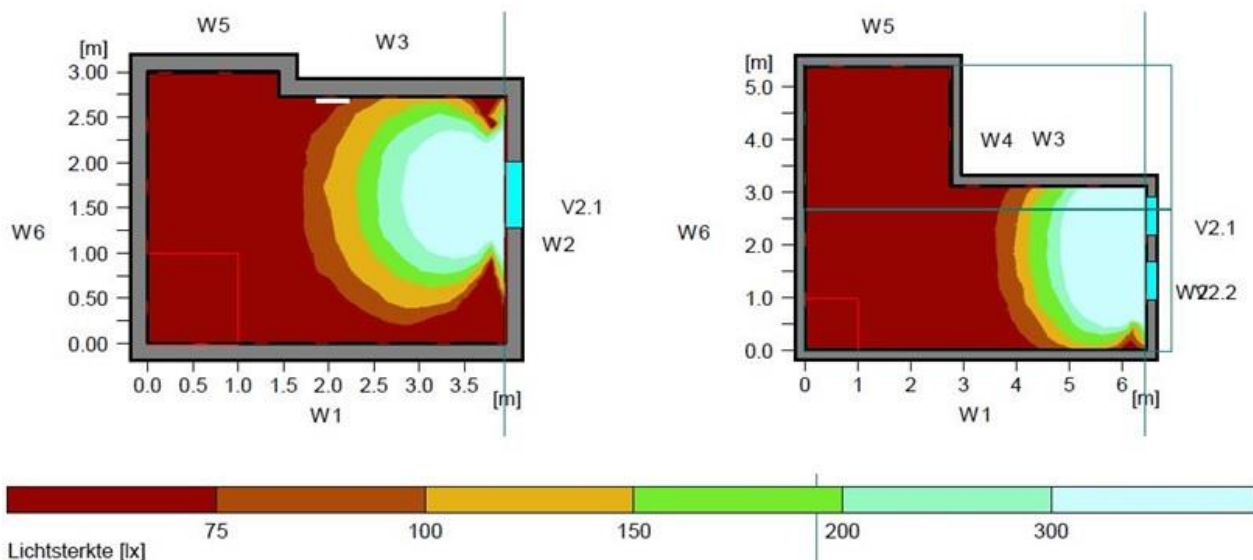
(Dutch Green Building Council, 2010)

Na het invullen van de formule kwam naar voren dat de gemiddelde daglichtfactor van de slaapkamer op de eerste verdieping 1,66 % bedraagt en de gemiddelde daglichtfactor van de zolderkamer op de tweede verdieping 1,78 % bedraagt. Beide factoren liggen tussen de 1,0 en de 2,0 % waardoor er voldaan wordt aan de score 4 voor de daglichtfactor, zie tabel 2.2. De uitgewerkte berekeningen zijn in bijlage 3 terug te vinden.

Er wordt alleen bij deze formule geen rekening gehouden met de vorm van de ruimte. De vorm heeft echter veel invloed op de daglichttoetreding. Bij beide ruimten is er sprake van een zogenoemde L-vorm. Daarnaast wordt er bij de formule ook geen rekening gehouden met de positie van de ramen. Of

er een raam in het midden van de gevel geplaatst is of in de hoek heeft wel dergelijk invloed op de hoeveelheid licht dat de betreffende ruimte binnenkomt.

Om deze redenen is er gekozen om de ruimtes in het simulatieprogramma Relux door te rekenen, figuur 4.3. Bij Relux wordt de vorm van de ruimte en de positie van de ramen namelijk wel meegenomen waardoor de daglichtfactoren meer realistisch, en in dit geval dus ongunstiger, zullen uitvallen.



Figuur 4.3 Daglichttoetreding van slaapkamer eerste verdieping (links) en zolderkamer tweede verdieping (rechts) aan de hand van Relux. Verkregen van Relux.

De gemiddelde daglichtfactor van de slaapkamer op de eerste verdieping bedraagt volgens Relux 1,11 % en de gemiddelde daglichtfactor van de zolderkamer bedraagt 0,81 %. De slaapkamer voldoet dus net wel en de zolderkamer voldoet net niet aan de minimale eis volgens de principes van Active House. In bijlagen 4 en 5 zijn de uitdraaien van beide slaapkamers van Relux terug te vinden. De berekeningen zijn opgesteld aan de hand van de uitgangspunten die in paragraaf 13.1 van de NEN 2057 staan beschreven. In bijlage 6 zijn deze uitgangspunten terug te vinden.

Om de zolderkamer wel te laten voldoen, kunnen er een aantal maatregelen getroffen worden zoals:

- Vergroten van de ramen;
- Verkleinen van de ruimte (de achterwand dichtert naar de gevel plaatsen);
- Het overstek van de dakrand weglaten.

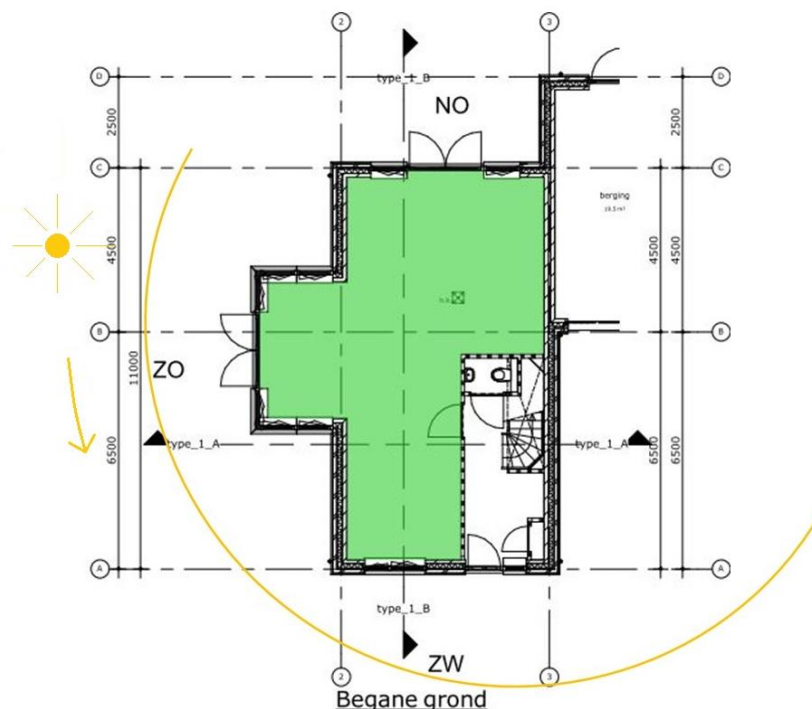
Wanneer er gekozen wordt om het overstek weg te laten, wordt er precies voldaan aan de minimale eis voor de daglichtfactor. Er wordt dan namelijk een gemiddelde daglichtfactor van 1,0 % gehaald, zie bijlage 7.

Beschikbaarheid direct zonlicht

Het tweede gedeelte van de parameter daglicht is de *beschikbaarheid van direct zonlicht*. Voor dit criterium kan een inschatting gemaakt worden of er kan een bezonningsstudie gedaan worden. Vanwege het tijdsbestek zal er een inschatting gemaakt worden.

Om voor dit criterium de score 4 te behalen, moet er minimaal één van de belangrijkste woonruimten van de lente tot de herfst direct zonlicht hebben van tenminste 2,5 % van de verwachte zonuren, zie tabel 2.2. (*Active House NL, 2013*) De belangrijkste woonruimte is de woonkamer, figuur 4.4.

In figuur 4.4 is het verloop van de zon bij de woonkamer te zien. De zon komt op in het oosten en gaat weer onder in het westen. De vrijstaande woning is dus erg gunstig gelegen. Alleen de noordoostgevel krijgt minder direct zonlicht dat de overige gevels.



Figuur 4.4 Plattegrond begane grond met in groen aangegeven de woonkamer en met oranje aangegeven het verloop van de zon. Verkregen van architectenbureau Van Manen.

De woonkamer beschikt over ramen in drie oriëntaties waardoor er veel zonlicht binnen zal komen. Daarnaast is het grootste gedeelte van de ramen gelegen op het zuiden. Er kan hierdoor geconcludeerd worden dat er veel direct zonlicht binnenkomt en er voldaan zal worden aan de eis van score 1.

Maximale kamertemperatuur

De maximale kamertemperatuur kan berekend worden met het programma VABI UO. Er komt daarnaast uit Uniec 2.0 ook een inschatting voor het risico van te hoge temperaturen. Als eerst is er aan de hand van het programma Uniec 2.0 onderzoek gedaan naar de te hoge temperaturen van de ruimten.

Deze inschatting is een indicatieve berekening die gemaakt is voor de gehele woning voor de maand juli. Door middel van de benodigde koudebehoefte kan er ingeschat worden of er sprake is van te hoge temperaturen in de woning. (Uniec 2.0)

In figuur 4.5 zijn de risico's op te hoge temperaturen terug te vinden. Voor deze getallen geldt de volgende indeling:

- 0 -2 Geen, onbekend risico
- 2-4 Matig tot groot risico
- >4 Groot risico

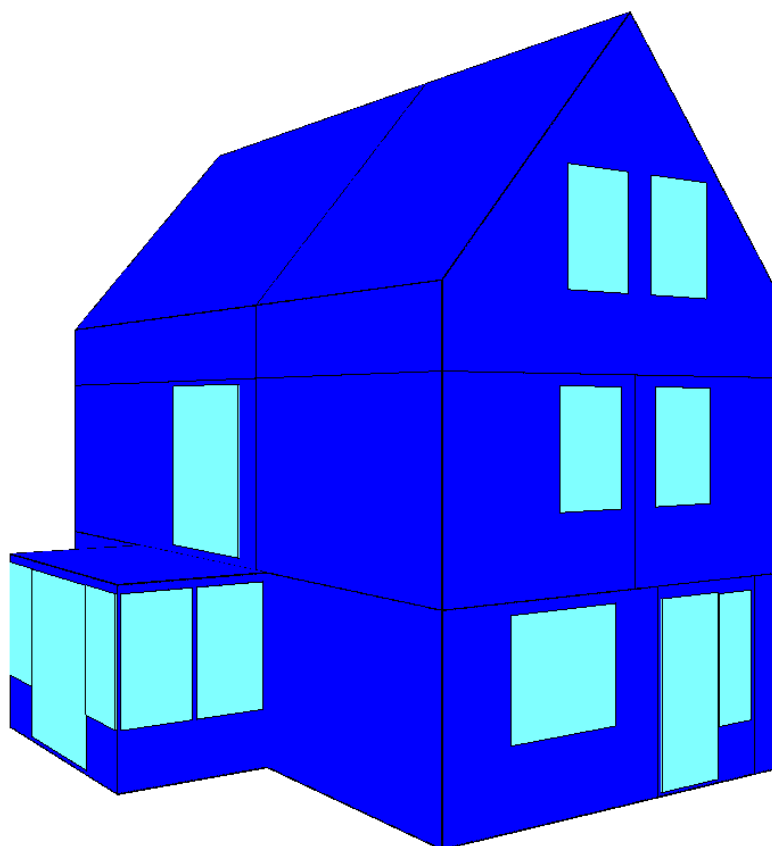
Risico van te hoge temperaturen

Woonhuis 1		
oriëntatie	TO _{juli}	risico
noord	-	-
noord-oost	2,53	matig - tot groot risico
oost	-	-
zuid-oost	0,11	onbekend
zuid	-	-
zuid-west	9,17	groot risico
west	-	-
noord-west	0,00	onbekend

Figuur 4.5 Risico van te hoge temperaturen van de vrijstaande woning. Verkregen van Uniec 2.0.

$(2,53 + 0,11 + 9,17 + 0,00) / 4 = 2,95$. Er is dus sprake van een matig tot groot risico. Hierdoor zal er een score van 3 aangehouden worden. In bijlage 8 is de gehele uitdraai van de berekening terug te vinden.

Om meer nauwkeurige waarden te verkrijgen, is er daarnaast een temperatuuroverschrijdingsberekening (TO-berekening) gemaakt met VABI UO, figuur 4.6. De resultaten van deze TO-berekening zijn in bijlage 9 en 10 terug te vinden.



Figuur 4.6 3D model vrijstaande woning in VABI UO. Verkregen van VABI UO.

Uit VABI UO komen de temperaturen per uur per ruimte in meerdere decimalen achter de komma. Echter, het verschil tussen bijvoorbeeld 20,851 en 21,218 graden is niet voelbaar voor de mens. Hierdoor is er gekozen om alle kamertemperaturen op 0 decimalen achter de komma af te ronden, tabel 4.2. Het percentage dat de maximale temperatuur overschrijdt, valt hierdoor iets gunstiger uit.

In de specificaties van Active House (2013) staat beschreven dat de binnentemperatuur van verblijfsruimten kleiner dient te zijn dan: $0,33 \times T_{\text{buiten}} + 23,8$ om een minimale score van 4 te behalen. Er mag dus slechts 0 % van de tijd deze formule overschrijden. De minimale eisen voor de overige scores zijn in tabel 2.2 terug te vinden.

In tabel 4.2 is een overzicht weergegeven van het overschrijdingspercentage per score. Er is daarnaast ook onderscheid gemaakt tussen de resultaten wanneer er gerekend is met temperaturen afgerond op 0 decimalen en wanneer er gerekend is met temperaturen met meerdere decimalen achter de komma.

Score Active House	Percentage voldoet niet bij temperatuur meer decimalen	Percentage voldoet niet bij temperatuur 0 decimalen
Score 4	0,47 %	0,15 %
Score 3	2,42 %	1,27 %
Score 2	6,59 %	4,36 %
Score 1	13,26 %	9,90 %

Tabel 4.2 Overzicht overschrijding maximale kamertemperatuur op basis van scoreverdeling van Active House.

Er mag slechts 0 % overschrijding zijn waardoor er alleen voldaan wordt aan de eis van score 4. Het percentage van 0,15 % is namelijk door 2 keer afronden 0 %. Ditzelfde geldt voor 0,47 %.

Er kan opgemerkt worden dat er met VABI UO een meer nauwkeurige en realistischere berekening wordt uitgevoerd dan met Uniec 2.0. De score van VABI UO (score 4) zal hierdoor ook aangehouden worden.

Minimale kamertemperatuur

Voor de parameter *minimale kamertemperatuur* geldt dat het verwarmingssysteem in verblijfsruimten ontworpen dient te zijn om een bepaalde minimale temperatuur te kunnen halen. De gebruikers kunnen echter wel andere instellingen kiezen. (Active House NL, 2013)

In Nederland worden alle installaties standaard gedimensioneerd op 20 °C. Voor het halen van score 1 moeten de verblijfsruimten, bij een buitentemperatuur van 12 °C of lager, verwarmd kunnen worden tot een temperatuur van ten minste 21°C. Dit is met de huidige verwarmingssystemen een realistische waarde om te halen. Er zal daarom uitgegaan worden van score 1.

Standaardhoeveelheid frisse lucht

Om een minimale score van 4 te behalen, voor het criterium *standaardhoeveelheid frisse lucht*, dient de CO₂-concentratie maximaal 1200 ppm boven de CO₂-concentratie buiten te bedragen. Deze grenswaarde geldt voor woonkamers, slaap-, studeer- en andere kamers met mensen als belangrijkste bron en die gedurende langere tijd worden gebruikt. (Active House NL, 2013)

Als eerst dient de CO₂-concentratie van de buitenlucht bekend te zijn. De CO₂-concentratie van de buitenlucht in Nederland bedraagt circa 350-400 ppm (P. van Loon, 2012). Er zal hierdoor uitgegaan worden van een gemiddeld concentratie van 375 ppm.

In het Bouwbesluit staat beschreven dat de CO₂-concentratie maximaal 1200 ppm dient te bedragen (Artikel 9.2 Specifiek overgangsrecht, 2012). Er staat daarbij echter ook beschreven dat er bij een CO₂-concentratie van 1000 ppm al klachten kunnen optreden zoals hoofdpijn en slaperigheid. (Bouwbesluit 2012, 2012)

Voor het bepalen van de standaardhoeveelheid frisse lucht zal er daarom uitgegaan worden van een CO₂-concentratie buiten van 375 ppm en binnen van 1000 ppm. Het verschil tussen deze twee concentraties is 625 ppm. Hierdoor zal de vrijstaande woning een score behalen van 2 voor het criterium standaardhoeveelheid frisse lucht, zie tabel 2.2.

Wanneer er voor de CO₂-concentratie van de binnenlucht was uitgegaan van het Bouwbesluitniveau van 1200 ppm, dan was het verschil in concentratie tussen binnen en buiten 825 ppm geweest wat overeenkomt met een score 3.

4.1.2 Energie

Het tweede sleutelprincipe dat behandeld wordt, is *energie*. Net zoals bij *comfort* is dit onderdeel opgedeeld in verschillende parameters en criteria, tabel 4.3. Alle criteria die beschreven staan in tabel 4.3 zullen aan bod komen.

Sleutelprincipe	Parameter	Criterium
Energie	Energievraag	– Jaarlijkse energievraag
	Energievoorziening	– Bron van de energievoorziening
	Jaarlijkse energieprestatie	– Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw

Tabel 4.3 Overzicht criteria energie Active House. Overgenomen uit Active House – Een internationale richtlijn 2^e editie (2013).

Jaarlijkse energievraag

Uit de berekening van Uniec 2.0 van de vrijstaande woning komt er een karakteristiek energieverbruik naar voren. Dit gebruik bedraagt: 60.958 MJ en is opgebouwd uit de energiebehoefte voor verwarming, warmtapwater, koeling, zomercomfort, ventilatoren, verlichting en hulpenergie. (Uniec 2.0).

Om tot de energievraag van het gebouw te komen, dient dit bedrag gedeeld te worden door het totale gebruiksoppervlakte. De totale gebruiksoppervlakte van de vrijstaande woning bedraagt: 169,89 m². De jaarlijkse energievraag komt hierdoor neer op:

$$\frac{60.958 \text{ MJ}}{169,89 \text{ m}^2} = 359 \text{ MJ/m}^2$$

De energievraag van 359 MJ/m² is hoger dan 300 MJ/m², maar kleiner dan 450 MJ/m². De score voor het onderdeel energievraag komt hierdoor neer op 4, zie tabel 2.3. De uitdraai van de berekening in Uniec 2.0 is in bijlage 8 terug te vinden.

Uit VABI UO komt ook een energievraag op jaarbasis naar voren, bijlage 10. Deze energievraag bestaat echter alleen uit de energievraag voor verwarming. Omdat er met VABI UO een meer nauwkeurige inschatting van het energieverbruik wordt verkregen, is het interessant om deze energievraag voor verwarming te vergelijken met de energievraag voor verwarming die uit Uniec 2.0 komt.

De energievraag voor verwarming komt bij de berekening van Uniec 2.0 neer op:

$$\frac{30.609 \text{ MJ}}{169,89 \text{ m}^2} = 180 \text{ MJ/m}^2$$

Uit de berekening van VABI UO komt, voor dezelfde woning, de energievraag voor verwarming neer op:

$$\frac{48.696 \text{ MJ}}{169,89 \text{ m}^2} = 287 \text{ MJ/m}^2$$

Er zit dus een verschil van 287-180 = 107 MJ/m² tussen beide berekeningsmethoden. Dit verschil is te verklaren omdat er bij Uniec 2.0 een aantal aannames worden gedaan voor het gebruik van de woning. Hierdoor kan het zo zijn dat het gebruik niet helemaal overeenkomt met de werkelijkheid en dat de werkelijke energievraag hoger uitvalt.

Wanneer het verschil van 107 MJ/m² bij de verkregen score van Uniec 2.0 wordt opgeteld, komt er een jaarlijkse energievraag van: 359 + 107 = 466 MJ/m² naar voren. Met deze jaarlijkse energievraag wordt er niet meer voldaan aan de minimale eis van 450 MJ/m².

Echter, omdat er uit VABI UO alleen de energievraag voor verwarming (en koeling) komt en uit Uniec 2.0 naast de energievraag voor verwarming en koeling ook de energievraag voor warmtapwater, zomercomfort, ventilatie en verlichting komt, wordt de jaarlijkse energievraag van 359 MJ/m² van Uniec 2.0 aangehouden.

Bron van de energievoorziening

In de originele tekeningen van de vrijstaande woning waren er geen zonnepanelen, of iets vergelijkbaars wat op een duurzame manier energie opwekt, aanwezig. Hierdoor zou het percentage van de gebruikte energie dat geproduceerd wordt door het gebouw of door een nabijgelegen systeem 0 % bedragen. (Active House NL, 2013)

Er dient echter aan alle onderdelen te worden voldaan om een Active House te worden. Het minimale percentage van de energiebehoefte van de woning dat door de woning zelf opgewekt dient te worden bedraagt 25 %, zie tabel 2.3. Dit komt overeen met een energiehoeveelheid van:

$$60.958 \times 25 \% = 15.240 \text{ MJ}$$

Hoeveel energie een zonnepaneel opwekt is afhankelijk van een aantal aspecten waaronder de afmetingen, het vermogen, de hellingshoek en de belemmeringen. Voor deze vrijstaande woning is de meest gunstige ligging voor zonnepanelen op hellende dak gelegen op het zuidoosten. De hellingshoek van dit dak bedraagt 50°.

Er wordt uitgegaan van een standaard paneel met een oppervlakte van 1,65 m² en met een piekvermogen van 150 Wp/m². Onder een helling van 50° gelegen op het zuidoosten wekt dit paneel 1.872 MJ elektriciteit op. (*Uniec 2.0*)

Er zijn dus: $15.240 / 1.872 = 8,1 = 9$ panelen nodig om ten minste 25 % van de energie zelf op te wekken. Door het plaatsen van 9 zonnepalen wordt er: $1.872 \times 9 = 16.848$ MJ opgewekt.

Er dienen dus 9 zonnepanelen op het hellende dak gelegen op het zuidoosten toegepast te worden. Deze panelen hebben een oppervlakte van 1,65 m² en een piekvermogen van 150 Wp/m².

Indien deze panelen op het betreffende dak toegepast zullen worden, zal er een score van 4 behaald worden. De uitgevoerde berekening in Uniec 2.0 is in bijlage 11 terug te vinden.

Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw

Volgens Active House NL (2013) kan de *jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw* berekend worden aan de hand van de volgende formule:

$$(\text{gebruikte energie} - \text{duurzame energieopwekking}) \times \text{nationale duurzame energiefactoren}$$

De gebruikte energie is 359 MJ/m². In eerste instantie was er geen duurzame energieopwekking, maar om de 25 % eis te kunnen halen, zijn er 9 panelen aangebracht op het dak. Door het aanbrengen van deze zonnepanelen bedraagt de duurzame energieopwekking nu:

$$\frac{16.848 \text{ MJ}}{169,89 \text{ m}^2} = 99,2 \text{ MJ/m}^2$$

Voor Nederland zijn de nationale duurzame energiefactoren (nog) niet bekend. Andere factoren, zoals de primaire energiefactor voor elektriciteit is echter wel bekend voor Nederland. Deze factor bedraagt 2,56 %. (*ECOFYS, 2011*)

Bij deze factor wordt echter alleen de elektriciteit meegenomen en niet de overige onderdelen. Omdat de nationale duurzame energiefactor niet bekend is voor Nederland, zal er bij deze berekening een factor van 1,0 aangehouden worden.

De jaarlijkse energieprestatie komt hierdoor neer op:

$$(359 - 99) \times 1,0 = 260 \text{ MJ/m}^2$$

Deze energieprestatie is groter dan 110 MJ/m². De score zal hierdoor 4 bedragen voor dit criterium, zie tabel 2.3.

Voor de toekomst is het echter wel van belang dat er uitgezocht wordt wat de nationale duurzame energiefactoren zijn voor Nederland. Deze factoren kunnen namelijk een groot verschil maken in de uitkomst van het criterium jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw.

4.1.3 Milieu

Het derde en laatste sleutelprincipe is *milieu* en omvat de meeste parameters en criteria, tabel 4.4.

Sleutelprincipe	Parameter	Criterium
Milieu	Duurzaam materiaalgebruik	– Primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw
		– Klimaatsverandering tijdens de levensduur van het gebouw
		– Aantasting van de ozonlaag tijdens de levensduur van het gebouw
		– Fotochemische oxidantvorming tijdens de levensduur van het gebouw
		– Verzuring tijdens de levensduur van het gebouw
		– Vermesting tijdens de levensduur van het gebouw
	Drinkwaterverbruik en afvalwaterzuivering	– Verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw
	Milieubelasting door emissies in lucht, bodem en water	– Gerecyclede content
		– Verantwoorde bronnen

Tabel 4.4 Overzicht criteria milieu Active House. Overgenomen uit Active House – Een internationale richtlijn 2^e editie (2013).

Primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw

Uit GPR Gebouw is het *primaire energieverbruik* gehaald, zie bijlage 12. Dit energieverbruik omvat de totale energie die direct wordt onttrokken aan de hydrosfeer, atmosfeer, geosfeer of energiebron zonder enige antropogene verandering. (*Active House NL, 2013*) Voor de vrijstaande woning bedraagt dit primaire energieverbruik: 415.364 MJ.

Om het primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw te verkrijgen, dient deze waarde door het gebruiksoppervlakte en de levensduur van het gebouw gedeeld te worden. Voor de levensduur wordt 75 jaar aangehouden. Daarnaast moet het verbruik eerst omgerekend worden naar kWh.

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

$$\frac{415.364}{3,6} \times 1 = 115.379 \text{ kWh}$$

$$\frac{115.379 \text{ kWh}}{169,89 \text{ m}^2 \times 75 \text{ jaar}} = 9,06 \text{ kWh/m}^2 \cdot a$$

Het primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw komt dus neer op 9,06 kWh/m²*a. Dit komt overeen met een score 2, zie tabel 2.4.

Milieueffecten tijdens de levensduur van het gebouw

Door middel van de DGBC materialentool zijn de volgende vijf milieueffecten, die optreden tijdens de levensduur van het gebouw, berekend:

- Klimaatsverandering;
- Aantasting van de ozonlaag;
- Fotochemische oxidantvorming;
- Verzuring;
- Vermesting.

In bijlage 13 is een uitdraai van deze berekening terug te vinden. Voordat de waarden van de criteria overgenomen kunnen worden, dienden deze eerst omgerekend te worden. In de specificaties van Active House staat namelijk beschreven dat alle milieueffecten per vierkante meter zijn en van toepassing zijn op de gehele levensduur van het gebouw. Alle verkregen waarden dienen hierdoor door 169,89 m² en 75 jaar gedeeld te worden. Er wordt gerekend met een levensduur van 75 jaar omdat de DGBC materialentool deze levensduur ook standaard aanhoudt en de gegevens daar ook op gebaseerd zijn.

Als voorbeeld wordt de *klimaatsverandering tijdens de levensduur van het gebouw* berekend:

$$\frac{94.288,2 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}}{169,89 \text{ m}^2 \times 75 \text{ jaar}} = 7,478 \text{ kg CO}_2 \text{ eq/m}^2 \cdot \text{a}$$

Deze berekening is voor alle overige milieueffecten uitgevoerd, zie bijlage 14. De resultaten met de daarbij horende score van Active House zijn in tabel 4.5 weergegeven.

Criterium	Waarde uit DGBC materialentool	Omgerekende waarde	Score Active House
Klimaatsverandering	95.333,3 kg CO ₂ eq.	7,482 kg CO ₂ eq./m ² *a	2
Aantasting van de ozonlaag	0,1838 kg CFC-11 eq.	1,4425 × 10 ⁻⁵ kg R ₁₁ /m ² *a	-
Fotochemische oxidantvorming	49,3 kg C ₂ H ₄ eq.	0,0039 kg C ₂ H ₄ eq./m ² *a	2
Verzuring	360,9 kg SO ₂ eq.	0,0283 kg SO ₂ eq./m ² *a	2
Vermesting	85,4 kg PO ₄ eq.	0,0067 kg PO ₄ eq./m ² *a	3

Tabel 4.5 Omgerekende milieucriteria met de daarbij horende score

Aan de hand van tabel 4.5 kan opgemerkt worden dat de waarde van de *aantasting van de ozonlaag* uit de DGBC materialentool in kg CFC-11 eq. komt en deze vervolgens omgerekend wordt naar kg R₁₁/m²*a. CFC-11 staat voor *trichlorofluoromethane* wat ook wel R-11 genoemd wordt. (Salena Reynolds, 2008) Deze omrekening vindt plaats omdat er in de specificaties van Active House getoetst dient te worden aan de eenheid R-11. (Active House NL, 2013)

De aantasting van de ozonlaag tijdens de levensduur van het gebouw mag ten hoogste 6,7 x 10⁻⁶ kg R₁₁/m²*a bedragen, zie tabel 2.4, terwijl de behaalde score 14,425 x 10⁻⁶ kg R₁₁/m²*a bedraagt. De vrijstaande woning overschrijdt dus de eis voor dit milieueffect.

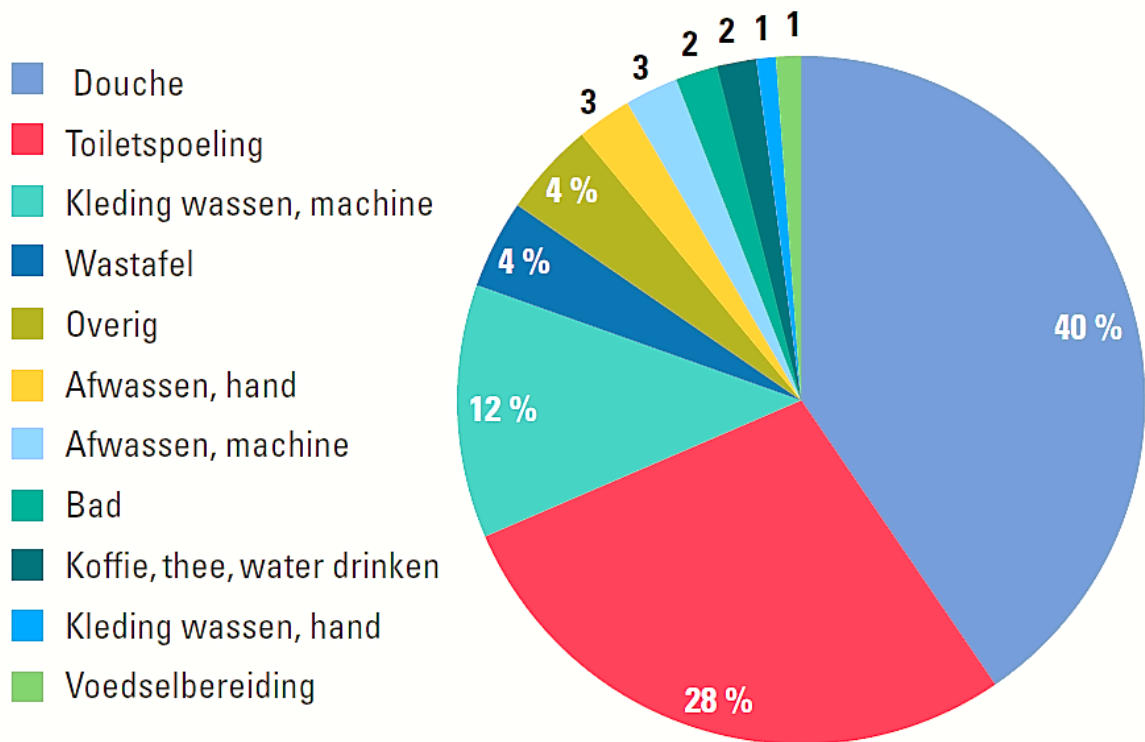
Het is opvallend dat deze waarde de minimale score van 4 lang niet haalt, terwijl de overige criteria met een score van 2 of 3 behaald worden. Na het bekijken van verschillende andere projecten, waarvan reeds een berekening in de DGBC materialentool was opgesteld, kwam tevens naar voren dat dit milieueffect niet gehaald werd terwijl de overige milieueffecten wel ruim gehaald werden. Hieruit kan geconcludeerd worden dat de eis voor de aantasting van de ozonlaag te streng is opgesteld.

Om toch de aantasting van de ozonlaag tijdens de levensduur van het gebouw mee te laten tellen, is er gekozen om een waarde 4 toe te kennen.

Verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw

Volgens de Active House specificaties (2013) dient er bij het *drinkwaterverbruik* sprake te zijn van een verbetering van 10 % ten opzichte van het nationaal gemiddelde om een minimale score van 4 te behalen.

In figuur 4.7 is een cirkeldiagram te zien waarin wordt aangegeven naar welke toepassingen het meeste drinkwater gaat. Uit deze diagram is te halen dat het grootste gedeelte van het waterverbruik komt door het gebruiken van een douche. Op de tweede plaats komt het toiletgebruik. Samen zorgen zij voor 68 % van het totale waterverbruik.



Figuur 4.7 Verdeling drinkwaterverbruik van Nederland in 2010. Verkregen van: <http://www.vewin.nl/SiteCollectionDocuments/Publicaties/Brochure%20kernegegevens%20drinkwater/Kernegegevens-2013-Vewin-2.pdf>

Gemiddeld gebruikt een persoon 120 liter water per dag. (*Rijksoverheid, geen datum*) Hiervan gaat: $0,40 \times 120 = 48$ liter naar het douchegebruik en gaat: $0,28 \times 120 = 33,6$ liter naar het toiletgebruik. Het toepassen van bijvoorbeeld een waterbesparende douchekop kan dus resulteren in het besparen van veel water. Een normale douchekop verbruikt 12 liter per minuut terwijl een waterbesparende douchekop slechts 7 à 8 liter per minuut verbruikt. (*Bespaar Bazaar, geen datum*) Een gemiddelde Nederlander staat zo'n 8,1 minuten onder de douche. (*Vitens, geen datum*)

Hieruit kan geconcludeerd worden dat er bij een normale douchekop: $8,1 \times 12 = 97,2$ liter en bij een waterbesparende douchekop: $8,1 \times 7,5 = 60,75$ liter verbruikt wordt tijdens een douchebeurt. Dit is een besparing van:

$$\frac{(97,2 - 60,75)}{97,2} \times 100 \% = 37,5 \%$$

Gezien over het totale waterverbruik van 48 liter komt de besparing neer op: $48 \times 37,5 \% = 18$ liter. De verbetering ten opzichte van het gemiddelde bedraagt hierdoor:

$$100 \% - \frac{(120 - 18)}{120} \times 100 \% = 100 - 85 = 15 \%$$

Door het toepassen van alleen een waterbesparende douchekop, is er een besparing van 15 % ten opzichte van het nationaal gemiddelde. Met één maatregel kan de score 4 dus gehaald worden. Indien er ook nog gekozen wordt om een waterbesparende toilet toe te passen, zal een besparing van 20 % goed mogelijk zijn. Er zal hierdoor een score van 3 aangehouden worden.

Gerecyclede content

Bij het criterium *gerecyclede content* wordt de verhouding tussen de toegepaste gerecyclede materialen en de overige toegepaste materialen in het gebouw getoetst. Er wordt hierbij gekeken naar het gewicht van de materialen.

Om een score van 4 te behalen, dient er ten minste 5 % van het totale gewicht van het gebouw opgebouwd te zijn uit gerecyclede content. (*Active House NL, 2013*)

De vloeren zijn opgebouwd uit betonnen vloeren. Er zal gebruikt worden gemaakt van betongranulaat bij het maken van deze betonnen vloeren. Doordat de vloeren een groot gedeelte van het gewicht van het gebouw innemen, zal er in ieder geval 5 % van de toegepaste materialen opgebouwd zijn uit gerecyclede content kijkend naar het gewicht. Er zal hierdoor een score van 4 aangehouden worden.

Om toch de ingeschatte score te kunnen onderbouwen, is er een globale berekening gemaakt. Zowel de begane grondvloer als de verdiepingsvloeren zijn opgebouwd uit beton. In de vloeren zal er zoals genoemd betongranulaat worden toegepast. Er wordt uitgegaan dat er in totaal 20 % van het gewicht van het beton bestaat uit betongranulaat.

Bij de berekening worden alleen de gebouwonderdelen meegenomen met het grootste gewicht. Dit zijn alle vloeren en de dragende wanden. De vloeren zijn opgebouwd uit beton en de dragende wanden zijn opgebouwd uit kalkzandsteen. In tabel 4.6 is een overzicht weergegeven van deze drie gebouwonderdelen en hun gewicht.

Onderdeel [-]	Oppervlakte [m ²]	Dikte [m]	Dichtheid [kg/m ³]	Totale gewicht [kg]
Begane grondvloer	80,34	0,35	2400	67.486
Verdiepingsvloeren	138,24	0,24	2400	79.626
Dragende wanden	191,88	0,12	1750	40.295
			Totaal	187.407

Tabel 4.6 Gewicht van de zwaarste onderdelen van de woning

Het gewicht van het betongranulaat komt hierdoor neer op:

$$(67.486 + 79.626) \times 20 \% = 29.422 \text{ kg betongranulaat}$$

Dit is het volgende percentage van het totale gewicht:

$$\frac{29.422}{187.407} \times 100 \% = 15,70 \% \text{ betongranulaat}$$

Met dit percentage wordt er voldaan aan de eis van score 3, zie tabel 2.4. Er is echter slechts een klein deel van het gebouw bij het totale gewicht meegenomen waardoor dit percentage in de werkelijkheid lager zal uitvallen. Het minimale percentage van 5 % moet echter wel gehaald kunnen worden. De aanname van score van 4 was dus juist.

Verantwoorde bronnen

Bij het criterium *verantwoorde bronnen* wordt er naar de toegepaste materialen in het gebouw gekeken. Hierbij wordt er onderscheid gemaakt tussen hout en de overige nieuwe materialen. In het gebouw zal er zoveel mogelijk hout toegepast worden dat gecertificeerd is (FSC, PEFC). Er zullen alleen altijd onderdelen zijn waarbij dat niet helemaal het geval is. Hierdoor is een percentage van 100 % niet reëel, maar een percentage van 80 % wel.

Voor de overige materialen geldt dat deze EMS gecertificeerd dienen te zijn. Het doel is ook om zoveel mogelijk van deze materialen toe te passen. Echter, dit zal in de praktijk niet het geval zijn. Een percentage van 50 % zal hierdoor realistisch zijn. Wanneer 80 % van het gebruikte hout en 50 % van de nieuwe materialen gecertificeerd zijn, is er sprake van een score 2, zie tabel 2.4.

4.1.4 Conclusie

In tabellen 4.7-4.9 zijn de verkregen score per criterium weergegeven. Voor alle drie de onderdelen geldt dat er een score per parameter verkregen dient te worden. Het kan zo zijn dat de ene parameter bestaat uit zes criteria terwijl de andere parameter slechts uit één criterium bestaat. De scores worden per parameter berekend om zo de radar te kunnen opstellen. De Active House radar heeft namelijk per onderdeel drie “punten” die ingevuld dienen te worden.

In tabel 4.7 is een overzicht weergegeven met alle verkregen scores van het onderdeel *comfort*. Uit de scores is op te merken dat de vrijstaande woning op alle drie de gebieden goed voldoet.

Parameter	Criterium	Score
Daglicht	Daglichtfactor	4
	Beschikbaarheid direct zonlicht	1
	Eindscore	2,5
Thermische omgeving	Maximale kamertemperatuur	4
	Minimale kamertemperatuur	1
	Eindscore	2,5
Binnenluchtkwaliteit	Standaardhoeveelheid frisse lucht	2
	Eindscore	2

Tabel 4.7 Overzicht scores parameters comfort vrijstaande woning

De scores van het onderdeel *energie* zijn in tabel 4.8 weergegeven. Opvallend is dat er voor ieder criterium een 4 is behaald. De vrijstaande woning scoort dus minder goed op het onderdeel energie.

Parameter	Criterium	Score
Energievraag	Jaarlijkse energie vraag	4
	Eindscore	4
Energievoorziening	Bron van de energievoorziening	4
	Eindscore	4
Jaarlijkse energieprestatie	Jaarlijkse energieprestatie	4
	Eindscore	4

Tabel 4.8 Overzicht scores parameters energie vrijstaande woning

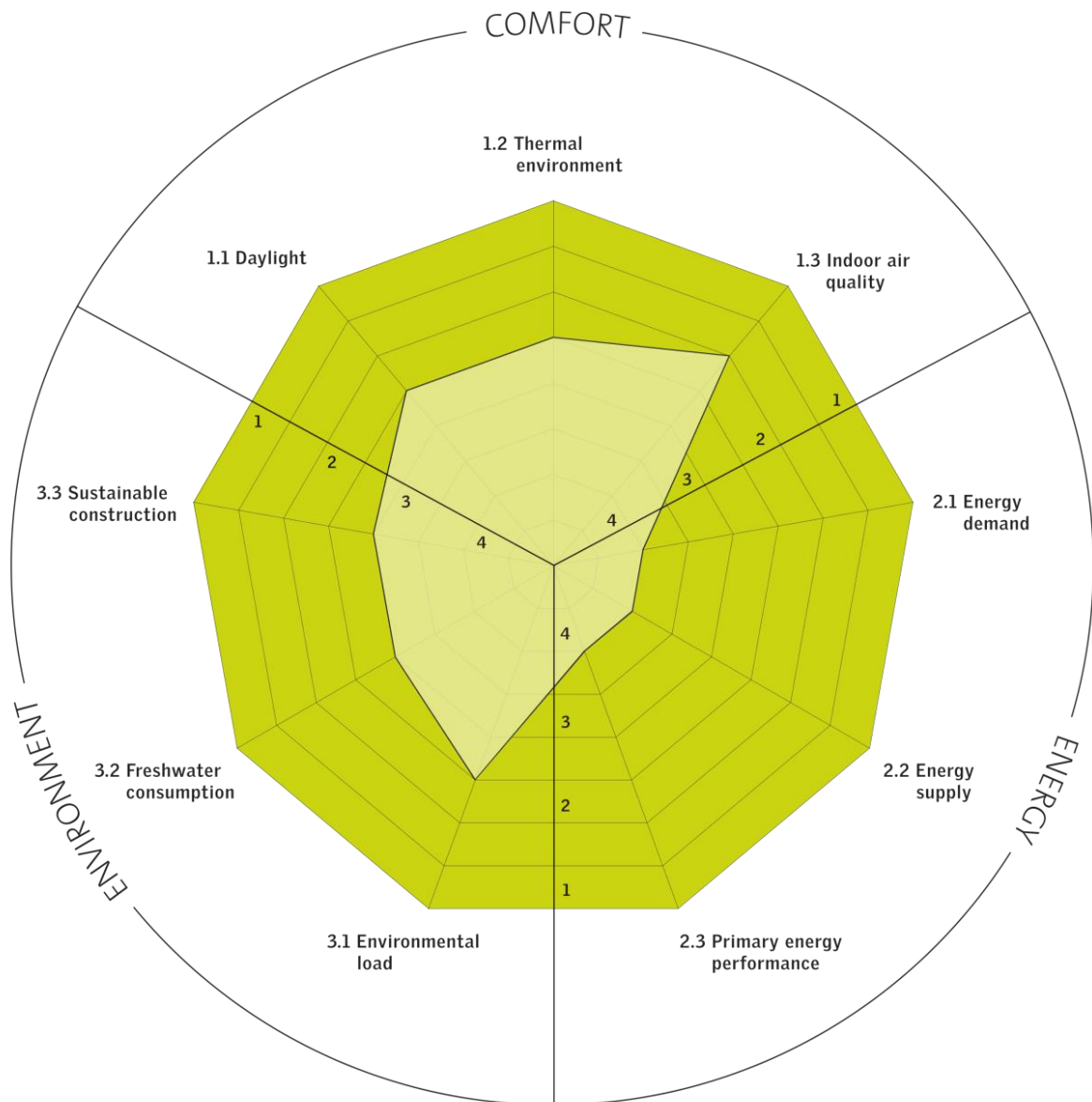
Ten slotte zijn in tabel 4.9 alle verkregen scores van het onderdeel *milieu* terug te vinden. De vrijstaande woning voldoet op het gebied van milieu redelijk goed aan de criteria van Active House.

Parameter	Criterium	Score
Milieubelasting	Primair energieverbruik	2
	Klimaatverandering	2
	Aantasting ozonlaag	4
	Fotochemische oxidantvorming	2
	Verzuring	2
	Vermesting	3
	Eindscore	2,5
Drinkwaterverbruik	Bron van de energievoorziening	3
	Eindscore	3
Duurzaam materiaalgebruik	Gerecyclede content	4
	Verantwoorde bronnen	2
	Eindscore	3

Tabel 4.9 Overzicht scores parameters milieu vrijstaande woning

Door middel van de eindscores van de parameters kan de Active House radar opgesteld worden. In figuur 4.8 is de radar van de berekende vrijstaande woning te zien. In bijlage 15 is de gehele uitdraai van

de invoer van de radar van figuur 4.8 terug te vinden. Daarnaast zijn de kwalitatieve criteria van de vrijstaande woning in bijlage 16 terug te vinden.



Figuur 4.8 Radar vrijstaande woning. Verkregen van: <http://www.activehouse.info/radar/612/image/render?v=1397724549>

In figuur 4.8 is zichtbaar op welke onderdelen de vrijstaande woning goed voldoet en op welke criteria de vrijstaande woning minder goed voldoet. Op het onderdeel *comfort* voldoet de vrijstaande woning goed. Voor de parameters *daglicht* en *thermische omgeving* scoort de vrijstaande woning namelijk een score van 2,5. En ten slotte scoort de vrijstaande woning voor de parameter *binnenluchtkwaliteit* zelfs een 2.

De vrijstaande woning scoort minder goed op het onderdeel *energie*. Voor alle drie de parameters, *energievraag*, *energievoorziening* en *jaarlijkse energieprestatie*, wordt namelijk een score van 4 gehaald.

Ten slotte haalt de vrijstaande woning op het onderdeel *milieu* ook redelijk goede scores. Voor de parameter *milieubelasting* wordt er een score van 2,5 gehaald. Voor de overige twee parameters, *drinkwaterverbruik* en *duurzaam materiaalgebruik*, wordt er een score 3 gehaald.

Geconcludeerd kan worden dat de vrijstaande woning voor geen enkele parameter de score 1 haalt, maar de scores 2,3 en 4 wel gehaald worden.

4.2 Tussenwoning

In de vorige paragraaf is er een vrijstaande woning getoetst volgens de principes van Active House. Er zal nu onderzoek gedaan worden naar hoe een tussenwoning, figuur 4.9, voldoet volgens de principes van Active House. Er zal in deze paragraaf tevens onderscheid gemaakt worden in de drie sleutelprincipes *comfort*, *energie* en *milieu*. De tekeningen van de tussenwoning zijn in bijlage 17 terug te vinden.



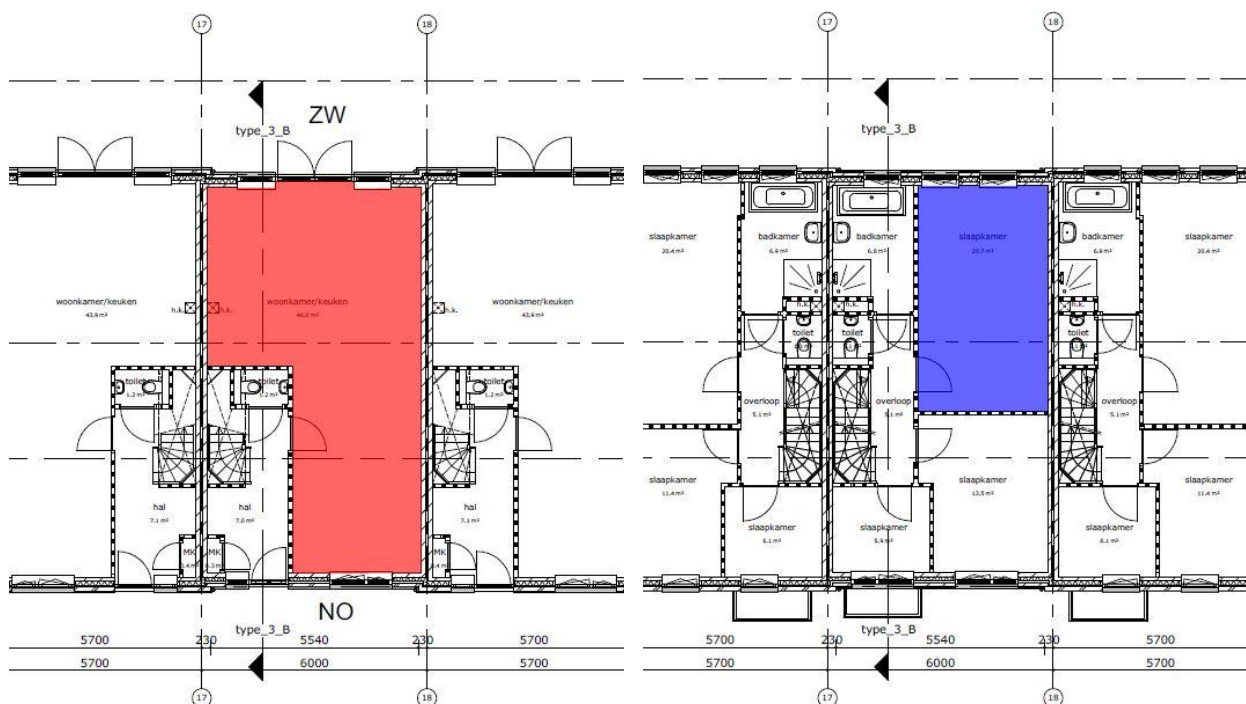
Figuur 4.9 Voor- en achtergevel van de berekende tussenwoning. Verkregen van architectenbureau Van Manen.

4.2.1 Comfort

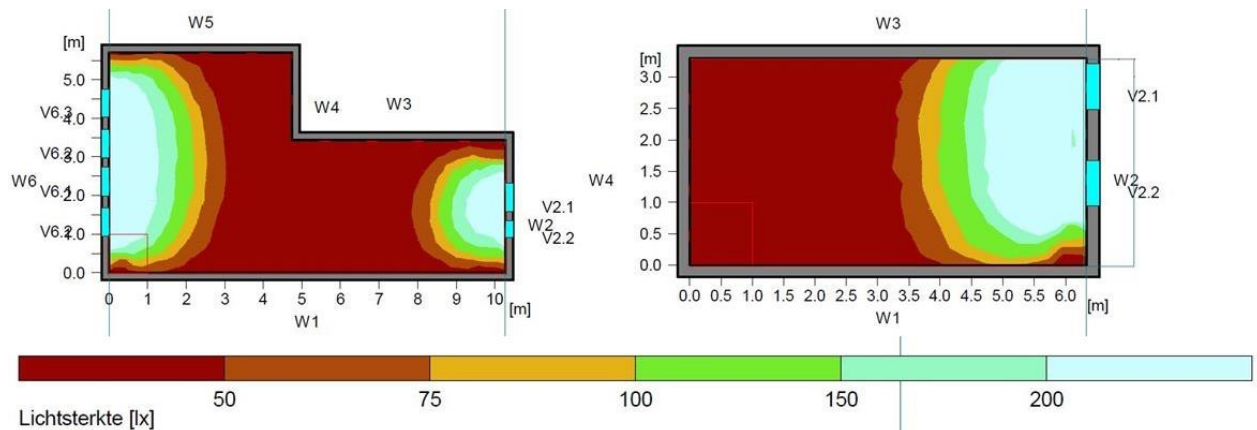
Net zoals bij de vrijstaande woning is de indeling van tabel 4.1 bij het onderdeel *comfort* van toepassing. De verschillende criteria worden ieder apart behandeld.

Daglichtfactor

Aan de hand van het programma Relux is een bezonningsstudie uitgevoerd, figuur 4.11. Met dit programma is van de twee meest ongunstige ruimten de *daglichtfactor* berekend. Dit betreft de woonkamer/keuken op de begane grond en de grote slaapkamer op de eerste verdieping, figuur 4.10. De berekeningen zijn, net zoals bij de vrijstaande woning, uitgevoerd volgens de uitgangspunten beschreven in paragraaf 13.1 van de NEN 2057, zie bijlage 6.



Figuur 4.10 Plattegronden begane grond (links) en eerste verdieping (rechts) met daarop aangegeven de twee meest ongunstige ruimten met betrekking tot daglicht (woonkamer/keuken en slaapkamer 1). Verkregen van architectenbureau Van Manen.



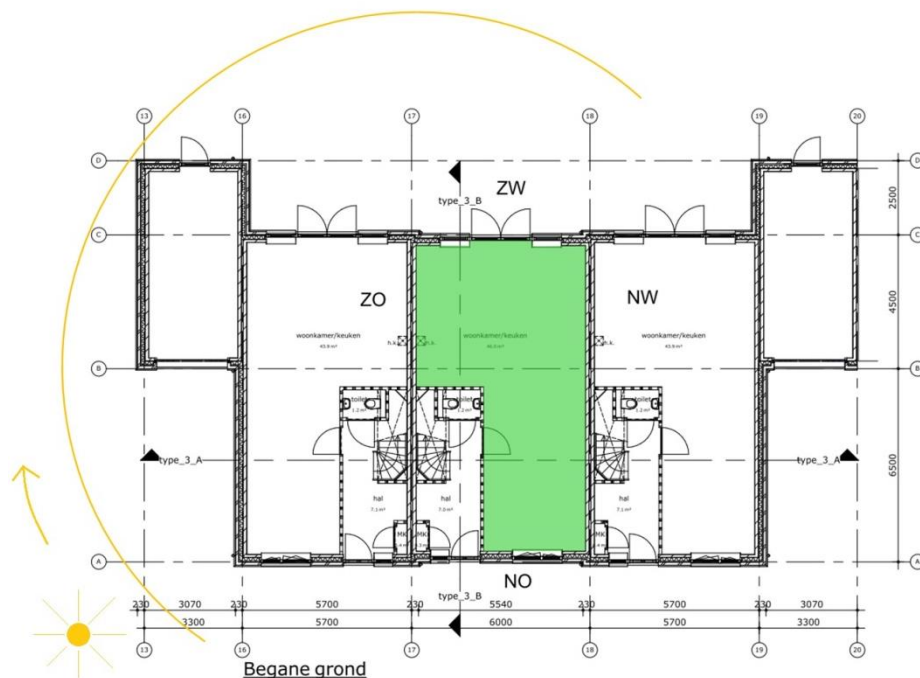
Figuur 4.11 Daglichttoetreding van woonkamer/keuken op de begane grond (links) en de grote slaapkamer op de eerste verdieping (rechts) aan de hand van Relux. Verkregen van Relux.

Van de woonkamer bedraagt de daglichtfactor 2,0 % wat overeen komt met een score van 3, zie tabel 2.2. Voor de slaapkamer is een daglichtfactor van 0,98 % van toepassing waardoor de score van 4 niet gehaald wordt, zie tabel 2.2. In bijlagen 18 en 19 zijn de uitdraaien van Relux van beide ruimten terug te vinden. Slaapkamer 1 heeft een overstek boven de ramen vanwege de goot. Wanneer dit overstek wordt weggelaten, bedraagt de daglichtfactor 1,2 % waardoor de minimale score van 4 wel gehaald wordt, zie tabel 2.2. In bijlage 20 is de uitdraai van Relux van de slaapkamer zonder overstek terug te vinden. Andere opties voor het verhogen van de daglichtfactor zijn op pagina 33 beschreven.

Om een goede vergelijking te maken, is er tevens een berekening uitgevoerd met de formule van pagina 32. Uit deze formule kwam naar voren dat de daglichtfactor van de woonkamer/keuken 4,05 % en de daglichtfactor van de slaapkamer 1,21 % bedraagt. In bijlage 21 zijn de daglichtfactorberekeningen aan de hand van de formule terug te vinden.

Beschikbaarheid direct zonlicht

De belangrijkste ruimte in de woning is, net zoals bij de vrijstaande woning, de woonkamer. In figuur 4.12 is de woonkamer met groen aangegeven. Op beide kopgevels zijn meerdere ramen gesitueerd. De grootste ramen bevinden zich in de achtergevel. Dit is tevens de meest gunstige gevel wat betreft de oriëntatie. De achtergevel is namelijk gelegen op het zuidwesten, figuur 4.12.



Figuur 4.12 Plattegrond begane grond met in groen aangegeven de woonkamer en met oranje aangegeven de zonneloop. Verkregen van architectenbureau Van Manen.

In figuur 4.12 is te zien dat de achtergevel meer zonlicht binnen krijgt dan de voorgevel. Op de achtergevel zijn daarnaast ook grotere ramen gevestigd in vergelijking met de voorgevel. De oriëntatie van de tussenwoning is dus gunstig ten opzicht van de zonlichttoetreding.

Bij de vrijstaande woning is er uitgegaan van de score 1. Omdat de woonkamer in de vrijstaande woning drie gevels met ramen heeft en de woonkamer in de tussenwoning twee gevels met ramen heeft, zal er bij de tussenwoning uitgegaan worden van de score 3, zie tabel 2.2.

Maximale kamertemperatuur

Net zoals bij de vrijstaande woning is er eerst aan de hand van Uniec 2.0 een inschatting gemaakt van de maximale kamertemperaturen, figuur 4.13. De indeling van de scores is hetzelfde als reeds beschreven is op pagina 34. De uitdraai van Uniec 2.0 is in bijlage 22 terug te vinden.

Risico van te hoge temperaturen

Woonhuis 1		
oriëntatie	TO _{Jul}	risico
noord	-	-
noord-oost	0,36	onbekend
oost	-	-
zuid-oost	0,00	onbekend
zuid	-	-
zuid-west	1,53	onbekend
west	-	-
noord-west	0,00	onbekend

Figuur 4.13 Risico van te hoge temperaturen van de tussenwoning. Verkregen van Uniec 2.0

$(0,36 + 0,00 + 1,53 + 0,00) / 4 = 0,4725$. Er is dus sprake van een onbekend, klein risico. Volgens figuur 4.13 zal er dus sprake zijn van score 1.

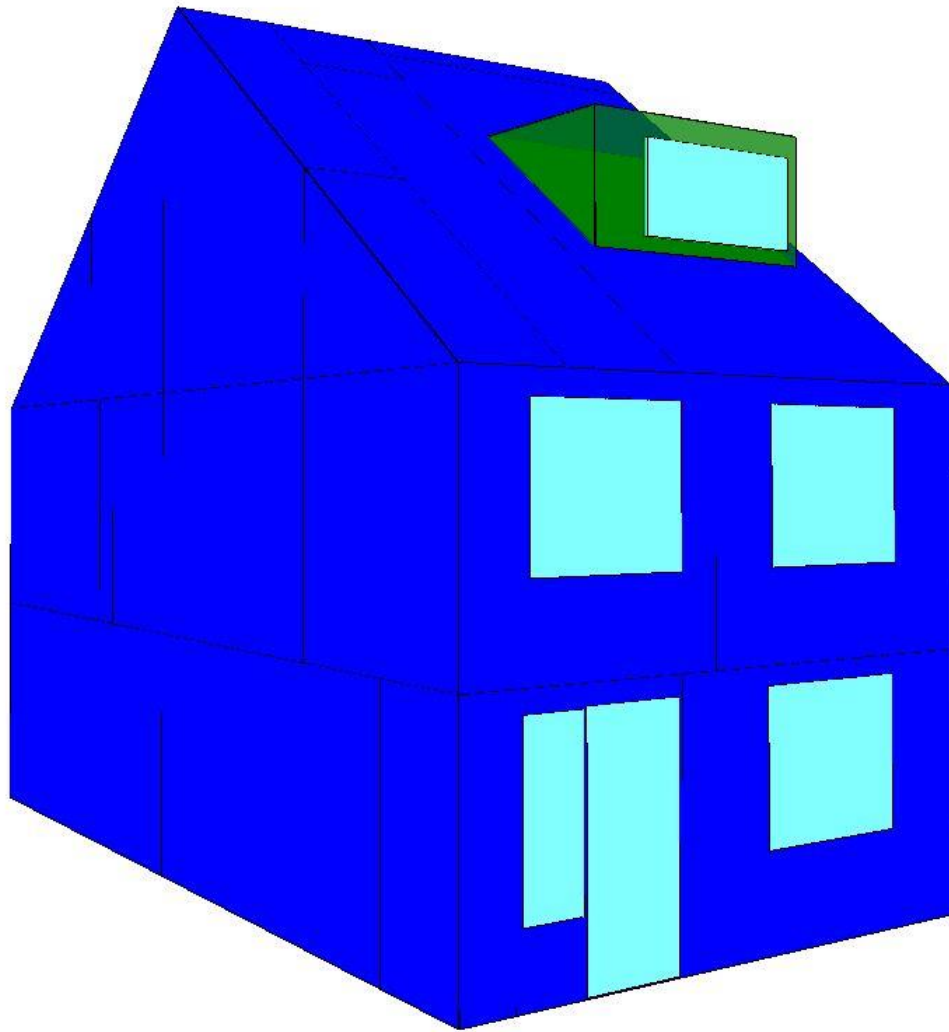
Om een meer nauwkeurige inschatting van de maximale kamertemperaturen van de verblijfsruimten te krijgen, is er een TO-berekening gemaakt met VABI UO, figuur 4.14. Net zoals bij de vrijstaande woning zijn de kamertemperaturen afgerond op 0 decimalen achter de komma. In bijlagen 23 en 24 zijn de uitdraai van dit programma en alle maximale kamertemperaturen per verblijfsruimte terug te vinden.

In tabel 4.10 is een overzicht terug te vinden met het percentage dat niet voldoet per score volgens de principes van Active House.

Scores Active House	Percentage voldoet niet
Score 4	0,49 %
Score 3	1,42 %
Score 2	3,78 %
Score 1	8,94 %

Tabel 4.10 Overzicht overschrijding maximale kamertemperatuur op basis van scoreverdeling van Active House.

Uit tabel 4.10 is op te maken dat er voor de tussenwoning een score 4 van toepassing is, zie tabel 2.2. Er mag namelijk slechts 0 % overschrijding zijn wat alleen bij score 4 het geval is.



Figuur 4.14 3D model tussenwoning in VABI UO. Verkregen van VABI UO.

Minimale kamertemperatuur

Om een score 1 te behalen voor het criterium *minimale kamertemperatuur* dienen alle verblijfsruimten, bij een buitentemperatuur van 12 °C of lager, verwarmd te kunnen worden tot een temperatuur van ten minste 21°C. (Active House NL, 2013)

Bij de vrijstaande woning is reeds geconcludeerd dat deze temperatuur realistisch is om te halen. Doordat een tussenwoning aan twee zijden grenst aan een andere woning is dit gunstig voor het energieverlies. Er kan dus uitgegaan worden dat een kamertemperatuur van 21°C ook haalbaar moet zijn voor de tussenwoning. Er zal hierdoor uitgegaan worden van een score 1, zie tabel 2.2.

Standaardhoeveelheid frisse lucht

Het criterium *standaardhoeveelheid frisse lucht* is voor de tussenwoning gelijk als voor de vrijstaande woning. De buitenconcentratie (375 ppm) zal namelijk hetzelfde zijn doordat de gebouwen in dezelfde wijk staan en er zal ook uit gegaan worden van dezelfde binnenconcentratie (1000 ppm) doordat dezelfde installaties zijn toegepast. Het verschil van 625 ppm resulteert in een score van Active House van 2, zie tabel 2.2.

4.2.2 Energie

Van het tweede sleutelprincipe, *energie*, zullen tevens alle criteria, beschreven in tabel 4.3, behandeld worden. Per criterium wordt er onderzocht hoe de tussenwoning voldoet.

Jaarlijkse energievraag

Uit de berekening van Uniec 2.0 komt er een karakteristiek energiegebruik naar voren. Dit gebruik bedraagt: 44.972 MJ en is opgebouwd uit de energiebehoefte voor verwarming, warmtapwater, koeling, zomercomfort, ventilatoren, verlichting en hulpenergie. (*Uniec 2.0*).

Net zoals bij de vrijstaande woning zal deze waarde eerst omgerekend dienen te worden naar MJ/m²:

$$\frac{44.972 \text{ MJ}}{160,22 \text{ m}^2} = 280,69 \text{ MJ/m}^2$$

Een jaarlijkse energievraag van 281 MJ/m² komt overeen met een score van 3, zie tabel 2.3. De uitdraai van de berekening van Uniec 2.0 is in bijlage 22 terug te vinden.

Er zal voor de tussenwoning ook een vergelijking gemaakt worden met de verkregen jaarlijkse energievraag voor verwarming uit Uniec 2.0 en uit VABI UO.

De energievraag voor verwarming komt bij de berekening van Uniec 2.0 neer op:

$$\frac{18.919 \text{ MJ}}{160,22 \text{ m}^2} = 118 \text{ MJ/m}^2$$

Uit de berekening van VABI UO komt voor dezelfde woning de energievraag voor verwarming neer op:

$$\frac{29.868 \text{ MJ}}{160,22 \text{ m}^2} = 186 \text{ MJ/m}^2$$

Er zit dus een verschil van 186-118 = 68 MJ/m² tussen beide berekeningsmethoden. Wanneer het verschil van 68 MJ/m² bij de verkregen score van Uniec 2.0 wordt opgeteld, komt er een jaarlijkse energievraag van: 281 + 68 = 349 MJ/m² naar voren. Met deze nieuwe jaarlijkse energievraag zal er niet meer voldaan worden aan de eis van score 3, maar aan de eis van score 4 voor dit criterium.

Echter zal, net zoals bij de vrijstaande woning, de jaarlijkse energievraag uit Uniec 2.0 aangehouden worden omdat bij deze berekening naast de energievraag voor verwarming en koeling ook de energievraag voor warmtapwater, zomercomfort, ventilatie en verlichting in de berekening wordt meegenomen.

Bron van de energievoorziening

Bij de tussenwoning waren, net zoals bij de vrijstaande woning, in eerste instantie geen zonnepanelen, of iets vergelijkbaars wat op een duurzame manier energie opwekt, aanwezig. Hierdoor zou het percentage van de gebruikte energie dat geproduceerd wordt door het gebouw of door een nabijgelegen systeem 0 % bedragen. (*Active House NL, 2013*)

Om een minimale score van 4 te behalen, dient ten minste 25 % van de benodigde energie geproduceerd te worden door het gebouw of door een nabijgelegen systeem. (*Active House NL, 2013*) Dit komt neer op een energiebehoefte van:

$$44.972 \times 25 \% = 11.243 \text{ MJ}$$

Voor het plaatsen van zonnepanelen is het hellende dak gelegen op het zuidwesten het meest geschikt voor de betreffende tussenwoning. Eén paneel van 1,65 m², met een piekvermogen van 150 Wp/m², levert, onder een helling van 38°, 1.906 MJ op. Er zijn dus in totaal: 11.243 / 1.906 = 5,9 = 6 panelen nodig om ten minste 25 % van de energie door het gebouw zelf te laten opwekken. Door het plaatsen van de 6 panelen wordt er: 1.906 x 6 = 11.436 MJ opgewekt. In bijlage 25 is de uitdraai van de berekening in Uniec 2.0 terug te vinden. (*Uniec 2.0*)

Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw

De jaarlijkse energievraag van de tussenwoning bedraagt 281 MJ/m^2 en er wordt in totaal 11.436 MJ opgewekt door de zonnepanelen die geplaatst moeten worden.

Volgens Active House NL (2013) kan de *jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw* berekend worden aan de hand van de volgende formule:

(gebruikte energie – duurzame energieopwekking) $\times$ nationale duurzame energiefactoren

$$\frac{11.436 \text{ MJ}}{160,22 \text{ m}^2} = 77,38 \text{ MJ/m}^2$$

Zoals eerder genoemd, zijn de nationale duurzame energiefactoren niet bekend voor Nederland. Net zoals bij de vrijstaande woning zal er hierdoor een factor van 1,0 aangehouden worden. De jaarlijkse energieprestatie komt hierdoor neer op:

$$(265 - 77,38) \times 1,0 = 187,6 \text{ MJ/m}^2$$

Deze energieprestatie is groter dan 110 MJ/m^2 . De score zal hierdoor 4 bedragen voor dit criterium, zie tabel 2.3.

4.2.3 Milieu

Het derde sleutelprincipe *milieu* is onderverdeeld in de drie parameters: *milieubelasting*, *drinkwaterverbruik* en *duurzaam materiaalgebruik*. Alle criteria van de parameter *milieubelasting* zijn bepaald aan de hand van GPR gebouw en de DGBC materialentool. In bijlagen 26 en 27 zijn de uitdraaien van deze berekeningen terug te vinden.

Milieubelasting

Het eerste criterium betreft het *primaire energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw*. Uit GPR gebouw kwam naar voren dat dit energieverbruik $318.069,3 \text{ MJ}$ bedraagt. Dit komt overeen met:

$$\frac{318.069,3 \text{ kWh}}{3,6 \times 160,22 \text{ m}^2 \times 75 \text{ jaar}} = 7,35 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$$

Het primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw komt dus neer op $7,35 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$. Dit komt overeen met een score 2, zie tabel 2.4.

De overige milieueffecten zijn aan de hand van de DGBC materialentool berekend. In tabel 4.11 zijn de waarden uit de DGBC materialentool en de omgerekende waarde met de daarbij horende score weergegeven. De waarden zijn omgerekend volgens de formule op pagina 40, zie bijlage 28. Er is alleen nu uitgegaan van een vloeroppervlak van $160,22 \text{ m}^2$ in plaats van $169,89 \text{ m}^2$.

Criterium	Waarde uit DGBC materialentool	Omgerekende waarde	Score Active House
Klimaatsverandering	71.017,4 kg CO ₂ eq.	5,910 kg CO ₂ eq/m ² *a	2
Aantasting van de ozonlaag	0,1017 kg CFC-11 eq.	$8,46 \times 10^{-6}$ kg R ₁₁ /m ² *a	-
Fotochemische oxidantvorming	37,7 kg C ₂ H ₄ eq.	0,0031 kg C ₂ H ₄ eq/m ² *a	2
Verzuring	263,7 kg SO ₂ eq.	0,0219 kg SO ₂ eq/m ² *a	2
Vermesting	72,3 kg PO ₄ eq.	0,0060 kg PO ₄ eq/m ² *a	3

Tabel 4.11 Omgerekende milieucriteria met de daarbij horende score

Opvallend is dat er bij de tussenwoning dezelfde eindscores gehaald worden als bij de vrijstaande woning. De milieueffecten vallen echter wel iets lager uit dan bij de vrijstaande woning, maar niet dusdanig veel om ook daadwerkelijk een betere score te behalen.

Daarnaast wordt er bij de tussenwoning tevens niet voldaan aan de minimaal vereiste waarde voor de *aantasting van de ozonlaag*. Er is namelijk sprake van $8,46 \times 10^{-6} \text{ kg R}_{11}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ terwijl deze waarde slechts $6,7 \times 10^{-6} \text{ kg R}_{11}/\text{m}^2\cdot\text{a}$ mag bedragen, zie tabel 2.4. Dit is een verschil van $1,76 \times 10^{-6} \text{ kg R}_{11}/\text{m}^2\cdot\text{a}$. Het is echter nog steeds niet duidelijk waarom de overige criteria ruim voldoen en dit criterium niet. Er is daarom, net zoals bij de vrijstaande woning, gekozen om een score van 4 aan te houden voor dit criterium.

Verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw

De waardering van het *drinkwaterverbruik* zal hetzelfde zijn als bij de vrijstaande woning. Er zal namelijk ook een waterbesparende douchekop en een waterzuinige toiletreservoir toegepast worden in de tussenwoning. Er zal hierdoor, net zoals bij de vrijstaande woning, uitgegaan worden van een score 3, zie tabel 2.4.

Gerecyclede content

Net zoals bij de vrijstaande woning zal er een globale berekening gemaakt worden voor het bepalen van het criterium *gerecyclede content*. Ook bij deze berekeningen worden alleen de vloeren en de dragende wanden meegenomen in de berekening. Daarnaast wordt er ook uitgegaan dat er in totaal 20 % van het gewicht van het beton bestaat uit betongranulaat. In tabel 4.12 is een overzicht weergegeven van deze drie gebouwoonderdelen en hun gewicht.

Onderdeel [-]	Oppervlakte [m ²]	Dikte [m]	Dichtheid [kg/m ³]	Totale gewicht [kg]
Begane grondvloer	62,25	0,35	2400	52.290
Verdiepingsvloeren	124,50	0,24	2400	71.712
Dragende wanden	171,24	0,12	1750	35.960
			Totaal	159.962

Tabel 4.12 Gewicht van de zwaarste onderdelen van de woning

Het gewicht van het betongranulaat komt hierdoor neer op:

$$(52.290 + 71.712) \times 20 \% = 24.800 \text{ kg betongranulaat}$$

Dit is het volgende percentage van het totale gewicht:

$$\frac{24.800}{159.962} \times 100 \% = 15,50 \% \text{ betongranulaat}$$

Het percentage betongranulaat van de tussenwoning komt dus goed overeen met het percentage betongranulaat van de vrijstaande woning (15,70 %).

Desondanks er een score van 3 gehaald wordt met dit percentage, wordt er toch een score van 4 aangehouden. Dit is omdat er slechts een klein gedeelte van het gewicht is meegenomen in de berekening waardoor het percentage in werkelijkheid lager zal uitvallen.

Verantwoorde bronnen

Ten slotte wordt er ook bij het laatste criterium uitgegaan van dezelfde waarde als bij de vrijstaande woning. Er wordt gestreefd dat ten minste 80 % van het toegepaste hout gecertificeerd is en dat de overige materialen voor ten minste 50 % EMS gecertificeerd zijn. Een score van 2 hoort hierbij, zie tabel 2.4.

4.2.4 Conclusie

In tabel 4.13 is een overzicht weergegeven met alle verkregen scores van het onderdeel *comfort* voor de tussenwoning. Uit de scores is op te merken dat de tussenwoning op alle drie de gebieden goed voldoet.

Parameter	Criterium	Score
Daglicht	Daglichtfactor	4
	Beschikbaarheid direct zonlicht	3
	Eindscore	3,5
Thermische omgeving	Maximale kamertemperatuur	4
	Minimale kamertemperatuur	1
	Eindscore	2,5
Binnenluchtkwaliteit	Standaardhoeveelheid frisse lucht	2
	Eindscore	2

Tabel 4.13 Overzicht scores parameters comfort tussenwoning

De scores van het onderdeel *energie* zijn in tabel 4.14 weergegeven. Opvallend is dat er voor de onderdelen alleen de scores 3 en 4 behaald zijn. De tussenwoning scoort dus minder goed op het onderdeel energie.

Parameter	Criterium	Score
Energievraag	Jaarlijkse energie vraag	3
	Eindscore	3
Energievoorziening	Bron van de energievoorziening	4
	Eindscore	4
Jaarlijkse energieprestatie	Jaarlijkse energieprestatie	4
	Eindscore	4

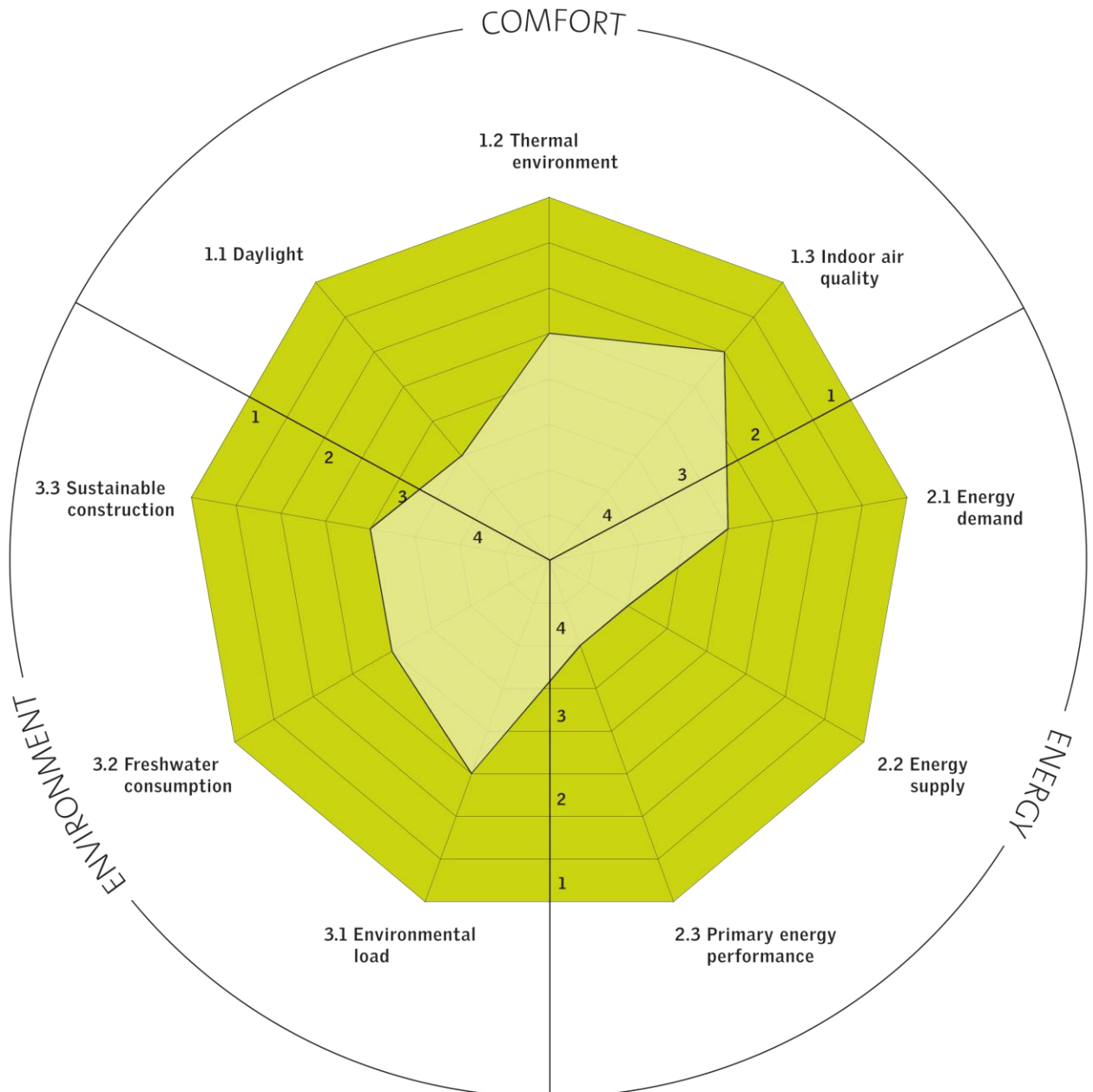
Tabel 4.14 Overzicht scores parameters energie tussenwoning

Ten slotte zijn in tabel 4.15 alle verkregen scores van het onderdeel *milieu* terug te vinden.

Parameter	Criterium	Score
Milieubelasting	Primair energieverbruik	2
	Klimaatverandering	2
	Aantasting ozonlaag	4
	Fotochemische oxidantvorming	2
	Verzuring	2
	Vermesting	3
	Eindscore	2,5
Drinkwaterverbruik	Bron van de energievoorziening	3
	Eindscore	3
Duurzaam materiaalgebruik	Gerecyclede content	4
	Verantwoorde bronnen	2
	Eindscore	3

Tabel 4.15 Overzicht scores parameters milieu tussenwoning

Door middel van de eindscores van de parameters kan de Active House radar opgesteld worden. In figuur 4.15 is de radar van de berekende tussenwoning te zien. In bijlage 29 is de gehele uitdraai van de invoer van de radar van figuur 4.15 terug te vinden. De kwalitatieve parameters zijn daarnaast in bijlage 30 terug te vinden.



Figuur 4.15 Radar tussenwoning. Verkregen van:
<http://www.activehouse.info/radar/628/image/render?v=1400245333>

Aan de hand van figuur 4.15 is goed te zien op welke onderdelen de tussenwoning ruim voldoet en op welke onderdelen er net voldaan wordt. Het onderdeel *comfort* heeft wisselende scores wat betreft de parameters. De parameter *daglicht* scoort namelijk een 4 terwijl de parameter *thermische omgeving* een 2,5 en de *binnenluchtkwaliteit* zelfs een 2 scoort.

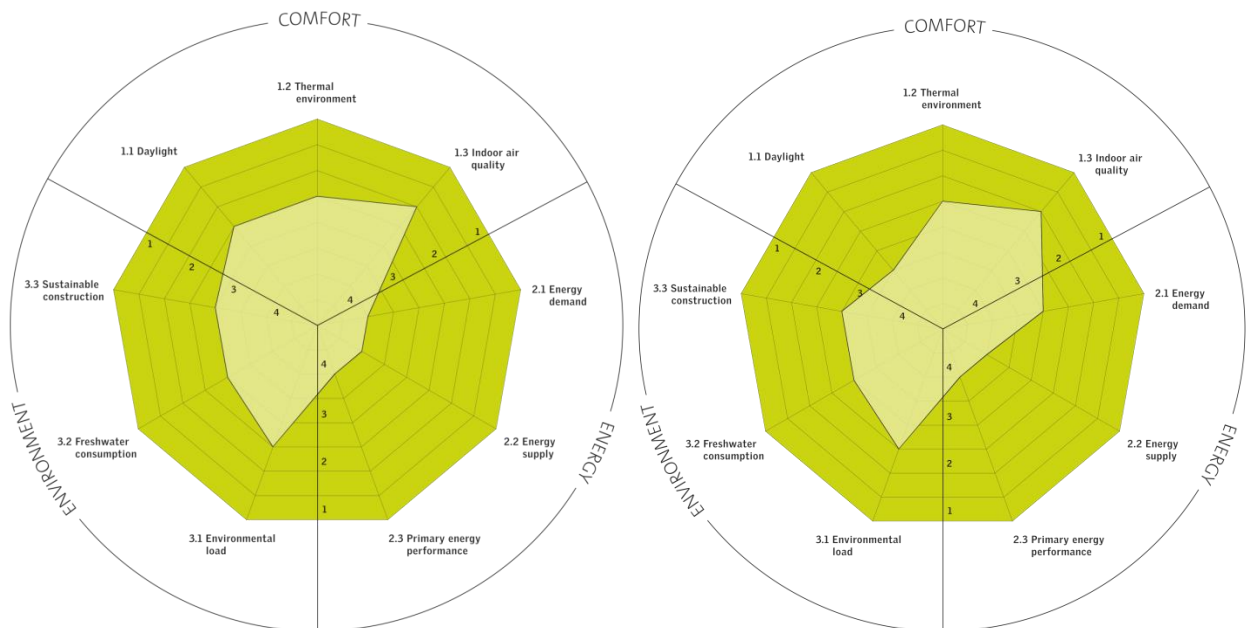
Bij het onderdeel *energie* wordt er net voldaan bij de parameters. De tussenwoning haalt bij de parameter *energievraag* de hoogste score namelijk een 3. Voor de overige twee parameters, *energievoorziening* en *jaarlijkse energieprestatie* haalt de tussenwoning een score van 4.

De tussenwoning scoort op het onderdeel *milieu*, net zoals de vrijstaande woning, redelijk goed. Voor de parameter *milieubelasting* wordt er een score van 2,5 gehaald. Voor de overige twee parameters, *drinkwaterverbruik* en *duurzaam materiaalgebruik*, wordt er een score 3 gehaald.

Net zoals bij de vrijstaande woning kan er geconcludeerd worden dat er voor geen enkele parameter de score 1 wordt gehaald, maar de scores 2,3 en 4 wel gehaald worden.

4.3 Vergelijking vrijstaande woning en tussenwoning

In figuur 4.16 zijn de twee radars naast elkaar gezet van de berekende vrijstaande woning en de berekende tussenwoning. Door de twee radars met elkaar te vergelijken, kan een goed beeld gecreëerd worden van hoe de beide woningen van elkaar verschillen en op welke onderdelen ze overeenkomen.



Figuur 4.16 Radar vrijstaande woning (links) en radar tussenwoning (rechts). Verkregen van: <http://www.activehouse.info/radar/612/image/render?v=1397724549> en <http://www.activehouse.info/radar/628/image/render?v=1400245333>

Uit figuur 4.16 zijn een aantal zaken op te merken. Zo zijn er een aantal parameters waarbij de beide woningtypen dezelfde score halen en er zijn ook een aantal parameters waarbij verschillende scores gehaald worden. Daarnaast kan er geconcludeerd worden dat beide woningtypen voor geen enkele parameter een score van 1 behaald hebben. Het grootste gedeelte van de parameters wordt gehaald met een score van 2, 3 of 4.

Daarnaast is in paragrafen 4.1 en 4.2 duidelijk geworden dat de beide woningtypen in de basissituatie niet voldeden aan alle criteria van Active House. Zo hadden beide woningtypen een ruimte die de minimale daglichtfactor van 1 % niet haalde. Daarnaast hadden beide woningen in eerste instantie geen eigen energieopwekking van minimaal 25 % van de benodigde energiebehoefte. En ten slotte voldoen beide woningen niet aan de minimale eis voor de aantasting van de ozonlaag.

De eerste twee afwijkingen kunnen eenvoudig worden verholpen door kleine aanpassingen. Om de daglichtfactor van de beide woningtypen te kunnen laten voldoen, kan er bijvoorbeeld gekozen worden om het overstek weg te laten, de ruimte iets te verkleinen of om de ramen te vergroten. Om de energieopwekking van minimaal 25 % van de benodigde energiebehoefte te halen, kunnen er bij de vrijstaande woning 9 zonnepanelen en bij de tussenwoning 6 zonnepanelen geplaatst worden. De eigenschappen waaraan deze panelen dienen te voldoen, zijn in de paragrafen 4.1.2 en 4.2.2 terug te vinden.

Zoals genoemd, vertonen beide radars een aantal verschillen en overeenkomsten. Deze verschillen en overeenkomsten zullen nu per onderdeel behandeld worden.

Comfort

Bij het onderdeel *comfort* komt de vrijstaande woning uiteindelijk iets beter naar voren dan de tussenwoning. Dit zit in de parameter *daglicht*. De vrijstaande woning heeft namelijk meer direct zonlicht beschikbaar doordat de woning drie gevels met ramen heeft terwijl de tussenwoning slechts

over twee gevels met ramen beschikt. Voor de overige twee parameters (*thermische omgeving* en *binnenluchtkwaliteit*) scoren de beide woningen dezelfde score.

Energie

Op het onderdeel *energie* scoort de tussenwoning beter dan de vrijstaande woning. De tussenwoning haalt namelijk bij de parameter *energievraag* een hogere score. Dit is te verklaren doordat de tussenwoning slechts twee gevels heeft die aan de buitenlucht grenzen en de vrijstaande woning vier. De tussenwoning heeft dus twee gevels die grenzen aan een andere verwarmde ruimte (de naastliggende woningen) waardoor er minder energie verloren gaat en er dus ook minder energie benodigd is om de ruimtes op te warmen in de tussenwoning. Op de parameters *energievoorziening* en *jaarlijkse energieprestatie* scoren de beide woningtypen dezelfde score.

Milieu

Het onderdeel *milieu* is het enige onderdeel waarbij beide woningtypen bij alle drie de parameters dezelfde eindscore behalen. De vrijstaande woning en de tussenwoning hebben bij de parameters *drinkwaterverbruik* en *duurzaam materiaalgebruik* precies dezelfde scores. Bij de parameter *milieubelasting* valt de tussenwoning iets gunstiger uit dan de vrijstaande woning. De milieubelasting wordt hoger dermate er meer materialen zijn toegepast. Doordat de vrijstaande woning groter is dan de tussenwoning is het logisch dat er bij de vrijstaande woning ook een hogere milieubelasting wordt gehaald. De verschillen in milieubelasting tussen de beide woningtypen zijn echter niet zodanig groot dat er ook andere scores voor de criteria worden gehaald.

5 Variantonderzoeken

Nu zowel de vrijstaande woning als de tussenwoning getoetst zijn, aan de principes van Active House, kunnen er verschillende variantonderzoeken worden uitgevoerd. De reeds uitgevoerde berekeningen zullen als basisinvoer dienen bij deze onderzoeken. Er zullen in totaal vier variantonderzoeken worden uitgevoerd, namelijk:

1. Onderzoek naar hoe groot de invloed is van de toepassing van milieuvriendelijke en milieuonvriendelijke materialen op de milieubelastingen;
2. Onderzoek naar hoe groot de invloed is van de EPC-waarde van de woning op de energetische parameters;
3. Onderzoek naar de invloed van de toepassing van zonwering op de maximale kamertemperaturen;
4. Onderzoek naar de mate waarop een ruimte die voldoet aan de minimale eisen van het Bouwbesluit 2012 ook voldoet aan Active House met betrekking tot de daglichtfactor.

Deze vier onderzoeken zijn ieder toegespitst op een onderdeel van de radar. Zo hoort het onderzoek naar de toepassing van milieuvriendelijke en milieuonvriendelijke materialen bij het onderdeel *milieu*, het onderzoek naar de invloed van de EPC-waarde bij het onderdeel *energie* en de onderzoeken naar de toepassing zonwering en de ruimte die voldoet aan de minimale eisen van het Bouwbesluit 2012 bij het onderdeel *comfort*.

Omdat de beide woningen slechts kleine verschillen vertoonden bij de eindscores van de parameters, zie paragraaf 4.3, is er gekozen om de variantonderzoeken voor slechts één woning uit te voeren namelijk de vrijstaande woning.

5.1 Variantonderzoek milieuvriendelijke materialen

In de huidige situatie is de vrijstaande woning opgebouwd uit standaard (Nederlandse) materialen. Zo is de constructie opgebouwd uit beton, de gevel is een spouwmuurconstructie met een bakstenen buitenblad, het dak is hellend en is opgebouwd uit dakpannen en de binnenwanden zijn van kalkzandsteen gemaakt.

Met deze, en nog andere, materialen worden er voor de vrijstaande woning de volgende scores gehaald met betrekking tot de parameter milieubelasting, tabel 5.1.

Criterion	Scores vrijstaande woning
Klimaatsverandering	2
Aantasting van de ozonlaag	-
Fotochemische oxidantvorming	2
Verzuring	2
Vermesting	3

Tabel 5.1 Overzicht scores basissituatie vrijstaande woning

Interessant aan dit onderzoek is om erachter te komen of deze scores van de vrijstaande woning ook daadwerkelijk veranderen indien er overal gekozen wordt voor het meest milieuvriendelijke materiaal. Ditzelfde geldt wanneer er gekozen wordt om overal materialen toe te passen die een hoge milieubelasting hebben.

Indien de scores gelijk blijven, kan er geconcludeerd worden dat het voor deze scoreverdeling niet uitmaakt wat voor materialen er toegepast worden. Wanneer de scores wel verbeteren of slechter worden, heeft het toepassen van andere materialen dus wel een effect op de eindscores.

Om een duidelijk beeld te creëren van het verschil tussen een basis materiaal, een milieuvriendelijk materiaal en een milieuonvriendelijk materiaal, is tabel 5.2 opgesteld. Als voorbeeldmateriaal is de dakafwerking gekozen. In de basissituatie bestaat de dakafwerking uit keramische dakpannen die

geglazuurd zijn. Aan de hand van de DGBC materialentool is als milieuvriendelijkste materiaal een afwerking van een stalen trapezium dat gecoat gekozen. Dit materiaal had namelijk de laagste schaduwkosten. Het materiaal dat uit de DGBC materialentool naar voren kwam met de hoogste schaduwkosten is een hol keramieken element met stalen profielen. De schaduwkosten die in tabel 5.2 zijn weergegeven, zijn op basis van het totale oppervlak van de dakafwerking namelijk 138,87 m².

Materiaal	Basis variant	Schaduwkosten [€]	Meest milieuvriendelijke variant	Schaduwkosten [€]	Minst milieuvriendelijke variant	Schaduwkosten [€]
Dakafwerking	Keramische dakpannen geglazuurd	269,63	Staal gecoat trapezium	123,35	Keramiek hol element met stalen profielen	1546,72

Tabel 5.2 Vergelijking dakafwerking materialen op basis van schaduwkosten

In bijlage 31 is een lijst met alle toegepaste materialen terug te vinden van de uitgangssituatie. Aan de hand van de materialendatabase van GPR Gebouw en de DGBC materialentool is er daarnaast een lijst opgesteld met de meest verantwoorde materialen op het gebied van duurzaamheid, zie bijlage 31. Dit zijn de materialen met de laagste schaduwkosten (milieubelastingen).

Door het veranderen van de basis materialen naar de milieuvriendelijke materialen in de DGBC materialentool zijn er andere milieubelastingen naar voren gekomen. In tabel 5.3 is een overzicht weergegeven van de verschillende milieubelastingen. De uitdraai van de berekening in de DGBC materialentool is in bijlage 32 terug te vinden. De omrekening van alle milieubelastingen is in bijlage 33 terug te vinden.

Criterium	Basis materialen vrijstaande woning	Score	Milieuvriendelijke materialen vrijstaande woning	Score
Klimaatverandering	7,482 kg CO ₂ eq./m ² *a	2	3,282 kg CO ₂ eq./m ² *a	2
Aantasting van de ozonlaag	14,425 ×10 ⁻⁶ kg R ₁₁ /m ² *a	-	3,37 ×10 ⁻⁷ kg R ₁₁ /m ² *a	3
Fotochemische oxidantvorming	0,0039 kg C ₂ H ₄ eq./m ² *a	2	0,0024 kg C ₂ H ₄ eq./m ² *a	1
Verzuring	0,0283 kg SO ₂ eq./m ² *a	2	0,0124 kg SO ₂ eq./m ² *a	2
Vermesting	0,0067 kg PO ₄ eq./m ² *a	3	0,0056 kg PO ₄ eq./m ² *a	3

Tabel 5.3 Milieueffecten vrijstaande woning met basismaterialen en met de meest milieuvriendelijke materialen

In tabel 5.3 is te zien dat alle milieueffecten, bij het toepassen van milieuvriendelijke materialen, lager uitvallen dan bij de toepassing van de basis materialen. Ondanks dat alle milieubelastingen omlaag zijn gegaan, zijn er ook een aantal milieueffecten waarbij de eindscore niet veranderd is. Dit is het geval bij de *klimaatverandering*, de *verzuring* en de *vermesting tijdens de levensduur van het gebouw*.

Opvallend is dat de *aantasting van de ozonlaag tijdens de levensduur van het gebouw* nu wel gehaald wordt. Het is dus wel mogelijk om dit criterium te behalen. De keuze van de toegepaste materialen dient dan echter wel zeer zorgvuldig uitgevoerd te worden op basis van de milieubelastingen.

Alle milieubelastingen zijn, door het toepassen van milieuvriendelijke materialen, verlaagd. Er zijn echter zoals genoemd een aantal scores gelijk gebleven. Hierdoor is het interessant om te onderzoeken of deze scores in alle gevallen hetzelfde zijn. Naast een variant met de meest milieuvriendelijke materialen is er daarom ook een variant doorgerekend met de minst milieuvriendelijke materialen, tabel 5.4.

Criterium	Basis materialen vrijstaande woning	Score	Minst milieuvriendelijke materialen vrijstaande woning	Score
Klimaatverandering	7,482 kg CO ₂ eq./m ² *a	2	12,837 kg CO ₂ eq./m ² *a	2
Aantasting van de ozonlaag	14,425 ×10 ⁻⁶ kg R ₁₁ /m ² *a	-	17,188 ×10 ⁻⁶ kg R ₁₁ /m ² *a	-
Fotochemische oxidantvorming	0,0039 kg C ₂ H ₄ eq./m ² *a	2	0,0067 kg C ₂ H ₄ eq./m ² *a	3
Verzuring	0,0283 kg SO ₂ eq./m ² *a	2	0,0541 kg SO ₂ eq./m ² *a	2
Vermeesting	0,0067 kg PO ₄ eq./m ² *a	3	0,0103 kg PO ₄ eq./m ² *a	4

Tabel 5.4 Milieueffecten vrijstaande woning met basismaterialen en met de minst milieuvriendelijke materialen

In tabel 5.4 is te zien dat de milieubelastingen groter zijn geworden door het toepassen van de minst milieuvriendelijke materialen. Het verschil in de scores is echter klein gebleven. Alleen de *fotochemische oxidantvorming* en de *vermeesting tijdens de levensloop van het gebouw* zijn één score verslechterd. Zoals verwacht wordt de *aantasting van de ozonlaag* ook in met deze materialen niet gehaald.

In bijlage 35 is de uitdraai van de DGBC materialentool terug te vinden waarmee de milieueffecten zijn berekend voor de minst milieuvriendelijke situatie. De lijst met gekozen materialen is in bijlage 34 bijgevoegd. Ten slotte zijn in bijlage 36 de berekeningen terug te vinden waarmee de verschillende milieueffecten zijn omgerekend.

Nu er drie situaties voor dezelfde woning zijn doorgerekend, kan er een goed overzicht gemaakt worden van de eindscores. In tabel 5.5 is dit overzicht weergegeven.

Criterium	Score minst milieuvriendelijke materialen	Score basis materialen	Score meest milieuvriendelijke materialen
Klimaatverandering	2	2	2
Aantasting van de ozonlaag	-	-	3
Fotochemische oxidantvorming	3	2	1
Verzuring	2	2	2
Vermeesting	4	3	3

Tabel 5.5 Overzicht scores voor de situatie met de minst milieuvriendelijke materialen, de basis materialen en de meest milieuvriendelijke materialen.

Opvallend is dat het voor de *klimaatverandering tijdens de levensduur van het gebouw* niet veel uitmaakt wat voor materialen er zijn toegepast. In alle drie de situaties haalt het criterium namelijk een score 2.

Voor de *aantasting van de ozonlaag* is dit echter niet het geval. Dit criterium wordt alleen gehaald bij het toepassen van milieuvriendelijke materialen. Bij het toepassen van de meest milieuvriendelijke materialen wordt er een score 3 gehaald. Het is dus ook mogelijk om niet overal te kiezen voor het meest milieuvriendelijke materiaal en dan toch op een score van 4 uit te komen.

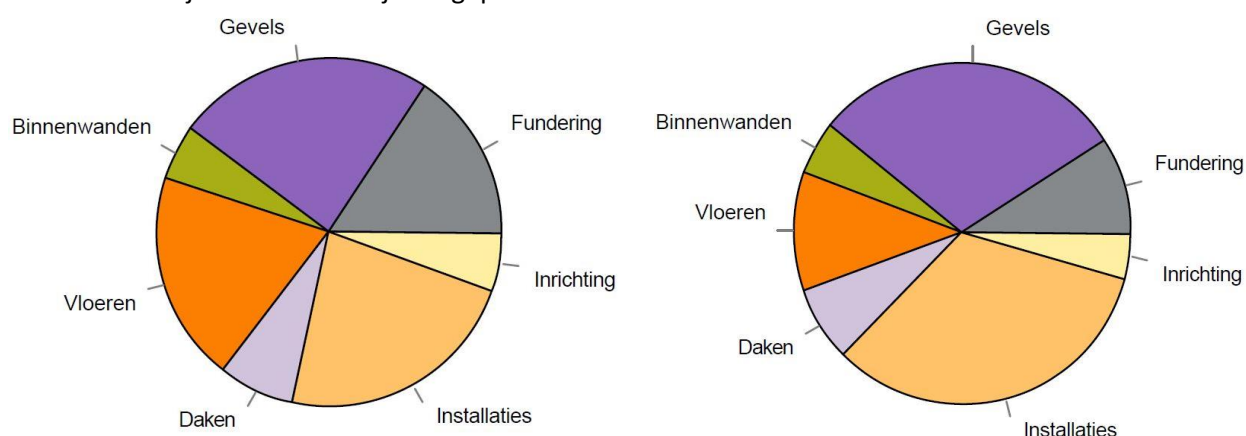
Het criterium *fotochemische oxidantvorming tijdens de levensduur van het gebouw* vertoont het beste een verloop. Bij de toepassing van de minst milieuvriendelijke materialen wordt er een score 3 verkregen, bij de uitgangssituatie wordt er een score 2 verkregen en bij de toepassing van de meest milieuvriendelijke materialen wordt er een score van 1 verkregen.

Bij het de *verzuring tijdens de levensduur van het gebouw* wordt er, net zoals bij de klimaatverandering, overal een score 2 verkregen. Het maakt voor dit criterium dus ook niet uit wat voor soort materialen er toegepast worden.

Ten slotte is er bij de *vermesting* ook een klein verloop te zien. Bij het toepassen van de minst milieuvriendelijke materialen wordt er een score van 4 gehaald en bij de overige twee situaties wordt er een score van 3 gehaald. Opvallend is dat er bij het toepassen van de meest milieuvriendelijke materialen in deze situatie dus niet hoger gehaald kan worden dan een score van 3.

Uit het eerste variantonderzoek kunnen een aantal conclusies getrokken worden. Bij de criteria *klimaatverandering* en *verzuring* maakt het niet uit wat voor materialen er toegepast worden. De score van Active House blijft namelijk bij deze criteria altijd hetzelfde. Bij andere criteria is dit niet het geval. Bij de *fotochemische oxidantvorming* en de *vermesting* is er namelijk wel een verloop in score te zien bij het toepassen van andere materialen. Ten slotte kan het criterium *aantasting van de ozonlaag* alleen gehaald worden wanneer er milieuvriendelijke materialen toegepast worden.

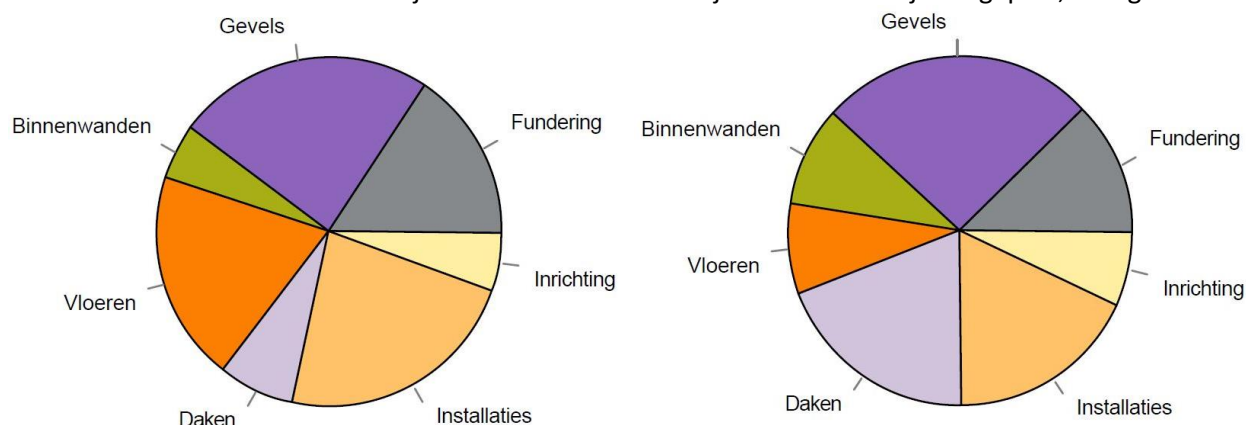
Naast het kijken naar de scoreverdeling van Active House kan er ook gekeken worden hoe de schaduwkosten verdeeld zijn over de gebouwonderdelen bij de verschillende varianten. In figuur 5.1 zijn twee cirkeldiagrammen weergegeven van de uitgangssituatie en de situatie waarbij de meest milieuvriendelijke materialen zijn toegepast.



Figuur 5.1 Verdeling schaduwkosten tussen de vrijstaande woning met basismaterialen (links) en de vrijstaande woning met milieuvriendelijke materialen (rechts). Verkregen van de DGBC materialentool.

Uit figuur 5.1 kan opgemerkt worden dat na het toepassen van milieuvriendelijke materialen de verdeling van de schaduwkosten per gebouwonderdeel verandert. Voornamelijk bij de schaduwkosten van de gebouwonderdelen vloeren en fundering is er een verbetering te zien, zie bijlage 31.

Er zal daarnaast ook een vergelijking gemaakt worden tussen de verdeling van de schaduwkosten bij de basissituatie en de situatie waarbij alleen milieuonvriendelijke materialen zijn toegepast, zie figuur 5.2.



Figuur 5.2 Verdeling schaduwkosten tussen de vrijstaande woning met basismaterialen (links) en de vrijstaande woning met milieuonvriendelijke materialen (rechts). Verkregen van de DGBC materialentool.

Uit figuur 5.2 is op te maken dat het aandeel van het dak in de schaduwkosten vergroot wordt door het toepassen van milieuonvriendelijke materialen. Deze uitkomst komt tevens overeen met de gegevens van bijlage 34.

5.2 Variantonderzoek EPC-waarde

Het tweede variantonderzoek dat uitgevoerd is, is een onderzoek naar de invloed van de EPC-waarde op de criteria van het onderdeel *energie*. Volgens het huidige Bouwbesluit dient de EPC-waarde minimaal 0,6 te bedragen. Per januari 2015 wordt de EPC-eis van 0,6 aangescherpt naar 0,4. (NEN, 2014) Hierdoor is het interessant om te onderzoeken wat de verlaging van de EPC-waarde voor invloed heeft op de criteria van de parameters van het onderdeel energie. Naast onderzoek te doen naar de verschillen tussen een EPC-waarde van 0,6 en 0,4 is het ook erg interessant om EPC-waarden van 0,2 en 0,0 mee te nemen in het onderzoek. De EPC-eis zal namelijk steeds lager worden de komende jaren.

Te verwachten is dat bij een EPC-waarde van 0,0 er een score van 1 gehaald wordt bij de parameters *energievoorziening* en *jaarlijkse energieprestatie*. Uit het onderzoek zal blijken of dit ook daadwerkelijk het geval is. Daarnaast zal uit het onderzoek blijken of er een lineair verloop plaatsvindt (bijvoorbeeld EPC 0,6 = score 4, EPC 0,4 = score 3, EPC 0,2 = score 2, EPC 0,0 = score 1) of dat bijvoorbeeld een EPC-waarde van 0,6; 0,4 en 0,2 een score 4 geven en een EPC-waarde van 0,0 een score 1 geeft.

Er zijn verschillende manieren om de EPC-waarde van een woning te verlagen. Er kunnen bijvoorbeeld hogere R_c -waarden en lagere U-waarden gekozen worden, de installaties kunnen verbeterd worden of er kan gekozen worden om (meer) zonnepanelen te plaatsen. Omdat het bij dit variantonderzoek alleen gaat om de EPC-waarde van het gebouw, is er gekozen om de verschillende EPC-waarden te behalen aan de hand van het plaatsen van meerdere zonnepanelen. Er wordt hierbij alleen rekening gehouden met oriëntatie van het hellende dak. Er zal dus geen rekening gehouden worden met het dakoppervlak van die oriëntatie. Of het uitgevoerd kan worden, heeft voor dit variantonderzoek namelijk verder geen invloed. Het gaat er uitsluitend om wat een lagere EPC-waarde doet voor de principes van Active House.

De toegepaste zonnepanelen zijn op het hellende dak van 50° op het zuidoosten geplaatst. Deze panelen zijn matig geventileerd en hebben een piekvermogen van 150 Wp/m².

In tabel 5.6 is een overzicht gegeven van de gegevens per EPC-waarde. In deze tabel zijn de drie criteria van het onderdeel energie ook weergegeven. Door middel van de scores per criterium wordt een duidelijk beeld verkregen wat voor invloed de verlaging van de EPC-waarde heeft. In bijlage 37-43 zijn de uitdraaien van de verschillende EPC-berekeningen terug te vinden.

EPC-waarde	Jaarlijkse energievraag	Score	Pv panelen	Duurzame opwekking	Percentage duurzame opwekking	Score	Jaarlijkse energieprestatie	Score
[-]	[MJ/m ²]	[-]	[m ²]	[MJ/m ²]	[%]	[-]	[MJ/m ²]	[-]
0,60	357,49	4	3,30	22,04	6	-	335,45	4
0,50	357,49	4	11,70	78,14	22	-	279,35	4
0,40	357,49	4	20,05	133,90	37	4	223,59	4
0,30	357,49	4	28,40	189,67	53	3	167,82	4
0,20	357,49	4	36,80	245,77	69	3	111,72	3
0,10	357,49	4	45,20	301,87	84	2	55,62	3
0,00	357,49	4	53,70	358,64	100	1	-1,15	1

Tabel 5.6 Overzicht invloed EPC-waarde vrijstaande woning op parameters energie

Uit tabel 5.6 is op te maken dat er in deze situatie met een EPC-waarde van 0,60 en 0,50 niet voldaan wordt aan de principes van Active House. Er wordt namelijk niet voldoende energie opgewekt door het gebouw of op het perceel. De minimale eis van 25 % energieopwekking door het gebouw halen deze beide situaties niet. In paragraaf 4.1.2 is reeds onderzocht hoeveel panelen er nodig zijn voor het behalen van deze 25 % eis. Dit kwam neer op 9 panelen van 1,65 m².

In tabel 5.6 is tevens te zien dat de parameter *energievraag* onafhankelijk is van de EPC-waarde. De energievraag blijft immers, na het toevoegen van zonnepanelen, gelijk. Voor deze parameter wordt dus voor alle EPC-waarden een score van 4 gehaald.

Zoals genoemd, wordt er pas met een EPC-waarde van 0,4 voldaan aan de 25 % eis met betrekking tot de opwekking van energie door het gebouw. Bij deze parameter is in tabel 5.6 een goed verloop te zien van de verschillende EPC-waarden. Bij een EPC-waarde van 0,4 wordt de score 4 gehaald, bij de EPC-waarden 0,3 en 0,2 wordt de score 3 gehaald, bij de EPC-waarde van 0,1 wordt de score 2 gehaald en ten slotte wordt bij de EPC-waarde van 0,0 de score 1 gehaald.

De laatste parameter van het onderdeel *energie* is de *jaarlijkse energieprestatie*. Bij deze parameter is een klein lineair verloop te zien bij de verschillende EPC-waarden, zie tabel 5.6. De EPC-waarden van 0,6 tot en met 0,3 halen de score 4, de EPC-waarden van 0,2 en 0,1 halen de score 3 en ten slotte haalt de EPC-waarde van 0,0 de score 1. Het verloop van de scores is sterk afhankelijk van de nationale duurzame energiefactoren. Bij een lagere energiefactor zullen de scores namelijk een stuk hoger uitvallen en andersom zullen de scores bij een hogere energiefactor een stuk lager uitvallen.

Om de invloed van nationale duurzaamheidsfactor (NDE) op de score van de jaarlijkse energieprestatie te onderzoeken, is tabel 5.7 opgesteld. In deze tabel wordt er gerekend met een NDE van 0,5;1,0;1,5 en 2,0.

EPC-waarde	Jaarlijkse energieprestatie met NDE = 0,5	Score	Jaarlijkse energieprestatie met NDE = 1,0	Score	Jaarlijkse energieprestatie met NDE = 1,5	Score	Jaarlijkse energieprestatie met NDE = 2,0	Score
[-]		[-]		[-]		[-]		[-]
0,60	167,73	4	335,45	4	503,18	4	670,90	4
0,50	139,68	4	279,35	4	419,03	4	558,70	4
0,40	111,79	4	223,59	4	335,38	4	447,17	4
0,30	83,91	3	167,82	4	251,73	4	335,64	4
0,20	55,86	3	111,72	3	167,58	4	223,44	4
0,10	27,81	2	55,62	3	83,43	3	111,24	4
0,00	-0,57	1	-1,15	1	-1,72	1	-2,30	1

Tabel 5.7 Overzicht invloed NDE waarde op uitkomst jaarlijkse energieprestatie

Uit tabel 5.7 kan worden opgemerkt dat de score 1 alleen gehaald kan worden bij een EPC-waarde van 0,0. Er wordt bij een EPC van 0,0 namelijk net zoveel energie opgewekt als er nodig is waardoor de jaarlijkse energieprestatie 0 MJ/m² of lager is.

Daarnaast is door tabel 5.7 duidelijk geworden dat de NDE veel invloed heeft op de score van het criterium *jaarlijkse energieprestatie*. Zo is er bij een NDE van 0,5 nog een verloop van de scores te zien, maar is er bij een NDE van 2,0 geen verloop meer te zien. Bij een NDE van 2,0 halen de EPC-waarden van 0,6 tot 0,1 een score van 4 en haalt de EPC-waarde van 0,0 een score van 1.

Net zoals bij het eerste variantonderzoek kunnen er uit het tweede variantonderzoek tevens een aantal belangrijke conclusies getrokken worden. Zo heeft de EPC-waarde geen invloed op de parameter *energievraag* wanneer de EPC-waarde verlaagd wordt door het toepassen van meer zonnepanelen.

Daarnaast dient er minimaal 25 % van de benodigde energie door het gebouw zelf opgewekt te worden. In deze situatie voldoet de vrijstaande woning op dit onderdeel niet bij een EPC-waarde van 0,6 en 0,5. Vanaf een EPC-waarde van 0,4 is er een lineair verloop van de scores van Active House bij de parameter *energievoorziening*.

Bij de parameter *jaarlijkse energieprestatie* is dit niet het geval. Bij een NDE van 1,0 wordt er namelijk bij de EPC-waarden van 0,6 tot 0,3 een score van 4 gehaald, bij de EPC-waarden 0,2 en 0,1 een score van 3

gehaald en haalt de EPC-waarde van 0,0 een score van 1. De scoreverdeling van deze parameter zijn sterk afhankelijk van de NDE. Het is dus belangrijk dat deze factoren voor Nederland nog goed uitgezocht worden.

Een belangrijke opmerking bij dit onderzoek is dat er veel verschillende manieren zijn om een EPC-waarde van een gebouw te verlagen. Bij dit tweede variantonderzoek is ervoor gekozen om de EPC-waarde te verlagen aan de hand van het toevoegen van zonnepanelen. Uit het onderzoek is gebleken dat de jaarlijkse energievraag hierbij niet veranderd.

Echter, wanneer er bijvoorbeeld gekozen was voor het toepassen van hogere R_c -waarden en lagere U-waarden, dan zal de parameter jaarlijkse energievraag wel verlaagd worden. Daarnaast zullen de verkregen resultaten ook anders uitvallen zijn indien er gekozen was voor het veranderen van bijvoorbeeld de installaties.

De resultaten van dit tweede variantonderzoek zijn dus alleen van toepassing wanneer de EPC-waarde verlaagd wordt door het toepassen van meer zonnepanelen. Om de invloed van het veranderen van de installaties of de warmteweerstanden te achterhalen, zal er een apart onderzoek moeten worden uitgevoerd.

5.3 Variantonderzoek zonwering

Het derde variantonderzoek dat is uitgevoerd, is een onderzoek naar de toepassing van zonwering. In de basisberekening is er geen zonwering toegepast. Bij het criterium *maximale kamertemperatuur* werd er bij de vrijstaande woning voldaan aan de eis van score 4, tabel 5.8.

Het doel van het onderzoek is om te achterhalen of de maximale kamertemperaturen omlaag zullen gaan door het toepassen van zonwering.

Scores Active House	Overschrijding basis	Overschrijding basis (afgerond op 0 decimalen)	Overschrijding met zonwering	Overschrijding met zonwering (afgerond op 0 decimalen)
Score 4	0,47 %	0,15 %	0,00 %	0,00 %
Score 3	2,42 %	1,27 %	0,00 %	0,00 %
Score 2	6,59 %	4,36 %	0,09 %	0,01 %
Score 1	13,26 %	9,90 %	1,40 %	0,55 %

Tabel 5.8 Overzicht overschrijding maximale kamertemperatuur bij toepassing zonwering

In tabel 5.8 is een duidelijk verschil te zien tussen de basissituatie en de situatie waarbij zonwering is toegepast. Door het toepassen van de zonwering gaat de kamertemperatuur een stuk omlaag waardoor de eisen van Active House omtrent de maximale kamertemperatuur minder overschreden worden.

In de basissituatie werd er door de vrijstaande woning voldaan aan de eis van score 4. Door het toepassen van zonwering in dezelfde vrijstaande woning wordt er nu voldaan aan de eis van score 2. Dit is een grote verbetering ten opzichte van de uitgangssituatie.

Uit dit variantonderzoek kan geconcludeerd worden dat wanneer er een hoge score voor de parameter thermische omgeving gehaald dient te worden er zonwering toegepast moet worden. Het toepassen van zonwering kan namelijk resulteren in een verbetering van 2 scores.

De uitdraai van de berekening in VABI UO is in bijlage 44 terug te vinden. De berekening van de maximale kamertemperaturen is in bijlage 45 terug te vinden.

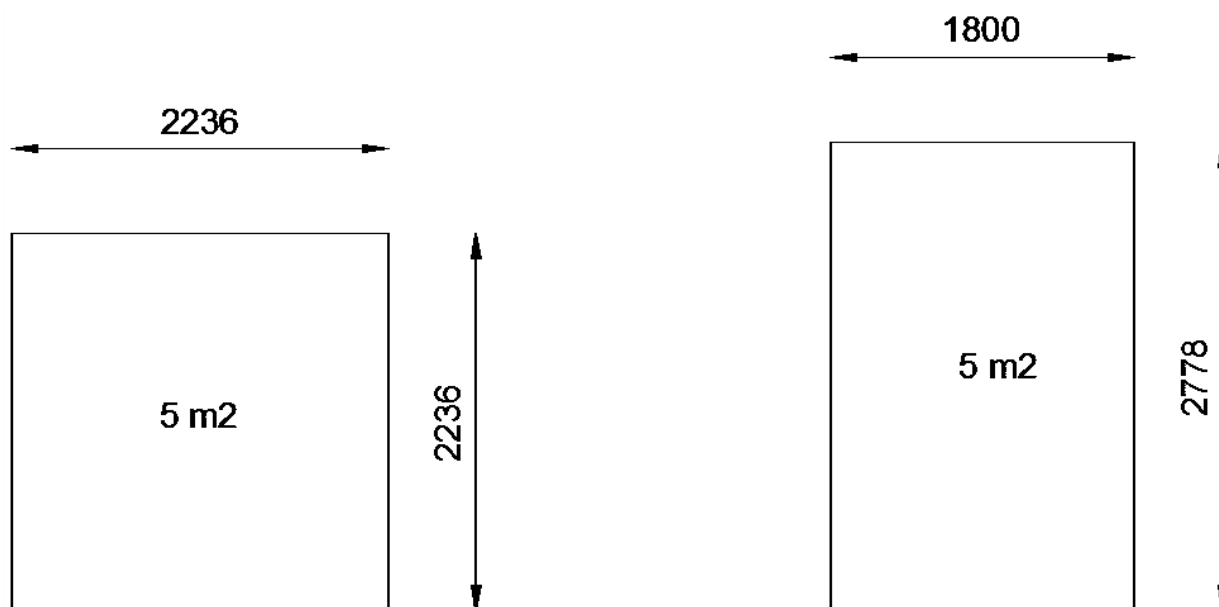
5.4 Variantonderzoek Bouwbesluit ruimte m.b.t. daglicht

Het vierde en laatste variantonderzoek dat is uitgevoerd, heeft betrekking op de vergelijking van de minimale daglichteisen van het Bouwbesluit (BB) met de minimale daglichteisen van Active House. Het doel van dit variantonderzoek is om erachter te komen of een ruimte die precies voldoet aan de minimale eisen van het Bouwbesluit ook aan de minimale eisen van Active House voldoet met betrekking tot daglicht.

Voor de berekende ruimte zijn een aantal uitgangspunten opgesteld. Deze uitgangspunten zijn opgesteld aan de hand van het Bouwbesluit 2012 en de NEN 2057:

- Het equivalente daglichtoppervlakte bedraagt $0,5 \text{ m}^2$ (BB artikel 3.75, lid 2);
- De belemmeringshoek α bedraagt 20° (BB artikel 3.75, lid 3);
- De belemmeringshoek β bedraagt 35° (uitgegaan van een wanddikte van 380 mm);
- De afmetingen van het raam zijn b x h: 680 x 1000 mm (benodigde hoeveelheid na aftrek belemmeringshoeken);
- Het raam bevindt zich op 600 mm hoogte en in het midden van de gevel (NEN 2057, paragraaf 6.2);
- Het vloeroppervlak van de ruimte bedraagt $5,0 \text{ m}^2$ (BB artikel 4.2, lid 2);
- De minimale breedte van de ruimte bedraagt 1,8 m (BB artikel 4.3, lid 1);
- De hoogte boven de vloer bedraagt 2,6 m (BB artikel 4.3, lid 3).

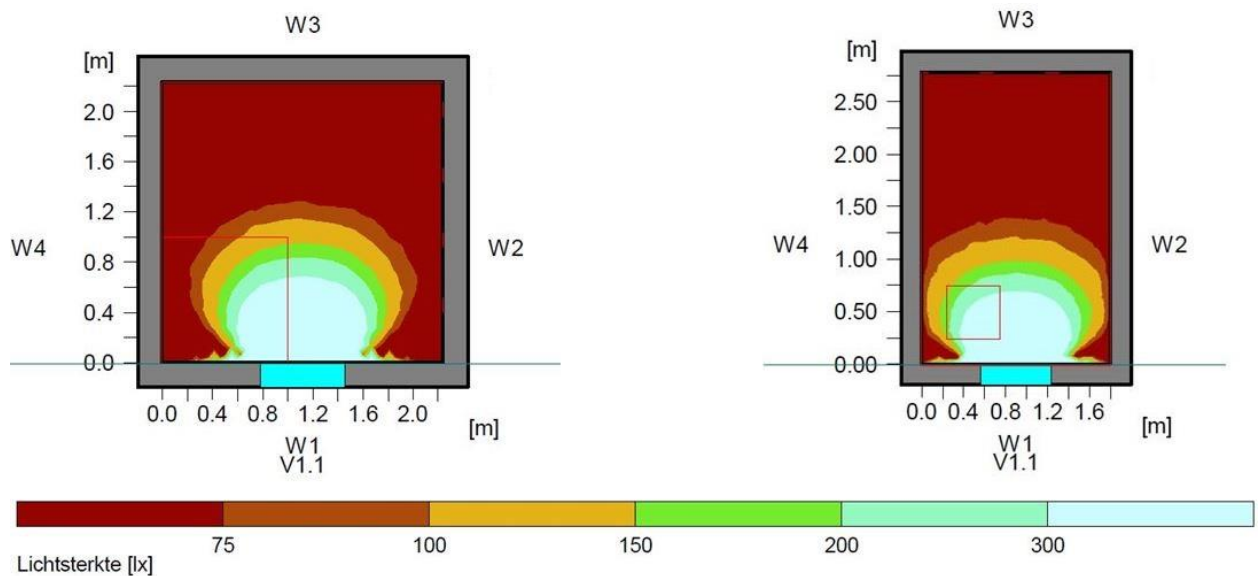
Zoals genoemd, dient de minimale breedte van de ruimte 1,8 meter te bedragen. Er kunnen hierdoor twee verschillende afmetingen voor de ruimte gekozen worden. Voor dit variantonderzoek is er uitgegaan van een vierkante ruimte van $2,236 \times 2,236$ meter en een rechthoekige ruimte van $1,8 \times 2,778$ meter. Beide ruimten voldoen aan het minimale vloeroppervlak van 5 m^2 , figuur 5.3.



Figuur 5.3 Verschil in afmetingen tussen de twee berekende ruimten.

In bijlage 46 zijn de Bouwbesluitberekeningen van de minimale ruimtes terug te vinden. Allebei de ruimten voldoen dus aan de minimale eisen van het Bouwbesluit. Er zal nu onderzocht worden of deze beide ruimten ook voldoen aan de minimale *daglichtfactor*.

Aan de hand van Relux is de gemiddelde daglichtfactor berekend voor deze twee ruimten. In figuur 5.4 is de hoeveelheid daglicht dat de ruimte binnenkomt te zien. De beide berekeningen zijn opgesteld aan de hand van de uitgangspunten die beschreven staan in paragraaf 13.1 van de NEN 2057, zie bijlage 6.



Figuur 5.4 Daglichttoetreding van een vierkante ruimte die voldoet aan het Bouwbesluit (links) en van een rechthoekige ruimte die voldoet aan het Bouwbesluit (rechts) aan de hand van Relux. Verkregen van Relux.

Uit allebei de berekeningen kwam een gemiddelde daglichtfactor van 1,3 % naar voren, zie bijlage 47 en 48. Dit betekent dat er bij allebei de ruimten voldaan wordt aan de minimale eis van 1 % vanuit Active House.

Er kan geconcludeerd worden dat een ruimte die precies voldoet aan het Nederlandse Bouwbesluit ook voldoet aan de minimale eis van Active House met betrekking tot de daglichtfactor. Of de vorm van de ruimte rechthoekig of vierkant is, heeft daarnaast in deze situatie geen invloed.

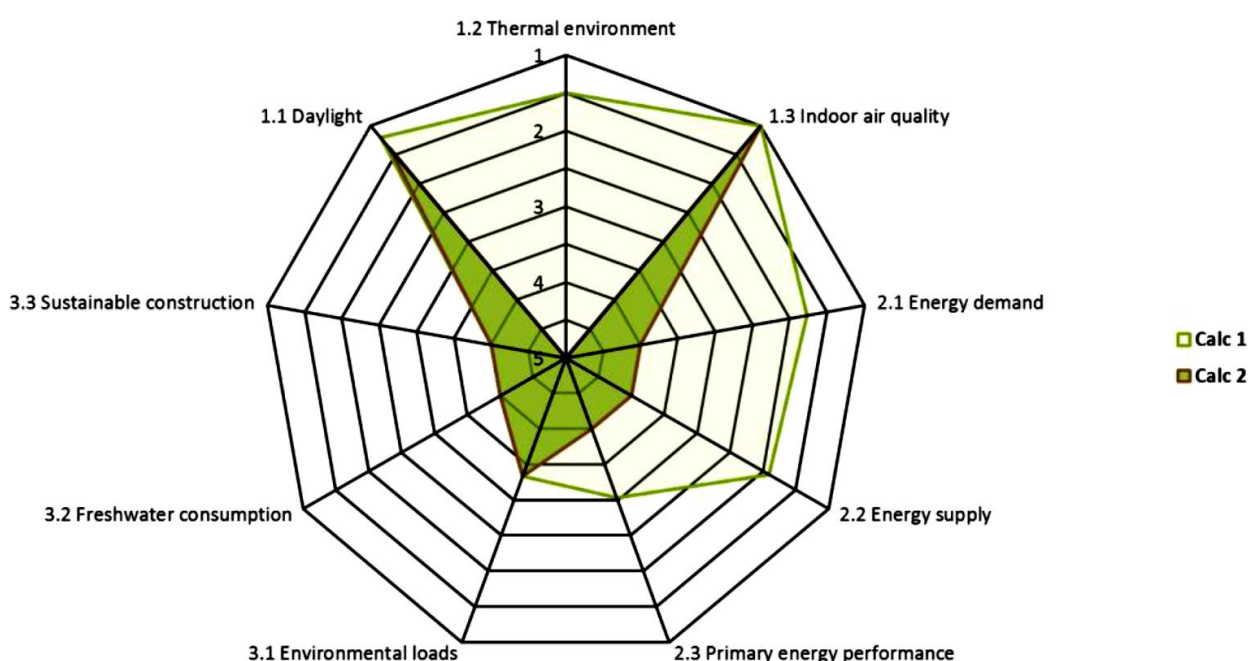
6 Nederlandse en de internationale rekenmethoden

Het principe van Active House is, zoals genoemd, een internationaal bedacht concept. Niet alleen de woningen en omstandigheden zijn in Nederland anders, maar ook de verschillende rekenmethoden die gebruikt worden, verschillen van de internationale methoden.

Om een vergelijking te maken met hoe een woning internationaal getoetst wordt en hoe er in Nederland wordt getoetst aan de principes van Active House, is er een voorbeeldberekening van een project opgezocht. Dit voorbeeldproject is volgens de internationale rekenmethoden berekend.

Omdat het project de Poorters van Montfoort het eerste renovatie project volgens de principes van Active House in Nederland was, heeft iemand uit Denemarken van Velux de Active House toetsing uitgevoerd. In paragraaf 2.3.2. is algemene informatie van het project terug te vinden.

Doordat het een project in Nederland betreft, zijn de berekeningen goed te vergelijken met de in dit onderzoek uitgevoerde berekeningen. De radar van de Poorters van Montfoort is in figuur 6.1 te zien.



Figuur 6.1 Radar Poorters van Montfoort. Verkregen van: Active House Evaluation De Poorters of Montfoort – Active House renovation of 10 dwellings (2013).

In deze radar zijn met calculation 1 de verkregen scores na de renovatie en met calculation 2 de verkregen scores voor de renovatie weergegeven. De berekeningen die uitgevoerd zijn om deze radar te verkrijgen zijn in bijlage 49 terug te vinden.

In de volgende paragrafen zal er ingegaan worden op de verschillen tussen de internationale aanpak van de Active House toetsing en de Nederlandse aanpak van de Active House toetsing. Ten slotte zullen de toegepaste programma's ook met elkaar vergeleken worden.

6.1 Verschillen in aanpak van de berekeningen

Het eerste wat opvalt aan de Active House toetsing van de Poorters van Montfoort is dat de verkregen scores van de criteria niet overal worden afgerond op gehele getallen. Bijvoorbeeld voor het criterium *daglichtfactor* behaalt het project een score van 1,4. Deze score zal eigenlijk een score 2 moeten bedragen. Het niet afronden van de criteria kan dus resulteren in betere scores dan het gebouw eigenlijk heeft.

In tabellen 6.1-6.3 zijn alle scores per criteria van het project Poorters van Montfoort weergegeven.

Parameter	Criterium	Score
Daglicht	Daglichtfactor	1,4
	Beschikbaarheid direct zonlicht	1,0
	Eindscore	1,2
Thermische omgeving	Maximale kamertemperatuur	2,0
	Minimale kamertemperatuur	1,0
	Eindscore	1,5
Binnenluchtkwaliteit	Standaardhoeveelheid frisse lucht	1,0
	Eindscore	1,0

Tabel 6.1 Overzicht scores parameters comfort Poorters van Montfoort

Parameter	Criterium	Score
Energievraag	Jaarlijkse energievrage	1,8
	Eindscore	1,8
Energievoorziening	Bron van de energievoorziening	1,9
	Eindscore	1,9
Jaarlijkse energieprestatie	Jaarlijkse energieprestatie	3,0
	Eindscore	3,0

Tabel 6.2 Overzicht scores parameters energie Poorters van Montfoort

Parameter	Criterium	Score
Milieubelasting	Primair energieverbruik	3,0
	Klimaatverandering	3,0
	Aantasting ozonlaag	4,0
	Fotochemische oxidantvorming	3,0
	Verzuring	2,0
	Verresting	3,0
	Eindscore	3,0
Drinkwaterverbruik	Bron van de energievoorziening	3,2
	Eindscore	3,2
Duurzaam materiaalgebruik	Gerecyclede content	4,0
	Verantwoorde bronnen	4,0
	Eindscore	4,0

Tabel 6.3 Overzicht scores parameters milieu Poorters van Montfoort

Naast het afronden van sommige criteria zijn er ook nog een aantal andere aspecten die opvallen uit de internationale berekening. Zo wordt er bij de daglichtfactor niet de meest ongunstige ruimte aangehouden, maar wordt er een gemiddelde genomen van de verkregen scores van de daglichtfactor van alle verblijfsruimten.

Doordat er een gemiddelde wordt genomen, bedraagt de score van het criterium *daglichtfactor* 1,4. Voor het project de Poorters van Montfoort geldt dat de woonkamer de laagste daglichtfactor heeft van 3,6 %, zie bijlage 49. Deze daglichtfactor komt overeen met een score van 2.

In de Active House specificaties (2013) staat beschreven dat voor alle verblijfsruimten de daglichtfactor bepaald dient te worden en vervolgens de kamer met de laagste score de daglichtfactor voor het gebouw bepaald.

De manier waarop de gemiddelde daglichtfactor is berekend, komt dus niet overeen met de Active House specificaties.

6.2 Verschillen toegepaste programma's

Tijdens het onderzoek zijn er verschillende programma's toegepast, zie paragraaf 3.2. Echter, na het inzien van de Active House toetsing vanuit Denemarken kwam naar voren dat Denemarken heel andere programma's gebruikt.

In tabel 6.4 is per criterium weergegeven welke programma's er zijn gebruikt bij dit onderzoek en welke programma's er zijn gebruikt bij de toetsing van de Poorters van Montfoort.

Onderwerp	Toegepaste software	Software Denemarken
Daglichtfactor	Relux	VELUX Daylight Visualizer version 2.6
Beschikbaarheid direct zonlicht	In te schatten	IES VE SunCast analysis tool
Maximale kamertemperatuur	Vabi UO	VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer Pro version 2.1 build 47
Minimale kamertemperatuur	Van te voren vast te stellen	VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer Pro version 2.1 build 47
Standaardhoeveelheid frisse lucht	Bouwbesluit 2012	VELUX Energy and Indoor Climate Visualizer Pro version 2.1 build 47
Jaarlijkse energievraag	Uniec 2.0	Be10, version 6,12,6,23
Bron van de energievoorziening	Uniec 2.0	Be10, version 6,12,6,23
Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw	Uniec 2.0	Be10, version 6,12,6,23
Primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw	GPR gebouw	The VELUX Active House LCA Tool
Klimaatverandering tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool	The VELUX Active House LCA Tool
Aantasting van de ozonlaag tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool	The VELUX Active House LCA Tool
Fotochemische oxidantvorming tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool	The VELUX Active House LCA Tool
Verzuring tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool	The VELUX Active House LCA Tool
Verresting tijdens de levensduur van het gebouw	DGBC materialentool	The VELUX Active House LCA Tool
Verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw	Bepalen volgens formule	The VELUX Active House LCA Tool
Gerecyclede content	Handmatig te berekenen	The VELUX Active House LCA Tool
Verantwoorde bronnen	Van te voren vast te stellen	The VELUX Active House LCA Tool

Tabel 6.4 Toegepaste programma's tijdens het onderzoek (links) en tijdens de toetsing van de Poorters van Montfoort (rechts)

Uit tabel 6.4 kan worden opgemaakt dat er bij de methode van Denemarken 5 programma's nodig zijn waarmee alle criteria berekend kunnen worden. Tijdens dit onderzoek zijn er ook in totaal 5 programma's gebruikt, maar met deze programma's zijn niet alle criteria berekend. Er zijn namelijk daarnaast ook veel aannames gedaan en er zijn handmatige berekeningen uitgevoerd.

Doordat alle criteria bij de Deense methode berekend kunnen worden aan de hand van 5 programma's is deze methode meer nauwkeurig dan de methode die op dit moment in Nederland toegepast wordt. Er hoeven namelijk geen aannames gedaan te worden.

De gebruikte programma's zijn echter (op dit moment) niet allemaal beschikbaar in Nederland. Er kan hierdoor ook nog niets gezegd worden in hoeverre deze programma's ook daadwerkelijk in Nederland toegepast kunnen worden en of dit de beste programma's zijn waarmee de verschillende criteria berekend kunnen te worden.

Wat verder nog opvalt, is dat drie van de vijf programma's van VELUX zijn. Dit komt hoogstwaarschijnlijk doordat het concept van Active House bedacht is door VELUX en voor de toetsing de eigen programma's worden gebruikt.

Desondanks het beter is om zo min mogelijk programma's toe te passen, en zo min mogelijk aannames te doen, kan er toch beter gekozen worden om de Nederlandse programmatuur toe te passen. Het doel van de Nederlandse specificaties is dan ook om de toetsing aan Active House te laten overeenkomen met de Nederlandse regelgeving.

Daarnaast moeten programma's, zoals Uniec, reeds gebruikt worden voor de toetsing aan de EPC-eis vanuit het Bouwbesluit 2012. Het zou dus dubbel werk zijn als bijvoorbeeld voor de Bouwbesluittoetsing Uniec gebruikt wordt en voor de Active House toetsing Be10 gebruikt wordt, terwijl uit beide berekeningsmethoden dezelfde waarden komen.

Voor de criteria waarbij een inschatting is gemaakt tijdens dit onderzoek is het wel interessant om te onderzoeken of de bij de internationale toetsing gebruikte programma's ook gebruikt kunnen worden bij de Nederlandse toetsing.

7 Conclusies en aanbevelingen

Na het uitvoeren van de verschillende berekeningen en toetsingen aan het principe van Active House kunnen er een aantal conclusies getrokken worden. Naast verschillende conclusies zijn er ook een aantal aanbevelingen uit het onderzoek naar voren gekomen. Deze aanbevelingen zijn gericht aan de Nederlandse afdeling van Active House. In paragraaf 7.1 zullen de conclusies en in paragraaf 7.2 zullen de verschillende aanbevelingen aan bod komen.

7.1 Conclusies

Er kunnen verschillende conclusies getrokken worden met betrekking tot het uitgevoerde onderzoek. In deze paragraaf zullen deze conclusies aan bod komen. Er zal ook ten slotte antwoord gegeven worden op de onderzoeksvraag die in paragraaf 1.4 van dit rapport is beschreven.

Om de verschillende conclusies overzichtelijk te houden, is dit hoofdstuk onderverdeeld in verschillende paragrafen. Deze paragrafen zijn gebaseerd op de deelvragen die in paragraaf 1.4 staan beschreven.

7.1.1 Active House en het Bouwbesluit

Een woning die precies voldoet aan het Bouwbesluit voldoet en verder geen extra toevoegingen heeft, voldoet niet aan de principes van Active House. Tijdens het tweede variantonderzoek is namelijk uitgezocht met welke EPC-waarden er voldaan wordt aan Active House. Met een EPC-waarde van 0,6 wordt er aan het huidige Bouwbesluit voldaan, maar dit is echter niet voldoende om aan de principes van Active House te voldoen.

Dit zit met name in de eis dat er minimaal 25 % van de totale energiebehoefte door het gebouw zelf of door een nabijgelegen systeem geproduceerd dient te worden. (*Active House NL, 2013*) Bij de berekende tussenwoning resulteerde deze eis in het toepassen van 6 zonnepanelen op het hellende dak. Bij een woning in Nederland die (net) voldoet aan het Bouwbesluit zijn er in het algemeen geen 6 zonnepanelen op het dak geplaatst.

Een ander onderdeel waar vaak geen rekening mee gehouden wordt, is de *daglichtfactor*. Vaak beschikken de woonkamers en slaapkamers in de Nederlandse woningen over voldoende daglicht. Alle verblijfsruimten moeten echter een daglichtfactor van ten minste 1 % te hebben om te voldoen aan de principes van Active House. Bij het ontwerpen dient er daarom ook rekening gehouden te worden met bijvoorbeeld een zolderkamer waar slechts een klein raam is toegepast. Bij de berekende vrijstaande woning voldeed de zolderkamer dan ook niet aan de minimale eis van de daglichtfactor van 1 %.

Het derde aspect van Active House waar een standaard Nederlandse Bouwbesluit woning niet aan voldoet is het milieueffect *aantasting van de ozonlaag*. Desondanks dat alle andere milieubelastingen met een score van 2 of 3 gehaald werden, werd de aantasting van de ozonlaag lang niet gehaald. In het eerste variantonderzoek is naar voren gekomen dat dit criterium wel gehaald wordt indien er alleen gekozen wordt voor milieuvriendelijke materialen. Er wordt echter bij een Nederlandse woning, die precies voldoet aan het Bouwbesluit, meestal niet gekozen om uitsluitend materialen toe te passen die een zeer lage milieubelasting hebben.

Er is daarnaast ook een criterium waar de specificaties van Active House precies aansluiten op de eisen uit het Bouwbesluit 2012. Dit is het criterium *daglichtfactor*. Uit het vierde variantonderzoek is naar voren gekomen dat een ruimte die precies voldoet aan alle minimale eisen van het Bouwbesluit een daglichtfactor van 1,3 % heeft. Dit komt overeen met een score van 4.

Wanneer een ruimte voldoet aan het Bouwbesluit wordt er dus een score van 4 gehaald. Bij hogere daglichtambities wordt deze score steeds beter. Dit verloop van de scores is een goed voorbeeld van hoe de scores van alle criteria zouden moeten verlopen. Bij het voldoen aan het Bouwbesluit wordt er een score 4 verkregen, maar bij hogere ambities zullen de scores van 4 naar 1 kunnen gaan.

7.1.2 Active House en verschillende woningtypen

Er zijn in totaal twee verschillende woningtypen onderzocht namelijk een vrijstaande woning en een tussenwoning. Beide woningtypen zijn getoetst volgens de principes van Active House. Zoals in paragraaf 4.3 beschreven is, zijn er een aantal verschillen tussen een vrijstaande woning en een tussenwoning met betrekking tot de principes van Active House.

Op het gebied van *comfort* behaalt de vrijstaande woning een hogere score vanwege de hogere daglichttoetreding. De tussenwoning haalt op het gebied van *energie* een hogere score doordat de woning slechts twee gevels heeft die aan de buitenlucht grenzen. En ten slotte halen de beide woningtypen op het gebied van *milieu* dezelfde score.

7.1.3 Active House en Nederlandse bouwprincipes

In hoofdstuk 3 is reeds vermeld dat de zowel de vrijstaande woning als de tussenwoning zijn opgebouwd uit Nederlandse bouwprincipes.

Door het toetsen van deze twee woningtypen is er dus een duidelijk beeld verkregen over hoe deze typisch Nederlandse principes voldoen aan de principes van Active House. Daarnaast is er door het uitvoeren van het eerste variantonderzoek, het onderzoek naar de toepassing van milieuvriendelijke materialen, een vergelijking gemaakt met de basis (Nederlandse) bouwmaterialen en milieuvriendelijke bouwmaterialen. Aan de hand van dit onderzoek is onderzocht hoe de basis (Nederlandse) bouwmaterialen verschillen van milieuvriendelijke materialen op het gebied van Active House.

In het eerste variantonderzoek kwam naar voren dat de metselwerkgevel en het dakpannen dak gemiddeld naar voren kwamen. Er zijn materialen die een stuk milieuvriendelijker zijn, maar er zijn ook veel materialen die nog slechter zijn voor het milieu. Er hoeft in Nederland dus niet per se overgestapt te worden op andere basismaterialen. Er worden alleen wel hogere scores gehaald wanneer er meer milieuvriendelijke materialen met een lagere milieubelasting toegepast worden. Het is echter niet noodzakelijk om deze materialen toe te passen om de minimale score te behalen.

Het principe van de doorzonwoning past goed in het principe van Active House. Er komt dan namelijk in de woonkamer veel zonlicht binnen wat zorgt voor een hoge toetreding van direct zonlicht. Daarnaast kan een doorzonwoning ook bijdragen aan een hoge daglichtfactor. Het is echter voor het criterium *daglichtfactor* van belang dat alle verblijfsruimten van voldoende daglicht zijn voorzien. Het toepassen van het doorzonprincipe bij de woonkamer heeft dus weinig effect als de overige verblijfsruimten zijn voorzien van kleine ramen.

Er kan dus geconcludeerd worden dat de Nederlandse bouwprincipes goed in het principe van Active House geïntegreerd kunnen worden.

7.1.4 Active House specificaties in Nederland

De centrale onderzoeksvraag van dit afstudeeronderzoek luidt als volgt: *“Hoe zijn de Active House specificaties afgestemd op de Nederlandse regelgeving en bouwmethodiek en wat kan er aangepast worden om deze specificaties (nog) beter op de Nederlandse regelgeving en bouwmethodiek aan te laten sluiten?”*

Aan de hand van de uitgevoerde berekeningen kan er antwoord gegeven worden op deze vraag. De specificaties van Active House zijn op dit moment nog onvoldoende afgestemd op de Nederlandse markt. Om deze specificaties wel goed te kunnen laten aansluiten, dienen er een aantal aanpassingen gemaakt te worden.

Ten eerste zijn er een aantal criteria die op dit moment met slechts heel veel moeite gehaald kunnen worden. Een voorbeeld is de *aantasting van de ozonlaag* bij de parameter *milieubelasting*. Terwijl de overige milieubelastingen een score van 2 of net een score van 3 behalen, wordt er bij dit criterium de

score van 4 lang niet gehaald. Te verwachten zou zijn dat deze milieubelasting, net zoals de overige milieubelastingen, een score van 2 of 3 zou halen.

Een tweede voorbeeld is het criterium *jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw*. In het tweede variantonderzoek is dit criterium onderzocht. Bij het berekenen van de jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw zijn namelijk de nationale duurzame energiefactoren van Nederland nodig. Deze factoren zijn echter op dit moment nog niet bekend voor Nederland. Hierdoor moet er een inschatting gemaakt worden waardoor de uitkomsten mogelijk afwijken van de werkelijkheid.

Naast de genoemde criteria, die met veel moeite gehaald worden, zijn er ook een aantal criteria die met gemak gehaald worden door de Nederlandse woningen. Dit zijn de volgende criteria:

- Minimale kamertemperatuur (Thermische omgeving);
- Standaardhoeveelheid frisse lucht (Thermische omgeving);
- Klimaatsverandering tijdens de levensduur van het gebouw (milieubelasting);
- Verzuring tijdens de levensduur van het gebouw (milieubelasting).

Om voor het criterium *minimale kamertemperatuur* de score 1 te halen, moet het verwarmingssysteem in verblijfsruimten een kamertemperatuur van 21 °C kunnen halen bij een buitentemperatuur van 12 °C of lager. (*Active House NL, 2013*) Er kan vanuit gegaan worden dat alle verwarmingssystemen die in Nederlandse nieuwbouwwoningen toegepast worden de 21 °C kunnen halen. Hierdoor zal er altijd de score 1 gehaald worden.

Voor het criterium *standaardhoeveelheid frisse lucht* geldt dat er in verblijfsruimten maximaal 1200 ppm boven de CO₂-concentratie van buiten mag komen om de score 4 te behalen. In Nederland bedraagt CO₂-concentratie de buitenlucht gemiddeld 375 ppm. (*P. van Loon, 2012*). Er staat echter in het Bouwbesluit beschreven dat de CO₂-concentratie binnen maximaal 1200 ppm dient te bedragen (Artikel 9.2 Specifiek overgangsrecht, 2012). Hierdoor kan in Nederland maximaal: $1200 - 375 = 825$ ppm boven de CO₂-concentratie van buiten gehaald worden. Dit komt overeen met een score 3, zie tabel 2.2. De score 4 wordt in Nederland dus nooit gehaald waardoor iedere (nieuwbouw) woning in Nederland voldoet aan het criterium standaardhoeveelheid frisse lucht.

Naast deze twee criteria van het onderdeel comfort zijn er ook twee milieueffecten die standaard gehaald worden. In het eerste variantonderzoek is naar voren gekomen dat het voor de *klimaatsverandering* en de *verzuring tijdens de levensduur van het gebouw* niet (veel) uitmaakt wat voor materialen er toegepast worden. Bij zowel de situatie met de minst milieuvriendelijke materialen, de uitgangssituatie en de situatie waarbij de meest milieuvriendelijke materialen zijn toegepast, wordt bij allebei de criteria de score 2 verkregen. Hoe slecht de materialen die toegepast worden in de woning ook zijn voor het milieu, deze twee milieubelastingen worden dus altijd gehaald.

7.1.5 Aanpassingen in de Nederlandse manier van bouwen

Niet alleen de specificaties dienen aangepast te worden, maar ook de Nederlandse manier van bouwen dient aangepast te worden om te kunnen voldoen aan de eisen die gesteld worden door de specificaties van Active House.

Tijdens het toetsen van de twee woningtypen aan de principes van Active House kwam er ook naar voren dat de woningen in de uitgangssituatie niet voldeden, maar er aanpassingen gemaakt moesten worden.

De grootste aanpassing was het plaatsen van zonnepanelen op het dak van de woningen. Bij de berekende vrijstaande woning moesten er minimaal 9 panelen en bij de tussenwoning minimaal 6 panelen geplaatst worden om te kunnen voldoen aan de minimale eisen van Active House. Er dient namelijk minimaal 25 % van de benodigde energie door de woning zelf of door een nabijgelegen systeem opgewekt te worden. (*Active House NL, 2013*)

Op dit moment worden er niet standaard 6 panelen op een tussenwoning geplaatst. Om de toekomstige woningen te laten voldoen aan de principes van Active House zal dit dus wel moeten gebeuren.

Daarnaast dient er bij het ontwerpen goed rekening gehouden te worden dat er bij alle verblijfsruimten veel daglicht binnenkomt. Vaak wordt dit bij de woonkamer en de slaapkamers wel gedaan, maar bij de kamers op de zolderverdieping niet. Bij het toetsen van de twee woningtypen kwam ook naar voren dat de zolderkamers niet voldeden aan de minimale eis voor de daglichtfactor van 1 %.

Uit het derde variantonderzoek is daarnaast gebleken dat de toepassing van zonwering een zeer positieve invloed heeft op de maximale kamertemperaturen in de zomer. Hierdoor zouden alle woningen, die volgens de principes van Active House worden gebouwd, van zonwering moeten zijn voorzien.

Ten slotte dienen er, wanneer de eisen met betrekking tot de aantasting van de ozonlaag niet aangepast worden, zeer milieuvriendelijke materialen toegepast te worden om te voldoen aan het criterium *aantasting van de ozonlaag*. Bij het tweede variantonderzoek bij de vrijstaande woning kwam namelijk naar voren dat dit criterium alleen maar gehaald wordt bij het toepassen van materialen met een lage milieubelasting.

7.1.6 Meerwaarde Active House voor Nederland

In de vorige paragrafen is beschreven waarom de Nederlandse bouwmethodiek zou passen in het principe van Active House, maar wat heeft Active House precies te bieden voor Nederland?

Uit het onderzoek is gebleken dat standaard Nederlandse woningen op een aantal onderdelen al voldoen aan de eisen van Active House en er een aantal onderdelen zijn waar de woningen niet standaard aan voldoen.

Wanneer er woningen volgens het principe van Active House gebouwd zullen worden, dan heeft dit een grote meerwaarde voor de woningen zelf. De woningen zullen niet alleen comfortabeler en energiezuiniger zijn, maar de woningen zullen daarnaast ook een positieve bijdrage leveren aan het milieu.

Active House heeft dus veel potentie voor de Nederlandse bouw. De specificaties dienen echter wel nog beter omgezet te worden naar de Nederlandse bouwmethodiek en regelgeving. In de volgende paragraaf zullen er aanbevelingen worden gegeven over welke aanpassingen er gedaan kunnen worden.

7.2 Aanbevelingen

Tijdens het uitvoeren van dit onderzoek zijn er een aantal zaken naar voren gekomen die nog verder uitgewerkt of uitgezocht dienen te worden. In deze paragraaf zullen verschillende aanbevelingen gedaan worden voor de Nederlandse afdeling van Active House. Zij hebben namelijk de internationale specificaties naar het Nederlands vertaald.

Omdat er veel aanbevelingen zijn, richting de Active House groep in Nederland, zal er in deze paragraaf alleen een samenvatting gegeven worden. In bijlage 50 staan alle aanbevelingen uitgebreid beschreven.

7.2.1 Specificaties

In de vorige paragraaf is naar voren gekomen dat er een aantal criteria in de Active House Specificaties zijn die op dit moment niet overeenkomen met de Nederlandse bouwmethodiek. Dit zijn de volgende criteria:

- Minimale kamertemperatuur;
- Standaardhoeveelheid frisse lucht;
- Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw;
- Klimaatsverandering tijdens de levensduur van het gebouw;
- Aantasting van de ozonlaag tijdens de levensduur van het gebouw;

- Verzuring tijdens de levensduur van het gebouw.

Deze criteria dienen dus nog beter uitgewerkt te worden. Een aantal van deze criteria zijn namelijk te streng opgesteld en andere criteria zijn juist te soepel voor de Nederlandse woningen. Waarom deze criteria niet overeenkomen met de Nederlandse bouwmethodiek is in de vorige paragraaf terug te vinden. Voorstellen van hoe deze criteria aangepast kunnen worden, is in bijlage 50 terug te vinden.

Het is daarnaast ook van belang om goed na te denken over of de criteria wel aangepast moeten worden. De radars van Nederlandse gebouwen moeten namelijk ook vergeleken kunnen worden met radars van internationale projecten. Wanneer de eisen omtrent de *binnenluchtkwaliteit* bijvoorbeeld strenger worden opgesteld voor Nederland dan kloppen de verhoudingen niet meer met het buitenland.

Hierdoor is het aan te bevelen om eventueel alleen de specificaties aan te passen waarbij geen goed verloop in de scores is. Zo wordt er voor de criteria *klimaatverandering* en *verzuring tijdens de levensduur van het gebouw* altijd een score van 2 gehaald voor de vrijstaande woning ongeacht de materialen die toegepast zijn. Wanneer er bij een project zeer milieuvriendelijke materialen toegepast worden, wordt dit dus op dit moment niet beloond.

7.2.2 Programmatuur

Tijdens het onderzoek kwam naar voren dat er veel verschillende programma's zijn die toegepast kunnen worden bij het bepalen van de verschillende criteria. Maar welke programma's kunnen als beste toegepast worden? In deze paragraaf zal per criterium beschreven worden welke programma's volgens het uitgevoerde onderzoek toegepast kunnen worden per criterium. Het betekent niet dat deze programma's de enige programma's zijn waarmee het criterium berekend kan worden. Een programma met dezelfde eigenschappen en die volgens dezelfde normen is ontwikkeld, kan ook gebruikt worden.

Daglichtfactor

Voor het bepalen van de *daglichtfactor* kan er gebruik gemaakt worden van een formule of van een simulatieprogramma. Het voordeel van de formule is dat de berekening snel uitgevoerd kan worden. Het toepassen van de formule brengt echter ook nadelen met zich mee:

- De vorm van de ruimte wordt niet meegenomen;
- De positionering van de ramen wordt niet meegenomen;
- De vervuiling/beschaduwning van de ramen wordt niet meegenomen.

Bij een eenvoudige rechthoekige ruimte waarbij de ramen in het midden van de gevel zijn gepositioneerd, zou de formule toegepast worden. De formule geeft alleen een hogere daglichtfactor dan deze daadwerkelijk is. Dit komt doordat er veel onderdelen niet meegenomen worden in de berekening. Het is daarom aan te bevelen om een simulatieprogramma, zoals Relux, toe te passen voor het bepalen van de daglichtfactor. Zo'n simulatieprogramma berekent de daglichtfactor veel nauwkeuriger waardoor de resultaten meer betrouwbaar zijn en beter overeenkomen met de werkelijkheid.

Beschikbaarheid direct zonlicht

Tijdens dit onderzoek is de *beschikbaarheid van direct zonlicht* niet berekend door middel van een simulatieprogramma maar is er een inschatting gemaakt. Echter, om een nauwkeurige uitkomst te verkrijgen, dient er wel gebruik gemaakt te worden van een simulatieprogramma. Het programma Radiance zou hiervoor in aanmerking komen.

Maximale kamertemperatuur

De *maximale kamertemperatuur* is tijdens dit onderzoek op twee manieren bepaald. Als eerst is er een grove inschatting gemaakt aan de hand van Uniec 2.0. Er dient voor dit criterium echter alleen rekening gehouden te worden met de verblijfsruimten en berekent Uniec 2.0 het risico van te hoge temperaturen voor de gehele woning. Het criterium verkreeg hierdoor ook een hogere score.

Door gebruik te maken van VABI UO is er wel een nauwkeurige berekening uitgevoerd voor het bepalen van de maximale kamertemperaturen van de verblijfsruimten. Uit dit programma komt namelijk de maximale (en minimale) kamertemperatuur per verblijfsruimte per uur voor een heel jaar lang. Hierdoor is het beter om, voor het berekenen van het criterium maximale kamertemperaturen, gebruik te maken van een simulatieprogramma zoals VABI UO.

Minimale kamertemperatuur

Voor het criterium *minimale kamertemperatuur* is er een inschatting gemaakt. Het gaat er namelijk om dat het toegepaste verwarmingssysteem een bepaalde temperatuur kan halen. In het vervolg hoeven er ook geen berekeningen uitgevoerd te worden, maar kan dit criterium, aan de hand van de eigenschappen van het toegepaste verwarmingssysteem, bepaald worden.

Standaardhoeveelheid frisse lucht

Om het criterium *standaardhoeveelheid frisse lucht* te bepalen, is er ook geen programma nodig. Door middel van de CO₂-concentratie van de buitenlucht en de CO₂-concentratie binnen in de woning kan het criterium namelijk bepaald worden:

$$\text{Standaardhoeveelheid frisse lucht} = \text{CO}_2\text{concentratie binnen} - \text{CO}_2\text{concentratie buiten}$$

Voor het bepalen van de CO₂-concentratie van de buitenlucht dient er documentatie gezocht te worden waar per plaats staat aangegeven wat de CO₂-concentratie van de buitenlucht is. De CO₂-concentratie in een drukke stad zal namelijk een stuk hoger liggen dan in een klein dorpje.

Het is daarnaast ook mogelijk om de CO₂-concentratie van de buitenlucht te meten aan de hand van een CO₂-meting om zo een nauwkeurige waarde te krijgen voor het betreffende gebied.

De CO₂-concentratie van de binnenlucht kan bepaald worden aan de hand van de installaties die toegepast worden, of er kunnen, na oplevering van de woning, metingen uitgevoerd worden.

Jaarlijkse energievraag

Door middel van het programma Uniec 2.0 kan de *jaarlijkse energievraag* van de woning bepaald worden. Omdat het verplicht is om de EPC-waarde van een woning te berekenen, is het gunstig om Uniec 2.0 te gebruiken. Uit dit programma komt namelijk zowel de EPC-waarde als de jaarlijkse energievraag. Een vergelijkbaar programma, die zoals Uniec 2.0 gebaseerd is op de NEN 7120, kan natuurlijk ook toegepast worden.

Tijdens het onderzoek is er ook aan de hand van VABI UO de jaarlijkse energievraag voor verwarming berekend. Deze uitkomst is nauwkeuriger dan de uitkomst uit Uniec 2.0. Er komt echter uit Uniec 2.0 niet alleen de jaarlijkse energievraag voor verwarming, maar ook voor verlichting, warmtapwater, zomercomfort en ventilatie waardoor Uniec 2.0 beter toegepast kan worden.

Bron van de energievoorziening

Aan de hand van de eigenschappen van de toegepaste (energieopwekkings-)installaties en de (jaarlijkse) energievraag, die bij het vorige criterium reeds berekend is, kan er bepaald worden hoeveel procent er van de totale energiebehoefte opgewekt wordt:

$$\text{Bron van de energievoorziening} = \frac{\text{zelf opgewekte energie}}{\text{benodigde energie}} \times 100 \%$$

Om te bepalen hoeveel energie het opwekkingssysteem opwekt, kan er tevens worden gebruik gemaakt van Uniec 2.0.

Jaarlijkse energieprestatie voor het gebouw

De *jaarlijkse energieprestatie* voor het gebouw kan berekend worden aan de hand van de vorige twee criteria en de nationale duurzame energiefactor (NDE). Met behulp van de volgende formule wordt deze prestatie berekend:

$$\text{jaarlijkse energieprestatie} = (\text{gebruikte energie} - \text{duurzame energieopwekking}) \times \text{NDE}$$

Het NDE dient nog voor Nederland uitgezocht te worden.

Primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw

Tijdens het onderzoek is naar voren gekomen dat het *primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw* niet uit de DGBC materialentool komt, maar wel uit GPR gebouw gehaald kan worden.

Hierdoor kan alleen GPR Gebouw, of een vergelijkbaar programma waar het primair energieverbruik gedurende de gehele levenscyclus van het gebouw ook uitkomt, gebruikt worden.

Klimaatverandering, aantasting van de ozonlaag, fotochemische oxidantvorming, verzuring en vermistijd tijdens de levensduur van het gebouw

Om de overige milieubelastingen te berekenen, kan naast GPR Gebouw ook de DGBC materialentool gebruikt worden. De DGBC materialentool is daarnaast meer geschikt dan GPR Gebouw om de milieubelastingen te berekenen. Dit komt doordat er bij GPR Gebouw geen inrichting zoals aanrechtbladen, toiletten, wasbakken etc. ingevuld kan worden. Volgens de bepalingmethode van de SKB (2011) dient het sanitair echter wel meegenomen te worden. Wanneer deze gegevens weggelaten worden bij de DGBC materialentool, dan komen de uitkomsten wel redelijk met elkaar overeen.

Voor het bepalen van de milieueffecten kan hierdoor beter de DGBC materialentool gebruikt worden. Bij deze berekening wordt namelijk het sanitair meegerekend waardoor er een meer realistisch beeld ontstaat. Bovendien komt er uit GPR Gebouw niet de getalswaarde van de aantasting van de ozonlaag. Dit criterium wordt door GPR Gebouw wel berekend, maar de uitkomst wordt met slechts enkele getallen achter de komma weergegeven. Hierdoor heeft dit criterium een waarde van 0,0000 terwijl het bijvoorbeeld eigenlijk een waarde van 0,0000068 heeft en niet voldoet aan de minimale eis.

Daarentegen komt, zoals genoemd, het primair energieverbruik weer niet uit de DGBC materialentool. Dit criterium komt alleen uit de GPR berekening.

Er kan hierbij voor drie mogelijke oplossingen gekozen worden:

1. Zoek een programma waarmee alle criteria berekend worden en waarbij alles (ook het sanitair) meegerekend wordt;
2. Pas GPR Gebouw toe, maar zorg ervoor dat de aantasting van de ozonlaag met meer decimalen achter de komma wordt weergegeven en het sanitair toegevoegd kan worden;
3. Pas de DGBC materialentool toe, maar zorg ervoor dat het programma ook het primaire energieverbruik van het gebouw berekend.

Bij het invullen van het sanitair wordt er bij de DGBC materialentool een hogere milieubelasting verkregen als bij de GPR. Dit verschil is echter niet dusdanig hoog dat er een andere score wordt verkregen bij de criteria. Omdat het tijdrovend is om twee programma's in te vullen en er geen verschil in eindscore wordt verkregen, is het op dit moment verstandiger om GPR Gebouw voor alle milieubelastingen te gebruiken. De aantasting van de ozonlaag dient echter wel in meer decimalen achter de komma uit het programma gehaald te kunnen worden.

Ten slotte is het bij alle drie de mogelijke oplossingen van belang dat er een document wordt opgesteld, of dat er naar een document wordt verwezen, waarin staat beschreven welke gebouwonderdelen allemaal meegenomen dienen te worden bij de invoer van een milieuprestatieberekening. Door het "per

ongeluk” vergeten van een gebouwonderdeel kan de milieubelasting namelijk net genoeg verschillen waardoor er een andere score wordt verkregen. Wanneer de Active House specificaties dus geen specifieke eisen stellen aan de invoer, kunnen de uitkomsten van de berekeningen dus beïnvloed worden door degene die de berekening uitvoert.

Verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw

Om het criterium *verminderen van het drinkwaterverbruik tijdens de levensduur van het gebouw* te bepalen, is het nationale gemiddelde waterverbruik per gebouw per jaar nodig en is het drinkwaterverbruik van het gebouw zelf per jaar nodig. Met de volgende formule kan dit criterium berekend worden:

$$\text{Verminderen drinkwaterverbruik} = \frac{\text{Nationaal gemiddelde} - \text{verbruik gebouw}}{\text{Nationaal gemiddelde}} \times 100 \%$$

Tijdens het onderzoek is het nationaal gemiddelde waterverbruik per gebouw per jaar niet achterhaald maar is er een inschatting gemaakt. Om in het vervolg dit criterium wel op een juiste manier te berekenen, is het noodzakelijk dat dit verbruik nog achterhaald wordt.

Gerecyclede content

Tijdens het onderzoek is er voor het criterium *gerecyclede content* een inschatting gemaakt. Echter, om een nauwkeurige uitkomst te verkrijgen, dient er een berekening gemaakt te worden aan de hand van de volgende formule:

$$\text{Gerecyclede content} = \frac{\text{Gewicht gerecyclede bouwmaterialen}}{\text{Totale gewicht bouwmaterialen}} \times 100 \%$$

Om het gewicht van alle bouwmaterialen te bepalen, dient nog een programma of berekeningsmethode gezocht te worden.

Verantwoorde bronnen

Het laatste criterium is de *verantwoorde bronnen*. Tijdens het uitvoeren van het onderzoek is ook voor dit criterium een aanname gedaan. Echter, hierbij geldt ook dat er berekeningen gemaakt dienen te worden om een nauwkeurige uitkomst te verkrijgen:

$$\text{Verantwoord hout} = \frac{\text{FSC, PEFC gecertificeerde hout}}{\text{Totaal toegepast hout}} \times 100 \%$$

$$\text{Verantwoord nieuwe materialen} = \frac{\text{EMS gecertificeerde materialen}}{\text{Totaal toegepaste materialen}} \times 100 \%$$

Er dient ook nog uitgezocht te worden in welke eenheid de beide onderdelen berekend moeten worden. Voor de hand liggend zijn de eenheden m² of m³.

Ten slotte kan er nog onderzocht worden of de EMS certificatie ook in Nederland de meest gangbare certificatie is voor nieuwe producten. Indien er een ander certificatie beter bij de Nederlandse bouw past, dan kan er ook voor gekozen worden om deze toe te passen.

7.2.3 Overige aanbevelingen

Naast de genoemde aanbevelingen zijn er ook nog andere aspecten waar nog goed over nagedacht dient te worden. Deze overige aanbeveling zijn in paragraaf 5.4 van bijlage 50 terug te vinden en worden in deze paragraaf kort samengevat.

Akoestische eisen

In het Nederlandse Bouwbesluit staan verschillende eisen beschreven met betrekking tot geluid. Hierbij kan gedacht worden aan geluidseisen tussen twee woningen. Echter, om te voldoen aan het principe van Active House hoeft er aan geen enkele geluidseis te worden voldaan.

Omdat er in Nederland veel aandacht besteed wordt aan de geluidwering en akoestiek van gebouwen is het misschien goed om ook een kwantitatieve parameter op te nemen met betrekking tot akoestiek. Deze parameter zal het beste bij het onderdeel comfort passen.

Hoeveelheid programma's

Tijdens het onderzoek is naar voren gekomen dat er veel programma's gebruikt dienen te worden om een woning te kunnen toetsen aan de principes van Active House. Dit (extra) rekenwerk zorgt ervoor dat er niet snel gekozen wordt om een gebouw te bouwen volgens de principes van Active House. Het is hierdoor van belang dat het aantal programma's dat nodig is bij de toetsing beperkt wordt.

Controle

En ander belangrijk onderdeel is de controle van een Active House toetsing. Op dit moment is er niets vastgesteld over wie de toetsing controleert. Uit het onderzoek is gebleken dat een aantal programma's invoergevoelig zijn. Een voorbeeld hiervan is de DGBC materialentool. Door bijvoorbeeld de zonnepanelen in te voeren, wordt er al bij een aantal criteria een betere score verkregen.

Hierdoor is het interessant om erover na te denken of het van toegevoegde waarde is om alle Active House toetsingen te laten controleren en hoe deze eventuele controle zal gebeuren.

Niveaus in Active House

Ten slotte is er uit het onderzoek naar voren gekomen dat er veel verschil zit tussen een woning die bij alle criteria net voldoet aan de eisen van score 4 of een woning die voor alle criteria een score van 1 haalt.

Het is kan hierdoor interessant zijn om verschillende niveaus van Active House toe te passen. Zo kan een score van 1 bijvoorbeeld de letter A en een score van 4 een letter D krijgen. Indien er voor comfort gemiddeld een 2, voor energie gemiddeld een 4 en voor milieu gemiddeld een 3 gehaald wordt, dan krijgt de woning bijvoorbeeld een Active House BDC keurmerk. Dit concept dient echter nog verder uitgewerkt te worden.

8 Literatuur

Active House Alliance. (2013). *Active House – the specifications*. Verkregen van <http://www.activehouse.info/node/562/done?sid=100>

Active House NL. (2013). *Active House – een internationale richtlijn*. Verkregen van <http://www.activehouse.info/node/562/done?sid=100>

Active House NL. (2013b). *Active House in Nederland actief met eigen netwerk*. Verkregen van <http://www.activehousenl.info/nieuws/test-2/>

Active House NL. (geen datum). *De Poorters van Montfoort*. Verkregen van: <http://www.activehousenl.info/projecten/project-1/>

Bespaar Bazaar. (geen datum) Verkregen van: <http://www.bespaarbazaar.nl/waterbesparende-douchekop-p-453.html>

Bouwbesluit 2012. (2012). *Artikel 9.2 Specifiek overgangsrecht*. Verkregen van: http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012_nvt/artikelsgewijs/hfd9/art9-2

Bouwbesluit 2012 (2012b). *Hoofdstuk 1 – algemene bepalingen*. Verkregen van: <http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd1>

Te Boveldt A., Bakker H.E. (2004). *Jellema 7 – bouwmethodiek* (2^e druk, 2^e oplage). ISBN: 9006950505. Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.

Centraal Bureau voor de Statistiek. (2012). *Hernieuwbare energie in Nederland 2012*. Verkregen van: <http://www.cbs.nl/NR/rdonlyres/7E4AB783-ABB3-4747-88BA-AF3E66A7ACF1/0/2013c89pub.pdf>

Van Dale. (2010). *Groot woordenboek van de Nederlandse taal* (14^e editie). ISBN: 9789066481343. VBK Media.

Dutch Green Building Council. (2010). *HEA-Gezondheid*. Verkregen van: http://www.dgbc.nl/images/uploads/091001_BRL_2010-v1.0_BREEAM_NL_Nieuwbouw_Gezondheid_.pdf

ECOFYS. (2011). *Primary energy factors for electricity in buildings*. Verkregen van: <http://go.leonardo-energy.org/rs/europeancopper/images/PEF-finalreport.pdf>

Energielabel (geen datum). *Energielabel.nl*. Verkregen van: <http://www.energielabel.nl/>

Energieleverend. (geen datum). *Passiefhuis*. Verkregen van: <http://www.energieleverend.nl/index.php?page=links>

GPR Gebouw. (Geen datum). *Wat is de schaduwprijs?* Verkregen van: <http://www.gprgebouw.nl/faqs/wat-is-de-schaduwprijs/>

Van Haeringen, C.B. (1982). *Kramers' Nederlands woordenboek* (19^e druk). ISBN: 9010028550. Elsevier.

Ikgabouwen. (2013). *De voor- en nadelen van vloerverwarming*. Verkregen van: <http://ikgabouwen.knack.be/bouwen-renovatie/nieuws/de-voor-en-nadelen-van-vloerverwarming/article-4000230119404.htm>

Kraaijvanger, C. (2013). *Meeste wetenschappers zijn het erover eens – mens veroorzaakt klimaatverandering*. Verkregen van: <http://www.scientias.nl/meeste-wetenschappers-zijn-het-erover-eens-mens-veroorzaakt-klimaatverandering/86655>

Lichtenberg, J. (geen datum). *HOTT – House of tomorrow today*. Verkregen van: <http://www.activehouse.info/cases/hott-house-tomorrow-today>

Van der Linden, A.C. (2006). *Bouwfysica* (6^e druk, 5^e oplage). ISBN: 9006950750. Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.

Van Loon, P. (2012). *Garanderen luchtkwaliteit in schoolgebouwen*. Verkregen van: <http://www.tvvl.nl/cms/streambin.aspx?requestid=BF74F49A-E013-4163-8694-2B1AACEBAA7C>

MKB Servicedesk (2014). *Het MKB in beeld*. Verkregen van: http://www.mkb servicedesk.nl/documenten/Infographic_mkb servicedesk.pdf

NEN. (2014). *EPC toch naar 0,4 in 2015*. Verkregen van: <http://www.nen.nl/NEN-Shop/Vakgebieden/Bouw/Bouwnieuwsberichten/EPC-toch-naar-04-in-2015.htm>

Nieman Groep. (geen datum). *Nieman Groep*. Verkregen van: <http://www.nieman.nl/over-nieman-groep/>

NVDO. (geen datum). *Verklaring veiligheidsbegrippen*. Verkregen van: <http://www.nvdo.nl/Handlers/DownloadFile.ashx?PortalCode=NPU&DownloadId=11&SecurityCode=35648769F64CB5335BB79C5005283D03>

Passiefbouwen. (geen datum). *Protocol*. Verkregen van: <http://www.passiefbouwen.nl/protocol>

Passiefhuis-platform. (2011). *Wat is een passiefhuis?* Verkregen van: <http://www.passiefhuisplatform.be/artikel/wat-een-passiefhuis>

Rasmussen, H. (2013). *Active House Evaluation De Poorters of Montfoort – Active House renovation of 10 dwellings*.

Rijksoverheid. (geen datum). *Drinkwater en het milieu*. Verkregen van: <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/drinkwater/drinkwater-en-het-milieu>

Rijkswaterstaat. (2014). *Handboek water – begrippen*. Verkregen van: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/handboek-water/wetgeving/wet-milieubeheer/begrippen/?PDF=true>

Reynolds, S. (2008). *CFC-11*. Verkregen van: <http://www.eoearth.org/view/article/150834/>

SKB. (2011). *Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken*. Verkregen van: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/rapporten/2013/03/21/bepalingsmethode-milieuprestatie-van-gebouwen-en-gww-werken.html>

Spierings, T.G.M., van Amerongen, R.Ph., Milekamp H. (2004). *Jellema 3 - draagstructuur* (2^e druk, 2^e oplage). ISBN: 9006950424. Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.

Sutterling, W.R. (2011). *Phase Change Materials, A brief comparison of ice packs, salts, paraffins, and vegetable-derived Phase Change Materials*. Verkregen van: <http://www.pharmoutsourcing.com/Featured-Articles/37854-Phase-Change-Materials-A-Brief-Comparison-of-Ice-Packs-Salts-Paraffins-and-Vegetable-derived-Phase-Change-Materials/>

TGB Techniek. (geen datum). *Duurzaam installeren*. Verkregen van:
<http://www.tbg.nl/diensten/duurzaam-installeren/>

Velux. (geen datum). *Active House*. Verkregen van:
https://www.velux.nl/professionals/architecten/duurzaamheid/duurzameprojecten/de_poorters/active_house

Vitens. (geen datum). *Hoeveel water verbruiken we per dag*. Verkregen van:
<https://www.vitens.nl/vragen/Paginas/Wetenswaardigheden-Hoeveel-water-verbruiken-we-per-dag.aspx>

Vissering, C. (2013). *Active House voor energie en een goed binnenmilieu*. Verkregen van
<http://www.activehousenl.info/nieuws/active-house-voor-energie-en-een-goed-binnenmilieu/>

Van Veenendaal, C. (geen datum). *De poorters van Montfoort*. Verkregen van:
<http://www.activehouse.info/cases/de-poorters-van-montfoort>

Vonk, A., van der Aa, A.. (geen datum). *Hybride ventilatie: Praktische toepassing in een pilotproject*. Verkregen van: <http://www.chri.nl/Documenten/Publikatie01Hybrideventilatie.pdf>

Van Velden, E. (geen datum). *Spouwmuur*. Verkregen van:
<http://www.architectenweb.nl/aweb/archipedia/archipedia.asp?ID=2595>

9 Begrippen- en afkortingenlijst

9.1 Begrippenlijst

Aanpassingsvermogen: Het vermogen zich aan te passen. (*Van Dalen, 2010*)

Aantasting van de ozonlaag: Ozon (O₃) komt in de stratosfeer (op 10 - 50 km hoogte) voor als spoorgas en absorbeert UV -straling van de zon. Menselijke uitstoot veroorzaakt echter het dunner worden van de ozonlaag in de stratosfeer doordat bepaalde gasen zoals CFK's als katalysator werken en ozon afbreken tot zuurstof. Daardoor neemt de doorlaatbaarheid voor UV -B-straling toe, wat potentieel een schadelijk effect heeft op de menselijke gezondheid en land- en waterecosystemen omdat het DNA-mutaties, kanker (vooral huidkanker), oogaandoeningen, mislukte oogsten en afname van plankton veroorzaakt. Aantasting van de ozonlaag geeft het effect van de diverse ozonafbrekende gasen aan. De referentievariabele is hierbij R11 (trichloorfluormethaan CC l3F). (*Active House NL, 2013*)

Active House: Een gebouw dat de levens van zijn bewoners gezonder en comfortabeler maakt, zonder dat het klimaat negatief wordt beïnvloed. (*Active House NL, 2013*)

Afvalwater: Alle water waarvan de houder zich ontdoet, voornemens zich te ontdoen of zich moet ontdoen. (*Rijkswaterstaat, 2014*)

Antropogeen: Door de mens veroorzaakt. (*C. Kraaijvanger, 2013*)

Atmosfeer: Dampkring. (*Van Dalen, 2010*)

Betongranulaat: Gerecyclede betonresten die als toeslagmateriaal bij beton worden toegevoegd. Deze hoeveelheid kan oplopen tot ongeveer 20 %. (*T.G.M. Spierings, 2004*)

Buitenspouwblad: Het buitenspouwblad is bij een spouwmuur de buitenste muur. (*E. Van Velden, geen datum*)

Casco: Romp van schepen, vliegtuigen, voertuigen en woningen. (*Van Dalen, 2010*)

Daglicht: Licht van de dag (*Van Dalen, 2010*)

Daglichtfactor: Verhouding van de verlichtingssterkte (van daglicht) op een werkvlak in de ruimte en de gelijktijdig – in het open veld – optredende verlichtingssterkte buiten op een horizontaal vlak uitgaande van een bewolkte hemelkoepel. (*Dutch Green Building Council, 2010*)

Daglichttoetreding: De hoeveelheid daglicht dat een ruimte binnentreedt.

Demontabel: Uit elkaar te halen.

Direct zonlicht: Licht dat direct van de zon komt.

Doorzonwoning: Woning met één grote huiskamer, voor en achter van ramen voorzien. (*Van Dalen, 2010*)

Drinkwaterverbruik: De hoeveelheid water dat er verbruikt wordt.

Droge constructie: Een constructie die demontabel is en in de toekomst aangepast kan worden. (*J. Lichtenberg, geen datum*)

Emissies in Bodem: Lozing, uitstoot van schadelijke stoffen in de bodem. (*Van Dalen, 2010*)

Emissies in lucht: Lozing, uitstoot van schadelijke stoffen in de lucht. (*Van Dalen, 2010*)

Emissies in water: Lozing, uitstoot van schadelijke stoffen in het water. (*Van Dalen, 2010*)

Energieconcept: Een overzicht waarin staat beschreven hoe de energiehuishouding van bijvoorbeeld een gebouw is. Hoe de energie wordt opgewekt en weer wordt afgegeven is een voorbeeld van onderdelen in een energieconcept.

Energielabel: Een label waarmee wordt aangegeven welke apparaten, auto's en woningen zuinig omgaan met energie. (*Energielabel, geen datum*)

Energieverbruik: De hoeveelheid energie dat daadwerkelijk verbruikt is.

Energievoorziening: De manier waarop iets van energie wordt voorzien.

Energievraag: De hoeveelheid energie dat iets nodig heeft om te functioneren.

Fotochemische oxidantvorming: Een hogere concentratie ozon in de troposfeer (op 0 - 15 km hoogte), de zogeheten zomersmog, is giftig voor mensen en kan tevens schade veroorzaken aan vegetatie en materialen. Bij blootstelling aan zonnestraling vormen stikstofoxide en koolwaterstoffen via een ingewikkeld chemisch proces (troposferische) ozon. Dit proces heet fotochemische ozonvorming. Stikstofoxides en koolwaterstoffen ontstaan bij onvolledige verbranding. Dat laatste gebeurt ook bij het gebruik van benzine en oplosmiddelen. Fotochemische oxidantvorming wordt berekend aan de hand

van de verandering die ontstaat door de uitstoot van 1 kg gas in verhouding tot die van 1 kg ethyleen (C_2H_4). (Active House NL, 2013)

Gebruiksoppervlakte: Gebruiksoppervlakte als bedoeld in NEN 2580. (Bouwbesluit 2012, 2012b)

Gemiddelde daglichtfactor: Verhouding van de gemiddelde verlichtingssterkte (van daglicht) op een werkvlak in de ruimte en de gelijktijdig – in het open veld – optredende verlichtingssterkte buiten op een horizontaal vlak uitgaande van een bewolkte hemelkoepel. (Dutch Green Building Council, 2010)

Gemiddelde reflectiefactor (R_{av}): De reflectiefactor wordt bepaald door de kleur en de textuur van het materiaal. Voor vloeren, (lichte) wanden en (licht) plafond in de nieuwbouw mag respectievelijk een forfaitaire reflectiefactor van 0,3, 0,7 en 0,8 worden aangehouden. De gemiddelde reflectiefactor wordt gewogen naar het bijbehorende schiloppervlak. (Dutch Green Building Council, 2010)

Geprefabriceerd: Iets wat vooraf in de fabriek vervaardigd is.

Gerecyclede content: Materialen die hergebruikt zijn.

Hemelzichthoek: De hemelzichthoek (γ) hangt samen met de overstekken (alfa) en de belemmeringen (bèta) welke in de Energieprestatienorm (EPN) worden gehanteerd. De hemelzichthoek is namelijk de onbelemmerde blik vanuit een raam (op de hemel) minus de beperking hiervan door overstekken en belemmeringen. Overstekken zijn verbonden aan het gebouw. Belemmeringen worden bepaald door de omgeving. De hemelzichthoek wordt bepaald vanuit het midden van het raam, in een verticaal vlak loodrecht op het raam. (Dutch Green Building Council, 2010)

Hernieuwbare energie: Energie dat is verkregen uit hernieuwbare bronnen. Met hernieuwbare bronnen worden bronnen bedoeld die nooit zullen opraken zoals zon, wind, water en biomassa. (Centraal Bureau voor de Statistiek, 2012)

Houtskeletbouw: De toepassing van hout voor zowel de dragende als de niet dragende delen van de constructie. (T.G.M Spierings, 2004)

Hybride ventilatiesysteem: Ventilatiesystemen die een prestatie ten aanzien van binnenluchtkwaliteit en comfort realiseren door gebruik te maken van zowel natuurlijke als mechanische ventilatie. De aansturing van het systeem gebeurt met behulp van een geavanceerd controlemechanisme. Doel van het systeem is het noodzakelijke ventilatiedebiet en ventilatiepatroon te verzorgen, bij het laagst mogelijke energieverbruik. (A. Vonk, geen datum)

Isolatie: Afsluiting met name voor geleiding van geluiden, warmte enz. (Van Dalen, 2010)

Jaarbasis: Een jaar als grondslag. (Van Dalen, 2010)

Jaarlijkse energieprestatie: De jaarlijkse energieprestatie kan berekend worden door van de gebruikte energie de duurzame energieopwekking af te trekken en deze vervolgens met de nationale duurzame energiefactoren te vermenigvuldigen. (Active House NL, 2013)

Jaarlijkse energievraag: De jaarlijkse energievraag omvat de energie voor ruimteverwarming, waterverwarming, ventilatie, airconditioning inclusief koeling, technische installaties en elektriciteit voor verlichting. Het is de som van alle (gebouw gebonden) energieverliezen (dus exclusief opbrengsten). (Active House NL, 2013)

Kamertemperatuur: Als normaal geldende temperatuur in een woonvertrek. (Van Dalen, 2010)

Klimaat: Gemiddelde toestand van de atmosfeer in een bepaald gebied. (Van Dalen, 2010)

Klimaatverandering: De ophoping van zogenoemde broeikasgassen in de troposfeer veroorzaakt een toenemende reflectie van infrarode straling van het aardoppervlak. Daardoor stijgt de temperatuur van het aardoppervlak. Dit verschijnsel wordt het 'broeikaseffect' genoemd. Het heeft gevolgen voor de gezondheid van de mens, ecosystemen en materieel welzijn. Klimaatverandering is het effect van een gas, in verhouding tot het effect van koolstofdioxide (CO_2). (Active House NL, 2013)

Kwalitatieve parameters: De kwalitatieve parameters bevatten belangrijke punten voor het ontwerpen van een Active House. (Active House NL, 2013)

Kwantitatieve parameters: De kwantitatieve parameters bevatten criteria waaraan voldaan dient te worden om een Active House te worden. (Active House NL, 2013)

Lage temperatuur verwarming: Een verwarmingssysteem die is uitgelegd op 50/40. Dit betekent dat bij ontwerpcondities de toevoerwatertemperatuur 50 graden is en de afvoerwatertemperatuur 40 graden is (bij een traditioneel verwarmingssysteem is dit 90 en 70 graden). (A.C. Van der Linden, 2006)

Leefruimtes: Zie verblijfsruimte.

Levenscyclus: In het BRZO worden vier levensfasen onderscheiden: ontwerp, bouw, gebruik en onderhoud. De vier levensfasen samen vormen de levenscyclus. (NVDO, geen datum)

Levensduur: De tijd dat iets meegaat. (*Van Dalen, 2010*)

Luchtwarmtepomp: Bij een luchtwarmtepomp wordt de warmte gehaald uit de buitenlucht. Deze lucht wordt vervolgens de woning ingeblazen.

Middelgroot bedrijf: Een bedrijf met minder dan 250 werknemers, een jaaromzet van hoogstens 50 miljoen euro of een jaarlijks balanstotaal kleiner of gelijk aan 43 miljoen euro. (*MKB Servicedesk, 2014*)

Nationale duurzame energiefactoren: Een factor die betrekking heeft op de hoeveelheid duurzame energie die een land opwekt. Deze factor wordt met de jaarlijkse energieprestatie verrekend. (*Active House NL, 2013*)

NEN 7120: Nederlandse norm: Energieprestatie van Gebouwen – Bepalingsmethode.

NEN 2057: Nederlandse norm: Daglichtopeningen van gebouwen – Bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte van een ruimte.

Ozonlaag: Laag in de dampkring waarin veel ozon voorkomt. (*Van Dalen, 2010*)

Passiefhuis: Een gebouw dat zeer goed geïsoleerd is en een zeer goede lichtdichting heeft waardoor de warmteverliezen beperkt worden. Voor een passief huis geldt dat de jaarlijkse energievraag voor ruimteverwarming en koeling beperkt moet blijven tot 15 kWh/m². Ten slotte wordt de luchtkwaliteit gewaarborgd door ventilatie met warmteterugwinning. (*Passiefhuis-platform, 2011*)

Passieve energie: Op een passieve manier gebruik maken van energie. Dit uit zich bijvoorbeeld in het gebouw op het zuiden te situeren zodat er veel daglicht de ruimtes binnenkomt en er minder verlichting nodig is waardoor er energie bespaard wordt.

Perceel: Stuk grond, stuk onroerend goed. (*Van Dalen, 2010*)

Phase change material: Een materiaal die van fase verandert en op deze manier geschikt is voor het opslaan en vrijgeven van grote hoeveelheden energie. Warmte wordt geabsorbeerd of vrijgegeven wanneer het materiaal verandert van bijvoorbeeld vast naar vloeibaar. (William R. Sutterling, 2011)

Primair energieverbruik: Primaire Energie (PE) omvat de totale hoeveelheid energie die direct wordt onttrokken aan de hydrosfeer, atmosfeer, geosfeer of energiebron zonder enige antropogene verandering. Hiertoe behoren zowel niet-duurzame als duurzame bronnen. Primaire energie wordt uitgedrukt in Mega Joules (MJ) en als netto calorische waarde. (*Active House NL, 2013*)

Raamoppervlak: Het raamoppervlak betreft de netto daglichtopening, dus exclusief het oppervlak van het kozijn. (*Dutch Green Building Council, 2010*)

R_c-waarde: Warmteweerstand van een constructie, uitgedrukt in m²K/W. (*A.C. Van der Linden, 2006*)

Reflectiefactor: De mate waarop een materiaal (bijvoorbeeld een raam) licht weerkaatst. Deze reflectie is afhankelijk van de kleur en textuur van het materiaal.

Ruimtekoeling: De koeling van een ruimte.

Ruimteverwarming: De verwarming van een ruimte.

Schaduwkosten: De theoretische schatting van de kosten, die de overheid er voor over heeft om de milieuschade te voorkomen of te verhelpen; Hoe belangrijker de politiek een effect vindt, hoe hoger de kosten en dus hoe groter de weegfactor van dat effect. (*GPR Gebouw, geen datum*)

Schil: De buitenste laag van een gebouw (begane grondvloer, gevels en dak).

Slimbouwen: Bij Slimbouwen wordt er minder materiaal gebruikt, heeft het gebouw een hoog aanpassingsvermogen en is het bouwproces zo effectief mogelijk. (*J. Lichtenberg, geen datum*)

Spouwmuur: Dubbele muur met tussenruimte. (*C.B. Van Haeringen, 1982*)

Transmissiefactor (LTA): Is het product van de transmissiefactoren van alle beglazing tussen het betreffende vertrek en buiten. Bij inpandige ruimtes met licht via een ander vertrek moet de diepte van het andere vertrek worden meegerekend als overstek. (*Dutch Green Building Council, 2010*)

Tussenwoning: Een woning die zich tussen twee andere woningen bevindt.

U-waarde: De U-waarde is de warmtedoorgangscoefficiënt, uitgedrukt in W/m²K De U-waarde geeft aan hoe groot de warmtestroomdichtheid is door een constructie bij een temperatuur van 1 °C. (*A.C. Van der Linden, 2006*)

Verblijfsruimte: In een verblijfsgebied gelegen ruimte voor het verblijven van personen. (Bouwbesluit 2012, 2012b)

Vermesting: Eutrofiëring is overmatige bemesting en beschrijft de concentratie voedingsstoffen en de voedingsstoffentoeename in een ecosysteem. Dit kan een ongewenste verschuiving in de verdeling van plant- en diersoorten veroorzaken en een toename van de productie van biomassa. De belangrijkste

voedingsstoffen zijn stikstof (N) en fosfor (P). Deze stoffen zitten in kunstmest, stikstofoxiden van verbrandingsprocessen, huishoudelijke afvalwater, industrieel afval en afvalwater. Planten in een overmatig bemeste grond vertonen een verzwakking van hun weefsel en een lagere weerstand tegen milieu-invloeden. In waterecosystemen kan een toename van de biomassa door de extra zuurstofopname bij het afbreken van de biomassa leiden tot een verminderd zuurstofgehalte. Hierdoor kan vissterfte ontstaan en dode zones in het water. Verder kan een hoge nitraatconcentratie grond- en oppervlaktewater ongeschikt maken voor drinkwater doordat nitraat reageert tot nitriet, wat giftig is voor mensen. Vermesting omvat het effect van alle stoffen in vergelijking met dat van fosfaat (PO₄³⁻). (*Active House NL, 2013*)

Verzuring: Het verzuren van de bodem en het oppervlaktewater ontstaat door de omzetting van luchtverontreinigingen in zuur. De belangrijkste zuurvormende verontreinigingen zijn zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x) en hun zuren (H₂SO₄ en HNO₃). Deze gassen ontstaan tijdens het verbrandingsproces in elektriciteitscentrales, industriële installaties, in huizen, auto's en kleinverbruikers. Verzuring heeft allerlei gevolgen voor de vegetatie, de grond, het oppervlaktewater, biologische organismen, ecosystemen en bouwmaterialen. Het afsterven van bossen en zure regen zijn bekende voorbeelden. Verzuring omvat alle potentiële stoffen die bijdragen aan de verzuring in verhouding tot het effect van zwaveldioxide (SO₂). (*Active House NL, 2013*)

Verwarmingssysteem: Technisch bouwsysteem waarin warmte wordt opgewekt, gedistribueerd of afgegeven of een combinatie daarvan. (*Bouwbesluit 2012, 2012b*)

Vloerverwarming: Een verwarming die in de vloer is ingebouwd. (*Ikgabouwen, 2013*)

Vrijstaande woning: Een woning die met geen enkele gevel aan een andere woning grenst.

Warmteterugwinning: Warmteterugwinning is een methode van hergebruik van de warmte die in afvoerlucht of afvoerwater zit. Deze warmte wordt gebruikt als voorverwarming voor bijvoorbeeld ventilatielucht of warmwaterproductie. Hierbij wordt alleen de warmte uit de afvoerlucht of afvoerwater hergebruikt. De afvoerlucht en afvoerwater zelf worden naar buiten afgevoerd. (*TGB Techniek, geen datum*)

Wooncomfort: Hoe aangenaam het is om in een ruimte te verblijven. Een hoog wooncomfort zorgt ervoor dat het prettig is om in te verblijven/wonen.

Woningbouw: De woningbouw omvat alle gebouwen die primair bestemd zijn voor het wonen: woningen (met een eigen ingang) en woongebouwen (met een gemeenschappelijke toegang). Ook woonwagens kan men tot de woningbouwsector rekenen. (*A. te Boveltdt, 2004*)

Woonruimte: Zie verblijfsruimte.

Zonnecollectoren: Apparaat dat zonnewarmte opvangt en doorgeeft, bv. voor verwarming. (*Van Dalen, 2010*)

Zonnecel: Toestel of onderdeel dat zonnestraling omzet in elektrische energie. (*Van Dalen, 2010*)

9.2 Afkortingenlijst

A _{raam}	Raamoppervlak van het vertrek
A _{schil}	Schiloppervlak van het vertrek (vloer, plafond, wanden inclusief ramen)
BB	Bouwbesluit
BREEAM	Building Research Establishment's Environmental Assessment Method
BRL	Beoordelingsrichtlijn
BRZO	Besluit Risico Zware Ongevallen
dB	decibel
EMS	Eisen Milieumanagementsystemen
C ₂ H ₄	Etheen
CO ₂	Koolstofdioxide
DF _{AV}	Gemiddelde Daglichtfactor
DGBC	Dutch Green Building Council
EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt
FSC	Forest Stewardship Council
GPR	Gemeentelijke Praktijk Richtlijn
HOTT	House of Tomorrow Today

kWh	kilo Watt hour
LTA	Lichttoetreding
MJ	Mega Joule
NEN	Nederlandse Norm
NL	Nederland
PCM	phase change material
PEF	Primary Energy Factor
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification
PO ₄	Fosfaat
PPM	Parts Per Million
R ₁₁	Trichlorofluoromethane
R _{Av}	Gemiddelde reflectiefactor van de schil (exclusief ramen)
R _c	Warmteweerstand van een constructie
SO ₂	Monozwaveldioxide
T _{buiten}	Buitentemperatuur
T _{i,o}	Binnentemperatuur
T _{rm}	Buitentemperatuur
VABI UO	VABI Uniforme Omgeving

10 Bijlagen

Bijlage 1:	Specificaties Active House NL
Bijlage 2:	Tekeningen vrijstaande woning
Bijlage 3:	Daglichtfactorberekeningen vrijstaande woning
Bijlage 4:	Uitdraai Relux slaapkamer 2 vrijstaande woning
Bijlage 5:	Uitdraai Relux zolderkamer vrijstaande woning
Bijlage 6:	NEN 2057 – Daglichtopeningen van gebouwen
Bijlage 7:	Uitdraai Relux zolderkamer zonder overstek vrijstaande woning
Bijlage 8:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning basis
Bijlage 9:	Uitdraai VABI UO vrijstaande woning basis
Bijlage 10:	Maximale kamertemperaturen verblijfsruimten vrijstaande woning basis
Bijlage 11:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning met zonnepanelen
Bijlage 12:	Uitdraai GPR Gebouw vrijstaande woning met zonnepanelen
Bijlage 13:	Uitdraai DGBC materialentool vrijstaande woning met zonnepanelen
Bijlage 14:	Berekeningen milieueffecten vrijstaande woning
Bijlage 15:	Uitdraai Active House Radar vrijstaande woning
Bijlage 16:	Kwalitatieve criteria vrijstaande woning
Bijlage 17:	Tekening tussenwoning
Bijlage 18:	Uitdraai Relux woonkamer/keuken tussenwoning
Bijlage 19:	Uitdraai Relux slaapkamer 1 tussenwoning
Bijlage 20:	Uitdraai Relux slaapkamer 1 tussenwoning zonder overstek
Bijlage 21:	Daglichtfactorberekeningen tussenwoning
Bijlage 22:	Uitdraai Uniec 2.0 tussenwoning basis
Bijlage 23:	Uitdraai VABI UO tussenwoning basis
Bijlage 24:	Maximale kamertemperaturen verblijfsruimten tussenwoning basis
Bijlage 25:	Uitdraai Uniec 2.0 tussenwoning met zonnepanelen
Bijlage 26:	Uitdraai GPR Gebouw tussenwoning met zonnepanelen
Bijlage 27:	Uitdraai DGBC materialentool tussenwoning met zonnepanelen
Bijlage 28:	Berekeningen milieueffecten tussenwoning
Bijlage 29:	Uitdraai Active House Radar tussenwoning
Bijlage 30:	Kwalitatieve criteria tussenwoning
Bijlage 31:	Lijst met basis en milieuvriendelijke materialen vrijstaande woning
Bijlage 32:	Uitdraai DGBC materialentool vrijstaande woning milieuvriendelijke materialen
Bijlage 33:	Berekeningen milieueffecten vrijstaande woning milieuvriendelijke materialen
Bijlage 34:	Lijst met basis en minst milieuvriendelijke materialen vrijstaande woning
Bijlage 35:	Uitdraai DGBC materialentool vrijstaande woning minst milieuvriendelijke materialen
Bijlage 36:	Berekeningen milieueffecten vrijstaande woning minst milieuvriendelijke materialen
Bijlage 37:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning EPC=0,6
Bijlage 38:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning EPC=0,5
Bijlage 39:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning EPC=0,4
Bijlage 40:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning EPC=0,3
Bijlage 41:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning EPC=0,2
Bijlage 42:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning EPC=0,1
Bijlage 43:	Uitdraai Uniec 2.0 vrijstaande woning EPC=0,0
Bijlage 44:	Uitdraai VABI UO vrijstaande woning zonwering
Bijlage 45:	Maximale kamertemperaturen verblijfsruimten vrijstaande woning zonwering
Bijlage 46:	Bouwbesluitberekeningen minimale ruimtes
Bijlage 47:	Uitdraai Relux Bouwbesluitruimte vierkant
Bijlage 48:	Uitdraai Relux Bouwbesluitruimte rechthoek
Bijlage 49:	Active House berekening Poorters van Montfoort
Bijlage 50:	Aanbevelingen Active House NL