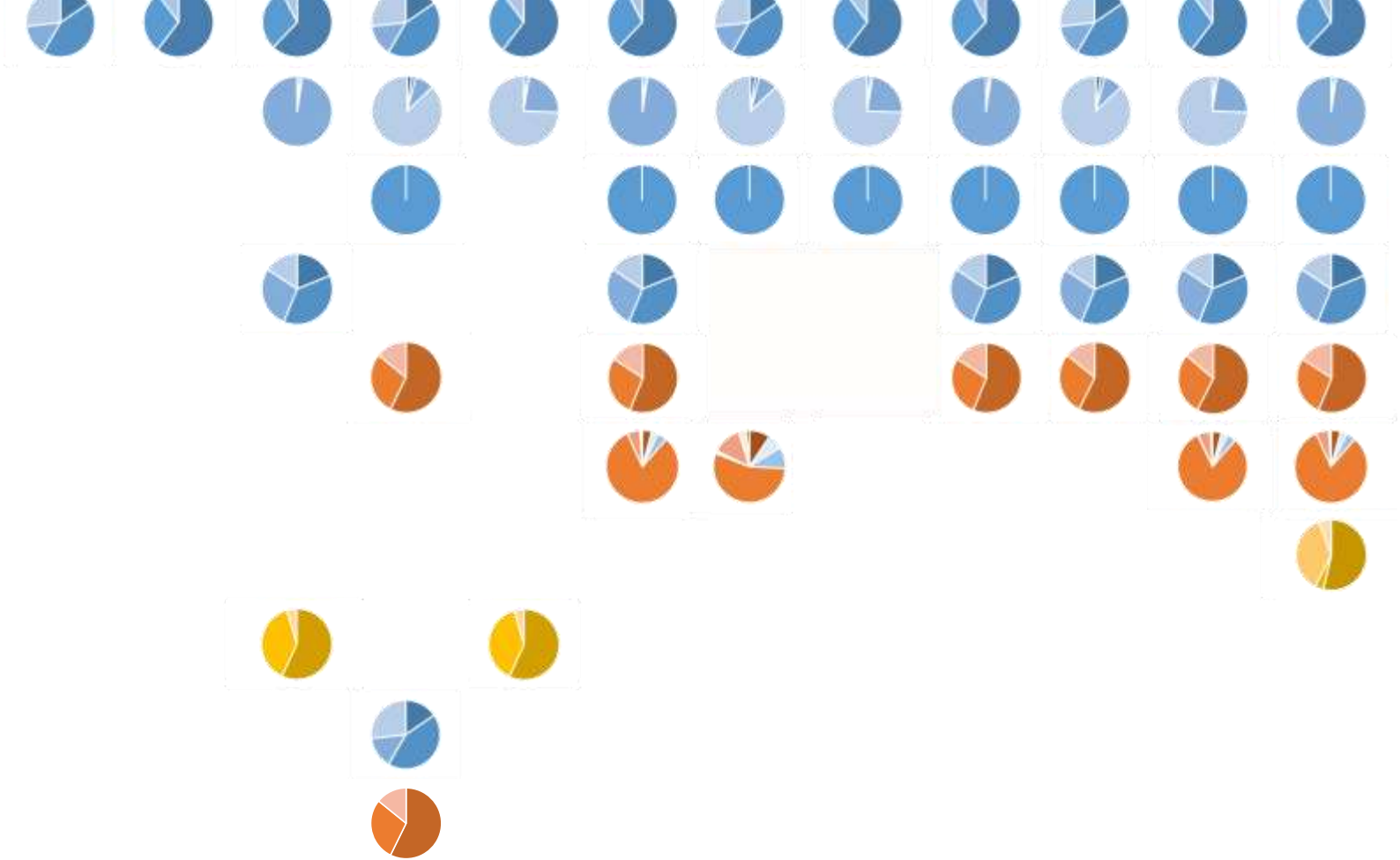
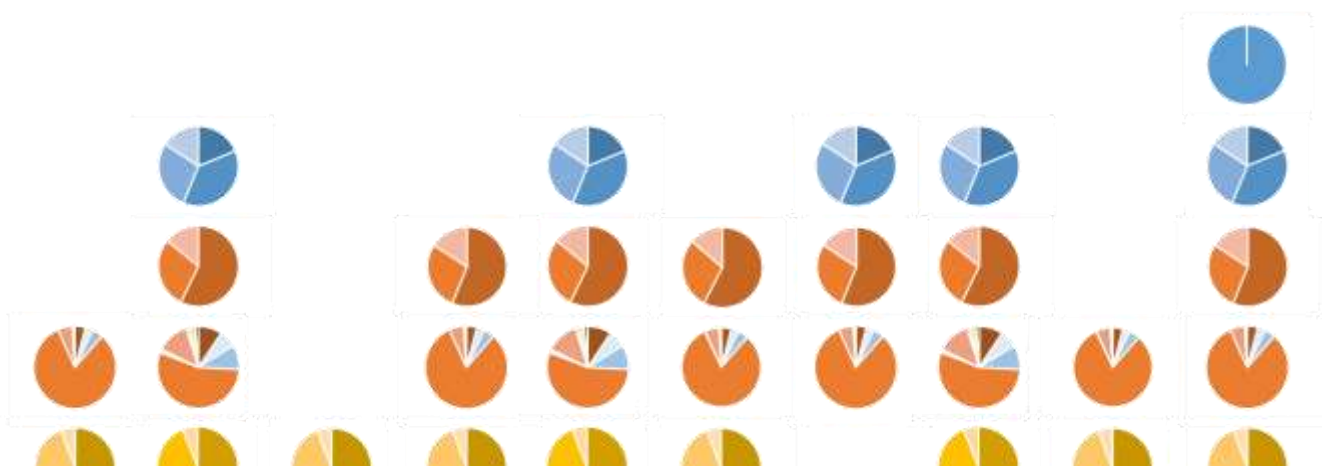




Bewust bouwen, bouwen aan milieubewustzijn

Een onderzoek naar de meerwaarde van milieubewust bouwen



Algemene gegevens

Bachelorscriptie

Bewust bouwen, bouwen aan milieubewustzijn

Een onderzoek naar de meerwaarde van milieubewust bouwen

Afstudeerperiode februari 2018 – juni 2018

Bob van Binsbergen

Bouwkunde – BT

568535

Nanet Hendriks

Bouwkunde - BT

555655

Hogeschool van Arnhem en Nijmegen

Faculteit Techniek - Built Environment

Ruitenberglaan 26

6826 CC Arnhem

Giesbers Ontwikkelen en Bouwen

Nieuweweg 184

6603 BT Wijchen

Begeleiding HAN

Mich van Muijden

Eerste begeleider

Begeleiding Giesbers

Paul van Doorn

Planontwikkelaar

Jaap Kerstma

Tweede begeleider

Voorwoord

‘Bewust bouwen, bouwen aan milieubewustzijn’ betreft de afstudeerscriptie van een onderzoek naar de meerwaarde van milieubewuste⁷ maatregelen in de woningbouw. Gedurende het onderzoek worden verschillende varianten van een tussenwoning vergeleken op financieel en milieutechnisch niveau. Deze scriptie is geschreven in het kader van de opleiding Bouwkunde van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN) en in opdracht van Giesbers Ontwikkelen en Bouwen in Wijchen.

Het onderzoek is tot stand gekomen in samenwerking met Paul van Doorn, planontwikkelaar bij Giesbers. Met name door de toenemende aandacht voor milieu⁶ is het onderzoek actueel. Paul van Doorn heeft gedurende het onderzoek zicht gehad op de vorderingen en structuur geboden. Met name in de beginfase wees hij ons geregeld op overvloed aan informatie en de rode draad die daaruit voort zou komen. Tijdens het uitvoeren van het onderzoek zijn wij inhoudelijk en op structuur tevens begeleid door onze begeleiders van de HAN, Mich van Muijden en Jaap Kerstma. Zij wezen ons onder andere op de leesbaarheid van het onderzoek. Het aspect leesbaarheid konden wijzelf nogal eens uit het oog verliezen, omdat wij helemaal in de inhoud van het onderzoek zaten.

Wij willen onze begeleiders van Giesbers en de HAN graag bedanken voor de ondersteuning tijdens dit traject. Daarnaast willen wij in het bijzonder onze collega’s van Giesbers, Mark Vos en Mickaël Schoenmakers bedanken voor hun begeleiding en het delen van inhoudelijke kennis.

Tevens willen wij onze andere collega’s bij Giesbers Ontwikkelen en Bouwen bedanken voor de interesse en betrokkenheid. Zij hebben altijd met veel belangstelling naar het onderzoek gevraagd en met ons meegedacht.

Tot slot nog een kort dankwoord voor Giesbers’ zusteronderneming Kalliste, die met belangstelling naar onze toelichting heeft geluisterd en met een commercieel oog heeft gekeken naar de waarde van dit onderzoek.

Wij delen graag onze kennis met u, veel leesplezier.

Bob van Binsbergen en Nanet Hendriks

Wijchen, 21 mei 2018

Samenvatting

De gevolgen van klimaatverandering zijn merkbaar (Planbureau voor de Leefomgeving [PBL], 2012). De klimaatverandering is deels te verhalen op de mens. Het huidige systeem verergert het broeikaseffect, dat invloed heeft op de klimaatverandering. De mens versterkt het broeikaseffect, doordat er extra broeikasgassen in de atmosfeer komen door industrie, ontbossing, verkeer, veeteelt en energiegebruik (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut [KNMI], z.j.).

Men zou de aarde minder kunnen belasten door een circulaire economie, waarbij eindige materialen oneindig beschikbaar blijven, zonder afvalstromen (Lambregtse, 2017) (Turntoo, 2018).

Het doel van de afstudeeropdracht is het leveren van een bijdrage aan de bewustwording van milieu-impact van de gebouwde omgeving, met name van woningbouw. Dit bewustzijn zal namelijk moeten toenemen om de doelgroepen te overtuigen van de milieu-impact. Wanneer deze zijn overtuigd kan men de innovatie adopteren, zoals de stap naar een circulaire economie (Rogers, 1983).

De volgende onderzoeksvraag is opgesteld: “Wat is de meerwaarde van een woning waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke milieu-impact (benaderd middels de MPG-score) ten opzichte van een woning waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke kostprijs en hoe maken we dit inzichtelijk voor bouwer en consument?”

Sinds 1 januari 2018 stelt de overheid een maximum aan de milieu-impact van een gebouw middels de Milieuprestatie Gebouw⁸ (MPG) score. Deze score representeert de schaduwkosten¹⁰ van een gebouw per vierkante meter bruto vloeroppervlak per jaar en bedraagt maximaal 1 euro.

Het onderzoek richt zich op twee varianten tussenwoningen, waarbij elke variant bestaat uit drie energieconcepten. De eerste variant is tot stand gekomen met economische motieven, een woning binnen de kaders van het Bouwbesluit met een zo laag mogelijke kostprijs. De tweede variant is eenzelfde tussenwoning, maar dan gericht op een zo laag mogelijke milieulast.

Vervolgens worden deze woningen op vier niveaus met elkaar vergeleken. Het betreft twee economische niveaus, namelijk bouwkosten en woonlasten. En twee milieu⁶ georiënteerde niveaus, namelijk de Milieuprestatie Gebouw score en een ‘begrijpbare waarde’, een waarde die een beter gevoel geeft bij de milieu-impact van de woning.

De drie woningen van de tweede variant hebben hogere bouwkosten en een hogere vrij-op-naam prijs. De woonlasten van de woningen van de tweede variant verschillen nauwelijks met de drie woningen van de eerste variant. Er is namelijk niet veel veranderd aan het energieconcept, de energievraag van het net en het aandeel zelf opgewekte energie zijn vrijwel gelijk gebleven. Het

verschil in woonlasten wordt bepaald door hogere onderhoudskosten van duurdere installaties. De woonlasten tussen de energieconcepten onderling verschillen wel, omdat de energieconcepten de energievraag van de woning bepalen.

De MPG-score van de drie woningen van de tweede variant zijn lager dan de score van de drie woningen van de eerste variant. Met name de toepassing van een houten prefab gevelsysteem, houten gevelbekleding en een houten vloersysteem dragen bij aan een lagere MPG-score. De keuze voor installaties met een lagere milieu-impact heeft grote gevolgen voor de bouwkosten, maar kleine gevolgen voor de MPG-score. De bouwkosten nemen relatief veel toe, de MPG-score daalt relatief weinig.

De meerwaarde van een woning met een zo laag mogelijke milieu-impact ten opzichte van een woning met een zo laag mogelijke kostprijs is het best terug te zien in de vergelijking van de twee Nul-op-de-meter woningen (een van de drie energieconcepten). Het verschil in milieu-impact tussen beide varianten is vergelijkbaar met de schade aan het milieu⁶ wanneer er 345.000 liter drinkwater per jaar gebruikt wordt. Dit staat ongeveer gelijk aan twee keer het waterverbruik van een vierpersoonshuishouden per jaar.

Wanneer het bewustzijn van bouwer en consument nog verder verhoogt dient te worden zal nog eens gefocust moeten worden op de 'begrijpbare waarde'. Het is belangrijk de doelgroepen te overtuigen. Dit kan door waarde toe te kennen aan bijvoorbeeld comfort en gezondheid.

Tevens zal het eerder implementeren van de MPG-tool een bijdrage leveren aan het beperken van de milieulast van de woning. Op dit moment wordt de tool enkel gebruikt vlak voor het indienen van de omgevingsvergunning, puur "omdat het moet". In de toekomst zou de tool een hulpmiddel kunnen zijn bij het maken van keuzes eerder in het traject, om zo een woning te bouwen met een zo laag mogelijke milieu-impact.

Abstract

The effects of climate change are becoming more noticeable (Planbureau voor de Leefomgeving [PBL], 2012). Partially, man is to be held accountable for this climate change. The current economic system worsens the greenhouse effect, which affects climate change. Man reinforces the greenhouse effect by emitting greenhouse gasses into the atmosphere through industry, deforestation, traffic, keeping livestock, and generating energy (Koninklijk Nederland Meteorologisch Instituut [KNMI], z.j.).

By transferring to a circular economy, human kind could put less of a burden on earth, as it makes finite resources infinitely available. It generates no waste (Lambregtse, 2017) (Turntoo, 2018).

The goal of this research project is to add to the awareness of the environmental impact of urbanized areas, and more specifically the impact of residential areas. Currently, awareness of this impact is low, and it needs to be raised to illicit change, such as transforming to a circular economy (Rogers, 1983).

The following research question has been generated: “What is the added value of a house which as an as low as possible environmental impact (assessed through the MPG-score) compared to a house which as an as low as possible building cost, and how do we make this visible to both the builder and the consumer?”

Since, January 1, 2018, the government has put a limit on the environmental impact of a building through the *Milieuprestatie Gebouw* (MPG⁸ or Environmental Performance Building) score. This score represents the *schaduwkosten*¹⁰ (the fictitious cost the government is willing to pay to compensate for the environmental impact) of a building per square meter gross floor area annually and has a maximum of one euro.

This research focusses on two distinct varieties of terraced houses, of which each variety consists of three distinct energy concepts. The first housing variety has been constructed with economical motives. This means the building has been constructed within the framework of the National Building Decree with a price as low as possible. The second variety of housing is a similar building, but geared towards an environmental impact which is as low as possible.

This varieties of terraced houses will be compared on four levels. Two of these levels are economic, namely construction cost and upkeep. The other two levels are focused on the environment, namely the MPG-score and a related value which will translate the MPG-score into an understandable value for both the builder and the consumer.

The three houses of the environmentally friendly variety have a higher construction cost and a higher market value. The upkeep of these houses only slightly differs from the upkeep of the houses of the first variety. Both the demand on utilities and the power generated by the house

itself have remained virtually the same. The difference in upkeep is generated by a higher cost of maintenance of more expensive equipment, such as heating installations. However, there is a deviation in upkeep among the various energy concepts, as these concepts differ in their demand on utilities.

The houses of the first variety of terraced houses have a higher MPG-score than the houses of the second variety. In particular, the application of wooden prefabricated wall systems, wooden facades, and wooden floor systems contribute to lowering this MPG-score. Installing equipment with a lower environmental impact has a severe impact on construction cost, but only a meager influence on the MPG-score. Building cost will increase dramatically, while the MPG-score will only drop slightly.

The added value of a house with a low environmental impact compared to a house with low construction costs becomes best visible when comparing varieties with the same energy concept, namely *Nul-op-de-meter* houses. The difference in environmental impact between these houses is comparable to environmental impact of using 345.000 liters of potable water. This is roughly the same as twice the water used annually by a four-person household.

When the awareness of both the builder and the consumer needs to be raised further, the focus needs to be on creating a more understandable value for the environmental impact of residential building. It is important to convince the target audience. This can be achieved by putting value on, for example, health and comfort.

At the same time, implementing an MPG-tool earlier in the design process could contribute to reducing the environmental impact of a house. Currently, the tool is solely used for purposes of acquiring a building permit. In the future, the tool could prove to be an important asset in the development of a house with an environmental impact which is as low as possible.

Inhoudsopgave

Voorwoord	I
Samenvatting	II
Abstract	7
Inhoudsopgave	IV
Begrippenlijst	V
Inleiding	1
H1 Onderzoeksopzet	3
H2 DIT is wonen, referentiewoning	6
H3 DIT is wonen, milieubewust	10
H4 MPG-score	20
H5 Bouwkosten	22
H6 Woonlasten	24
H7 Begrijpbare waarde	28
H8 Vergelijking op 4 niveaus	31
Conclusie	35
H10 Aanbeveling	37
H11 Discussie	39
Nawoord	41
Literatuurlijst	41

Begrippenlijst

De nummering komt terug in de tekst en verwijst naar deze begrippenlijst.

- 1 **Bijna Energieneutraal Gebouw (BENG)** “Een gebouw met een zeer hoge energieprestatie, zoals vastgesteld volgens bijlage I (van EPBD). De dichtbij nul liggende of zeer lage hoeveelheid energie die is vereist, dient in zeer aanzienlijke mate te worden geleverd uit hernieuwbare bronnen, en dient energie die ter plaatse of dichtbij uit hernieuwbare bronnen wordt geproduceerd te bevatten.” In Nederland wordt dit vormgegeven middels drie pijlers: energiebehoefte, primair fossiel energiegebruik en aandeel hernieuwbare energie (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2017).
- 2 **circulair bouwen** “Het ontwikkelen, gebruiken en hergebruiken van gebouwen, gebieden en infrastructuur, zonder natuurlijke hulpbronnen onnodig uit te putten, de leefomgeving te vervuilen en ecosystemen aan te tasten” (Nelissen, et al., 2018).
- 3 **duurzaamheid** “Het gebruiken van ‘eindeloze’ bronnen, maar ook het voorkomen van de aantasting van landschappen en ecosystemen en het voorkomen van verontreiniging van bodem, water en lucht” (Nelissen, et al., 2018).
- 4 **EPC 0.4** De ambitie om een gebouw te laten voldoen aan een energieprestatie coëfficiënt (EPC) van 0,4. Het Bouwbesluit wijst de NEN 7120 aan als bepalingsmethode voor de energieprestatiecoëfficiënt (EPC). “De EPC beoordeelt integraal de energiezuinigheid van een woning/woongebouw of utiliteitsgebouw” (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.j.).
- 5 **Levenscyclus Analyse (LCA)** Het in kaart brengen van de totale milieu-impact van producten en menselijke activiteiten. De LCA-methode bekijkt de hele levenscyclus van een product of activiteit. De uitkomst van een LCA resulteert in een milieuprofiel met daarin de scores op de milieueffecten (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, 2011).
- 6 **milieu** “Een milieu is het geheel van de atmosfeer, bodem en water die invloed hebben op de levende organismen: planten, dieren en mensen” (Ensie, 2016).
- 7 **milieubewust** “Het bewustzijn van de waarde van een schoon milieu en van de gevaren die dat bedreigen” (Ensie, 2017).
- 8 **Milieuprestatie Gebouw (MPG)** ³ “Een belangrijke maatstaf voor de duurzaamheid van een gebouw. Hoe lager de MPG, hoe duurzamer het materiaalgebruik” (Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, z.j.).
- 9 **Nul-op-de-meter (NOM) woning** “Een ‘Nul op de meter woning’ wekt evenveel (of meer) energie op als dat het nodig heeft voor het huis en het huishouden” (Klijn Velderman, Hughes, Witkamp, & Verduijn, 2016).
- 10 **schaduwprijs** De schaduwprijs of schaduwkosten is: “De theoretische schatting van de kosten, die de overheid ervoor over heeft om de milieuschade te voorkomen of te verhelpen” (W/E-adviseurs, z.d.).

Inleiding

We kunnen niet meer om klimaatverandering heen. De gevolgen zijn merkbaar, ook hier in Nederland. We krijgen te maken met meer extreme weersomstandigheden en voor een land als Nederland is de stijgende zeespiegel een gevoelig onderwerp (Planbureau voor de Leefomgeving [PBL], 2012).

De klimaatverandering is deels te verhalen op de mens. Het huidige systeem verergert het broeikaseffect, dat invloed heeft op de klimaatverandering. De mens versterkt het broeikas effect, doordat er extra broeikasgassen in de atmosfeer komen door industrie, ontbossing, verkeer, veeteelt en energiegebruik (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut [KNMI], z.j.).

Als oplossing wordt er gepleit voor een verandering van ons huidige economische systeem. Volgens Thomas Rau, bekend als architect, innovator en visionair, zou men de aarde minder kunnen belasten door een economie waarbij eindige materialen oneindig beschikbaar blijven. Hierdoor zijn er geen afvalstromen. Er wordt gesproken van een circulaire economie in plaats van een lineaire economie (Lambregtse, 2017) (Turntoo, 2018).

Het doel van de afstudeeropdracht is het leveren van een bijdrage aan de bewustwording van milieu-impact van de bebouwde omgeving, met name van woningbouw. De toenemende bewustwording zal op zijn beurt bijdragen aan het draagvlak voor innovaties, zoals de circulaire economie (Rogers, 1983).

De hoofdvraag van het afstudeeronderzoek luidt: “Wat is de meerwaarde van een woning waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke milieu-impact (benaderd middels de MPG-score) ten opzichte van een woning waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke kostprijs en hoe maken we dit inzichtelijk voor bouwer en consument?”

Het onderzoek naar de meerwaarde van de milieu-impact is van belang, omdat de overheid met wet- en regelgeving steeds meer aandacht vestigt op het milieu⁶. Een van de voornaamste bewijzen daarvoor is het vastgestelde maximum Milieuprestatie Gebouw⁸ (MPG) score van 1 euro, die per 1 januari 2018 voor nieuwbouw van kracht is. Deze score representeert de schaduwkosten¹⁰ (fictieve kosten die de overheid ervoor over heeft om schade aan het milieu⁶ te herstellen of te voorkomen) van een gebouw per vierkante meter bruto vloeroppervlak per jaar. Naar verwachting zal de eis van een MPG-score van 1 euro worden aangescherpt (Van Belzen, 2018). Het is van belang dat zowel bouwer als consument zich bewust zijn van de milieu-impact van een woning.

Het onderzoek richt zich op twee varianten tussenwoningen, waarbij elke variant bestaat uit drie energieconcepten (drie energiehuishoudens, waarbij de verhouding tussen energievraag, opwekking en –verbruik verschilt). De eerste variant is tot stand gekomen vanuit economische

motieven, een woning binnen de kaders van het Bouwbesluit met een zo laag mogelijke kostprijs. De tweede variant is eenzelfde tussenwoning, maar dan gericht op een zo laag mogelijke milieulast.

Vervolgens worden deze woningen op vier niveaus met elkaar vergeleken. Het betreft twee economische niveaus, namelijk bouwkosten en woonlasten. En twee milieu-georiënteerde niveaus, namelijk de Milieuprestatie Gebouw score en de 'begrijpbare waarde', een waarde die een beter gevoel geeft bij de milieu-impact van de woning.

Leeswijzer

De scriptie is chronologisch opgebouwd. In het eerste hoofdstuk wordt het onderzoek toegelicht.

In het tweede en derde hoofdstuk worden de twee woningvarianten toegelicht. Deze deelonderzoeken dienen als basis voor de daaropvolgende vier deelvragen, waarbij de vergelijkingen op de vier genoemde niveaus tot stand komen (Hoofdstuk 4 tot en met 7)

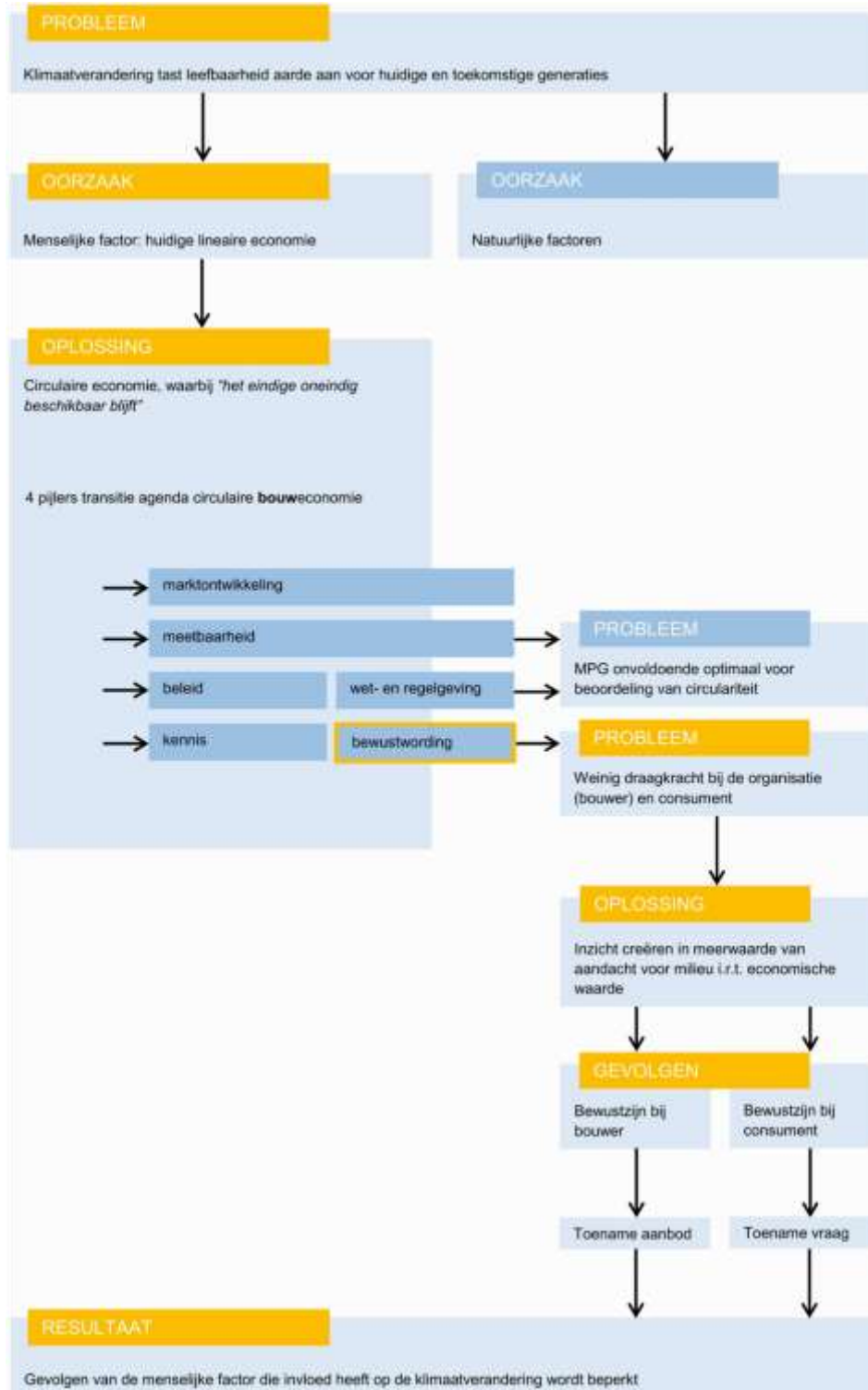
Alle bevinden worden naast elkaar gezet in Hoofdstuk 8 "*Vergelijking op 4 niveaus*". Hoofdstuk 9, 10 en 11 betreffen de hoofdconclusie, de aanbevelingen en de discussie.

De laatste pagina van de scriptie is een sheet waarop alle woningvarianten genoemd en genummerd staan. Vouw deze open om het lezen van de scriptie makkelijker en de gegevens overzichtelijker te maken.

In de tekst en bijschriften wordt geregeld verwezen naar bijlagen. Elke verwijzing bevat een paginanummer van de betreffende bijlage of een afbeelding- of tabelnummer. Elke bijlage beschikt over een inhoudsopgave en een tabellen- en afbeeldingenlijst, zodat de onderdelen vindbaar zijn.

H1 Onderzoekopzet

Probleemstelling



Afbeelding 1.1: Schema probleemanalyse (Bijlage F, Afbeelding F1)

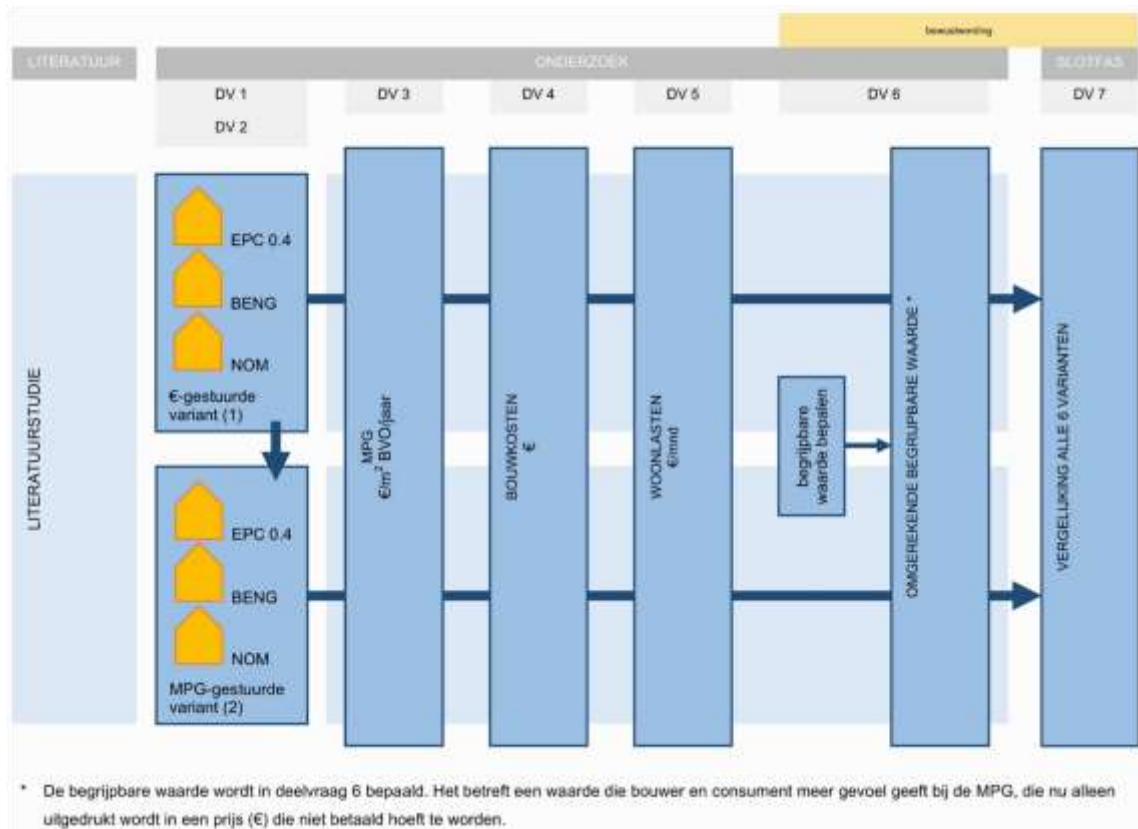
De aanleiding van dit onderzoek omschrijft de klimaatverandering en de invloed van de mens hierop en biedt als oplossing de circulaire economie.

Het schema op de vorige pagina (Afbeelding 1.1) geeft de structuur van de probleemanalyse weer. Bijlage B ondersteunt de analyse met bevindingen uit literatuur.

De circulaire economie, die als oplossing wordt gegeven voor de invloed van de mens op klimaatverandering, kent nog weinig draagvlak in de maatschappij. Er wordt geconstateerd dat er nog onvoldoende kennis en bewustwording is om een dergelijke verandering (transitie naar een circulaire economie) teweeg te brengen. Het onderzoek gaat in op het tweede deel van de vierde pijler: bewustwording.

Het onderzoek draagt bij aan deze bewustwording. Dit zal uiteindelijk leidend tot een toename van de vraag en het aanbod naar producten die passen binnen deze circulaire bouweconomie² een lage milieu-impact hebben. Dit zal op zijn beurt bijdragen aan het beperken van de gevolgen van de menselijke invloed op de klimaatverandering.

Het doel van het onderzoek is een bijdrage leveren aan de bewustwording over de milieu-impact van economische en MPG⁸ gestuurde maatregelen. Het schema in Afbeelding 1.2 laat de structuur van het onderzoek zien.



Afbeelding 1.2: Structuurschema onderzoek (Bijlage F, Afbeelding F2)

Hoofdvraag

Wat is de meerwaarde van een woning waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke milieu-impact (benaderd middels de MPG-score) ten opzichte van een woning waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke kostprijs en hoe maken we dit inzichtelijk voor bouwverlener en consument?

Deelvragen

Onderzoeksfase

- 1 Hoe ziet een *DIT is wonen* tussenwoning eruit wanneer deze gestuurd is op **kostprijs** (variant 1)?
- 2 Hoe ziet een *DIT is wonen* tussenwoning eruit wanneer deze gestuurd is op een zo laag mogelijke **milieu-impact** (benaderd middels de MPG-score) met behoud van de energieconcepten (variant 2)?

- 3 Welke **MPG-score** behalen beide varianten?
- 4 Wat zijn de **bouwkosten** van beide varianten?
- 5 Wat zijn de **woonlasten** van beide varianten?
- 6 Naar welke **waarde** kan de MPG⁸ omgerekend worden, zodat bouwer en consument zich meer **bewust** worden van de meerwaarde van een minimale milieu-impact (volgens de MPG-benadering)?

Slotfase

- 7 Wat zegt de **vergelijking** tussen beide varianten kijkend naar de vier genoemde vergelijkingsniveaus (MPG⁸, bouwkosten, woonlasten en begrijpbare waarde)?

Opdrachtgever

Giesbers Ontwikkelen en Bouwen is de opdrachtgever van het onderzoek, dat aansluit bij haar ambitie. “Behalve als uitvoerder van reguliere bouwopdrachten ziet Giesbers zichzelf als initiërende, creërende bouwer en ontwikkelaar, die duurzame en optimaal op de markt afgestemde woningen en gebouwen op efficiënte wijze kan realiseren.” (Giesbers Ontwikkelen en Bouwen, 2018)

Giesbers heeft reeds verschillende woonconcepten ontwikkeld, *DIT is wonen* en *FIT wonen*. Met name het eerste concept is in de huidige situatie financieel gestuurd, de prijs was leidend. In de concepten wordt nog geen relatie gelegd tussen energie en milieu⁶. Er wordt voldaan aan de huidige regelgeving die zich vooralsnog met name richt op de energietransitie. De verwachting is dat de regelgeving zal veranderen en dat er meer waarde wordt gehecht aan het milieuaspect van een gebouw. Deze verandering heeft invloed op bestaande concepten.

H2 DIT is wonen, referentiewoning

Hoe ziet een DIT is wonen tussenwoning eruit wanneer deze gestuurd is op kostprijs (variant 1)?

In dit hoofdstuk wordt toegelicht hoe de *DIT is wonen* referentiewoning is opgebouwd. De *DIT is wonen* referentie woning is een woning die tot stand is gekomen met economische motieven. Het is een woning binnen de kaders van het Bouwbesluit 2012, met een zo laag mogelijke kostprijs. In dit onderzoek zal de *DIT is wonen* referentiewoning variant 1 worden genoemd. Deze zal worden gebruikt als basis voor het samenstellen van variant 2, de woning met een zo laag

mogelijke milieu-impact. Variant 2 zal in Hoofdstuk 3, “*DIT is wonen, milieubewust*” worden samengesteld.

DIT is wonen is een woonconcept opgezet door GiesbersGroep, Kalliste, Giesbers Rotterdam en Giesbers Ontwikkeling en Bouwen. De referentiewoning wordt gebruikt als startpunt, maar de opdrachtgever bepaalt zelf welke invloed hij de toekomstige bewoner geeft (*DIT is wonen*, z.j.).

De woning kan worden uitgevoerd in drie verschillende energieconcepten, namelijk EPC 0.4⁴, BENG¹ en NOM⁹. De definitie van de drie energieconcepten is nader toegelicht in Bijlage C (pagina 9, 10 en 11). De verschijningsvorm van de drie varianten zijn gelijk. De plattegronden en gevelaanzichten zijn identiek.

De hoek en tussenwoningen van *DIT is wonen* zijn gelijk in plattegrond, indeling en uitstraling. De hoekwoningen beschikken over een dichte kopgevel, die komt te vervallen bij de tussenwoning. Dit onderzoek heeft alleen betrekking op de tussenwoning.

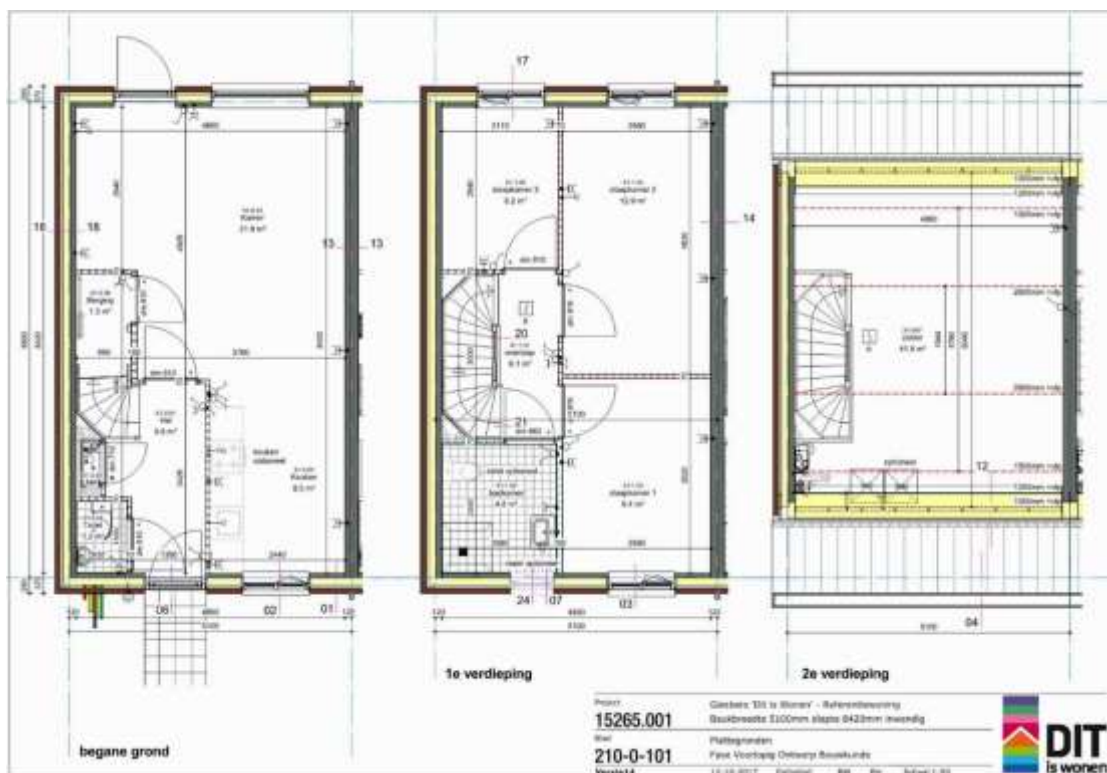
Resultaten

Technische informatie

De technische informatie in Bijlage E, Tabel E1.1 zet de eigenschappen van de drie varianten (1a, b en c) die gestuurd zijn op een zo laag mogelijke kostprijs naast elkaar. In de tabel zijn algemene gegevens, bouwkundige eigenschappen en de kenmerken van de installaties en het energieverbruik opgenomen.

Plattegronden

Afbeelding 2.1 en 2.2 betreffen de plattegronden en voor- en achtergevel van de *DIT is wonen* referentiewoning.



Afbeelding 2.3: Plattegronden DIT is wonen, schaalloos



Afbeelding 2.2: Gevelaanzichten DIT is wonen, schaalloos

Conclusie

Hoe ziet een DIT is wonen tussenwoning eruit wanneer deze gestuurd is op kostprijs (variant 1)?

De referentiewoning van *DIT is wonen* is tot stand gekomen met economische motivatie, met als doel de laagste kostprijs. Dit is simpelweg de grootste motivatie, omdat de meeste opdrachtgevers de prijs leidend laten zijn bij de selectie. De gekozen materialen zijn relatief goedkoop, met name door het seriematig uitvoeren van de woning. De referentiewoning past binnen de kaders van het Bouwbesluit 2012, maar is zo opgezet dat opdrachtgever en/of gebruiker invloed kan hebben op het energieconcept, de indeling en de verschijningsvorm. Binnen bepaalde kaders, die per project kunnen verschillen, is de woning flexibel. Tevens bieden de plattegronden en gevels een basis voor een hoekwoning. Met deze referentiewoning zou een heel plan bestaande uit rijwoningen kunnen worden gerealiseerd, dat voldoet aan de wensen van de opdrachtgever en gebruiker. De referentiewoning vindt zijn kracht in de lage kostprijs, hoge mate van flexibiliteit en de universele inzetbaarheid ervan.

Afbeelding 2.1 en 2.2 laten zien hoe de *DIT is wonen* tussenwoning eruit ziet wanneer deze gestuurd is op een zo laag mogelijke kostprijs. De technische eigenschappen van de woning zijn genoemd in Bijlage E, Tabel E1.1.

H3 DIT is wonen, milieubewust

Hoe ziet een DIT is wonen tussenwoning eruit wanneer deze gestuurd is op een zo laag mogelijke milieu-impact (benaderd middels de MPG-score) met behoud van de energieconcepten (variant 2)?

Dit deelonderzoek is van belang voor het vervolg van het onderzoek (zie het structuurplan van deelvraag 2 in Bijlage A, Plan van Aanpak). In dit deelonderzoek wordt een tweede variant, de variant die gestuurd is op een zo laag mogelijke milieu-impact, opgesteld. Deze tweede variant wordt vervolgens op vier niveaus met de eerste variant (economisch gestuurd) vergeleken, namelijk MPG-score, bouwkosten, woonlasten en 'begrijpbare waarde'. In de volgende hoofdstukken 4, 5 en 6 worden de definities van bouwkosten, woonlasten en 'begrijpbare waarde' nader toegelicht.

Waarom MPG?

De Rijksoverheid (z.d.) streeft naar duurzame woningen. Deze duurzame woningen zouden niet alleen energiezuiniger moeten zijn, maar ook beter voor het milieu⁶ en de gezondheid van de gebruiker, dan traditioneel gebouwde woningen. Naast energiezuinigheid gaat duurzaam bouwen namelijk ook over het creëren van een gezond binnenmilieu, een aangename leefomgeving, hergebruik van materialen, verantwoord gebruik van water, het voorkomen dat grondstoffen op raken en het gebruik van materialen die rekening houden met milieu⁶ en gezondheid (Rijksoverheid, z.d.). De impact die materialen hebben op het milieu⁶ speelt dus een rol in het bepalen van de mate van duurzaamheid³ van een gebouw.

In Bijlage C, Hoofdstuk 2 worden drie verschillende tools vergeleken, de Ecoquaestor, Madaster en de Milieuprestatie Gebouw⁸ (MPG). Deze tools geven elk op een eigen manier een indicatie over de milieu-impact van een gebouw. De methodes worden op verschillende onderdelen vergeleken. Uit deze vergelijking blijkt dat de MPG⁸ de meest accurate tool is. De MPG-score wordt bepaald middels de Nationale Milieu Database (NMD), waarbij materialen worden beoordeeld op de Levenscyclus Analyse⁵ (LCA). Het hele leven van het product, van grondstofwinning tot gebruik, wordt meegenomen in deze LCA⁵.

Hoe werkt MPG?

De MPG⁸ berekent de totale milieubelasting van een gebouw. Het effect van het gebouw op het milieu⁶ wordt bepaald door 11 milieueffecten, zoals uitputting van grondstoffen, bijdrage aan het broeikaseffect en aantasting van de ozonlaag. Deze milieueffecten tezamen bepalen de MPGscore (W/E-adviseurs, 2017).

Milieubelasting	bepaald door elf milieueffecten
Milieueffecten	worden onderverdeeld in twee milieumaten
Milieumaten	grondstoffen en emissies (zie Afbeelding 3.1)

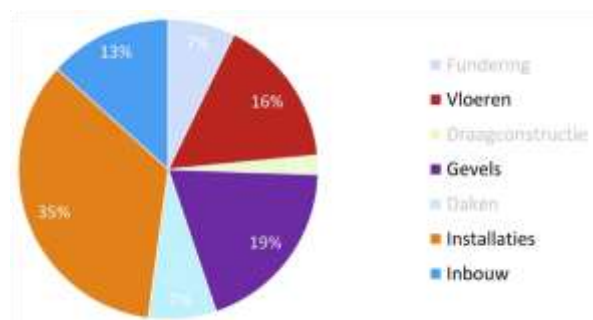
Om de milieubelasting inzichtelijk te maken wordt deze teruggerekend naar één waarde, de milieubelasting per vierkante meter bruto vloeroppervlak per jaar (m^2 BVO/jaar). De elf milieueffecten worden onderverdeeld in twee milieumaten, namelijk grondstoffen en emissies (Afbeelding 3.1). De eerste twee milieueffecten, de uitputtingsscores worden opgeteld tot de milieumaat 'Grondstoffen', de overige negen milieueffecten behoren tot de milieumaat 'Emissies' (W/E-adviseurs, 2017).

W/E-adviseurs heeft onlangs een onderzoek gedaan naar verschillende MPG-berekeningen in verschillende situaties die van 2012 tot en met 2016 zijn uitgevoerd. Zij hebben middels hun onderzoek geconcludeerd dat gebouwonderdelen als de gevel, installaties, vloeren en de inbouw de meeste impact hebben op het milieu⁶. Deze verhouding wordt doormiddel van een grafiek in de MPG⁸ weergegeven onder het kopje 'resultaten'. Met de kennis over welke gebouwonderdelen de meeste impact hebben kunnen gericht aanpassingen doorgevoerd worden (W/E-adviseurs, 2017).

Bij het optimaliseren van een woning of gebouw kan men dus rekening houden met de mate van impact van gebouwonderdelen. De onderdelen die de meeste impact hebben (zie Afbeelding 3.2) kunnen worden vervangen of aangepast.

Gewogen milieueffector	
Milieukengetal	€ / m^2 BVO*jaar
Grondstoffen	0.003
Emissies	0.407
MPG (schaduwprijs)	0.41

Afbeelding 3.1: De milieukengetallen, resultaten uit de MPG-berekening (W/E-adviseurs, 2017)



Afbeelding 3.2: Voorbeeldgrafiek met de bijdrage aan de milieubelasting per gebouwonderdeel (W/E-adviseurs, 2017)

Optimalisatieparameters binnen de MPG

De milieuprestatie van een gebouw is te beïnvloeden door een aantal aspecten. Door rekening te houden met deze aspecten bij het ontwerpproces kan de MPG⁸ worden geoptimaliseerd.

De aspecten:

Bewust bouwen, bouwen aan milieubewustzijn

- Vorm en afmetingen van het gebouw; ○
De gebouwlevensduur;
- De keuze van de toe te passen materialen / producten;

De optimalisatieparameters van de MPG-berekening zijn samengevat in (Bijlage C, Hoofdstuk 2). Het afstudeeronderzoek focust zich op twee vergelijkbare varianten om inzichtelijk te maken wat de invloed is van milieu⁶ (MPG) gestuurde maatregelen en wat daarvan de meerwaarde is. Om deze vergelijking representatief te maken richt het onderzoek zich alleen op het laatste aspect, de materiaal en product keuze. De vorm en afmeting en de levensduur van beide varianten blijven gelijk.

Structuur deelonderzoek 2

Het volgende schema (Afbeelding 3.3) laat de structuur van deelvraag 2 zien. Het stappenplan resulteert in de tweede variant die gestuurd is op een zo laag mogelijke milieulast door een zo laag mogelijke MPG-score te behalen.

De eerste drie stappen zijn een analyse van de knoppen waarbinnen de MPG-tool aan te draaien valt. Door de knoppen met de meeste invloed op de score te selecteren wordt het onderzoek doelgericht, behapbaar en haalbaar binnen beschikbare tijd.

De overige vier stappen zijn bedoeld om keuzes te maken, waarbij realiseerbaarheid en haalbaarheid niet uit het oog verloren wordt. De veto-vragen zorgen voor een voorselectie van drie alternatieve materialen die aansluiten op de casus, de *DIT is wonen* tussenwoning. Middels een morfologisch schema worden scenario's opgesteld die onderling te koppelen zijn. De combinatie met de laagste MPG-score wordt doorgerekend om het energieconcept te toetsen. De energieconcepten EPC 0.4⁴, BENG¹ en NOM⁹ dienen in stand te blijven.



Afbeelding 3.3: Schema structuur deelonderzoek 2 (Bijlage F3)

Resultaten

Stap 1, 2 en 3

De resultaten uit de eerste drie stappen staan in een overzicht in Afbeelding 3.4. In dit overzicht is zichtbaar welke drie gebouwonderdelen de grootste invloed hebben op de MPG-score van variant 1a, b en c (economisch gestuurde variant van EPC 0.4⁴, BENG¹ en NOM⁹). Daarnaast is aan de percentages naast de cirkeldiagrammen te zien welke subelementen relatief gezien de meeste invloed hebben op de totale MPG⁸.

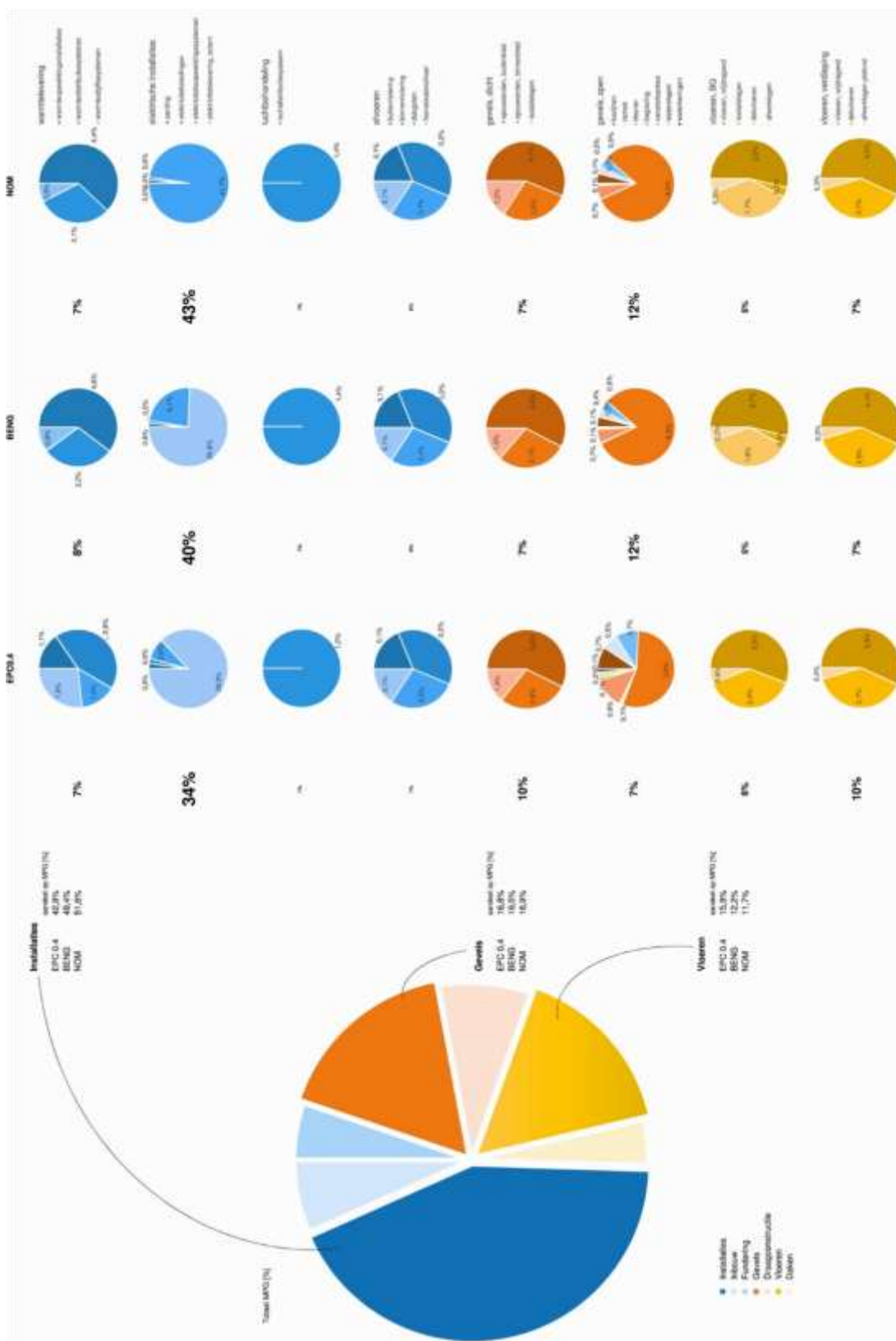
Opvallend is het hoge aandeel van de elektrische installaties. Deze elektrische installaties bestaan uit aarding, elektriciteitsleidingen, elektriciteitsopwekkingsystemen en externe elektriciteitslevering. Het toenemende aandeel van de elektriciteitsopwekkingsystemen tussen de energieconcepten BENG¹ en NOM⁹ is te verklaren door het ruim toenemend aantal PV-panelen tussen deze concepten. De BENG¹-woning beschikt over 4 stuks PV-panelen, de NOM⁹-woning over 19 stuks.

Om het onderzoek af te kaderen worden niet alle elementen meegenomen in de aanpassingen die nodig zijn om de tweede variant van de tussenwoning op te stellen. Het onderzoek richt zich enkel op de elementen die relatief grote invloed hebben op de MPG-score. De selectie van deze elementen wordt georganiseerd in stap 3. In deze stap worden per subonderdeel een of meerdere elementen geselecteerd die in een of meerdere energieconcepten gezamenlijk meer dan 75 procent van het aandeel van het subonderdeel bepalen.

Bij het selecteren van elementen in stap 3 is bewust gekozen om de isolatielagen in de gevels, begane grondvloer en verdiepingsvloeren wel mee te nemen, ondanks de relatief lage directe invloed op de MPG-score. De isolatie heeft namelijk grote invloed op systeemkeuze van de totale gevel- of vloeropbouw en daarmee indirect grote invloed op de keuze voor binnenspouwblad en vloerconstructies. Een houten verdiepingsvloer vraagt bijvoorbeeld om extra akoestische isolatie en een houten prefab gevelelement behoeft andere isolatie dan een massief binnenspouwblad.

Stap 3 resulteert uiteindelijk in een focus op de volgende 14 elementen:

- 1.1. Warmteopwekkingsinstallaties
- 1.2. Warmtedistributiesystemen
- 2.2. Elektriciteitsopwekkingsystemen
- 2.3. Elektriciteitslevering, extern
- 3.1. Spouwwanden, buitenblad
- 3.2. Spouwwanden, binnenblad
- 3.3. Isolatielagen
- 4.1. Beglazing
- 5.1. Vloeren, vrijdragend, begane grondvloer
- 5.2. Isolatielagen, begane grondvloer
- 5.3. Dekvloeren, begane grondvloer
- 6.1. Vloeren, vrijdragend, verdiepingsvloer
- 6.2. Isolatielagen, verdiepingsvloer (akoestisch)
- 6.3. Dekvloeren, verdiepingsvloeren



Abbeelding 3.4: Overzicht analyse stap 1, 2 en 3, onderverdeeld in gebouwonderdelen, subonderdelen en elementen

Stap 4

In stap 4 worden middels veto-vragen drie alternatieve opties per element gekozen. De vetovragen zorgen ervoor dat criteria die invloed hebben op de keuze aan het selectieproces kunnen worden toegevoegd. Denk bijvoorbeeld aan een te behalen isolatiewaarde die nodig is om aan het energieconcept of de minimale Bouwbesluiteis te voldoen. Niet alle isolatiematerialen in de MPG-tool voldoen aan de eis, dus niet alle materialen zijn geschikt voor de casus, zijnde een tussenwoning in EPC 0.4⁴, BENG¹ en NOM⁹. Door deze veto-vragen bestaat de top drie geselecteerde producten uit materialen die in de casus passen en kunnen er vervolgens combinaties gemaakt worden die maakbaar en haalbaar zijn.

Tabel 3.1 laat zien hoe een tabel met de veto-vragen eruit ziet. De lijst aan materialen in de MPGtool wordt van boven (laagste MPG-score) naar beneden (hoogste MPG-score) bekeken. Per materiaal worden de veto-vragen met een nee (✖) of ja (✓) beantwoord. Wanneer op een van de vragen 'nee' wordt geantwoord, komt het product te vervallen. Dit gaat zo door tot er een drietal producten over blijft. De geselecteerde materialen voor de top drie zijn in de totaalkolom gemarkeerd met een groen vak en een vinkje. De veto-vragen zijn bij deze materialen dus met 'ja' beantwoord. Alle tabellen zijn te vinden in Bijlage E (pagina 9-20).

	MPG-score per m ²	Algemeen		Conceptspecifiek EPC 0.4 BENG (all-electric) NOM (all-electric)					
		Toepasbaar als begane grondvloer isolatie bij gemeemde vloerconstructie?	Isolatielaag prefab toepasbaar bij gemeemde vloerconstructie?		Rc 4,5 m ² /KW mogelijk?		Rc 5,0 m ² /KW mogelijk?		Rc 5,0 m ² /KW mogelijk?
				totaal		totaal		totaal	
Geschikt voor massieve vloerconstructie Folie met aluminium; drielagig; R-waarde:3.5									
ROCKWOOL RockSono Base (210)	0,02	✓	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖
ROCKWOOL RockSono Solid (211)	0,47	✓	✖	✖	✓	✖	✓	✖	✖
Glaswol MWA 2012; platen; R-waarde:3.5	0,48	✓	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖
Steenwol MWA 2012; platen;	0,56	✓	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖
Isover Mupan Plus	0,59	✓	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖
Stybenex EPS plaat grijs 15 kg/m3	0,98	✓	✖	✖	✓	✖	✓	✖	✖
	1,12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Geschikt voor systeem vloerconstructie Folie met aluminium; drielagig; R-waarde:3.5									
ROCKWOOL RockSono Base (210)	0,02	✓	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖
ROCKWOOL RockSono Solid (211)	0,47	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	0,48	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabel 3.1: Voorbeeld veto-vragen isolatielagen

Stap 5

Stap 5 betreft het opstellen van het morfologisch schema (Tabel 3.3, volledige versie in Bijlage E, pagina 22-27) en samenstellen van verschillende scenario's per subonderdeel, met als hoofddoel een zo laag mogelijke MPG-score. De resultaten uit stap 4 worden verwerkt in het schema en de verschillende gekleurde lijnen laten de verschillende scenario's zien. Tot slot wordt

er gekozen voor de combinatie aan scenario's met de laagste MPG-score, tevens te zien in Bijlage E (Tabel E3.1). In het morfologisch schema zijn de definitieve gekozen materialen groen gekleurd. De gekozen materialen vormen de basis voor stap 6 en 7.

Tabel 3.2: Onderdeel morfologisch schema (voor volledige versie zie Bijlage E, pagina 9-20)

			EPC 0.4			
			variant 1a	1	2	3
Gebouwonderdeel	Subonderdeel	Element				
Installaties	warmtelevering	1.1 warmteopwekkinginstallaties	Individuele cv-ketel 24 kW (100%)	Individuele cv-ketel 24 kW (Sok)	Externe warmtelevering	Warmtepomp water-water 30 kW
			59,29	59,29	97,12	203,97
	elektrische installaties	1.2 warmtredistributesystemen	Polyethyleenpolybutileen; cv-leidingen incl. koppelingen + verdeling	Polyethyleenpolybutileen; cv-leidingen incl. koppelingen + verdeling	Polybutileen; cv-leidingen	
			1,56	1,36	2,11	
Gevels	gevels, dicht	2.1 elektriciteitsopwekkingssystemen	Kristallijn silicium, paneel (290 Wp/m ²); paneel+inverter+bekabeling+stroom	Kristallijn silicium, paneel (360 Wp/m ²); paneel+inverter+bekabeling+stroom	Kristallijn silicium, paneel (300 Wp/m ²); paneel+inverter+bekabeling+stroom	Kristallijn silicium, paneel (280 Wp/m ²); paneel+inverter+bekabeling+stroom
			103,35	103,35	103,35	103,35
	gevels, open	2.2 elektriciteitslevering, extern	Netstroom NL-noc, 1 kWh (forfaitair)	Netstroom NL-noc, 1 kWh (forfaitair)	WKK-systeem incl. net, 1 kWh (forfaitair)	Windstroom incl. net, 1 kWh (forfaitair)
			0,54	0,54	0,56	1,11
Gevels	gevels, dicht	3.1 spouwwallen, buitenblad	Baksteenmuur met isolatie	Europese loofhouten deuren; onbehandeld; duurzame bouw	Meranti deuren; duurzame bouw	Kalkzandsteen metselwerk
			6,52	0,39	0,84	1,58
		3.2 spouwwallen, binnenblad	Profels, beton; vieringbouw; AS-FAB	Houten buitenverandalement; HSB profiel; hout; isolatie; duurzame bouw; HBT	HSB, metalen pind; vieringbouw; hout; ind.; isolatie; duurzame bouw; HBT	Lichtbeton, profels; vieringbouw; AS-FAB
			3,25	1,15	2,81	2,64
Gevels	gevels, open	3.3 isolatielagen	Isolatie Mazon Ultra XS - R ₀ 4,5	Houten isolatie; isolatie (50 kg/m ³); R ₀ 4,5	Glasw. WVA 2012; platen; R ₀ 4,5	Isolatie Systemroll 400; R ₀ 4,56
			1,24	0,37	0,72	0,81
Gevels	gevels, open	4.1 beglazing	HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon); 4/16/4 mm	HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon); 4/16/4 mm	HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon); 4/16/6 mm	HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon); 6/16/4 mm
			18,63	18,63	19,41	20,67

Stap 6 en 7

De combinaties van scenario's uit het morfologisch schema worden doorgerekend om te kijken of het energieconcept (EPC 0.4⁴, BENG¹ of NOM⁹) intact blijft bij het doorvoeren van gemaakte keuzes. Alle EPC- en MPG-berekeningen zijn te vinden in Bijlage D. Blijft het energieconcept niet intact door gemaakte wijzigingen, dan wordt in het morfologisch schema een nieuw scenario uitgekozen. Dit wordt vervolgens opnieuw doorgerekend.

Dit is bijvoorbeeld het geval bij de warmteopwekkingsinstallatie (element 1.1) van variant 2b (BENG¹). Het scenario dat het meest gunstig is voor de MPG-score betreft externe warmtelevering, denk bijvoorbeeld aan warmte van afvalverbranding. De installatie past echter niet bij BENG¹, waarbij uit wordt gegaan van een aandeel van groter dan 50 procent hernieuwbare energie van de totale energievraag. Er wordt een nieuw scenario uitgekozen, het scenario dat

qua MPG-score op de tweede plek staat. Het betreft een water-water warmtepomp. Deze voldoet wel aan de eisen van het energieconcept BENG¹.

Stap 6 en 7 resulteren in een overzicht op elementenniveau van alle materialen van variant 2a, b en c, de MPG⁸ gestuurde variant van EPC 0.4⁴, BENG¹ en NOM⁹ (Tabel 3.3). Afbeelding 3.5.1, 2 en -3 geven een impressie van enkele gekozen materialen.

Tabel 3.3: Overzicht gekozen materialen variant 2

Element	Product omschrijving volgens MPG-tool	EPC 0.4	BENG	NOM
1.1 warmteopwekkings-installaties	Individuele cv-ketel 24 kW (Solo)	•		
	Warmtepomp water-water 30 kW		•	•
1.2 warmtedistributiesystemen	Polyetheen/polybuteen; cv-leidingen; incl. koppelingen + verdeling	•	•	•
2.1 elektriciteitsopwekkingssystemen	Kristallijn silicium, paneel (365 Wp/m ²); paneel+inverter+bekabeling+steun	•		
	Kristallijn silicium, paneel (365 Wp/m ²); paneel+inverter+bekabeling+steun		•	
	Kristallijn silicium, paneel (365 Wp/m ²); paneel+inverter+bekabeling+steun			•
2.2 elektriciteitslevering, extern	Netstroom; NL-mix, 1 kWh (forfaitair)	•	•	•
3.1 spouwwanden, buitenblad	Europees loofhouten delen; onbehandeld ;duurzame bosbouw			
3.2 spouwwanden, binnenblad	Houten buitenwandelement, HSB prefab; incl. isolatie; duurz.bosbeheer; NBvT (Rc 4,5) - d 235 mm	•		
	Houten buitenwandelement, HSB prefab; incl. isolatie; duurz.bosbeheer; NBvT (Rc 5,5) - d 270 mm		•	
	Houten buitenwandelement, HSB prefab; incl. isolatie; duurz.bosbeheer; NBvT (Rc 5,0) - d 245 mm			•
3.3 isolatielagen	* in HSB-gevelelement	•	•	•
4.1 beglazing	HR++ (dubbel) glas; coating / gasvulling (argon) , 4/16/4 mm	•		
	Drievoudig glas; droog beglaasd 36 mm		•	•
5.1 vloeren, vrijdragend	Houten vloerelement, HSB prefab; met OSB-plaat; duurzaam bosbeheer; NBvT	•	•	•
5.2 isolatielagen	ROCKWOOL RockSono Solid (211) - 195mm (Rc 4,0)	•		
	ROCKWOOL RockSono Solid (211) - 245mm (Rc 5,0)		•	•
5.3 dekvloeren	Anhydriet gietvloer, op 20mm polystyreen (NBVG)	•	•	•
6.1 vloeren, vrijdragend	Houten kanaalplaatvloer	•	•	•
6.2 isolatielagen	ROCKWOOL RockSono Base (210) - 90 mm	•	•	•
6.3 dekvloeren	Vloerelement, 20mm gipskartonplaat + 10mm steenwol (NBVG)	•	•	
	Anhydriet gietvloer, op 20mm polystyreen (NBVG)			•



Afbeelding 3.5.1: Gevelbekleding van Europees loofhouten delen, element 3.1 (Buchholz, 2017)



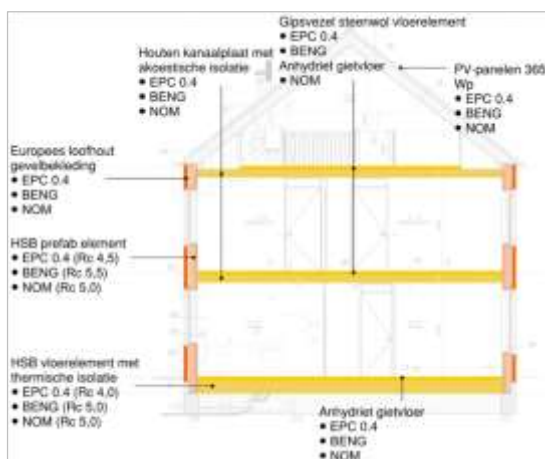
Afbeelding 3.5.2: HSB-buitenwand-element prefab, element 3.2 (Bouwkomeet, z.d.)



Afbeelding 3.5.2: Houten kanaalplaat, element 6.1 (Lignatur, 2012)

Geheel overzicht variant 2a, b en c

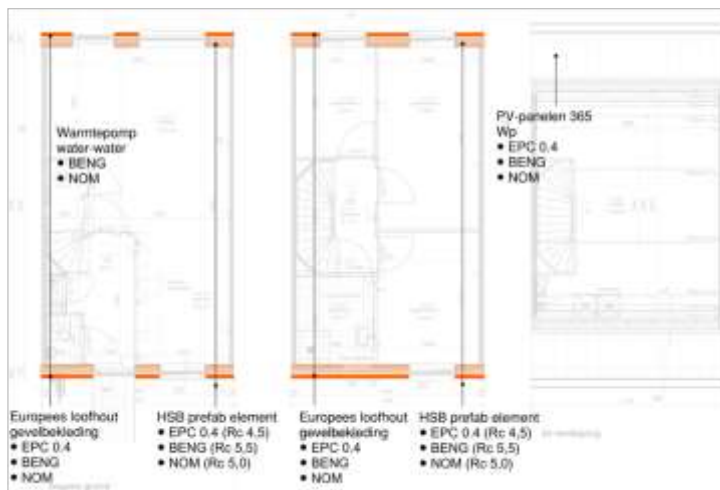
Bijlage E, Tabel E1.2 betreft overzicht van alle technische eigenschappen van variant 2a, b en c. Afbeelding 3.6.1 tot en met 3.6.3 is visueel weergegeven welke elementen zijn aangepast ten opzichte van variant 1.



Afbeelding 3.6.1: Aanpassingen ten opzichte van variant 1, doorsnede



Afbeelding 3.6.2: Aanpassingen ten opzichte van variant 1, gevels



Afbeelding 3.6.3: Aanpassingen ten opzichte van variant 1, plattegronden

Conclusie

Met behoud van de flexibiliteit van het *DIT is wonen* concept is in dit deelonderzoek variant 2 tot stand gekomen. Deze variant beschikt, net als variant 1, ook over een EPC 0.4⁴-, BENG¹- en NOM⁹-uitvoering. Variant 1 vormt de basis voor variant 2. Middels dit deelonderzoek zijn aanpassingen ten opzichte van variant 1 opgesteld om de woning MPG⁸ gestuurd te maken. De aanpassingen die gedaan zijn, zijn namelijk gebaseerd op een zo laag mogelijke MPG-score.

In de volgende deelonderzoeken, Hoofdstuk 4, 5, 6 en 7, wordt gekeken naar de gevolgen van deze aanpassingen op het gebied van milieu-impact, bouwkosten, woonlasten en 'begrijpbare waarde'.

H4 MPG-score

Welke MPG-scores behalen beide varianten?

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de MPG-berekeningen van de eerste variant (economisch gestuurd) en de tweede variant (milieu⁶ gestuurd) met elkaar vergeleken. In het vorige hoofdstuk, "*DIT is wonen, milieubewust*" is deze milieu⁶ gestuurde variant van de *DIT is wonen* tussenwoning toegelicht. Bij het opstellen van deze variant zijn drie gebouwonderdelen met de meeste impact (vloeren, gevels en installaties) aangepast. Bij het samenstellen van deze variant zijn uitsluitend materialen gekozen die een betere MPG-score hebben dan de materialen van de eerste variant.

Resultaten

De MPG-berekeningen zijn gemaakt in de Gemeentelijke Praktijk Richtlijn gebouw (GPRgebouw) software. Deze software beschikt over de meest recente rekenregels en actuele gegevens van producten uit de Nationale Milieu Database (NMD 2.1).

De MPG-scores van de economische varianten (1a, b en c) en de milieubewuste⁷ varianten (2a, b en c) worden met elkaar vergeleken. Bij de vergelijking wordt er onderscheid gemaakt tussen de drie grootste gebouwonderdelen; vloeren, gevels, installaties. Het kopje “Overig” betreft de overige vier gebouwonderdelen waar de MPG-tool onderscheid in maakt, namelijk fundering, draagconstructie, daken en inbouw. Deze overige gebouwonderdelen zijn tijdens het samenstellen van de milieubewuste⁷ variant 2a, b en c niet aangepast, maar behoren wel tot de totale MPG-score. Voor alle gebouwonderdelen is de milieu-impact uitgedrukt in euro's per vierkante meter bruto vloeroppervlak per jaar ($\text{m}^2 \text{ BVO/jaar}$).

*Afbeelding 4.1: Vergelijking MPG-scores ($\text{€}/\text{m}^2 \text{ BVO*jaar}$)*

In het overzicht in Afbeelding 4.1 zijn MPG-scores van de zes woonvarianten te zien. Bij alle drie de gebouwonderdelen is de MPG-score afgenomen, dat betekent dat de aanpassingen van variant 2 een positief effect hebben op de milieu-impact van de woning.

Toelichting resultaten

De resultaten worden aan de hand van tabellen (Bijlage C, Hoofdstuk 3) nader toegelicht. De tabellen vormen een overzicht van alle aanpassingen om variant 2 samen te stellen ten opzichte van variant 1. Deze aanpassingen kunnen een negatief en een positief effect hebben op de MPGscore. In Bijlage C wordt tevens de oorzaak van elke toe- of afname van de milieu-impact toegelicht.

Conclusie

Welke MPG-scores behalen beide varianten?

In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de MPG-berekeningen van de eerste variant (economisch gestuurd) en de tweede variant (milieu⁶ gestuurd) met elkaar vergeleken. Bij het maken van de vergelijking is gebleken dat de meeste winst is behaald bij het aanpassen van variant 1c naar variant 2c (de NOM⁹-woningen). De resultaten in Bijlage C laten zien dat het reduceren van het aantal PV-panelen hier een aanzienlijke bijdrage aan heeft geleverd.

Opvallend is ook dat van alle elementen het aanpassen van de buitengevel naar verhouding de meeste winst heeft opgeleverd. In totaal laten de behaalde resultaten een kleiner verschil zien dan verwacht. Met name op het gebouwonderdeel installaties vallen de verschillen tussen de MPG-scores van beide varianten tegen. Het relatief kleine verschil komt doordat de energievraag niet is verminderd tussen de drie energieconcepten van de twee varianten. Enkel de opwekking van energie van variant 2 is gewijzigd ten opzichte van variant 1. Bij variant 2 zijn namelijk PV-panelen met een hoger vermogen toegepast, het aantal PV-panelen kon hierdoor afnemen.

H5 Bouwkosten

Wat zijn de bouwkosten van beide varianten?

In dit deelonderzoek worden de bouwkosten van de eerste variant (economisch gestuurd) en de tweede variant (milieu⁶ gestuurd) met elkaar vergeleken. De eerste variant is gestuurd op een zo laag mogelijke kostprijs. De verwachting is dat de tweede variant, waarbij niet gestuurd is op kostprijs van producten maar op de milieulast ervan, hogere bouwkosten zal hebben.

Resultaten

Tabel 5.1 laat zien wat de totale bouwkosten en de vrij-op-naam prijzen zijn van alle zes woningen. In de tabel is zichtbaar wat de verschillen in bouwkosten en vrij-op-naam prijzen zijn tussen de twee woningen met hetzelfde energieconcept. Dus de waardes van woning 2a (EPC0.4 milieu⁶ gestuurd) worden vergeleken met de waardes van woning 1a (EPC0.4 economisch gestuurd), et cetera. In Afbeelding 5.1 staan deze gegevens in staafdiagrammen naast elkaar.

De hogere bouwkosten (exclusief btw) en vrij-op-naam prijzen van de woningen 2a, b en c ten opzichte van 1a, b en c zijn te verklaren door de aanpassingen aan het gevelsysteem, de gevelbekleding, vloersystemen en installaties. Woning 1b en c zijn uitgerust met een luchtwarmtepomp, woning 2b en c zijn uitgerust met een waterwarmtepomp. Een waterwarmtepomp is doorgaans duurder dan een luchtwarmtepomp. Het grootste verschil wordt echter veroorzaakt door de toepassing van duurdere PV-panelen bij woning 2a, b en c. Dit heeft

met name invloed op de stijging van de kosten van woning 2c ten opzichte van woning 1c. Woning 2c beschikt weliswaar over twee PV-panelen minder dan woning 1c, het type dat wordt toegepast is duurder (meer vermogen, hogere kwaliteit).

De resultaten van de bouwkosten, bijkomende kosten, stichtingskosten en vrij-op-naam prijs zijn opgenomen in Bijlage E, Tabel E4.1.1 en E4.1.2.

Tabel 5.1: Resultaten bouwkosten (inclusief deel bijkomende kosten) en V.O.N. prijs beknopt

1. TOTAAL BOUWKOSTEN	€ 90.974,40	€ 111.577,59	€ 115.948,29	€ 110.183,39	€ 136.164,20	€ 144.551,54
Meerkosten t.o.v. variant 1 gelijkwaardig energieconcept				€ 19.208,99	€ 24.586,62	€ 28.603,24
Vershil in % t.o.v. variant 1 gelijkwaardig energieconcept				21%	22%	25%
V.O.N. prijs	€ 183.048,00	€ 210.507,00	€ 216.332,00	€ 208.649,00	€ 243.275,00	€ 254.453,00
Meerkosten t.o.v. variant 1 gelijkwaardig energieconcept				€ 25.601,00	€ 32.768,00	€ 38.121,00
Vershil in % t.o.v. variant 1 gelijkwaardig energieconcept				14%	16%	18%



Afbeelding 5.1: Bouwkosten, gegroepeerd per energieconcept

Conclusie

Wat zijn de bouwkosten van beide varianten?

De drie woningen van variant 2 (milieu⁶ gestuurd) hebben hogere bouwkosten en hogere vrij-op-naam prijzen dan de drie woningen van variant 1. Deze verschillen zijn te verklaren door

aanpassingen aan de gevel, vloer en installaties. In het volgende hoofdstuk wordt zichtbaar wat deze hogere bouwkosten met de woonlasten van de woningen doet.

De NOM⁹-woningen, 1c en 2c, verschillen het meest in bouwkosten (25%) en prijs (18%). Dit relatief grote verschil komt door het toepassen van een duurder warmteopwekkingsinstallaties en elektriciteitsopwekkingsstelsel.

De vrij-op-naam prijzen laten onderling een kleiner verschil zien dan de bouwkosten. Voor de stichtingskosten en bijkomende kosten zijn bij alle zes woningen dezelfde uitgangspunten genomen. Dit zorgt ervoor dat het relatief grote verschil in de bouwkosten deels recht wordt getrokken.

H6 Woonlasten

Wat zijn de woonlasten van beide varianten?

In dit hoofdstuk worden de woonlasten van de zes woningen bepaald. De woonlasten bestaan uit de volgende drie onderdelen:

- Hypotheeklasten ○
- Energielasten ○
- Onderhoudskosten

Verzekeringen worden in deze benadering buiten beschouwing gelaten. Deze kunnen verschillen wanneer men bijvoorbeeld kiest voor een duurdere of complexere installatie, maar deze variabele is nog niet concreet genoeg om mee te nemen in de vergelijking.

Hypotheeklasten

De meest voorkomende hypotheekvormen zijn een annuïteiten- en lineaire hypotheek. “Tot 2013 was het mogelijk om ook bij andere hypotheekvormen dan een annuïteiten- of een lineaire hypotheek hypotheekrenteaf trek te krijgen. De meeste hypotheekvormen zijn echter niet meer af te sluiten” (De Hypotheker, 2018). Alle reeds bestaande hypotheeken met overgangsrecht kunnen fiscaal doorgezet worden (De Hypotheker, 2018). In Bijlage C, Hoofdstuk 5 zijn beide hypotheekvormen vergeleken. Bij het bepalen van de woonlasten voor dit onderzoek wordt enkel gekeken naar een annuïteitenhypotheek, deze komt het meest voor.

Middels de Hypotheeklastencalculator.nl wordt de hoogte van de maandelijkse aflossing vastgesteld.

Energielasten

Het gebouwgebonden energieverbruik komt voort uit de EPC-berekeningen (Bijlage D). Voor het gebruikersgebonden energieverbruik wordt een stelpost van 2.700 kWh per jaar opgenomen.

Deze waarde is vastgesteld door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland voor NOM⁹woningen. Om de woningen vergelijkbaar te houden wordt er ook bij de EPC0.4- en BENG¹varianten uitgegaan van eenzelfde huishoudelijk verbruik.

De opwekking van elektrische energie komt tevens voort uit de EPC-berekeningen. Hierbij is reeds rekening gehouden met het nadelige effect van de zonoriëntatie en de standhelling van het paneel (afhankelijk van de helling van het dakvlak) op het daadwerkelijk opgewekte vermogen.

Het totale energieverbruik minus de duurzaam opgewekte elektriciteit op het eigen perceel betreft de energievraag aan het net. In de berekening is naast het tarief van de netstroom ook rekening gehouden met de aansluitkosten. Op een NOM⁹-woning zijn deze aansluitkosten ook van toepassing. Het kan namelijk zo zijn dat:

1. de woning in de winter meer gebruikt en in de zomer minder. Het jaarsaldo van de energievraag aan het net is nul, maar in de winter wordt er onvoldoende energie opgewekt op het eigen perceel en in de zomer kan er terug geleverd worden aan het net.
2. de gebruiker dermate veel energie verbruikt dat het de stelpost van 2.700 kWh per jaar overschrijdt. In dit geval wordt het verschil aangevuld door netstroom en zal de gebruiker dit terugzien op zijn energierekening.

Onderhoudskosten

Voor het bepalen van de onderhoudskosten wordt uitgegaan van een exploitatie van tien jaar. Deze tien jaar is gekoppeld aan de garantieperiode die een aannemer moet afgeven aan de opdrachtgever (particulier) die een NOM⁹-woning koopt. Deze garantie regelt Giesbers via SWK, Stichting Waarborgfonds Koopwoningen, middels de Energie Prestatie Garantie (EPG). Deze EPG stelt het volgende:

De EPG is een aanvullende verzekerde garantie op de regulier SWK-garantieproducten en beschreven in module III behorende bij de SWK Garantie- en waarborgregeling. Met deze aanvullende garantie kan de ondernemer/ontwikkelaar de opdrachtgever voor een periode van 10 jaar de zekerheid bieden dat de beoogde energieprestatie van de woning wordt gerealiseerd. De beoogde energieprestatie wordt bepaald door de energiebesparende voorzieningen in de woning in combinatie met de installaties voor energieopwekking (Stichting Waarborgfonds Koopwoningen [SWK], z.d.).

De onderhoudskosten zijn bepaald middels Cobouw, Bouwkosten. De onderhoudskosten zijn reserveringskosten voor normaal onderhoud, herstelwerkzaamheden en vervanging (Cobouw, z.d.). “Alle vermelde kosten zijn op basis van de contante waarde en annuïteitenmethode teruggerekend naar reserveringskosten per jaar. Bij de berekening van de kosten is rekening gehouden met:

- rentepercentage;
- levensduur van de betreffende component per niveau van onderhoud;
- toekomstige prijsstijgingen” (Cobouw, z.d.)

Resultaten

Tabel 6.1 tot en met 6.4 betreffen de resultaten van de woonlastenberekening, opgesplitst in hypotheeklasten, energielasten en onderhoudskosten. In Bijlage E (Tabel E4.1.1-E4.4.2) is de totale berekening zichtbaar, tevens onderverdeeld in een totaaloverzicht van de woonlasten, hypotheeklasten, energielasten en onderhoudskosten.

Hypotheeklasten

Tabel 6.2: Hypotheeklasten beknopt (Bijlage E, Tabel E4.2)

Uitgangspunten						
De uitgangspunten in deze berekening komen voort uit de EPC- (Bijlage F): berekening		n voort een berekening op				
Hypotheeksom		€ 183.048,00	€ 210.507,00	€ 216.332,00	€ 208.649,00	€ 243.275,00
						€ 254.453,00
Rentepercentage nominaal	3,10%					
Rentevaste periode	30,00 jaar					
Ingangsdatum	01-05-18					
Looptijd	30 jaar					
Hypotheekrenteaf trek	40,85% *					
* uitgaande van modaal inkomen 201900 / jaar						
(€35)						
1. HYPOTHEEKLASTEN						
1. TOTALE NETTO HYPOTHEEKLASTEN per jaar		€ 7.061,76	€ 8.121,00	€ 8.345,76	€ 8.049,36	€ 9.235,56
Gemiddelde netto hypotheeklasten per maand		€ 588,48	€ 676,75	€ 695,48	€ 670,78	€ 769,63
						€ 818,03

Energielasten

Tabel 6.3: Energielasten beknopt (Bijlage E, Tabel E4.4.1 en E4.4.2)

Uitgangspunten						
De uitgangspunten in deze berekening komen voort uit de EPC- (Bijlage F): berekening						
De tarieven voor elektra en gas komen van Greenchoice Groene Stroom						
(https://www.greenchoice.nl/tarieven/)						
Gebouwgebonden energieverbruik		634,00	2.390,00	2.101,00	634,00	2.406,00
Gebouwgebonden stroomverbruik	kWh/jr					2.446,00
Gebouwgebonden gasverbruik	m3/jr	552,00	0,00	0,00	507,00	0,00
Gebruikersgebonden (huishoudelijk) energieverbruik						
Gebruikersgebonden energieverbruik (enkel str kWh/jr)		2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00	2.700,00
4. TOTAAL ENERGIELASTEN						
Heffingskorting per €	373,33					
2. TOTAAL KOSTEN GASVERBRUIK	jaar	€ 592,44	€ 232,75	€ 232,75	€ 563,12	€ 232,75
3. TOTAAL KOSTEN STROOMVERBRUIK	jaar	€ 960,14	€ 1.170,34	€ 282,21	€ 946,87	€ 1.191,45
4. TOTAAL ENERGIELASTEN per jaar		€ 1.179,25	€ 1.029,77	€ 141,64	€ 1.136,65	€ 1.050,87
Gemiddelde energiekosten per maand		€ 98,27	€ 85,81	€ 11,80	€ 94,72	€ 87,57
						€ 12,06

Onderhoudskosten

Tabel 6.4: Onderhoudskosten beknopt (Bijlage E, Tabel E4.3)

Uitgangspunten						
Exploitatieperiode 10,00 jaar						
3. TOTAAL ONDERHOUDSKOSTEN	€	€	€	€	€	€
1. ONDERHOUDSKOSTEN INSTALLATIE	430,85	632,60	1.839,35	430,85	701,80	1.908,55
2. ONDERHOUDSKOSTEN BOUWKUNDIG	€	€	€	€	€	€
	2.885,11	2.918,32	2.918,32	2.805,07	2.838,28	2.997,92
1. TOTAAL ONDERHOUDSKOSTEN per jaar	€	€	€	€	€	€
Gemiddelde onderh.skosten per maand	3.315,96	3.550,92	4.757,67	3.235,92	3.540,08	4.906,47
	€	€	€	€	€	€
	276,33	295,91	396,47	269,66	295,01	408,87

Totaaloverzicht woonlasten

Tabel 4: Beknopt totaaloverzicht woonlasten (Bijlage E, Tabel E4.1.1 en E4.1.2)

V.O.N. prijs	€ 183.048,00	€ 210.507,00	€ 216.332,00	€ 208.649,00	€ 243.275,00	€ 254.453,00
Meerkosten t.o.v. variant 1 gelijkwaardig energieconcept				€ 25.601,00	€ 32.768,00	€ 38.121,00
Vershil in % t.o.v. variant 1 gelijkwaardig energieconcept				14%	16%	18%
Hypotheeklasten						
Hypotheeklasten per jaar	€ 7.061,76	€ 8.121,00	€ 8.345,76	€ 8.049,36	€ 9.235,56	€ 9.816,36
Hypotheeklasten per maand	€ 588,48	€ 676,75	€ 695,48	€ 670,78	€ 769,63	€ 818,03
Energielasten						
Energielasten per jaar	€ 1.179,25	€ 1.029,77	€ 141,64	€ 1.136,65	€ 1.050,87	€ 144,72
Energielasten per maand	€ 98,27	€ 85,81	€ 11,80	€ 94,72	€ 87,57	€ 12,06
Onderhoudskosten						
Onderhoudskosten per jaar	€ 3.315,96	€ 3.550,92	€ 4.757,67	€ 3.235,92	€ 3.540,08	€ 4.906,47
Onderhoudskosten per maand	€ 276,33	€ 295,91	€ 396,47	€ 269,66	€ 295,01	€ 408,87
Kosten per jaar, exploitatieperiode 10 jaar	€ 11.556,97	€ 12.701,68	€ 13.245,06	€ 12.421,93	€ 13.826,52	€ 14.867,55
Kosten per maand, exploitatieperiode 10 jaar	€ 963,08	€ 1.058,47	€ 1.103,76	€ 1.035,16	€ 1.152,21	€ 1.238,96
Meerkosten t.o.v. variant 1 gelijkwaardig energieconcept				€ 72,08	€ 93,74	€ 135,21
Vershil in % t.o.v. variant 1 gelijkwaardig energieconcept				7%	9%	12%



Afbeelding 6.1: Woonlasten uitgedrukt in €/maand, gegroepeerd per energieconcept

Conclusie

Doordat de drie woningen van variant 2 (MPG⁸ gestuurd) duurder zijn dan de woning van hetzelfde energieconcept van variant 1 (economisch gestuurd), komt men op hogere hypotheeklasten uit.

De energielasten tussen de drie woningen van variant 1 en 2 zijn bijna gelijk, de energieconcepten zijn namelijk onveranderd gebleven. Het verschil komt door de verandering in de hoeveelheid opgewekte energie. Doordat het aantal PV-panelen en de kwaliteit ervan gewijzigd is ten opzichte van variant 1 is de verhouding tussen eigen opgewekte energie en de energievraag van het net enigszins gewijzigd.

Ondanks de onveranderde concepten is het onderhoud van met name de installaties van de woning van de tweede variant wel toegenomen. De warmteopwekkingsinstallatie is hiervan de belangrijkste oorzaak, een waterwarmtepomp is namelijk duurder om te vervangen en te onderhouden dan een luchtwarmtepomp.

H7 Begrijpbare waarde

Naar welke waarde kan de MPG⁸ omgerekend worden, zodat bouwer en consument zich meer bewust worden van de meerwaarde van een minimale milieu-impact (volgens de MPGbenadering)?

In dit hoofdstuk wordt de meerwaarde van het minimaliseren van de milieu-impact in een 'begrijpbare waarde' uitgedrukt. Middels de MPG-berekeningen is een MPG-score bepaald. Deze score vertegenwoordigt de milieulast van de woning en wordt uitgedrukt in €/m² BVO/jaar (W/Eadviseurs, 2017). Deze euro heeft echter voor bouwer en vooral voor consument (nog) geen betekenis. Het bedrag hoeft niet betaald te worden. Wat betekent het dat de milieulast van een woning bijvoorbeeld € 0,70 /m² BVO/jaar is?

De hoogte van de MPG-score van een woning heeft voor de consument geen (financiële) gevolgen en het zal dus ook nog niet meegewogen worden bij het kiezen van een woning. Uit het interview met Kalliste (Bijlage G, Gespreksnotulen) is gebleken dat de consument snel mee gaat als het gaat over duurzaamheid³. Als de meerwaarde van de MPG-score inzichtelijk is zal de consument eerder voor een milieubewuste⁷ woning kiezen. De vraag is alleen hoeveel de consument bereid is ervoor te betalen.

Om de juiste begrijpbare waarde uit te drukken is het noodzakelijk eerst naar de totstandkoming van de MPG-score te kijken. In Hoofdstuk 3, *"DIT is wonen, milieubewust"* wordt dit al kort toegelicht.

Totstandkoming MPG-score

De MPG⁸ berekent de totale milieubelasting van een gebouw. Het effect van het gebouw op het milieu⁶ wordt bepaald door elf milieueffecten, zoals uitputting van grondstoffen, bijdrage aan het broeikaseffect en aantasting van de ozonlaag (W/E-adviseurs, 2017). Deze elf milieueffecten worden vervolgens teruggebracht tot de 1-puntscore, dit wordt de schaduwprijs¹⁰ (MPG-score) genoemd. De schaduwprijs¹⁰ is: “de theoretische schatting van de kosten, die de overheid ervoor over heeft om de milieuschade te voorkomen of te verhelpen” (W/E-adviseurs, z.d.).

Toelichting begrijpbare waarde

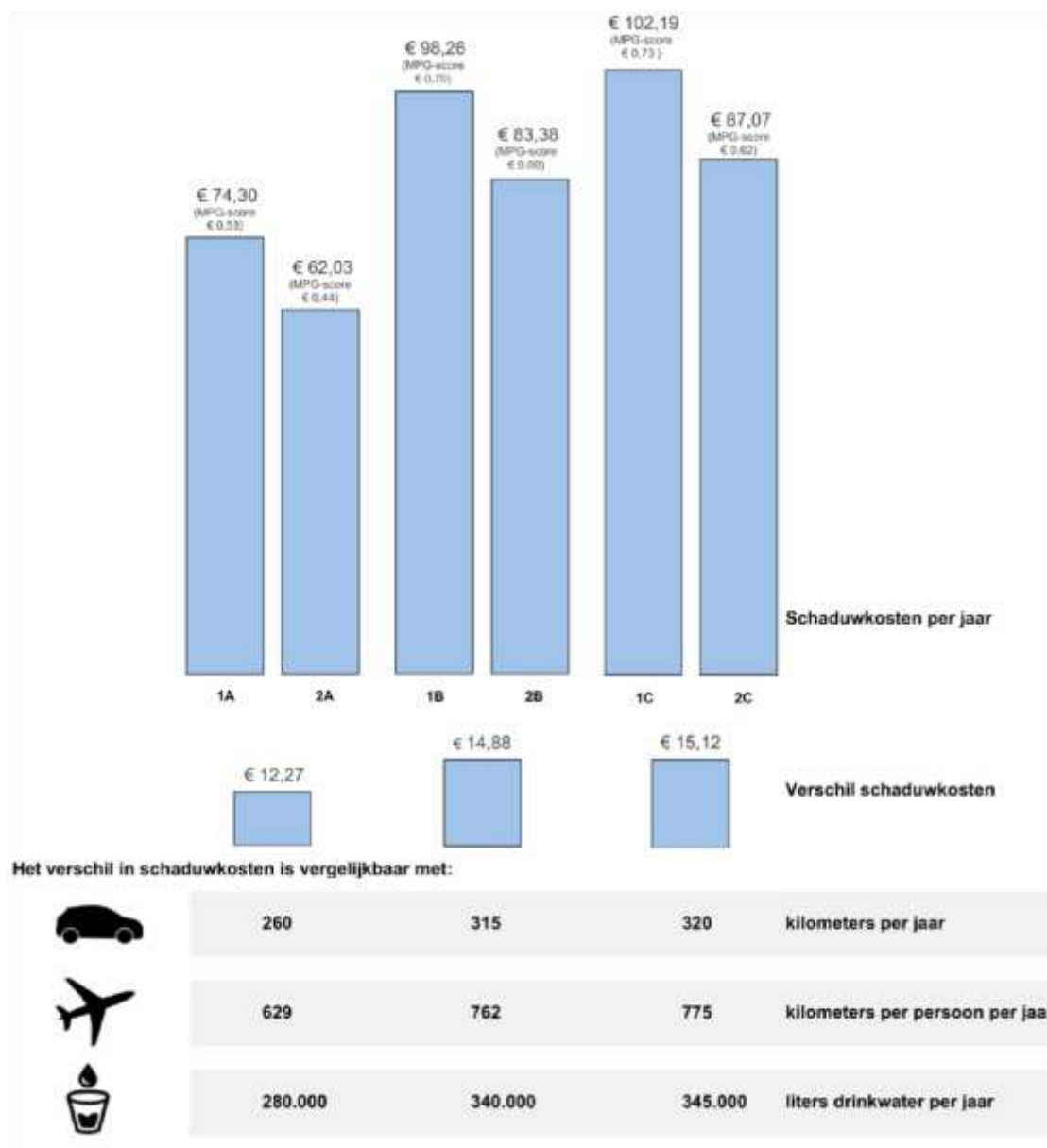
Het doel van de begrijpbare waarde is de bouwer en consument bewust te maken van de milieubelasting die voortkomt uit hun keuze voor een woning en hiervan de meerwaarde te laten zien. Om de milieu-impact uit te drukken in een begrijpbare waarde is er onderzoek gedaan naar een mogelijke vertaling van de milieu-impact (Bijlage C, Hoofdstuk 6). Uiteindelijk is er gekozen om de milieu-impact van de woningen inzichtelijk te maken door de schaduwkosten¹⁰ van de woningen te vergelijken met de schaduwkosten¹⁰ van dagelijkse dingen die begrijpelijk zijn voor de consument. In dit onderzoek zal de milieu-impact van de woningen worden vergeleken met de milieu-impact van drie dagelijkse dingen:

- Personenauto per kilometer (1 kilometer afgelegd ongeacht het aantal passagiers)
- Vliegtuig per kilometer (1 persoon vervoerd over 1 kilometer)
- Drinkwater per liter

Resultaten

Afbeelding 7.1 laat zien wat de totale schaduwkosten¹⁰ per jaar zijn van alle 6 woningvarianten. Deze schaduwpreizen¹⁰ zijn per jaar berekend, dit houdt in dat de MPG-score wordt vermenigvuldigd met het bruto vloeroppervlak van de woning. De waardes worden per concept vergeleken, dus woning 2a (EPC 0,4 milieu⁶ gestuurd) wordt vergeleken met de waardes van woning 1a (EPC 0,4 economisch gestuurd), et cetera. Het verschil in schaduwkosten¹⁰ tussen beide woningen wordt vervolgens vergeleken met de schaduwkosten¹⁰ van de drie begrijpbare waarden: personenauto per kilometer, vliegtuig per kilometer en drinkwater per liter.

Voorbeeld: Als de MPG-score van de woning € 0,50 is, dan is de totale schaduwprijs¹⁰ van de woning met een oppervlakte van 100 m² BVO totaal € 50,- per jaar. Dit is de prijs die men fictief moet betalen om de schade aan het milieu⁶ (door het produceren van de woning) te herstellen. Dit is vergelijkbaar met de schade aan het milieu⁶ wanneer men 1.000 kilometer met de auto rijdt.



Afbeelding 7.1: Schaduwkosten¹⁰ (MPG-score) uitgedrukt in drie begrijpbare waarden

Toelichting resultaten

De verschillen in schaduwkosten¹⁰ worden vergeleken met de drie begrijpbare waarden. Opmerkelijk is dat het verschil van de schaduwkosten¹⁰, vergelijkbaar met de milieu-impact van kilometers met de auto erg laag is. Tussen woning 1a en 2a is dat verschil maar 260 kilometer per jaar. Om dit verschil te verklaren zijn er meerdere antwoorden mogelijk. De schade aan het milieu⁶ door een autorit is tamelijk groot, waardoor de vergelijking met de woningen erg klein lijkt. Of de totale milieu-impact van de woning is erg klein.

Het verschil in schaduwkosten¹⁰ kan ook worden vergeleken met liters drinkwater. Dit verschil laat de hoeveelheid liters drinkwater zien met een gelijke milieubelasting als de milieubelasting van

de woningen. Bij woning c is dat verschil 345.000 liter drinkwater per jaar. Dat is tweemaal de hoeveelheid drinkwater dat een vier-persoons huishouden per jaar verbruikt. Tabel 7.1 laat een aantal vergelijkingen van de drie genoemde begrijpbare waarden zien.

Tabel 7.1: Vergelijking begrijpbare waarden

		A (EPC 0,4)	B (BENG)	C (NOM)
	km	260	315	320
	gelijk aan	Van Amsterdam naar Keulen	Van Groningen naar Sittard	Van Groningen naar Zienkzee
	km	629	762	775
	gelijk aan	Van Schiphol airport naar Kopenhagen	Van Schiphol airport naar Dublin	Van Schiphol airport naar Salzburg
	liter	280.000	340.000	345.000
	gelijk aan	Het waterverbruik van 600 uur douchen per jaar	5 x het waterverbruik van 1 pers. per jaar	2 x het waterverbruik van 4 pers. huishouden per jaar

Conclusie

Naar welke waarde kan de MPG⁸ omgerekend worden, zodat bouwer en consument zich meer bewust worden van de meerwaarde van een minimale milieu-impact (volgens de MPGbenadering)?

In dit hoofdstuk is de meerwaarde van het minimaliseren van de milieu-impact in een begrijpbare waarde uitgedrukt. Voor de begrijpbare waarde is gekozen voor het vergelijken van de schaduwkosten¹⁰ van de woningen met de schaduwkosten¹⁰ van dagelijkse dingen. Bouwer en consument krijgen zo een idee bij de grootte van het verschil in milieu-impact tussen een economisch-gestuurde tussenwoning en een milieu-gestuurde tussenwoning.

H8 Vergelijking op 4 niveaus

Wat zegt de vergelijking tussen beide varianten kijkend naar de vier genoemde vergelijkingsniveaus (MPG⁸, bouwkosten, woonlasten en begrijpbare waarde)?

In voorgaande hoofdstukken worden de twee woningvarianten toegelicht en zijn deze twee varianten vergeleken op vier niveaus. In dit hoofdstuk worden alle bevinden toegelicht en in een overzicht naast elkaar gezet. Afbeelding 8.1 laat de resultaten in grafieken zien.

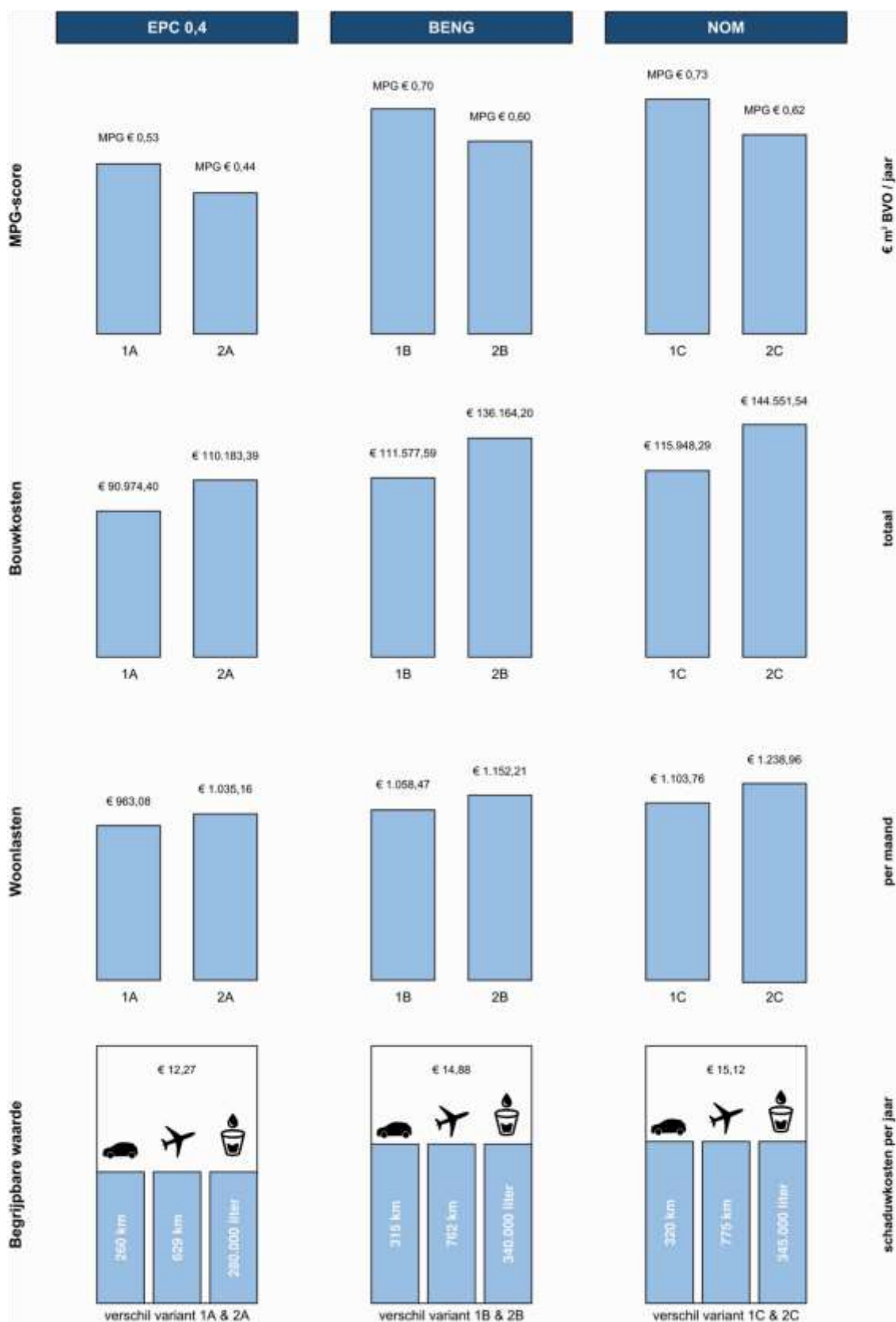
Resultaten

Voornaamste bevindingen:

MPG-score	- Installaties betreft het gebouwdeel met de grootste invloed op de MPG-score, maar na het samenstellen van de MPG-gestuurde variant blijkt dat dit onderdeel het minst grote verschil in score oplevert. - - Het gebouwdeel gevels laat tussen de eerste en tweede variant het grootste verschil zien. Met name de elementen binnenblad en gevelbekleding zorgen voor dit grote verschil. Door de toepassing van een HSB-gevelelement met houten gevelbekleding is de MPG-score van variant 2 lager dan de MPG-score van variant 1. - - Tevens laat het aandeel vloeren een verschil zien tussen variant 1 en 2. Door te kiezen voor houten vloersystemen bij variant 2 is de score van deze variant gedaald ten opzichte van variant 1, waar gebruik wordt gemaakt van prefab betonnen vloeren.
Bouwkosten	- De bouwkosten van variant 2 zijn hoger dan de bouwkosten van variant 1, maar door de bijkomende kosten en stichtingskosten wordt dit verschil relatief kleiner. - Het aandeel voor de installaties in de bouwkosten neemt bij de BENG¹- en NOM⁹-woningen van variant 2 toe ten opzichte van de BENG¹- en NOM⁹-woningen van variant 1. Bij woning 2b en c is gekozen voor duurdere warmteopwekkingsinstallaties en PV-panelen dan bij woning 1b en c. - Het aandeel voor het gebouwonderdeel gevels laat tussen variant 1 en 2 een kleine stijging zien. Dit komt doordat variant 2 wordt uitgerust met een HSB-gevelsysteem en houten gevelbekleding. Deze systemen zijn duurder in productie en montage.
Woonlasten	- Door de stijging van de bouwkosten van variant 2 ten opzichte van variant 1 is de vrij-op-naam prijs toegenomen. Dit resulteert in hogere hypotheeklasten voor de woningen 2a, b en c, dan de woningen 1a, b en c.

Begrijpbare
waarde

- De energielasten zijn per energieconcept vrijwel gelijk gebleven. De energiekosten van woning 2a, b en c zijn nauwelijks hoger dan die van woning 1a, b en c. Dit komt doordat de energieconcepten tussen variant 1 en 2 onveranderd zijn gebleven en deze concepten bepalen het energieverbruik, de energieopwekking en –vraag. Dat wat de woningen van het net vragen blijft dus ongeveer hetzelfde.
- De onderhoudskosten van met name de BENG¹- en NOM⁹-woningen van variant 2 zijn duurder dan van de vergelijkbare woningen van variant 1. Dit komt doordat de waterwarmtepomp duurder is om te vervangen en onderhouden dan de luchtwarmtepomp in variant 1.
- In Tabel 7.1 wordt de reductie op de milieu-impact vergeleken met
- Het gebouwonderdeel vloeren is bij variant 2 ruimt twee keer zo duur als bij variant 1. Dit komt met name door de hoge prijs van houten kanaalplaatvloeren. Deze zijn duur in productie en transport. drie begrijpbare waarden. De reductie van de milieu-impact kan bijvoorbeeld worden vergeleken met liters drinkwater. De waardes die in de tabel worden genoemd laten de verschillen tussen de woningen per energieconcept zien, uitgedrukt in een vergelijkbare milieuimpact.



Afbeelding 8.4: Overzicht resultaten MPG-score, bouwkosten, woonlasten en begrijpbare waarde

Conclusie

Het gebouwonderdeel installaties vertegenwoordigt een groot aandeel van de MPG-score, maar binnen de kaders van gegeven energieconcepten is het moeilijk de milieu-impact van de woning te verlagen. De relatief kleine winst die te behalen valt vraagt om een relatief grote investering en resulteert in toenemende woonlasten.

De gebouwonderdelen gevels en vloeren vertegenwoordigen beide een kleiner aandeel van de MPG-score, maar bieden meer ruimte om de milieu-impact van de woning te verlagen. Door te kiezen voor houten materialen, die doorgaans beter scoren in de tool dan massieve of betonnen systemen, kan de MPG-score van de woning dalen.

Het reduceren van de milieu-impact van de woning kan door de aandacht te vestigen op materiaalkeuze, maar de overige twee knoppen waaraan gedraaid kan worden in de MPG-tool zullen een grotere reductie laten zien. Deze knoppen betreffen de dimensie en levensduur van de woning.

Toevoeging transcript

Het doel van de afstudeeropdracht is het leveren van een bijdrage aan de bewustwording van de milieu-impact van de gebouwde omgeving bij bouwer en consument. Om de bevindingen van dit onderzoek extra inzichtelijk te maken is er een transcript geschreven voor een informatieve video. Deze video toont de noodzaak van de bewustwording en van het onderzoek en maakt de meerwaarde van een woning die gestuurd is op milieu⁶ inzichtelijk. De video zal daardoor een extra bijdrage kunnen leveren aan de bewustwording van bouwer en consument. Het transcript is te vinden in Bijlage C, Hoofdstuk 7.

H9 Conclusie

In dit afstudeeronderzoek is gezocht naar antwoord op de vraag: “Wat is de meerwaarde van een woning waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke milieu-impact (benaderd middels de MPG-score) ten opzichte van een woning waarbij gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke kostprijs en hoe maken we dit inzichtelijk voor bouwer en consument?” Hiervoor is een crosssectioneel vergelijkend onderzoek uitgevoerd. Het onderzoek bestaat namelijk uit de vergelijking tussen een zestal woningen op vier niveaus. De EPC 0.4⁴-, BENG¹- en NOM⁹-woning van variant 1, gestuurd op een zo laag mogelijke kostprijs, zijn vergeleken met de EPC 0.4⁴-, BENG¹- en NOM⁹-woning van variant 2, gestuurd op een zo laag mogelijke milieu-impact.

Uit het onderzoek is gebleken dat de woningen van variant 2 weliswaar een lagere milieu-impact hebben, ze zijn ook duurder dan de woning met hetzelfde energieconcept van variant 1. De

houten gevel- en vloersystemen en houten gevelbekleding van variant 2 hebben een lagere milieulast dan de betonnen gevels en vloeren en bakstenen gevel, maar deze houten elementen zijn duurder. Ook de installaties met een lagere milieulast zijn duurder in aanschaf.

Door de toename van bouwkosten van de woningen van variant 2 ten opzichte van de woningen van variant 1 stijgen de maandelijkse woonlasten. De hypotheeklasten en onderhoudskosten nemen namelijk toe. De energiekosten blijven vrijwel gelijk, omdat het energieconcept tussen variant 2a en 1a (EPC 0.4⁴), 2b en 1b (BENG¹), en 2c en 1c (NOM⁹) gelijk blijven. De verhouding tussen het aandeel energieopwekking, -verbruik en -vraag is onveranderd.

Dus alle woningen van de MPG-gestuurde variant (variant 2) hebben een lagere MPG-score dan de woningen van de economisch gestuurde variant (variant 1). De woningen van variant 2 hebben echter wel hogere bouwkosten en woonlasten. De meerwaarde wordt inzichtelijk gemaakt middels een drietal 'begrijpbare waarden', namelijk een vertaling naar de milieulast van drinkwater, kilometers vliegen voor een persoon en kilometers met een eenpersoons auto.

Woning 2a belast het milieu⁶ minder dan woning 1a, de MPG-score is € 0,09 per m² BVO per jaar lager. Dit lijkt niet veel, maar de verminderde impact op het milieu⁶ van de hele woning is te vergelijken met de milieulast van 280.000 liter drinkwater per jaar. Dit staat gelijk aan wel 600 uur douchen!

Woning 2b belast het milieu⁶ minder dan de BENG¹-uitvoering van variant 1, woning 1b. De MPGscore is € 0,10 per m² BVO per jaar lager. Deze verminderde impact van de hele woning is te vergelijken met de milieulast van 315 km met een personenauto per jaar. Dit staat ongeveer gelijk aan een rit van Groningen naar Sittard.

De NOM⁹-woning van variant 2 heeft ook een kleinere impact op het milieu⁶ dan de NOM⁹-woning van variant 1, woning 1c. De MPG-score is € 0,11 per m² BVO per jaar lager. Deze verminderde impact van de hele woning is te vergelijken met de milieulast van 775 km vliegen voor een persoon per jaar. Dit is hemelsbreed net zo ver als een vlucht van Schiphol Airport naar Salzburg, Oostenrijk.

H10 Aanbeveling

In dit hoofdstuk zullen op basis van de onderzoeksbevindingen enkele aanbevelingen worden gedaan. De aanbevelingen richten zich op het verder reduceren van de milieu-impact van een woning en de bewustwording bij bouwer en consument over die milieu-impact en de bereidheid om hiervoor te betalen. Door het beperken van de milieu-impact en toenemende bewustwording wordt bijgedragen aan het beperken van de klimaatverandering en de haalbaarheid van duurzame doelen op gemeentelijk, landelijk, Europees en mondiaal niveau.

Bij het optimaliseren van de meerwaarde van een milieu-gestuurde woning ten opzichte van een woning die gestuurd is op een zo laag mogelijke kostprijs, is het belangrijk dat er gekeken wordt naar de verschillende knoppen binnen de MPG-tool. Gedurende het onderzoek heeft de focus gelegen op het optimaliseren van de materiaalkeuze, maar door te kijken naar de dimensies en levensduur van de woning kan de milieu-impact verder beperkt worden. De optimalisaties van materiaalkeuzes die in dit onderzoek worden besproken passen binnen de kaders van het Bouwbesluit en de meest voorkomende eisen van opdrachtgevers. Wet- en regelgeving en de eisen van een opdrachtgever kunnen de milieu-impact echter vergroten. Kijk bijvoorbeeld naar de toenemende milieu-impact van de BENG¹- en NOM⁹-woningen ten opzichte van de EPC 0.4⁴-woningen. Huidige en toekomstige wet- en regelgeving zorgt ervoor dat BENG¹- en NOM⁹-woningen de standaard worden, in plaats van de EPC 0.4⁴-woning met een relatief lage milieuimpact.

De focus kan komen te liggen op de overige twee knoppen binnen de MPG-tool, de dimensies en levensduur van het gebouw. Levensduur is echter een moeilijke knop om aan te draaien. De levensduur van een woning wordt in de MPG-tool standaard gezet op 75 jaar. Wanneer men de levensduur zou willen verlengen, moet er gekeken worden naar de ontwikkelingen op een langere termijn dan 75 jaar. Dit is een lastige voorspelling.

Wanneer het onderzoek naar een lagere milieu-impact van een woning zich richt op de dimensies gaat het met name om de verhouding tussen materiaal en bruto vloeroppervlak. Hoe minder materiaal per BVO, hoe lager de milieu-impact per vierkante meter.

Tevens is in het onderzoek naar voren gekomen dat wanneer de milieulast beperkt moet worden, er op het gebied van installaties weinig verbetermogelijkheden zijn. Hierdoor is het belangrijk dat er wordt gekeken naar andere gebouwonderdelen en de nadruk niet ligt op installaties met een lage milieulast. Ook is gebleken dat de keuze voor installaties met een lage milieulast vragen om een relatief hoge investering en toenemende woonlasten.

Daarnaast is het belangrijk dat de MPG-tool eerder in het ontwikkeltraject wordt meegenomen om de meerwaarde van een milieu-gestuurde woning ten opzichte van een woning die gestuurd is op een zo laag mogelijke kostprijs te vergroten. De MPG-tool wordt nu vrijwel alleen gezien als

een noodzakelijke berekening voor het verkrijgen van de omgevingsvergunning. De enige eis die de maker aan de MPG-berekening stelt is het behalen van de maximum score van 1 euro per vierkante meter bruto vloeroppervlak per jaar. De MPG-tool kan echter ook gezien worden als hulpmiddel in het ontwerpproces. Wanneer de milieulast van de woning in het ontwerpstadium al wordt meegenomen kan het keuzes beïnvloeden. Dit zal mogelijk resulteren in een lage MPGscore en dus in een woning met een lagere milieulast.

Om de bewustwording van bouwer en consument te vergroten is het vercommercialiseren van de meerwaarde van een milieu-gestuurde woning ten opzichte van een woning die gestuurd is op een zo laag mogelijke kostprijs van belang. In het onderzoek is hier aandacht aan besteed middels de 'begrijpbare waarde'. Door de meerwaarde begrijpbaar te maken krijgt men grip op wat deze meerwaarde inhoudt. Daarnaast wordt er meerwaarde ervaren wanneer er wordt ingespeeld op comfort voor en gezondheid van de eindgebruiker. Op deze manier kan waarde toegekend worden aan de woning.

Wanneer de consument zich bewust is van de meerwaarde ontstaat er bereidheid om ervoor te betalen. Dit zou het mogelijk maken om de investering in een woning met een lagere milieulast terug te verdienen. Het toekennen van deze waarde biedt mogelijkheden voor een vervolgonderzoek, waarbij de vraag is: "Wat zijn wij bereid te betalen voor een beter milieu?"

H11 Discussie

Het onderzoek naar de meerwaarde van een woning gestuurd op een zo laag mogelijke milieupact, ten opzichte van een woning met een zo laag mogelijke kostprijs is onderverdeeld in vier niveaus. Elke niveau heeft zijn eigen rekenmethode.

De MPG-score bepaalt de milieulast van de woning en wordt bepaald middels de MPG-tool. De tool die voor dit onderzoek is gebruikt is onderdeel van de Gemeentelijke Praktijk Richtlijn (GPR) berekening. De GPR maakt onderscheid tussen verschillende aspecten van mate van duurzaamheid³ van een gebouw, de milieupact van het gebouw is daar een aspect van. De MPG-berekening is vereist bij alle aanvragen voor een omgevingsvergunning.

In de MPG-berekening wordt een score toegekend aan alle benodigde materialen voor het gebouw. Deze score representeert de impact die het materiaal heeft op het milieu. De tool beschikt over maar een beperkte selectie materialen, deze materialen komen uit de Nationale Milieu Database (NMD). Dit maakt het soms niet mogelijk om het juiste materiaal te selecteren en hierdoor wordt niet de exacte milieulast van het materiaal doorgerekend. De uiteindelijke score is hierdoor geen hard bewijs voor de milieulast van het gebouw, maar moet gezien worden als een indicatie, een schatting.

Uit dit deelonderzoek is gebleken dat de woningen van variant 2 een lager milieulast hebben dan de woningen van variant 1. Dit komt overeen met onze verwachtingen. In Deelonderzoek 2, *“DIT is wonen, milieubewust”* wordt variant 2 samengesteld, hierbij wordt gestuurd op materialen met een lagere milieuscore dan de materialen van variant 1.

Vervolgens zijn de bouwkosten berekend. Hiervoor zijn bestaande offertes en bulkovereenkomsten van Giesbers Ontwikkelen en Bouwen gebruikt. De prijzen kunnen per periode en per ketenpartner verschillend. Desalniettemin zijn de bouwkosten van voldoende validiteit om een onderlinge vergelijking te maken.

In dit deelonderzoek komt, zoals verwacht, naar voren dat de bouwkosten van de woningen van variant 2 hoger liggen dan de bouwkosten van de woningen van variant 1.

De woonlasten zijn bepaald middels omschreven bronnen. De prijzen voor elektra en gas zijn leverancier specifiek. De onderhoudskosten zijn een indicatie van reserveringskosten voor onderhoud, herstel en vervanging volgens de Cobouw. Ook deze gegevens zijn voor alle zes de woningen van gelijke kwaliteit en daardoor zijn de resultaten van voldoende validiteit om een onderlinge vergelijking te maken.

Uit dit deelonderzoek blijkt, zoals verwacht, dat de woonlasten van woning 2a, b en c toenemen ten opzichte van woning 1a, b en c. Met name de stijgende bouwkosten verklaren deze toename.

De 'begrijpbare waarden', de waarde waarmee de meerwaarde inzichtelijk gemaakt wordt, zijn omgerekend door dhr. H. van Ewijk, een Levenscyclus Analyse expert. Vervolgens zijn de MPG-scores omgerekend naar deze begrijpbare waarden. De vergelijking van begrijpbare waarde laat dezelfde verschillen zien als de vergelijking van de MPG-scores van de zes woningen.

Hierbij moet in acht genomen worden dat dit onderzoek zich uitsluitend heeft gericht op het verminderen van de milieu-impact door het materiaalgebruik. Zodra er gefocust wordt op zowel de vermindering van de milieu-impact door materiaalgebruik, als de vermindering van de milieu-impact door energiegebruik zouden de resultaten mogelijk anders zijn. Met name bij de NOM⁹woningen, die de volledige energievraag zelf opwekt met hernieuwbare energie is het interessant om de vermindering van de milieu-impact door energiegebruik mee te nemen.

Het advies voor een vervolgonderzoek is dan ook om te achterhalen hoe de vermindering van milieu-impact door materiaalgebruik en energiegebruik geoptimaliseerd kan worden, zodat de totale milieu-impact van een woning inzichtelijk kan worden gemaakt.

Tevens kan een vervolgonderzoek zich richten op de MPG-rekenmethode. Om de nauwkeurigheid van het resultaat te optimaliseren zal de tool moeten worden uitgebreid met meer materialen. Wanneer de Levenscyclus Analyses⁵ (LCA's) van deze materialen zijn getoetst, neemt de betrouwbaarheid van de tool toe.

Nawoord

De afgelopen vier maanden, de afstudeerperiode van februari tot en met mei, hebben wij als zeer leerzaam ervaren. We hebben in deze periode alle ruimte gekregen om met de juiste begeleiding een mooi onderzoek op te zetten en dit vervolgens volledig uit te werken. We zijn blij met het resultaat.

Gedurende de eerste helft van de afstudeerperiode is veel aandacht besteed aan het Plan van Aanpak. In deze fase bevonden wij ons in een wolk van informatie, waar vervolgens een rode draad uit voort is gekomen. De structuur van het onderzoek is in deze periode helder tot stand gekomen. Het opzetten van deze structuur heeft in het vervolg van het onderzoek enorm geholpen bij het doelgericht te werk gaan en afbakenen.

Tijdens de onderzoeksfase hebben we de structuur kunnen behouden, maar inhoudelijk hebben we wel wijzigingen moeten maken. De inhoud hebben we namelijk vaak nog tijdens het onderzoek moeten specificeren, omdat wij dit niet hadden voorzien.

Onderzoeken op deze schriftelijke manier was nieuw voor ons. Gedurende de opleiding Bouwkunde hebben wij ons altijd veel gericht op berekeningen en tekeningen. De daadwerkelijke verslaglegging en schriftelijke onderbouwing heeft nooit prioriteit gehad. Door veel aandacht te besteden aan het opzetten van het onderzoek en het schriftelijk bijhouden van onze bevindingen is het ons meegevallen.

Bob van Binsbergen en Nanet Hendriks

Wijchen, 25 mei 2018

Literatuurlijst

Alsema, E., Anink, D., Mak, J., & W/E-adviseurs. (2016). *Memo KIEM methode*. Geraadpleegd van <http://tki-kiem.nl/download/rapporten/deliverables/TKI-KIEM-D1.1Methodiekbeschrijving.pdf>

Arnoldussen, J., Groot, P., Halman, J., & Van Zwet, R. (2017). *Innovatie in de bouw*. Geraadpleegd van https://www.eib.nl/pdf/Rapport_Innovatie_in_de_bouw_web.pdf

Bastein, T., Roelofs, E., Rietveld, E., & Hoogendoorn, A. (2013). *Kansen voor de circulaire economie in Nederland* (TNO 2013 R10864). Geraadpleegd van <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2013/06/20/tno-rapport-kansen-voor-de-circulaire-economie-in-nederland/tno-rapport-kansen-voor-de-circulaire-economie-in-nederland.pdf>

Bouwkomeet. (z.d.). HSB elementen [Foto]. Geraadpleegd op 4 mei 2018, van <http://www.bouwkomeet.nl/hsb-elementen>

- Bruggink, D. (2015, 17 november). Biobased. Geraadpleegd op 23 februari 2018, van <https://www.ensie.nl/daan-bruggink/biobased>
- Buchholz, R. (2017, 9 augustus). Duurzaam hout als nieuwe trend voor hoogwaardige gevelbekleding [Foto]. Geraadpleegd op 4 mei 2018, van <http://www.gevelbouw.info/duurzaam-hout-als-nieuwe-trend-hoogwaardigegevelbekleding/>
- Centraal Planbureau. (2018, 6 maart). Kortetermijnraming maart 2018. Geraadpleegd op 15 mei 2018, van <https://www.cpb.nl/cijfer/kortetermijnraming-maart-2018>
- Centrum Hout. (2012). *Gevelbekleding van massief hout* (Artikelnummer: 100018). Geraadpleegd van http://www.centrum-hout.nl/sites/default/files/Houtwijzer_Gevelbekleding_massief_hout_DEF_jan12.pdf
- Climate Neutral Group. (2018). Wat is 1 ton CO₂? Geraadpleegd op 20 april 2018, van <https://www.climateneutralgroup.com/nieuws-inzicht/wat-is-1-ton-co2/>
- Cox, G. (2018, 10 januari). Madaster in ontwikkeling [Blogpost]. Geraadpleegd op 8 maart 2018, van <https://www.madaster.com/nl/actueel/blog/madaster-in-ontwikkeling>
- Coöperatief Dutch Renewergy. (z.d.). FAQ. Geraadpleegd op 18 april 2018, van <https://dutchrenewergy.nl/ufaqs/hoeveel-co2-uitstoot-compenseert-1-boom-per-jaar/>
- De Bruyn, S. M., Korteland, M. H., Markowska, A. Z., Davidson, M. D., De Jong, F. L., Bles, M., & Sevenster, M. N. (2010). *Handboek schaduw prijzen* (10.7788.25a NL). Geraadpleegd van <https://www.ce.nl/publicaties/download/882>
- De Hypotheker. (2018). Hypotheekvormen. Geraadpleegd op 15 mei 2018, van <https://www.hypotheker.nl/actueel/dossiers/hypotheekvormen/>
- De Hypotheker. (2018). Annuïteitenhypothek. Geraadpleegd op 15 mei 2018, van <https://www.hypotheker.nl/begrippenlijst/hypotheek-afsluiten/annuïteitenhypothek/>
- De Hypotheker. (2018). Lineaire hypothek. Geraadpleegd op 15 mei 2018, van <https://www.hypotheker.nl/begrippenlijst/hypotheek-afsluiten/lineaire-hypothek/>
- De Kroon prefab. (z.d.). Prefab HSB vloer elementen. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <http://www.dekroonprefab.nl/prefab-bouwelementen/hsb-vloeren/>
- De Mar. (z.d.). Vloeren. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <http://www.demar.nl/product/vloeren>
- DIT is wonen. (z.d.). Werkwijze. Geraadpleegd op 20 februari 2018, van <http://www.ditiswonen.nu/werkwijze>
- Dutch Engineering. (z.d.). ComFlor 75. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <https://www.dutchengeering.nl/detail/ComFlor-75/253/0/1521/>
- Ecoquaestor. (2014). Milieulasten in EcoQuaestor. Geraadpleegd op 7 maart 2018, van <http://www.ecoquaestor.nl/de-aanpak/milieulasten/>
- Ecoquaestor. (2014). Terminologie. Geraadpleegd op 7 maart 2018, van <http://www.ecoquaestor.nl/de-aanpak/terminologie/>
- Ellen Macarthur Foundation. (z.d.). Circular Economy. Geraadpleegd op 14 februari 2018, van <https://www.elenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram>
- Ensie. (2016, 21 december). Cradle to Cradle. Geraadpleegd op 23 februari 2018, van <https://www.ensie.nl/duurzaam/cradle-to-cradle-c2c>

- Ensie. (2016, 21 december). Energietransitie. Geraadpleegd op 15 februari 2018, van <https://www.ensie.nl/duurzaam/energietransitie>
- Ensie. (2016, 18 april). Milieu. Geraadpleegd op 23 februari 2018, van <https://www.ensie.nl/redactie-ensie/milieu>
- Ensie. (2017, 31 oktober). Milieubewust. Geraadpleegd op 23 februari 2018, van <https://www.ensie.nl/muiswerk/milieubewust>
- Fermacell b.v.. (2014). *Fermacell Constructies voor wanden, plafonds en vloeren* (FC-025-00006/06.14/m). Geraadpleegd van https://www.fermacell.nl/downloads_2430.php?type=download&getFile=926&filename=fermacell_Constructies_voor_wanden_plafonds_en_vloerens.pdf
- Fermacell b.v.. (2015). *Fermacell vloerelementen* (FC-025-00005/m/01.15). Geraadpleegd van [https://www.fermacell.nl/nl/docs/fermacell_Vloerelementen_-_Handleiding_voor_de_verwerking\(s\).pdf](https://www.fermacell.nl/nl/docs/fermacell_Vloerelementen_-_Handleiding_voor_de_verwerking(s).pdf)
- FIT wonen. (2017). Werkwijze. Geraadpleegd op 20 februari 2018, van <http://www.fitwonen.nu/professionals/werkwijze>
- Giesbers Ontwikkelen en Bouwen. (z.d.). GiesbersGroep. Geraadpleegd op 19 februari 2018, van <https://www.giesberswijchen.nl/giesbersgroep>
- GiesbersGroep. (2017). *Jaaroverzicht 2016 & Profiel*. Geraadpleegd van http://www.giesbersgroep.nl/sites/default/files/jv_giesbers_jaarverslag_profiel_2016_0.pdf
- GiesbersGroep. (2018). Ondernemingsvisie. Geraadpleegd op 12 februari 2018, van <http://www.giesbersgroep.nl/ondernemingsvisie>
- Glaskoning. (z.d.). HR+++ Triple Glas. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <https://www.glaskoning.nl/dubbel-glas/tripleglas>
- Hardeman, S. (2013). *EMVI en de aanbestedingswet*. Geraadpleegd van https://www.eib.nl/pdf/EMVI_tenzij.pdf
- Hypotheekrente. (2018, 2 mei). Alle rentetarieven. Geraadpleegd op 15 mei 2018, van <https://www.hypotheekrente.nl/rente/30-jaar-rentevast/nhg/#overzicht>
- IGG Bointon de Groot. (z.d.). Schaduwkosten milieuprestatie. Geraadpleegd op 7 maart 2018, van <https://www.igg.nl/oplossingen/schaduwberekening-milieukosten/>
- Ijsselglas. (z.d.). Hoe dik is Triple glas? Geraadpleegd op 16 april 2018, van <https://www.ijsselglas.nl/blog/is-triple-glas/>
- Independer. (2018). Annuïteitenhypotheek. Geraadpleegd op 15 mei 2018, van <https://www.independer.nl/hypotheek/info/hypotheekvormen/annuïteitenhypotheek.aspx>
- Jonker, J. (2014). *Nieuwe business modellen*. Amsterdam, Nederland: Boom.
- Joostdevree. (z.d.). dubbele beglazing, dubbel glas, dubbelglas. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <http://www.joostdevree.nl/shtmls/dubbelglas.shtml>
- Klijn Verlderman, S., Hughes, D., Witkamp, M., & Verduijn, S. (2016). *Handboek NOM keur*. Geraadpleegd van <http://stroomversnelling.nl/wp-content/uploads/2017/02/HandboekNOM-Keur.pdf>

- Koch, D. J. (2017). De circulaire economie: het einde van zorgen over grondstoffenleveringszekerheid? Geraadpleegd op 5 maart 2017, van https://spectator.clingendael.org/pub/2017/1/het_circulaire_economiesprookje/
- Koelemeijer, R., Daniël, B., Boot, P., Koutstaal, P., Kruitwagen, S., Geilenkirchen, G., . . . Van Hout, M. (2017). *Analyse regeerakkoord Rutte-III: Effecten op klimaat en energie* (PBLpublicatienummer: 3009). Geraadpleegd van http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-analyse-regeerakkoordrutte-III-effecten-op-klimaat-en-energie_3009.pdf
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (z.d.). Klimaatverandering. Geraadpleegd op 5 maart 2018, van <https://www.knmi.nl/producten-en-diensten/klimaatverandering>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (z.d.). Oorzaken klimaatveranderingen. Geraadpleegd op 5 maart 2018, van <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/achtergrond/oorzaken-klimaatveranderingen>
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. (2011). *De bosatlas van het klimaat*. Groningen, Nederland: Noordhoff Uitgevers B.V..
- Lambregtse, C. (2017). *Omgekeerde veerkracht*. Paper gepresenteerd op de Bilderbergconferentie 2017, Oosterbeek, Nederland. Geraadpleegd van https://www.vno-ncw.nl/sites/default/files/boek_bilderbergconferentie_2017_veerkracht.pdf
- LG Electronics. (2017). *LG Neon R Black* (DS-Q1K-A5-NL-201703). Geraadpleegd van <http://mastersinsolar.nl/wp-content/uploads/2017/05/LG3xxQ1C-A5-BLACK-350W-fullblack.pdf>
- Lignatur. (2012). *Das tragende Decken- und Dachelement*. Geraadpleegd van <http://degrootvroomshoop.nl/wp-content/uploads/2016/06/Fotoboek-Lignatur.pdf>
- Lignatur. (2014). *Lignatur Workbook* (7e editie). Geraadpleegd van <http://degrootvroomshoop.nl/wp-content/uploads/2016/06/Lignatuur-werkboek-2014.pdf>
- Madaster. (2018). Kennedy's. Geraadpleegd op 9 maart 2018, van <https://www.madaster.com/nl/over-ons/kennedys>
- Marscheider-Weidemann, F., Langkau, S., Hummen, T., Erdmann, L., & Tercero Espinoza, L. (2016). *Rohstoffe für zukunfts Technologien 2016* (ISBN: 978-3-943566-71-0). Geraadpleegd van https://www.deutsche-rohstoffagentur.de/DERA/DE/Downloads/Studie_ZukunftsTechnologien-2016.pdf?__blob=publicationFile&v=3
- Metsä Wood Holland. (2017). *Kerto - Ripa*. Geraadpleegd van <https://www.metsawood.com/global/Tools/MaterialArchive/MaterialArchive/MetsawoodKerto-Ripa-Technische-Richtlijnen-NL.pdf>
- Meyer, L., & Stengers, B. (2007, 20 juli). Argumenten klimaatsceptici zijn onhoudbaar. Geraadpleegd op 5 maart 2018, van http://www.pbl.nl/nl/dossiers/klimaatverandering/content/Argumenten_klimaatsceptici_zijn_onhoudbaar
- Nederlandse Branchevereniging voor de Timmerindustrie. (2016). *EPD_NL_Gevelelement*. Geraadpleegd van https://nbvt.nl/system/files/downloads/20160307_EPD_NL_Gevelelement.pdf

- Nelissen, E., Van Griendt, B., Van Oppen, C., Pallada, I., Wiedenhoff, J., Van der Waal, J., . . . Bögl, T. (2018). *Transitie-agenda circulaire bouweconomie*. Geraadpleegd van <https://www.circulaireeconomienederland.nl/transitieagendas/documenten+transitieagendas/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=955242>
- Ockels, W. (2014, 7 december). Final Speech of Dutch physicist Prof. dr. Wubbo Ockels [Video]. Geraadpleegd op 5 maart 2018, van <https://www.youtube.com/watch?v=6rDG6pE-GGY>
- Paauw, J., & Drijfhout, R. (2018). *Omgaan met een gebouw als materiaaldepot*. Geraadpleegd van https://dgmr.nl/uploads/files/Whitepaper_Circulariteit_DGMR.pdf
- Pavatex Benelux b.v.. (2010). *Pavaflex*. Geraadpleegd van <http://www.dubomat.nl/sites/default/files/attachments/50/pavaflexnl-web.pdf>
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2012). *Effecten van klimaatverandering in Nederland: 2012*. Geraadpleegd van http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/PBL_2012_Effecten-vanklimaatverandering_500193003_0.pdf
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2017, 24 april). Wat zijn CO₂-equivalenten en wat is GWP? Geraadpleegd op 18 mei 2018, van <http://www.pbl.nl/vraag-en-antwoord/wat-zijn-co2equivalenten-en-wat-is-gwp>
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2017, 24 april). Wat zijn CO₂-equivalenten en wat is GWP? Geraadpleegd op 18 mei 2018, van <http://www.pbl.nl/vraag-en-antwoord/wat-zijn-co2equivalenten-en-wat-is-gwp>
- Poelhekke, S. (2017). *How expensive should CO₂ be?* (working paper nr. 579). Geraadpleegd van https://www.dnb.nl/binaries/Working%20Paper%20No.%20579_tcm46-369464.pdf
- Raab Karcher. (2017). Emslander KZS breuksteen DF geimp wit kop-strek. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <https://www.raabkarcher.nl/catalogus/product/1317227/emslander-kzsbreuksteen-df-geimp/>
- Rabobank. (z.d.). Rabo groenhypotheek. Geraadpleegd op 20 februari 2018, van https://www.rabobank.nl/particulieren/hypotheek/hypotheek-vergelijken/rabogroenhypotheek/?utm_campaign=pa-hypotheekwonen&utm_source=google&utm_medium=sea_google_search&utm_content=351-352-7231|zn|ctm||semibrand-hypotheek-vormen||groenhypotheekbmm&utm_t
- Rau, T., & Oberhuber, S. (2016). *Material matters*. Haarlem, Nederland: Bertram + de Leeuw Uitgevers Bv.
- Renson, I. (2017, 21 januari). Duurzaam is een vergissing. *De Standaard*, pp. 28-31. Geraadpleegd van http://www.standaard.be/cnt/dmf20170120_02685810
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Bepalingsmethode EPC. Geraadpleegd op 23 februari 2018, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/energieprestatieepc/bepalingsmethode-epc>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Milieuprestatie gebouw - MPG. Geraadpleegd op 23 februari 2018, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaamondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/milieuprestatiegebouwen>

- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Algemene begrippen gebouwen. Geraadpleegd op 22 maart 2018, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaamondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/algemene-begrippen>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Wettelijke - gecertificeerde begrippen gebouwen. Geraadpleegd op 24 april 2018, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regelsgebouwen/wettelijke/gecertificeerde-begrippen>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Energieprestatie (EPC). Geraadpleegd op 22 mei 2018, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/energieprestatie-epc>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (z.d.). Wettelijke eisen - BENG. Geraadpleegd op 3 mei 2018, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/gebouwen/wetten-en-regels-gebouwen/nieuwbouw/energieprestatieBENG/wettelijke-eisen-BENG>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2015). *Nul op de meter* (RVO-059-1501/BR-DUZA). Geraadpleegd van https://www.rvo.nl/sites/default/files/Nul%20op%20de%20Meter_A4_Brochure.pdf
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2017). *Handreiking BENG* (RVO-166-1701/RP-DUZA). Geraadpleegd van <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2015/10/Handreiking%20BENG.pdf>
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. (2011, 24 mei). Wat is LCA? Geraadpleegd op 22 mei 2018, van https://www.rivm.nl/Onderwerpen/L/Life_Cycle_Assessment_LCA/Wat_is_LCA
- Rijksoverheid. (z.d.). Duurzaam bouwen. Geraadpleegd op 11 april 2018, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/duurzaam-bouwen-en-verbouwen/duurzaambouwen>
- Rockwool b.v.. (2017). *RockFit Mono* (ABPNL14). Geraadpleegd van <https://static.rockwool.com/globalassets/rockwool-nl/downloads/technischproductblad/algemene-bouw/technisch-productblad-rockfit-mono-nl.pdf>
- Rockwool b.v.. (2018). *RockFloor Solid* (ABPNL15). Geraadpleegd van <https://static.rockwool.com/globalassets/rockwool-nl/downloads/technischproductblad/algemene-bouw/technisch-productblad-rockfloor-solid-nl.pdf>
- Rockwool b.v.. (2018). *RockSono Base Vario* (ABPNL05). Geraadpleegd van <https://static.rockwool.com/globalassets/rockwool-nl/downloads/technischproductblad/algemene-bouw/technisch-productblad-rocksono-base-vario-nl.pdf>
- Rockwool b.v.. (2018). *RockSono Extra* (ABPNL08). Geraadpleegd van <https://static.rockwool.com/globalassets/rockwool-nl/downloads/technischproductblad/algemene-bouw/technisch-productblad-rocksono-extra-nl.pdf>
- Rockwool b.v.. (2018). *RockSono Base* (ABPNL07). Geraadpleegd van <https://static.rockwool.com/globalassets/rockwool-nl/downloads/technischproductblad/algemene-bouw/technisch-productblad-rocksono-base-nl.pdf>

- Rockwool b.v.. (2018). *RockSono Solid* (ABPNL06). Geraadpleegd van <https://static.rockwool.com/globalassets/rockwool-nl/downloads/technischproductblad/algemene-bouw/technisch-productblad-rocksono-solid-nl.pdf>
- Rogers, E. (1983). *Diffusion of innovations*. New York, Verenigde Staten: Macmillan Publishing Co., Inc..
- Ruijgrok, E. C. M., Brouwer, R., & Verbruggen, H. (2004). *Waardering van natuur, water en bodem in maatschappelijke kosten-batenanalyses*. Geraadpleegd van http://www.mkbainformatie.nl/index.php/download_file/force/113/280/
- Saint-Gobain Isover. (z.d.). *Comfortpanel* (10.05.7000.2). Geraadpleegd van https://www.isover.nl/sites/isover.nl/files/assets/documents/productblad_comfortpanel_0.pdf
- Saint-Gobain Isover. (2012). *Soneroll*. Geraadpleegd van https://www.isover.nl/sites/isover.nl/files/assets/documents/productblad_isover_soneroll_1.pdf
- Saint-Gobain Isover. (2012). *Sonepanel*. Geraadpleegd van https://www.isover.nl/sites/isover.nl/files/assets/documents/productblad_isover_sonepanel_0.pdf
- Saint-Gobain Isover. (2012). *Mupan*. Geraadpleegd van https://www.isover.nl/sites/isover.nl/files/assets/documents/productblad_mupan_0.pdf
- Saint-Gobain Isover. (2012). *Multimax 30 Ultra*. Geraadpleegd van https://www.isover.nl/sites/isover.nl/files/assets/documents/multimax_30_ultra__productblad_1.pdf
- Saint-Gobain Isover. (2013). *Systemroll 400*. Geraadpleegd van https://www.isover.nl/sites/isover.nl/files/assets/documents/productblad_systemroll_400_0.pdf
- Saint-Gobain Isover. (2013). *Mupan plus*. Geraadpleegd van https://www.isover.nl/sites/isover.nl/files/assets/documents/productblad_mupan_plus_0.pdf
- SBRCURnet. (z.d.). Calciumsulfaatgebonden (anhydriet) gietvloer; opbouw en detaillering. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <http://www.sbrcur.net/producten/infobladen/calciumsulfaatgebonden-anhydrietgienvloer-opbouw-en-detaillering>
- Senden, O., & Van Doorn, P. (2018). *Jaarverslag 2018*. Wijchen, Nederland: Giesbers Ontwikkelen en Bouwen.
- Sequoia bomen. (z.d.). CO2 compensatie. Geraadpleegd op 18 april 2018, van http://www.sequoiabomen.nl/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=84&lang=nl
- Sité Woondiensten. (2015). Wat is een collectieve installatie/blokverwarming? Geraadpleegd op 16 april 2018, van https://www.swd.nl/kunnen_wij_u_helpen/veelgestelde_vragen/wat_is_een_collectieve_installatieblokverwarming__.aspx

- Stichting Waarborgfonds Koopwoningen. (z.d.). Energie Prestatie Garantie. Geraadpleegd op 15 mei 2018, van http://www.swk.nl/wp-content/uploads/10064-161117-BrochureEPG_WEB.pdf
- Stybenex. (z.d.). *Basisinformatie EPS*. Geraadpleegd van <http://stybenex.nl/wpcontent/uploads/2014/12/brochure-EPS-basisinformatie.pdf>
- Stybenex. (z.d.). *EPS en geluid*. Geraadpleegd van <http://stybenex.nl/wp-content/uploads/2014/12/EPS-en-geluid.pdf>
- System Floors b.v.. (2018). Anhydriet gietvloer. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <https://www.systemfloors.nl/ondervloer/anhydriet-gietvloer/>
- Takkenkamp Isolatie. (z.d.). Bodemisolatie. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <https://www.takkenkamp-isolatie.nl/bodemisolatie/>
- TU Delft. (2000). *Overzicht van in Nederland verkrijgbare vloersystemen*. Geraadpleegd van http://wiki.bk.tudelft.nl/mw_bk-wiki/images/5/58/Vloersystemen.pdf
- TU delft. (2013). *Vuistregels voor het ontwerpen van een draagconstructie*. Geraadpleegd van http://wiki.bk.tudelft.nl/mw_bk-wiki/images/1/12/Vuistregels.pdf
- Van Belzen, T. (2018, 8 mei). Milieueis-controle: het leeft wel, maar gebeurt zelden. *Cobouw*, 2018(34), 10-11.
- Van der Rijt, R. (2013, 10 januari). Voordelen invoering CO2 tax. Geraadpleegd op 18 april 2018, van <https://www.klimaatplein.com/voordelen-van-invoering-van-een-co2-tax>
- VBI. (z.d.). *Kanaalplaatvloer 150* (PDB06.008). Geraadpleegd van https://vbi.nl/wpcontent/uploads/PDB06-008-Kanaalplaatvloer_150.pdf
- W/E adviseurs. (z.d.). Wat is de schaduwprijs? Geraadpleegd op 11 mei 2018, van https://www.gprsoftware.nl/hrf_faq/wat-is-de-schaduwprijs/
- W/E adviseurs. (2017). *Principes en parameters Milieuprestatie gebouwen (MPG)* (W/E 9249). Geraadpleegd van <https://www.milieudatabase.nl/imgcms/Eindrapport%20Onderzoek%20principes%20en%20parameters%20MPG%2024-02-2017.pdf>
- W/E adviseurs. (2017). *Van EPG & MPG naar DPG & Circulair* (W/E 9241). Geraadpleegd van <http://www.w-e.nl/downloads/tools/Eindrapport-Duurzaamheidsprestatiesonderwijsgebouwen-met-bijlagen.pdf>
- Winsemius, P. (2006, 24 november). Besluit energieprestatie gebouwen. Geraadpleegd op 23 februari 2018, van <http://wetten.overheid.nl/BWBR0023734/2016-07-01>
- Xella Nederland BV. (z.d.). *Technische documentatie Brandwanden*. Geraadpleegd van http://www.xella.nl/nl/docs/XEL50170_Tabellen_Vloeren.pdf
- Zonnepanelengids. (2017). Zonnepanelen 300 Wp. Geraadpleegd op 16 april 2018, van <https://www.zonnepanelengids.com/zonnepanelen-databank/soortenzonnepanelen/300-wp/>

EPC0.4

BENG

NOM

ECONOMISCH

gestuurd op een zo laag mogelijke
kostprijs

MPG

gestuurd op een zo laag mogelijke
MPG-score (milieulast) binnen de
kaders van DIT is wonen en het
energieconcept

