

W/E rapport

## Onderzoek 'Bepaling kwaliteitsniveaus milieuprestatie van woonfuncties'

### *Eindrapport*



W/E 8735  
Utrecht, 14 november 2014

# Onderzoek 'Bepaling kwaliteitsniveaus milieuprestatie van woonfuncties'

## Opdrachtgever

Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koningsrelaties, directie Bouwen  
Postbus 20011  
2500 EA Den Haag  
Bezoekadres: Turfmarkt 147

Contactpersoon: ir. P. J. (Piet) van Luijk  
M +31 (0)6 5420 2796 | E Piet.luijk@minbzk.nl

## Opdrachtnemer

W/E adviseurs  
Mariaplaats 21E  
3511 LK Utrecht  
Bezoekadres: Mariaplaats 21<sup>E</sup>, Utrecht

Contactpersoon: ir. D.A.F. (David) Anink  
T +31 (0)30 677 8767 | M +31 (0)6 2239 7018 | E anink@w-e.nl

## Projectnummer

W/E 8735

# Samenvatting

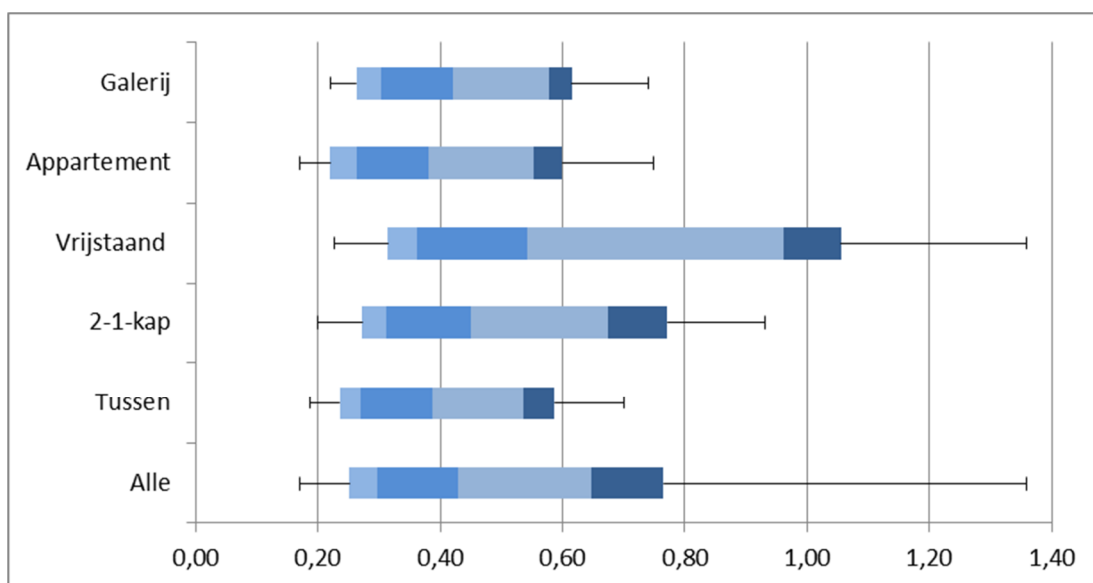
Sinds 1 januari 2013 is het verplicht om bij de aanvraag van een omgevingsvergunning voor de nieuwbouw van woningen, of kantoren groter dan 100 m<sup>2</sup>, een berekening conform de bepalingmethode 'Milieuprestatie van Gebouwen en GWW-werken' in te dienen. Het Overlegplatform Bouwregelgeving (OBP) heeft op 27 juni 2014 geadviseerd om, na een periode van twee jaar gewenning, grenswaarden op te nemen in het voorschrift. Aan deze grenswaarden moet het merendeel van de nieuwbouwwoningen en nieuwe kantoren kunnen voldoen. Het ministerie van BZK heeft daarop aan W/E adviseurs opdracht verleend voor een onderzoek naar een daarbij passende milieuprestatie van de woonfunctie.

Gestart is met de afbakening van de woonfunctie. De verzameling van constructies en installaties, die, in relatie tot het Bouwbesluit 2012 binnen de berekening van de milieuprestatie van de woonfunctie vallen, zijn benoemd. Ook zijn oplossingen aangedragen voor een aantal specifieke vraagstukken bij het bepalen van de milieuprestatie van de woonfunctie, zoals het al dan niet meenemen van locatieverschillen.

Daarna is invulling gegeven aan de vergelijkingsseenheid 'm<sup>2</sup>bvo x jaar'. Daarbij is bruto vloeroppervlakte (BVO) van de woonfunctie uitgewerkt, en is beschreven hoe het BVO bepaald dient te worden bij de aanwezigheid van gemeenschappelijke ruimten en bij combinatiegebouwen.

In de opdracht was meegegeven dat gezocht wordt naar een milieuprestatieniveau, dat door het merendeel van de nieuwbouwwoningen is te realiseren, en die herkenbaar is ingebed in kwaliteitsklassen. In het onderzoek is daartoe een uitgebreide rekenexercitie uitgevoerd, met als doel de kwaliteitsniveaus van de 'huidige' nieuwbouw vast te kunnen stellen. In de rekenexercitie zijn bijna 1200 varianten op een vijftal voorbeeldgebouwen doorgerekend, waarbij de in dit onderzoek opgestelde afbakening van woonfunctie is gehanteerd. Om zinvolle varianten op te kunnen stellen, zijn in een eerste rekenronde de meest relevante variabelen geïdentificeerd. De variabelen zijn opgesplitst in 'dimensionering' en 'materialisatie' en waar zinvol gecombineerd. Samen moeten de woningvarianten een goed beeld geven van de te verwachte spreiding in kwaliteitsniveaus bij de huidige nieuwbouw. Tenslotte zijn er gevoeligheidsanalyses uitgevoerd naar invloed van extremere materialisaties en aanscherpingen van de energieprestatie-eis.

De rekenresultaten (milieuprestatiescores) van woningvarianten zijn uitgezet in frequentieverdelingen. In figuur 0.1 zijn deze in de vorm van boxplots met percentielen weergegeven voor alle woningen en per afzonderlijk type. In figuur 0.2 staan de percentielwaarden.



Figuur 0.1: Frequentieverdeling (boxplot) per woningtype en alle woningen + klassenindeling

Waarden	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	0,17	0,19	0,20	0,23	0,17	0,22
5% percentiel	0,25	0,24	0,27	0,31	0,22	0,26
10% percentiel	0,30	0,27	0,31	0,36	0,26	0,30
Mediaan (50%percentiel)	0,43	0,39	0,45	0,54	0,38	0,42
90% percentiel	0,65	0,54	0,67	0,96	0,55	0,58
95% percentiel	0,76	0,59	0,77	1,06	0,60	0,61
Hoogste waarde	1,36	0,70	0,93	1,36	0,75	0,74

Figuur 0.2: Overzicht meetpunten frequentieverdelingen van alle woningtypen en per woningtype

Deze verdelingen zijn gebruikt voor een advies ten aanzien van een klassenindeling, waarbij verondersteld is dat de klassenindeling:

- doelmatig is, en stuurt richting minder belastend materiaal- en grondstoffengebruik in de bouw
- niet leidt tot oneerlijke concurrentie van marktpartijen, zoals productleveranciers en bouwers
- geen belemmering vormt voor de diversiteit en kwaliteit van woningen en woongebouwen
- geen negatief effect heeft op de productie van woningen en woongebouwen.

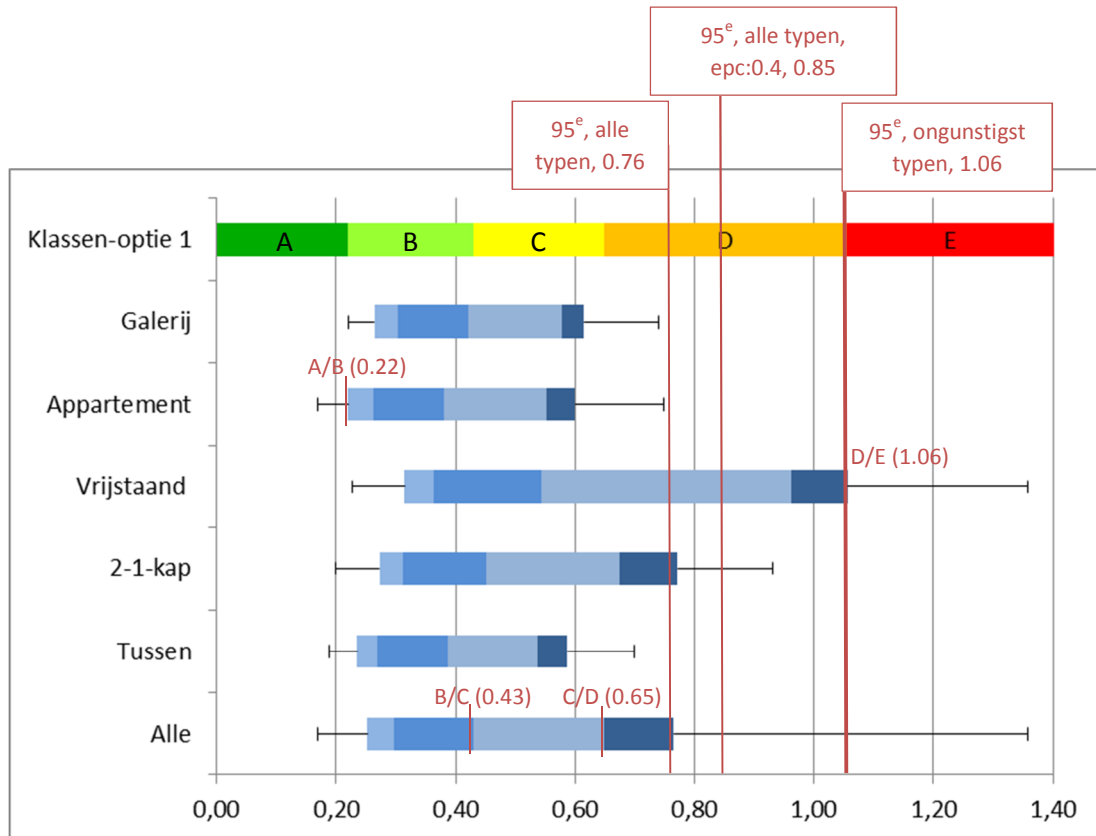
Bij het zoeken naar een geschikte vormgeving voor de klassenindeling is de aansluiting gezocht bij de labelsystematiek, zoals die bij energiezuinigheid van apparaten en gebouwen gebruikelijk is. In dit onderzoek is een klassenindeling gehanteerd met vijf klassen, namelijk A, B, C, D en E. Deze klassen staan geheel los van de klassen bij de energielabelling.

Op basis van de frequentieverdelingen en analyses zijn de onderstaande klassenovergangen voorgesteld. Bij het vaststellen van de ondergrens (klasse D), is het uitgangspunt gehanteerd dat het merendeel van de woningen kan voldoen.

- Klasse E: Overgang naar klasse D op 95<sup>e</sup>-percentiel bij het ongunstigste type (Vrijstaand - 1.06). Dus 5% van de varianten op Vrijstaand valt in klasse E. Milieuprestatie > 1.06.
- Klasse D: Overgang naar klasse C op basis van 90<sup>e</sup>-percentiel bij alle typen (0.65). Milieuprestatie 0.65 – 1.06.
- Klasse C: Overgang naar klasse B op basis 50<sup>e</sup> percentiel bij alle typen. Milieuprestatie 0.43 – 0.65.
- Klasse B: Overgang naar klasse A op basis 95<sup>e</sup> percentiel bij het gunstigste type. Milieuprestatie 0.22 - 0.43.
- Klasse A: Milieuprestatie < 0.22

In figuur 0.3 is de klassenindeling, uitgaande van de bovenstaande klassenovergangen, toegevoegd aan de boxplots uit figuur 0.1. Voor het inzicht zijn hierbij een aantal 'meetpunten' eruit gelicht:

1. De waarde (1.06), waarbij 95% van de woningvarianten op het type Vrijstaand beter scoort (dit is de klassenovergang D naar E, en daarmee **de ondergrens**).
2. De waarde (0.76), waarbij 95% van de woningvarianten op alle typen beter scoort.
3. De waarde (0.85), waarbij 95% van de, aan een epc:0.4 aangepaste, woningvarianten op alle typen beter scoort.



Figuur 0.3: Klassenindeling, waarbij het merendeel van de woningvarianten in klassen A, B, C of D valt

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1	Vraagstelling	6
1.2	Beschrijving onderzoek	7
<b>2</b>	<b>Afbakening woonfunctie</b>	<b>9</b>
2.1	Inventarisatie onderzoeksvragen	9
2.2	In een woonfunctie te benoemen elementen	10
2.3	BVO van een woonfunctie (vergelijkingseenheid m <sup>2</sup> bvo*jaar)	12
2.4	Gebouwen met meerdere gebruiksfuncties	13
<b>3</b>	<b>Spreading in milieuprestatie woongebouwen</b>	<b>15</b>
3.1	Doelstelling rekenexercitie	15
3.2	Opzet rekenexercitie	15
3.3	Berekeningen ronde 1	17
3.4	Rekenresultaten ronde 1 en 2	22
<b>4</b>	<b>Analyse rekenresultaten</b>	<b>25</b>
4.1	Analyse extremere woningvarianten	25
4.2	Gevoeligheidsanalyse 1: niet duurzame materiaalkeuze	27
4.3	Gevoeligheidsanalyse 2: aanscherping energieprestatie	29
4.4	Gevoeligheidsanalyse 3: GBO als vergelijkingsbasis	30
4.5	Conclusies op basis van de analyses	31
<b>5</b>	<b>Klasseindeling woongebouwen</b>	<b>33</b>
5.1	Relevante ontwikkelingen	33
5.2	Advies klassenindeling Woonfunctie	34
	<b>Bijlagen</b>	<b>36</b>
	Bijlage 1: toelichting woningvarianten ronde 1	37
	Bijlage 2: extremere woningvarianten	38
	Bijlage 3: percentielwaarden gevoeligheidsanalyses	40

# 1 Inleiding

## 1.1 Vraagstelling

### 1.1.1 Milieuprestatie-paragraaf in het Bouwbesluit

De milieuprestatie is al lange tijd vijfde pijler van het Bouwbesluit. Met de milieuprestatie wordt bedoeld op de **materiaalgebonden milieubelasting** gedurende de levensloop van gebouwen. In deze rapportage wordt de uitkomst van de voor het Bouwbesluit relevante milieuprestatieberekening aangeduid met de **Milieuprestatie**.

Sinds 1 januari 2013 is het verplicht om bij de aanvraag van een omgevingsvergunning voor de nieuwbouw van woningen, of kantoren groter dan 100 m<sup>2</sup>, een berekening conform de bepalingsmethode 'Milieuprestatie van Gebouwen en GWW-werken' in te dienen<sup>a</sup>. In het voorschrift is, in nauwe samenspraak met de sector, nog geen waarde opgenomen waaraan de milieuprestatie moet voldoen.

Het Overlegplatform Bouwregelgeving (OBP) heeft op 27 juni 2014 geadviseerd om, na een periode van twee jaar gewenning, nu grenswaarden op te nemen in het bestaande voorschrift in het Bouwbesluit 2012 met betrekking tot de Milieuprestatie van gebouwen. Het OPB adviseerde daarbij een waarde aan te houden, waaraan het merendeel van de nieuwbouwwoningen en nieuwe kantoren kan voldoen.

### 1.1.2 Opdracht aan W/E adviseurs

Om inhoud te kunnen geven aan de vraag van het OPB, is onderzoek naar de Milieuprestaties van nieuwbouwwoningen en nieuwe kantoren noodzakelijk. Het ministerie van BZK heeft daarop een programma van eisen opgesteld, voor een onderzoek dat zich richt op de woonfunctie. Dit onderzoek moet als onderlegger dienen, bij de afweging of, en hoe, aan het advies van het OPB te voldoen. Vervolgens heeft het ministerie van BZK aan W/E adviseurs opdracht verleend om dit onderzoek uit te voeren. Bij de vraagstelling is een aantal uitgangspunten meegegeven:

- de gevraagde grenswaarde hoeft niet te worden gedifferentieerd naar aspecten, zoals de locatie, het funderingstype, of het al dan niet ingedeeld zijn met lichte scheidingswanden;
- de eenheid waarin de Milieuprestatie wordt uitgedrukt, is 'm<sup>2</sup> bvo', wat overeenkomstig is aan de reeds gangbare regelingen in BREEAM-NL, Duurzaam Inkopen van nieuwe kantoorgebouwen en GPR gebouw;
- het creëren van een 'level playing' met een ondergrens is uitgangspunt. Enerzijds om een betere kwaliteit te kunnen aanbieden (benchmarken), en anderzijds om 'free-rider-gedrag' uit te sluiten;
- een voor alle woningtypen geldende klassenindeling wordt hiervoor als meest geschikt beschouwd.

De vraagstelling is vertaald naar de behoefte aan een realistisch beeld van de kwaliteitsniveaus van de 'huidige' nieuwbouw, en een daarop gebaseerde klassenindeling, die recht doet aan deze uitgangspunten.

---

<sup>a</sup> De 'Milieuprestatie van Gebouwen en GWW-werken' wordt in de rest van deze rapportage aangeduid met de afkorting Milieuprestatie.

## 1.2 Beschrijving onderzoek

### 1.2.1 Onderzoekaankpak

1. Afbakening van de verzameling 'woonfunctie'  
De bepalingmethode geeft als uitkomsten alleen de milieuprestatie in milieueffectcategorieën, milieukegetallen, en een 1-puntsgetal. Een weging naar een eenheid gebouwfunctie vindt buiten de bepalingmethode plaats. In dit onderzoek is de reeds gangbare weging overgenomen. Dit is de milieuprestatie 'per m<sup>2</sup>bvo van de woonfunctie, per jaar'. Deze weging wordt ook al bij BREEAM-NL, Duurzaam Inkopen van nieuwe kantoorgebouwen, en GPR Gebouw gehanteerd.  
Behalve de eenheid, moet ook de verzameling van constructies en installaties, waarover die milieuprestatie moet worden berekend, eenduidig zijn. Hiertoe is in hoofdstuk 2 een aantal vraagstukken beantwoord.
2. Vaststellen kwaliteitsniveaus  
Gezocht is naar een milieuprestatie, die door het merendeel van de nieuwbouwwoningen is te realiseren, en die herkenbaar is ingebed in kwaliteitsklassen. Daartoe zijn de kwaliteitsniveaus van de huidige nieuwbouw vastgesteld, en op basis daarvan, een advies voor een klassenindeling. Ook is de klasse benoemd, die kan dienen als ondergrens in het Bouwbesluit. De 'betere' klassen worden gebruikt om over hogere prestaties in de private sfeer te communiceren.

Het onderzoek is gefaseerd uitgevoerd:

1. Voorbereiding  
Op basis van eigen expertise en beschikbare informatie (o.a. een onderzoek door Movares<sup>b</sup>) zijn de vraagstukken in kaart gebracht, die spelen bij het doelmatig in beeld kunnen brengen van de huidige milieuprestaties, en die spelen bij het kunnen hanteren van de klassenindeling. Er is een inventarisatie gemaakt van potentieel relevante ontwerpvariabelen. Op basis van deze variabelen zijn de woningvarianten opgesteld, die in de eerste ronde zijn doorgerekend. Beide inventarisaties zijn aangescherpt in overleg met de opdrachtgever.
2. Afbakening woonfunctie  
De verzameling constructies + installaties in de woonfunctie zijn benoemd, en de in de voorbereiding geïnventariseerde vraagpunten beantwoord.
3. Uitvoeren berekeningen, en (gevoeligheid-) analyses  
De spreiding in de milieuprestatie is inzichtelijk gemaakt door een zeer groot aantal woningvarianten, zowel qua typologie als materialisatie, door te rekenen. Dit is in twee ronden gebeurd. In de eerste ronde zijn de bij de voorbereiding opgestelde woningvarianten doorgerekend. De resultaten van ronde 1 zijn ook gebruikt voor het vaststellen van de meest relevante combinaties van variabelen. In ronde 2 zijn de woningvarianten doorgerekend, die zijn opgesteld op basis van die combinaties. Tenslotte zijn er een aantal gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.
4. Weergave van huidige milieuprestaties in een klassenindeling  
Op basis van de spreiding per woningtype, is een mogelijke klassenindeling opgesteld. Op basis van dit voorstel is een advies voor een ondergrens voor het Bouwbesluit 2012 gegeven.
5. Rapportage (advies)  
De onderzoeksresultaten en het advies zijn vastgelegd in dit rapport. Dit rapport is als concept in een consultatieronde aan leden van het Overlegplatform Bouwregelgeving (OPB) voorgelegd. Hierna is het conceptrapport verwerkt worden tot het eindrapport.

---

<sup>b</sup> 'Milieuprestatieberekening Gebouwen (MPG) - Evaluatie van de aanvraag voor een omgevingsvergunning voor het bouwen'; Movares; 23 juni 2014



### 1.2.2 Pragmatische insteek

Bij vaststellen van de woonfunctie, en de weergave van de huidige milieuprestaties in een klassenindeling, is een pragmatische insteek gekozen. Er is niet ingezet op een aanpak, waarin alles tot op de laatste decimaal geregeld is. Dit is gezien de complexiteit en veelvormigheid van het vraagstuk ook niet wenselijk en niet haalbaar. Ervaringen in de praktijk kunnen leiden tot bijstellingen. Bij de opzet zijn de onderstaande uitgangspunten als randvoorwaarden gehanteerd:

1. Uitvoerbaarheid  
De klassenindeling veroorzaakt geen onnodige verzwarende van de administratieve lasten bij zowel voor de indiener/maker van de berekening als de toetsers van de aanvraag.
2. Level-playing-field  
De klassenindeling leidt niet tot een oneerlijke concurrentie van marktpartijen, zoals productleveranciers en bouwers.
3. Diversiteit in woningbouw  
De diversiteit in woningtypen en verschijningsvorming blijft grotendeels mogelijk. Investerings in kwaliteit mag niet gefrustreerd worden.
4. Voldoende bouwproductie  
De klassenindeling mag geen negatief effect hebben op de productie van woningen en woongebouwen.

## 2 Afbakening woonfunctie

### 2.1 Inventarisatie onderzoeksvragen

In een eerder stadium heeft een consortium, bestaande uit ERB, IVAM, RIGO, Universiteit Leiden en Winket, een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd<sup>c</sup>. In deze analyse zijn de aspecten onderzocht, die een significante rol spelen bij een voor alle situaties (zowel gebouwtypologie als locatie) hanteerbare vergelijkingseenheid, waaraan per gebouwfunctie of per gebouw één landelijke grenswaarde kan worden gesteld. Het ging daarbij niet om het vaststellen van een grenswaarde als niveau, maar om de grootte en de eenheid, waaraan de grenswaarde kan worden gesteld. Het consortium adviseerde een voorkeur aan te houden voor een vergelijkingseenheid op basis van de ratio milieukosten/ (genormeerde) investerings-/onderhouds- en vervangingskosten van een gebouw. Dit als voorkeur boven de aansluiting bij reeds gangbare regelingen in BREEAM-NL en Duurzaam Inkopen van nieuwe kantoorgebouwen, waarin de milieuprestatie per 'm2bvo' wordt uitgedrukt.

In deze studie is om pragmatische redenen een aansluiting gezocht bij de milieuprestatie per 'm2bvo'. Op basis van voortschrijdend inzicht is in dit rapport wel een oplossing gegeven voor een aantal door bovengenoemd consortium vermelde vraagstukken. Het gaat hierbij vooral om:

1. Allocatie van functies

De vraag is hoe de Milieuprestatie van een gebruiksfunctie op een handteerbare wijze te berekenen is, als er sprake is van een verzamelgebouw met twee of meer verschillende gebruiksfuncties. Deze vraag is in paragraaf 2.5 beantwoord.

2. Locatieafhankelijkheid

Het consortium hanteerde de veronderstelling dat de locatie een relevante invloed zou kunnen hebben op de Milieuprestatie van het gebouw. Dit door bijvoorbeeld verschillen in de lokale bodemgesteldheid, en daarmee de benodigde fundering of de invloed van het zeemilieu op onderhoud. De vraag is hoe locatieafhankelijke onderdelen van de gebruiksfuncties verdisconteerd kunnen worden in landelijk werkende grenswaarden.

De naderhand uitgevoerde Movares studie laat evenwel zien dat de invloed van de verschillende funderingstypen op de milieuprestatie van de woning beperkt is. Deze conclusie wordt gesteund door ervaringen met doorrekeningen met het instrument GPR Bouwbesluit. De windbelasting heeft alleen in specifieke gevallen een dusdanige invloed op het ontwerp, dat dit relevant wordt voor de Milieuprestatie. Deze invloed kan nu al in de berekeningen meegenomen worden door middel van een afwijkende invoer.

Op basis van bovenstaande constatering is geconcludeerd dat de locatie een dusdanig weinig relevante variabele is, dat het niet zinvol is om verschillen hierin in één landelijke grenswaarde te verdisconteren. De locatie is daarom niet als een variabele meegenomen bij het vaststellen van de klassenindeling.

3. Inbouw en afbouw

Op het moment van toetsen van een milieuprestatie bij de vergunningaanvraag kunnen bepaalde elementen nog niet worden benoemd. Dit omdat ze (in de regel) na oplevering worden aangebracht. De vraag is hoe deze elementen, zoals het inbouwpakket, in de grenswaarde te verdisconteren zijn zonder verlies aan consistentie. Bijvoorbeeld bij ingedeelde en on-ingeedeelde ruimten, of in die gevallen waarbij de eindgebruikers vooraf kunnen kiezen uit opties, zoals wel of geen dakkapel, of wel of geen uitbouw. Deze vraag is in paragraaf 2.3 beantwoord.

---

<sup>c</sup> Scholten et al.; "Gevoeligheidsanalyse van vraagstukken over milieuprestatie-eisen voor gebruiksfuncties in het Bouwbesluit 2012"; 5 juli 2013

4. Vergunningsvrije gebouwonderdelen  
Hoe kunnen gebouwonderdelen in de verlangde milieuprestatie bij vergunningaanvraag worden verdisconteerd waarvan de aanwezigheid niet uit de voorschriften van het Bouwbesluit 2012 volgt, of waarvan de bij of krachtens het Bouwbesluit 2012 gegeven grenswaarden, leiden tot onvoldoende marktconforme oplossingen. Het gaat hierbij om bijvoorbeeld de aanwezig van toiletputten, wasbakken, aanrechten, elektra, gas- en drinkwater, of verlichting. Ook deze vraag is in paragraaf 2.3 beantwoord.

Vraagstukken aangaande de klassenindeling:

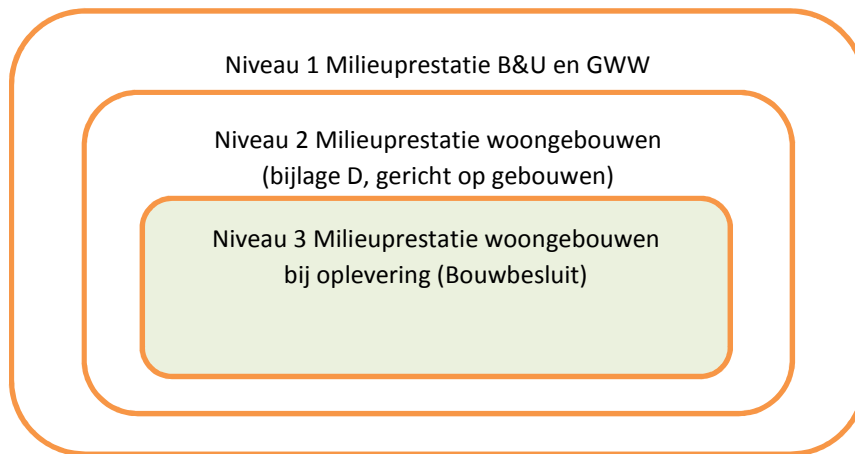
1. Omvang van woning(sub)functies en andere functies  
Hoe kan één landelijk ondergrens worden gesteld waarbij grote en kleine woningen op waarde (Milieuprestatie) met elkaar kunnen worden vergeleken. Eenzelfde vraag geldt voor het onderscheid in sub-gebruiksfuncties, zoals de woonfunctie voor zorg of de woonfunctie van een woonwagen.  
Deze vraag is in hoofdstuk 3 beantwoord. Hierbij is verondersteld dat er vanuit het perspectief van de Milieuprestatie geen relevant onderscheid is tussen een 'gewone' woonfunctie en een woonfunctie voor zorg. De specifieke sub-gebruiksfunctie woonwagen is buiten beschouwing gebleven.
2. Kwaliteitsniveau en multifunctionaliteit  
De vraagstukken betreffende de omgang met het verschil in kwaliteitsniveaus en multifunctionele gebouwen zijn in hoofdstuk 3 behandeld.

## 2.2 In een woonfunctie te benoemen elementen

### 2.2.1 Overzicht voor Milieuprestatie relevante gebouwelementen

Bij de Milieuprestatieberekening is een aantal niveaus van toepassing te onderscheiden:

1. Toepassingen in de B&U of GWW  
De Bepalingsmethode 'Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken' kent een brede scope, die ook geldt voor de aan de methode gekoppelde Nationale Milieudatabase. Aan de hand hiervan kunnen Milieuprestaties worden berekend voor gebouwen, maar ook voor toepassingen zoals in terreinen, verhardingen, en kunstwerken en wegen in de GWW-sector.
2. Toepassing op gebouwen (B&U)  
Eén van de toepassingen van de methode is het vaststellen van de Milieuprestatie van gebouwen. In Bijlage D van de recent gepubliceerde kritiekversie voor de update van de bepalingmethode, is een opsomming gegeven van de voor die toepassing relevante elementen. Omdat bijlage D gericht is op gebouwen, is een verdere afbakening gewenst tot de verzameling van elementen binnen de fysieke afbakening van de gebouwgrens. Elementen dit daar buiten vallen, zoals de inrichting van het eigen perceel, de buitenriolering, en de ruimten buiten het gebouw worden niet in de Milieuprestatieberekening meegenomen.
3. Toepassing binnen de kaders van het Bouwbesluit  
Binnen de afbakening van het gebouw is er nog een belangrijk onderverdeling. Dit betreft elementen die zijn aangebracht om ten minste aan de voorschriften in het Bouwbesluit 2012 te kunnen voldoen, én in de elementen die aanvullend daarop zijn aangebracht, of na de oplevering door de bewoners naar eigen inzicht worden aangebracht. Zo zijn in dit onderzoek bijvoorbeeld de afwerking ten behoeve van de waterdichtheid van een bad- en toiletruimte wel meegenomen, maar de vloerafwerking in de woonkamer niet.



Figuur 2.1: verzamelingen van elementen per toepassing

### 2.2.2 Specifieke vraagstukken bij het bepalen van de milieuprestatie van de woonfunctie

De insteek voor de toepassing van de bepalingsmethode is, dat bij oplevering getoetst moeten kunnen worden of de milieuprestatieberekening bij de vergunningverlening voldoet. Het betreft het geheel aan constructies en installaties, die zijn aangebracht om minimaal aan de voorschriften in het Bouwbesluit 2012 te kunnen voldoen. Met andere woorden: wat er op dat moment in het gebouw 'as built' bij oplevering aanwezig is. De onderstaande groepen behoeven daarbinnen een nadere toelichting hoe deze in dit onderzoek zijn meegenomen:

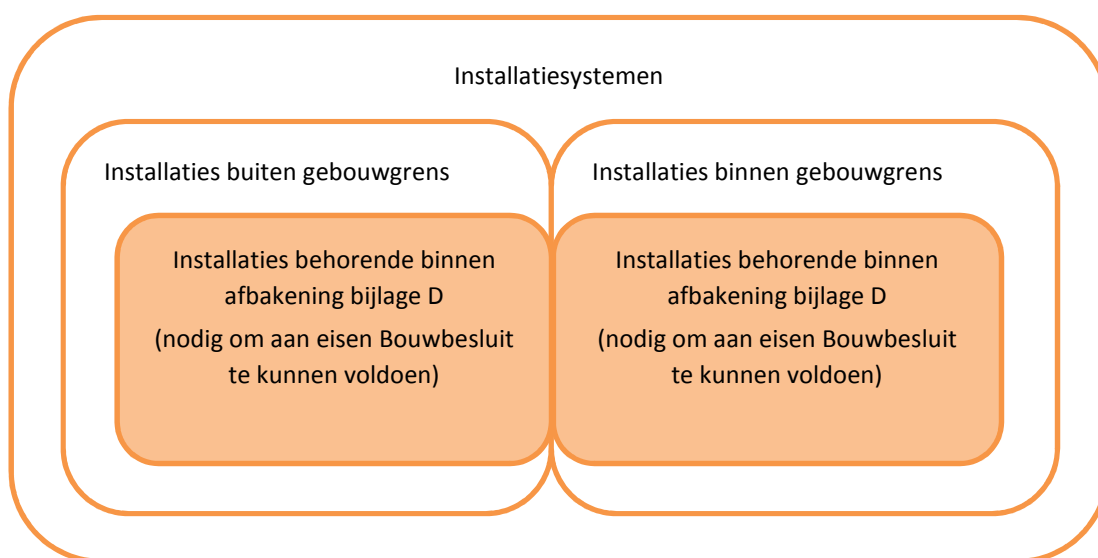
1. Binnenwanden/indelingen  
De binnenwanden worden in de berekening meegenomen op de wijze zoals ze bij oplevering van het gebouw aanwezig zijn. Mocht in de tijd blijken dat dit een prikkel is om meer casco op te leveren, dan is er de optie om een defaultwaarde te introduceren met de mogelijkheid om met een specifieke berekening en gebruikmakend van de NMD een andere waarde in de berekening mee te nemen.
2. Fundering (discussie locatieafhankelijkheid)  
De funderingen worden in de berekening meegenomen in de mate zoals ze bij oplevering van het gebouw aanwezig is. Uit onder andere de genoemde Movares-studie blijkt dat er geen relatie blijkt te liggen tussen de locatie-afhankelijke funderingswijze en de Milieuprestatie. De invloed valt weg binnen de ruis van andere verschillen.
3. Voorzieningen: keuken, badkamer, sanitair,  
De afbakening tot 'as built' betekent het dat deze voorzieningen meestal niet meegenomen zullen worden in de berekening, omdat deze bij koopwoningen vaak na oplevering worden aangebracht. De ervaring leert dat de invloed van deze voorzieningen op de Milieuprestatie van een woning of woongebouw gering is.
4. Installatiesystemen  
Opwekking- en distributiesystemen zullen meestal bij de oplevering aanwezig zijn, anders kan immers niet aan de voorschriften van het Bouwbesluit 2012 zijn voldaan. Dat geldt ook voor de afgiftelichamen van de verwarming, koeling en ventilatiesystemen. Maar niet voor de kranen en armaturen bij water- en gasvoorzieningen en verlichting. Die laatste vallen ook buiten de afbakening van de Milieuprestatie voor gebouwen (bijlage D). Op elementen die na oplevering worden aangebracht, heeft de consument veelal direct invloed. Het heeft dan ook de voorkeur dat deze producten aan de hand van de milieudata in de Nationale Milieudatabase van een milieuverklaring worden voorzien.  
Voor de mee te nemen installatiesystemen is een doelmatige werkwijze bij de materialisatie gewenst, om de administratieve handelingen te beperken. Daarom is het toegestaan, naast het uittrekken van strekkende meters leidingwerk, ook gebruik te mogen maken van eenvoudige default-waarden. Deze default-waarden zijn extern vastgesteld op basis van uittrekstaten van

het leidingwerk of complete installatieconcepten toegepast op referentiegebouwen. De default-waarden zijn in de NMD opgenomen.

#### 5. Niet-gebouwgebonden installatiesystemen

Een specifiek aandachtspunt zijn de niet-gebouwgebonden installatiesystemen, die nodig zijn om minimaal aan de voorschriften in het Bouwbesluit 2012 te kunnen voldoen. Voorbeelden zijn collectieve warmteopwekking en externe warmtelevering. Deze installaties vallen buiten de grens van het woongebouw. Desondanks dient men de installaties wel mee te nemen in de berekening van de Milieuprestatie van de woonfunctie.

Ook hier is het toegestaan om van een default gebruik te maken. Deze default is opgesteld op basis van het milieuprofiel van de individuele HR-107- ketel. Er is de mogelijkheid om, gebruikmakend van de in de NMD beschikbare producten, een specifiekere invoer op te geven.



Figuur 2.2: verzamelingen van installaties (alleen oranje gearceerd zijn relevant)

## 2.3 BVO van een woonfunctie (vergelijkingseenheid m2 bvo\*jaar)

### 2.3.1 Afbakening BVO van een woonfunctie

Met de bepalingsmethode 'Milieuprestatie gebouwen en GWW-werken' is vastgelegd hoe de milieueffecten van een gebouw, gedurende de gehele gebouwlevensloop, moeten worden berekend. Om de gebouwen onderling vergelijkbaar te maken, wordt de totale materiaalgebonden milieubelasting vertaald naar een vergelijkingseenheid. Dit gebeurt door de totale belasting te delen door de gebouwlevensduur en het BVO (bruto vloeroppervlakte, volgens NEN 2580)<sup>d</sup>. Dit levert de Milieuprestatie op, die staat voor de materiaalgebonden milieubelasting per m2 bvo per jaar.

Een eenduidig vastgesteld BVO is dus van belang. In NEN 2580 wordt een aantal deelverzamelingen onderscheiden. Bij een woongebouw (geen andere functies) omvat het BVO van de vergelijkingseenheid het totaal van de onderstaande deelverzamelingen:

- BVO appartementen
- BVO overdekte gebouwgebonden buitenruimte

<sup>d</sup> De Energieprestatiecoëfficiënt is niet gerelateerd aan het bruto vloeroppervlakte (BVO), maar aan het gebruiksoppervlakte (GO). Bij het in samenhang bezien van de Milieuprestatie en de Energieprestatie is het dringend gewenst, dat voor beiden een gelijke vergelijkingseenheid wordt aangehouden. Het advies is de discussie over het BVO of GO op de agenda te zetten bij de komende herziening van de bepalingsmethode van de Energieprestatie (op Europese leest).

- BVO niet-overdekte gebouwgebonden buitenruimte
- BVO gemeenschappelijke (verkeers)ruimten

### 2.3.2 Behandeling overige gebruiksfunctie

Zoals het Bouwbesluit 2012 aangeeft is een vrijstaande, of aan de woonfunctie gekoppelde, (buiten)berging een overige gebruiksfunctie. Deze staat weliswaar ten dienste van de woonfunctie, maar behoort daar niet toe. Dit betekent dat het vloeroppervlakte van de (buiten)berging niet meegenomen mag worden in het BVO van de woonfunctie. Aan de andere kant hoeft ook het in de (buiten)berging toegepaste materiaal niet meegenomen te worden bij de bepaling van de Milieuprestatie van de woonfunctie. De wijze waarop eventuele gedeelde elementen (gekoppelde berging of garage) toebedeeld dienen te worden, staat beschreven in paragraaf 2.4.

Bij inpandige bergingen en/of garages is de aanpak hetzelfde. Het BVO van de berging **mag niet** meegenomen worden, en het materiaal **hoeft niet** meegenomen te worden. De keuze voor toch meenemen is denkbaar, omdat dit meestal tot een vereenvoudiging van de berekening leidt (geen toebedeling nodig), terwijl de negatieve invloed op de prestatie gering is. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij een kleine inpandige berging.

## 2.4 Gebouwen met meerdere gebruiksfuncties

De Milieuprestatie van de woonfunctie wordt bepaald door de milieubelasting van de aan de woonfunctie toebedeelde materialen (gehele gebouwlevensloop), te delen door het aan de woonfunctie toebedeelde bruto vloeroppervlakte (BVO in m<sup>2</sup>), én door het aantal jaren dat de woonfunctie vervuld wordt (gebouwlevensduur in jaren). De afbakening van de woonfunctie werkt dus op twee wijzen door:

- In de toebedeling van het bruto vloeroppervlakte
- In de toebedeling van de elementen in het gebouw

### 2.4.1 Toebedeling BVO aan woonfunctie

Waar zinvol wordt aangesloten bij de stappen, zoals die ook ten behoeve van de Energieprestatieberekening worden gevraagd (NEN7120+C2:2012, figuur 6.1). Voorgesteld wordt bij het vaststellen van het BVO van de woonfunctie de volgende stappen te doorlopen:

1. Toebedelen van de ruimten
  - a) Benoemen gebruiksfuncties (inclusief overige gebruiksfunctie). Elke niet-gemeenschappelijke ruimte in het gebouw wordt aan een gebruiksfunctie toebedeeld.
  - b) Benoemen gemeenschappelijke ruimten. Deze ruimten worden verondersteld als nodig voor alle gebruiksfuncties, omdat ze nodig zijn voor het functioneren van het gebouw als geheel.
2. Vaststellen BVO en sommatie tot BVO woonfunctie
  - a) Vaststellen per gebruiksfunctie van het totale BVO van de bij 1a benoemde niet-gemeenschappelijke ruimten. Voor de Milieuprestatie-paragraaf (alleen woonfunctie) volstaat een opdeling in woonfunctie en de overige functies.
  - b) Het totale BVO van de gemeenschappelijke ruimten wordt bepaald, en vervolgens aan de woonfunctie toebedeeld. Dit gebeurt naar rato van het de bij 2a vastgestelde BVO's.
  - c) Sommatie van het bij 2a en 2b bepaalde BVO van de woonfunctie.

### 2.4.2 Toebedeling elementen aan woonfunctie

Ook is aangegeven hoe de milieubelasting is toe te bedelen aan de woonfunctie. De toebedeling dient aan te sluiten bij de toebedeling van het BVO. Hiertoe worden de volgende stappen doorlopen:

1. Opdeling gebouwelementen:

- a) Benoemen elementen, die uniek voor de woonfunctie worden toegepast. Dit betreft de elementen binnen de volledig aan de woonfunctie toebedeelde ruimten (indeling, inrichting, installaties).
  - b) Toebedelen gemeenschappelijke elementen naar de woonfunctie en de andere functies. Hierbij gaat het om de niet bij 1a benoemde bouwdelen (o.a. fundering, draagconstructie, trappen, vloeren, gevels en daken). Bij elk element vindt de toebedeling plaats naar rato van het de in paragraaf 2.4.1 bij 2a vastgestelde BVO's (resultaat bijvoorbeeld 34% van de dakbedekking).
2. Vaststellen hoeveelheden elementen en sommatie hoeveelheden woonfunctie
- a) Vaststellen van de hoeveelheid per element van de bij 1a benoemde elementen (bijvoorbeeld 12 m<sup>2</sup> binnendeurkozijn).
  - b) Vaststellen van de hoeveelheid per element van de bij 1b benoemde elementenfracties (bijvoorbeeld: 367 m<sup>2</sup> dakbedekking x 0,34).
3. Berekening Milieuprestatie woonfunctie
- a) Invoer van het in paragraaf 2.4.1 bij 2c bepaalde BVO, en de bij 2a en 2b vastgestelde elementhoeveelheden
  - b) Materialisatie van de bij elementen bij 2a (materiaalkeuze woonfunctie) en 2b (materiaalkeuze gebouw).
  - c) Doorrekening met als resultaat de Milieuprestatie van de woonfunctie.

## 3 Spreiding in milieuprestatie woongebouwen

### 3.1 Doelstelling rekenexercitie

In de inleiding zijn de doelstellingen en onderzoeksvragen van dit onderzoek benoemd. De hoofddoelstelling is de huidige kwaliteitsniveaus in milieuprestaties van woonfuncties in beeld te brengen. In dit onderzoek zijn die niveaus weergegeven in een klassenindeling, met van E naar A oplopende stappen in de richting van een minder belastend materiaal- en grondstoffengebruik. Vooruitlopend op een eventuele discussie over het opnemen van een ondergrens in het Bouwbesluit 2012, die door 95% van de huidige nieuwbouwwoningen is te behalen, zijn ook als uitgangspunten gehanteerd:

1. Uitvoerbaarheid  
De klassenindeling veroorzaakt geen onnodige verzwaring van de administratieve lasten bij zowel voor de indiener/maker van de berekening als de toetsers van de aanvraag.
2. Level-playing-field  
De klassenindeling leidt niet tot een oneerlijke concurrentie van marktpartijen, zoals productleveranciers en bouwers.
3. Diversiteit in woningbouw  
De diversiteit in woningtypen en verschijningsvorming blijft grotendeels mogelijk. Investing in kwaliteit mag niet gefrustreerd worden.
4. Voldoende bouwproductie  
De klassenindeling mag er niet toe leiden, dat het een negatief effect heeft op de productie van woningen en woongebouwen.

Gegeven de onderzoeksvraag is de klassenindeling geënt op realistische waarden, waaraan het merendeel van de recent gebouwde nieuwbouwwoningen kan voldoen. Hierbij past één klassenindeling voor de woonfunctie, waarbij geen onderscheid is gemaakt naar bouwtypen. De klassenindeling kent de volgende variabelen:

- aantal klassen
- overgangen tussen de klassen
- de klasse, met een ondergrens, waaraan de meeste woonfuncties kunnen voldoen

### 3.2 Opzet rekenexercitie

#### 3.2.1 Gebruik 'virtuele' woningvarianten

Om te kunnen toetsen op vooral de voorwaarden 2 en 3 uit paragraaf 3.1, is inzicht nodig in de Milieuprestatie van de woningen en woongebouwen, zoals die nu, dus zonder de invloed van de Milieuprestatie-eis, gebouwd zouden worden. Hierbij zijn twee opties bekeken:

1. Representatieve set werkelijk gebouwde woongebouwen  
Vraag hierbij is wat een representatieve set is voor wat in de praktijk wordt gebouwd de komende jaren. Een nadeel van werkelijke gebouwen (bv. samengesteld op basis van verleende vergunningen) is dat dit altijd een momentopname betreft, de gebouwen die in een beschouwingsperiode zijn gebouwd. De kans is groot dat vele varianten juist buiten die verzameling vallen. Een goede set is alleen op te bouwen als een reële afspiegeling is gemaakt, waarbij alle 'categorieën' in voldoende mate voorkomen. Dit vraagt een grote inspanning omdat onvoldoende gegevens beschikbaar zijn. Constatie is ook dat in de afgelopen jaren de woningbouwproductie atypisch is geweest door de crisis (bijvoorbeeld relatief weinig corporatiewoningen, en relatief veel vrijstaande koopwoningen).



2. Set met systematisch opgestelde woningvarianten  
Door niet van werkelijk gebouwde woningen uit te gaan, maar door te variëren op voorbeeldgebouwen, kan systematisch een breed spectrum van woningen die gebouwd zouden kunnen worden in beeld gebracht worden. Dit geldt ook voor de uitersten in positieve en negatieve zin, die bij 1 mogelijk gemist worden. Praktisch voordeel is dat met de beschikbare middelen aanzienlijk meer doorrekeningen gemaakt kunnen worden dan bij het gebruik van werkelijke gebouwen.  
Belangrijk is het besef dat de aanpak met 'virtuele' gebouwen geen representatieve set oplevert. De frequentieverdeling in milieuprestaties wordt mede bepaald door de aanpak die gekozen worden bij het selecteren van varianten. Omdat de aandacht vooral ook uitgaat naar het in beeld krijgen van de gunstige en ongunstige varianten, zal het middengebied ondervertegenwoordigd zijn. Bij de interpretatie van de resultaten kan dus niet blind gevaren worden op de statistische analyses. De waarde van de exercitie is vooral dat er een goed beeld is van de milieuprestaties die er te verwachten zijn.

### 3.2.2 Selectie en opstellen 'virtuele' woningvarianten

Door RVO zijn ten behoeve van energieprestatieberekeningen voorbeeldgebouwen opgesteld. De woningtypen nieuwbouw zijn in dit onderzoek als basis gebruikt<sup>e</sup>. De Hoekwoning is buiten beschouwing gelaten, omdat de ervaring is dat die voor wat betreft de milieuprestatie weinig afwijkt van de Twee-onder-één-kapwoning.

1. Tussenwoning
2. Twee-onder-één-kapwoning
3. Vrijstaande woning
4. Appartement
5. Galerijwoning

De voorbeeldgebouwen zijn aangepast aan de in hoofdstuk 2 beschreven afbakening. Dit betekent onder andere dat de buitenriolering, en de vaste en terreinvoorzieningen niet zijn meegenomen. De varianten zijn opgesteld door één of meerdere ontwerpvariabelen bij de voorbeeldgebouwen te wijzigen. Bij de ontwerpvariabelen is onderscheid gemaakt tussen:

- keuzen ten aanzien van de geometrie, gebouwfmetingen, of afmetingen gebouwelementen; verder aangeduid met 'dimensionering'
- productkeuzen bij de gebouwelementen; verder aangeduid met 'materialisatie'

Het identificeren van relevante ontwerpvariabelen is in twee ronden aangepakt.

1. Gestart is met de ontwerpvariabelen, waarvan nu al bekend is dat ze een relevante invloed kunnen hebben op de milieuprestatie. Hierbij is gebruik gemaakt van de inzichten uit een recente studie door Movares, en de eigen expertise en praktijkervaring van W/E adviseurs. Deze expertise is onder andere opgebouwd door de vele analyses van GPR-berekeningen in de afgelopen jaren. De varianten zijn opgesteld en door steeds één ontwerpvariabele aan te passen (gunstiger of ongunstiger).
2. De rekenresultaten bij ronde 1 hebben inzicht gegeven in de mate van invloed van de ontwerpvariabelen. De meest relevante variabelen zijn geselecteerd. Vervolgens zijn er meer varianten opgesteld door variabelen te combineren. En waar zinvol zijn ook deze combinaties weer gecombineerd. Om een evenwichtige spreiding te krijgen zijn hierbij alle combinaties met een verwachte invloed op de Milieuprestatie gemaakt (mits logisch), dus:
  - gunstig + gunstig

---

<sup>e</sup> SBK beschikt over een set referentiegebouwen, bedoeld voor de milieuprestatieberekeningen. Deze set is gebaseerd op de voorbeeldgebouwen van RvO. Bij de woongebouwen zijn de afwijkingen met de RVO-set gering. Omdat bij de SBR-referenties de Vrijstaande woning en Galerij ontbreken is gekozen om de vollediger RVO-set te gebruiken.

- gunstig + ongunstig
- ongunstig + gunstig
- ongunstig + ongunstig.

### 3.3 Berekeningen ronde 1

#### 3.3.1 Ontwerpvariabelen ronde 1

In ronde 1 is gevarieerd op de onderstaande variabelen. In bijlage 1 is een beknopte uitleg gegeven over de wijze waarop de ontwerpaanpassing is doorgevoerd. Bij de uitwerking is er rekening mee gehouden dat de voorbeeldgebouwen een gunstige vorm (doos, zonder verspringingen) hebben, en een sobere uitvoering kennen. Uit ervaringen met GPR is gebleken dat het hierdoor lastiger wordt een betere prestatie te behalen dan deze voorbeeldgebouwen. Bij het opstellen van de conversieformule voor de vertaling van de milieuprestatiescore naar het GPR-rapportcijfer is hiermee rekening gehouden. Bij de variatie op GB zijn de voorbeeldgebouwen voor 'GB: klein' aangehouden. Bij Tussen, 2-1-kap en Vrijstaand is ook bij 'GP: laag' het voorbeeldgebouw aangehouden.

Variatie op dimensionering:

1. BV: vloeroppervlakte (bvo) per wooneenheid
  - groot
  - klein
2. GB: verhouding gevel- en vloeroppervlakten
  - groot
  - klein
3. GP: percentage open gevel
  - hoog
  - laag
4. BL: aantal bouwlagen
  - weinig
  - veel

Variatie op materialisatie:

5. DC: uitvoering hoofddraagconstructie
  - beton
  - kzs
  - hsb
6. GE: uitvoering gevel
  - betimmering + houten kozijn
  - standaard (metselwerk) + houten kozijn
  - standaard (metselwerk) + aluminium kozijn
  - betonnen binnenblad + metselwerk + aluminium kozijn
7. GH: aantal lagen HR-glas
  - dubbel
  - driedubbel
8. EP: bouwkundig en installatietechnisch pakketten voor EPC:0.4 (3 pakketten)
  - EPC:0.4, standaardpakket RVO
  - EPC:0.4, pakket op basis warmtepomp
  - EPC:0.4, pakket op basis passief huis concept
  - EPC:0.0 (BENG), op basis van PV

9. KW: extra kwaliteit
  - extra verdiepingshoogte
  - forse dakoverstek
  - vide
10. MA: duurzaamheid materiaalkeuze
  - Duurzaam materiaal
  - Niet duurzaam materiaal

Twee extra varianten zijn de varianten waarbij de gebouwlevensduur is aangepast ten opzichte van de default van 75 jaar. Dit om een indruk te geven van de invloed van deze variabelen. Bij SBK is een rapport beschikbaar, met richtlijnen over het declareren van een andere gebouwlevensduur dan de default. De varianten zijn ook interessant met het oog op de bestaande bouw, die buiten de scope van deze studie valt.

11. LD: gebouwlevensduur
  - 50 jaar
  - 100 jaar

### 3.3.2 Rekenresultaten ronde 1

In figuur 3.1 staan de rekenresultaten van ronde 1. Deze resultaten zijn gebruikt als eerste input bij het opstellen van een klassenindeling. Daarnaast zijn de resultaten gebruikt om de relevante variabelen voor ronde 2 te identificeren.

RONDE 1: identificatie grote vissen (134 berekeningen)			Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij	Gemiddeld
REF Referentie	REF	referentieberekening	0,32 0%	0,36 0%	0,44 0%	0,34 0%	0,39 0%	0,37 0%
LD Levensduur (bestaand)	LD1	50 jaar	0,41 28%	0,49 36%	0,57 30%	0,44 29%	0,52 33%	0,486 31%
	LD2	100 jaar	0,29 -9%	0,32 -11%	0,39 -11%	0,31 -9%	0,34 -13%	0,33 -11%
<b>Dimensionering</b>								
BV BVO	BV1	BVO klein	0,35 9%	0,41 14%	0,51 16%	0,38 12%	0,43 10%	0,42 12%
	BV2	BVO groot	0,30 -6%	0,36 0%	0,36 -18%	0,31 -9%	0,35 -10%	0,34 -9%
GB Gevel/BVO	GB1	Gevel klein = referentie	0,32 0%	0,36 0%	0,44 0%	0,34 0%	0,39 0%	0,37 0%
	GB2	Gevel groot	0,39 22%	0,46 28%	0,61 39%	0,41 21%	0,43 10%	0,46 24%
BL Bouwlagen	BL1	Wéinig	0,31 -3%	0,37 3%	0,44 0%	0,47 38%	0,44 13%	0,41 10%
	BL2	Veel	0,33 3%	0,36 0%	0,44 0%	0,31 -9%	0,38 -3%	0,36 -2%
<b>Materialisatie</b>								
DC Draagconstructie	DC1	Beton	0,33 3%	0,37 3%	0,45 2%	0,35 3%	0,40 3%	0,38 3%
	DC2	KZS	0,31 -3%	0,36 0%	0,44 0%	0,34 0%	0,38 -3%	0,37 -1%
	DC3	HSB	0,32 0%	0,36 0%	0,44 0%	0,33 -3%	0,37 -5%	0,36 -2%
GE Gevelopbouw	GE1	Meest gunstig (HSB & delen)	0,30 -6%	0,32 -11%	0,38 -14%	0,33 -3%	0,37 -5%	0,34 -8%
	GE2	binnenblad kzs & houten kozijn	0,32 0%	0,36 0%	0,43 -2%	0,34 0%	0,38 -3%	0,37 -1%
	GE3	binnenblad kzs & alu. kozijn	0,34 6%	0,38 6%	0,47 7%	0,37 9%	0,42 8%	0,40 7%
	GE4	Minst gunstig (beton, bakst, alu.)	0,36 13%	0,41 14%	0,51 16%	0,38 12%	0,43 10%	0,42 13%
GP Percentage open	GP1	Glaspercentage hoog	0,34 6%	0,40 11%	0,51 16%	0,37 9%	0,41 5%	0,41 10%
	GP2	Glaspercentage laag				0,33 -3%	0,37 -5%	0,35 -5%
GH HR+++	GH1	HR+++ ipv HR++	0,33 3%	0,37 3%	0,46 5%	0,36 6%	0,41 5%	0,39 4%
EP EPC:0.4	EP1	Referentie RvO	0,36 13%	0,45 25%	0,53 20%	0,39 15%	0,44 13%	0,43 17%
	EP2	Pakket WP	0,34 6%	0,40 11%	0,47 7%	0,37 9%	0,42 8%	0,40 8%
	EP3	Pakket passief huis	0,45 41%	0,54 50%	0,65 48%	0,43 26%	0,49 26%	0,51 38%
	EP4	BENG met PV	0,47 47%	0,56 56%	0,66 50%	0,45 32%	0,50 28%	0,53 43%
KW Kwaliteit	KW1	Extra verdiepingshoogte	0,36 13%	0,42 17%	0,53 20%	0,39 15%	0,44 13%	0,428 16%
	KW2	Forse dakoverstek		0,37 3%	0,45 2%	0,39 15%		0,40333 9%
	KW3	Vide	0,34 6%	0,38 6%	0,46 5%	0,35 3%		0,3825 3%
MA Materialisatie	MA1	Duurzaam materiaal	0,19 -41%	0,20 -44%	0,24 -45%	0,21 -38%	0,25 -36%	0,22 -41%
	MA2	Niet duurzaam materiaal	0,76 138%	0,9 150%	1,06 141%	0,65 91%	0,76 95%	0,826 123%

Figuur 3.1: overzicht resultaten berekeningen ronde 1

### Variatie op dimensionering

Van grote invloed blijkt de verhouding gevel/BVO. Gebouwen met relatief veel gevel, zoals patiowoningen zullen ongunstig scoren. Dit effect wordt versterkt als ze ook relatief veel open delen (glas) bevatten. Smallere diepere woningen scoren juist relatief goed.

Ook het BVO zelf blijkt relevant. Kleinere woningen en appartementen blijken in het nadeel. Het aantal bouwlagen blijkt bij woongebouwen een relevante variabele, hoewel woongebouwen van slecht enkele lagen weinig gebouwd zullen worden.

### Variatie op materialisatie

Zoals mag worden verwacht, wijken de scores bij de 'duurzame' (MA1) en 'niet duurzame' materiaalkeuze (MA2) het meest af. Dit zijn wel extreme situaties, waar bij alle elementen een gunstig, respectievelijk ongunstig, product is gekozen. In praktijk zal alles ongunstig niet voorkomen. Het is nauwelijks realistisch dat bij alle elementen het slechtst scorende alternatief in een gebouw aanwezig is. MA2 is in die zin meer een extreem ten behoeve van het inzicht dan een reëel te verwachten variatie. Dit is anders voor MA1, het is immers wel denkbaar dat het ontwerp gericht is op een zo goed mogelijke milieuprestatie.

Beperkte invloed heeft de materiaalkeuze bij de draagconstructie. Alle drie de 'materialen' blijven goed toepasbaar, relevante markteffecten worden niet verwacht. Kanttekening is dat dit wel de voorbeeldgebouwen betreft, mogelijk is de invloed bij een bijzondere vormgeving of bij IFD-voorzieningen, zoals een grote overspanning groter.

Opvallend is dat alleen de toepassing van driedubbele in plaats van dubbele beglazing toch een zichtbaar effect heeft. In combinatie met veel geveloppervlakte en een hoog percentage open delen, kan dit relevant zijn. Ook ligt hier een relatie met de EP-varianten.

De EP-varianten maken de noodzaak zichtbaar om de EPG en de Milieuprestatie in samenhang te bezien. Bij aanscherping van de EPC van 0.6 naar 0.4 wordt de variant 'Referentie RvO' min of meer de referentie. Zeker bij een aantal ongunstige combinaties, zoals met veel geveloppervlakte, zal het lastiger worden om aan de eis te voldoen. Bij energieconcepten die gebaseerd zijn op bouwkundige oplossingen, zoals een extreem geïsoleerde schil (Passief huis) is die druk nog groter.

Kijkend naar de nabije toekomst, in de vorm van de BENG-variant met PV, dan is duidelijk dat de combinatie met een voldoende Milieuprestatie-score mogelijk blijft, als in het ontwerp gelijktijdig op de energie- en materiaalprestatie wordt geoptimaliseerd.

De kwaliteitsvarianten laten zien dat de investering in kwaliteit kan leiden tot een relevante verslechtering van de milieuprestatie. Kleine verschillen zijn natuurlijk goed te compenseren door duurzame keuzen bij andere ontwerpvariabelen. Lastiger is dit bij bijvoorbeeld een (fors) hogere verdiepingshoogte. Tenzij bij de berekening de mogelijkheid van een gemotiveerde afwijking van de default gebouwlevensduur kan worden benut. Bij SBK is een document<sup>f</sup> verkrijgbaar, met daarin richtlijnen voor het declareren van een gebouwlevensduur, die afwijkt van de default van 75 jaar voor woongebouwen. In praktijk is er nog geen ervaring omgedaan met het proces rond de afwijkende gebouwlevensduur. Hierover moet nog jurisprudentie ontstaan. Mogelijk volgt een aanscherping van de richtlijnen, met de eis, dat het afwijken op gebouwlevensduur aan een eventuele toetsingscommissie wordt voorgelegd.

### 3.3.3 Selectie woningvarianten ronde 2

In figuur 3.2 zijn de variabelen en opties opgesomd, die op basis van ronde 1 zijn geselecteerd. Het gaat om 5 opties betreffende dimensionering en 5 opties + referentie betreffende materialisatie. De opties MA2 en EP4 zijn apart belicht in een gevoeligheidsanalyse. MA2, waar bij alle tegelijkertijd

---

<sup>f</sup> Richtsnoer 'Specifieke gebouwlevensduur'; aanvulling op de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken(MPG); W/E adviseurs, Utrecht; in opdracht van Ministerie van BZK; oktober 2013

elementen voor het (bijna) slechtste product in NMD is gekozen, zal in de praktijk waarschijnlijk niet voorkomen. MA2 geeft wel een goed beeld van het uiterste in de ongunstige richting. EP4 geeft een goed inzicht in de spanning die in de toekomst kan ontstaan als de stap naar energieneutraal wordt gezet. EP1, passend bij een nabije aanscherping van de EPC naar 0.4, is wel als variabele meegenomen.

Geselecteerde woningvarianten op basis van ronde 1			
<b>Dimensionering</b>			
BV	BVO	BV1	BVO klein
BV	BVO	BV2	BVO groot
GB	Gevel/BVO	GB2	Gevel groot
BL	Bouwlagen	BL2	Veel
GP	Percentage open gevel	GP1	Glaspercentage hoog
<b>Materialisatie</b>			
REF	Referentie	REF	Referentie
GE	Gevelopbouw	GE1	Meest gunstig (HSB & betimmering)
GE	Gevelopbouw	GE4	Minst gunstig (binnespowblad beton, bakst, aluminium)
GH	HR+++	GH1	HR+++ ipv HR++
EP	EPC:0.4	EP1	Referentie RvO
MA	Materialisatie	MA1	Duurzaam materiaal
<b>Gevoeligheidsanalyses</b>			
MA	Materialisatie	MA2	Niet duurzaam materiaal
EP	EPC:0,0	EP4	BENG met PV

*Figuur 3.2: overzicht geselecteerde variabelen en opties*

Op basis van de dimensionering is er een 9-tal combinaties (A – K) gemaakt, waarvan twee combinaties (H en K) alleen op de woongebouwen zijn toegepast. De 9 combinaties zijn gecombineerd met de 8 opties op materialisatie (inclusief referentie). Vervolgens zijn er deze opties ook weer gecombineerd, waardoor 19 extra opties op de materialisatie zijn toegevoegd. Figuur 3.3 biedt een overzicht van alle woningvarianten die met deze opzet zijn gecreëerd (per woningtype).

Varianten per woningtype		A	B	C	H	D	E	F	G	K		
Basis		BV1-GB2	BV1-GP1	BV1-GB2-GP1	BV1-BL2	BV2-GB2	BV2-GP1	BV2-GB2-GP1	GB2-GP1	BV2-BL2		
0	REF											
1	GE1				woongebouw					woongebouw		
2	GE4											
3	GH1											
4	EP1											
6	MA1											
1+3	GE1-GH1				woongebouw					woongebouw		
1+4	GE1-EP1											
1+3+4	GE1+GH1+EP1											
2+3	GE4-GH1											
2+4	GE4-EP1											
2+3+4	GE2+GH1+EP1											
3+4	GH1-EP1											
3+6	GH1+MA1											
3+4+6	GH1+EP1+MA1											
4+6	EP1+MA1											
5+6	EP2+MA1											
Gevoeligheidsanalyses		BV1-GB2	BV1-GP1	BV1-GB2-GP1		BV1-BL2	BV2-GB2	BV2-GP1	BV2-GB2-GP1		GB2-GP1	BV2-BL2
5	EP4											
7	MA2											
1+5	GE1-EP4				woongebouw					woongebouw		
1+3+5	GE1+GH1+EP4											
2+5	GE4-EP4											
2+3+5	GE2+GH1+EP4											
3+5	GH1+EP4											
3+5+6	GH1+EP4+MA1											
4+7	EP1+MA2											
5+7	EP2+MA2											

Figuur 3.3: overzicht in ronde 2 per woningtype doorgerekende woningvarianten

Uiteindelijk zijn in rond 1 en ronde 2 bijna 1200 woningvarianten doorgerekend (zie figuur 3.4)

Aantal woningvarianten	alle typen	extra woongebouw	totaal
Totaal mater ronde 1	135	0	135
Afmetingen	7	2	
materialisatie: losse opties	6	6	
woningtypen	5	2	
totaal mater ronde 2	210	24	234
Afmetingen	7	2	
materialisatie: combinaties	11	11	
woningtypen	5	2	
Totaal combinaties ronde 2	385	44	429
<b>Totaal Basis</b>	<b>730</b>	<b>68</b>	<b>798</b>
Afmetingen	7	2	
materialisatie: losse opties	2	2	
woningtypen	5	2	
totaal mater ronde 2	70	8	78
Afmetingen	7	2	
materialisatie: combinaties	8	8	
woningtypen	5	2	
Totaal combinaties ronde 2	280	32	312
<b>Totaal Gevoeligheid</b>	<b>350</b>	<b>40</b>	<b>390</b>
<b>Totaal</b>	<b>1080</b>	<b>108</b>	<b>1188</b>

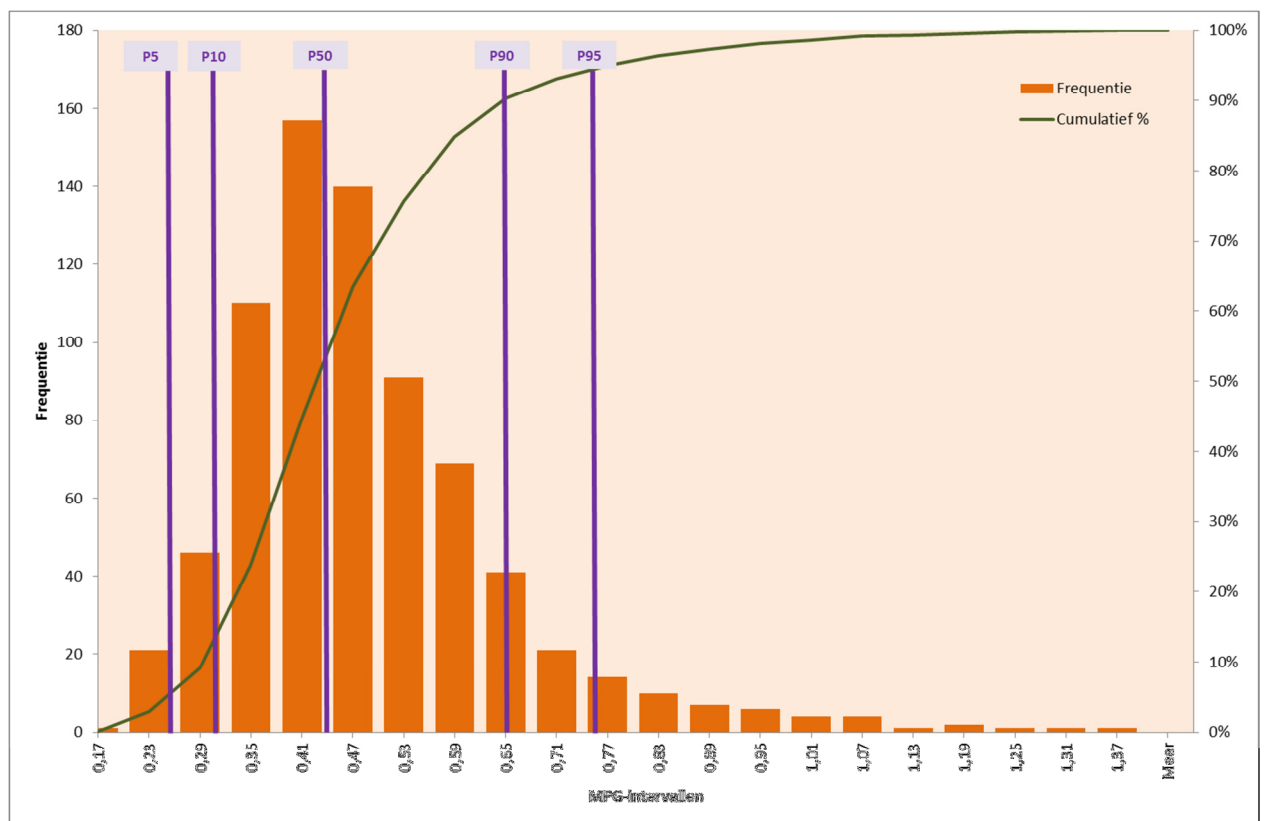
Figuur 3.4: aantallen doorgerekende woningvarianten

## 3.4 Rekenresultaten ronde 1 en 2

### 3.4.1 Analyse op basis frequentieverdeling

De resultaten van de woningvarianten (798 varianten bij Basis) zijn verwerkt tot een frequentieverdeling. Hiertoe zijn de resultaten toebedeeld aan Milieuprestatie-intervallen, met steeds een bereik van 0.06. Het gunstigste interval in figuur 3.5 reikt van 0.17 – 0.23, het ongunstigste van 1.31 – 1.37. In figuur 3.5 is ook het cumulatieve verloop weergegeven. Uiteindelijk gaat die naar 100%. In de verdeling in figuur 3.5 zijn een aantal meetpunten zichtbaar gemaakt:

- Mediaan -> Milieuprestatie 0.43  
Dit is de Milieuprestatie-score, waarbij 50% van de resultaten beter is, en 50% slechter. Gekozen is voor de mediaan, en niet voor het gemiddelde, omdat die minder gevoelig is de ongelijkheid van de verdeling.
- 5<sup>e</sup>-percentiel-waarde -> Milieuprestatie 0.25  
Dit is de Milieuprestatie-score, waarbij 5% van de resultaten beter is, en 95% slechter. Deze waarde geeft een indruk van wat maximaal haalbaar is (binnen het productaanbod in de NMD).
- 10<sup>e</sup>-percentiel-waarde -> Milieuprestatie 0.30  
Dit is de Milieuprestatie-score, waarbij 10% van de resultaten beter is, en 90% slechter. Deze waarde geeft een indruk van wat een goede score is.
- 90<sup>e</sup>-percentiel-waarde -> Milieuprestatie 0.65  
Dit is de Milieuprestatie-score, waarbij 90% van de resultaten beter is, en 10% slechter. Deze waarde geeft een indruk van de scores van de ongunstige woningvarianten.
- 95<sup>e</sup>-percentiel-waarde -> Milieuprestatie 0.76  
Dit is de Milieuprestatie-score, waarbij 95% van de resultaten beter is, en 5% slechter. Deze waarde geeft een indruk van de woningvarianten, die nog wel gebouwd zouden kunnen worden, maar dan erg slecht zullen scoren.

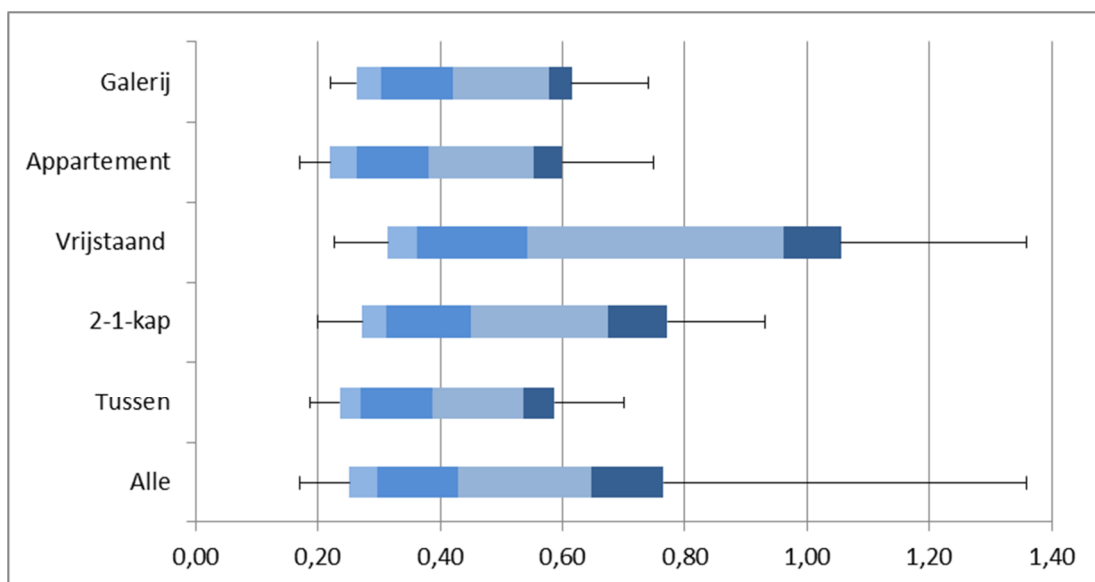


Figuur 3.5: Frequentieverdeling alle basisvarianten op alle woningtypen

### 3.4.2 Frequentieverdeling uitgesplitst naar woningtype

Onder andere uit de Movares-studie kwam naar voren dat de verdeling per woningtype verschillend is. Het type Vrijstaand werd aangewezen als duidelijk ongunstiger dan bijvoorbeeld Appartement.

In figuur 3.6 zijn de verdelingen per woningtype weergegeven in de vorm van boxplots<sup>9</sup>. De meetwaarden uit figuur 3.5 worden zo overzichtelijk weergegeven. In het boxplot bevinden de waarden tussen de 5<sup>e</sup>-percentiel en 95<sup>e</sup>-percentiel zich in de box, en worden de waarden daarbuiten (dus <5<sup>e</sup> of >95<sup>e</sup>) weergegeven in de vorm van twee lijnen. Figuur 3.6 maakt de verschillen tussen de woningtypen inzichtelijk. De 'meetpunten' (Alle en per type) staan in figuur 3.7.



Figuur 3.6: Frequentieverdeling (boxplot) per woningtype en alle woningen + klassenindeling

Waarden	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	0,17	0,19	0,20	0,23	0,17	0,22
5% percentiel	0,25	0,24	0,27	0,31	0,22	0,26
10% percentiel	0,30	0,27	0,31	0,36	0,26	0,30
Mediaan (50%percentiel)	0,43	0,39	0,45	0,54	0,38	0,42
90% percentiel	0,65	0,54	0,67	0,96	0,55	0,58
95% percentiel	0,76	0,59	0,77	1,06	0,60	0,61
Hoogste waarde	1,36	0,70	0,93	1,36	0,75	0,74

Figuur 3.7: Overzicht meetpunten frequentieverdelingen van alle woningtypen en per woningtype

In figuur 3.8 is te zien in hoeverre de typen afwijken van het gezamenlijke beeld (Alle).

Verschillen	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
5% percentiel	0%	-7%	8%	25%	-13%	5%
10% percentiel	0%	-9%	5%	22%	-12%	2%
Mediaan (50%percentiel)	<b>0%</b>	<b>-10%</b>	<b>5%</b>	<b>27%</b>	<b>-11%</b>	<b>-2%</b>
90% percentiel	0%	-17%	4%	49%	-15%	-11%
95% percentiel	0%	-23%	1%	38%	-22%	-20%

Figuur 3.8: Overzicht afwijkingen per woningtype t.o.v. de verdeling van alle woningtypen

<sup>9</sup> Een boxplot (of doosdiagram) is een grafische weergave op basis van meetwaarden (percentielen) in een frequentieverdeling. Een boxplot is daarmee een weliswaar sterk vereenvoudigde, maar zeer bruikbare, voorstelling van de verdeling van de data.



### 3.4.3 Invloed van bouwprognose op frequentieverdeling

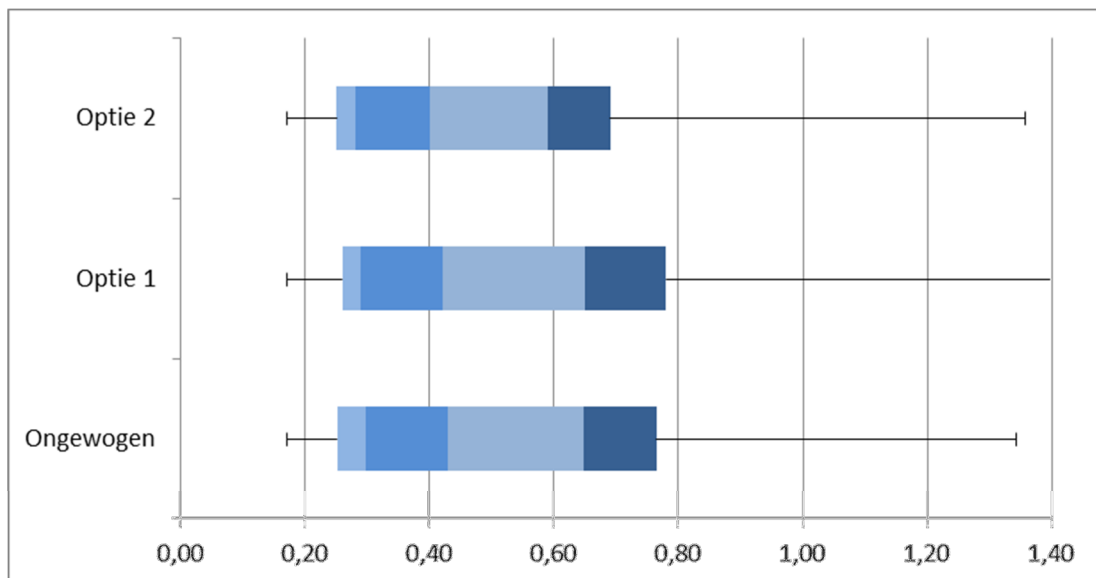
In paragraaf 3.2 is al aangegeven dat de aanpak geen representatieve afspiegeling van de werkelijke nieuwbouw oplevert. Een stapje in die richting is gezet door de frequentieverdeling te corrigeren met een aanname voor de bijdrage van elk woningtype aan de totale nieuwbouwproductie. Door deze correctie ontstaat een beeld, waarbij de invloed van de frequenter gebouwde typen relatief groot wordt.

Een goede prognose voor de totale nieuwbouwverwachting is nauwelijks te geven. De samenstelling van de bestaande voorraad is geen goede voorspeller hiervoor. Ook de nieuwbouw in de afgelopen jaren geeft vanwege de crisis waarschijnlijk geen representatief beeld. Vanwege de onzekerheid zijn daarom twee mogelijke verdelingen opgesteld. In figuur 3.9 zijn beide opties gegeven.

Woningtypen	Ongewogen	Optie 1	Optie 2
Rijtussen woning	20%	35%	35%
Twee onder een kap	20%	15%	10%
Vrijstaande woning	20%	20%	10%
Appartement	20%	25%	35%
Galerijwoning	20%	5%	10%
Alle typen	100%	100%	100%

Figuur 3.9: twee opties voor de nieuwbouwverwachting (verdeling over 5 woningtypen)

In figuur 3.10 zijn de voor opties gecorrigeerde frequentieverdelingen te zien, naast de oorspronkelijke verdeling zonder de invloed van de nieuwbouwprognose. Doordat deze verdelingen over veel meer resultaten (percentages zijn vertaald naar aantallen woningen) zijn gebaseerd is de spreiding bij alle opties minder dan in de oorspronkelijke verdeling. Dit opties moeten daarom ten opzichte van elkaar worden bekeken en niet in absolute zin. Bij een duidelijke verlaging van het percentage vrijstaande woningen zal de verdeling richting de gunstige waarden opschuiven.



Figuur 3.10: Voor optie 1 en optie 2 gecorrigeerde frequentieverdeling (alle woningvarianten, boxplot)

## 4 Analyse rekenresultaten

In dit hoofdstuk staan de analyses beschreven, die op de resultaten uit hoofdstuk 3 zijn uitgevoerd. Onderdeel hiervan vormen een aantal gevoeligheidsanalyses. In de verslaglegging worden de woningvarianten aangeduid met afkortingen, die staan voor de (combinatie) van de opties, waarop ze zijn gebaseerd. In figuur 4.1 zijn de betekenissen van de afkortingen te vinden.

Variabelen dimensionering		Opties		Combinaties van opties dimensionering	
REF	Referentie	REF	referentieberekening	A	BV1-GB2
BV	BVO	BV1	BVO klein	B	BV1-GP1
BV	BVO	BV2	BVO groot	C	BV1-GB2-GP1
GB	Gevel/BVO	GB2	Gevel groot	H	BV1-BL2
BL	Bouwlagen	BL1	Weinig	D	BV2-GB2
BL	Bouwlagen	BL2	Veel	E	BV2-GP1
GP	Percentage open gevel	GP1	Glaspercentage hoog	F	BV2-GB2-GP1
Variabelen materialisatie		Opties		G	GB2-GP1
REF	Referentie	REF	Referentie	K	BV2-BL2
GE	Gevelopbouw	GE1	Meest gunstig (HSB & betimmering)		
GE	Gevelopbouw	GE4	Minst gunstig (beton, bakst, alu)		
GH	HR+++	GH1	HR+++ ipv HR++		
EP	EPC:0.4	EP1	Referentie RvO		
MA	Materialisatie	MA1	Duurzaam materiaal		
Variabelen gevoeligheidsanalyses		Opties			
MA	Materialisatie	MA2	Niet duurzaam materiaal		
EP	EPC:0,0	EP4	BENG met PV		

Figuur 4.1: codering variabelen en opties op dimensionering, materialisatie en combinaties

### 4.1 Analyse extremere woningvarianten

In bijlage 2 is een opsomming gegeven van de woningvarianten, die extremer scoren (behorende tot de 10<sup>e</sup>-percentiel en 90<sup>e</sup>-percentiel). Vooral de ongunstige varianten zijn relevant omdat deze, afhankelijk van de scherpte van de klassenindeling, lastiger te realiseren worden.

#### 4.1.1 Woningvarianten slechter dan 90<sup>e</sup>-percentiel

In bijlage 2 blijkt dat de slechtere scores vooral te vinden zijn bij Twee-onder-één kap en Vrijstaand, wat ook te verwachten is gezien de boxplots. Maar ook bij de andere woningtypen zijn een aantal extremen te vinden. Opvallend vertegenwoordigd:

- Dimensionering:
  - C: BV1 en GB2 en GP1
  - A: BV1 En GB2
  - G: GB2 en GP1

Duidelijk ongunstig blijken een klein BVO (BV1) , een ongunstige gevel/BVO-verhouding (GB2), en een hoog % open gevel (GP1).

- Materialisatie:
  - EP1
  - GE4
  - GH1

Hier blijken van grotere invloed: een ongunstig gematerialiseerde gevel (GE4), driedubbel glas (GH1), en het standaardpakket voor het behalen van EPC:0.4 (EP1). In paragraaf 4.3 wordt dieper op EP1 ingegaan.

De slechts scorende variant (1.36) in bijlage 2 betreft Vrijstaand, combinatie C, 234GE4GH1EP1. Dit staat voor de combinatie van:

- vrijstaande woning
- klein BVO
- ongunstige gevel/BVO-verhouding (relatief veel groot geveloppervlakte)
- hoog % open gevel (veel glas)
- ongunstige materialisatie gevel
- driedubbel glas
- pakket voor EPC:0.4 (o.a. PV)

Dit zou een patiowoning kunnen zijn, met grote glazen puien, waarbij driedubbel glas en veel PV toegepast zijn om EPC:0.4 te behalen.

Op dit moment is de EPC-eis nog 0.6. In figuur 4.2 is een overzicht te vinden van de woningvarianten in bijlage 2 (slechter dan 90<sup>e</sup>-percentieel), waar de varianten gericht op EPC:0.4 (EP1, en 1x EP3) zijn uitgefilterd.

Slechter dan 90e-perc.	10LD2	A	B	C	D	E	F	G	H	K	REF
<b>Appartement</b>											
23GE4GH1				0,70							
<b>Galerijwoning</b>											
23GE4GH1				0,70							
<b>Rijwoning tussen</b>											
23GE4GH1				0,66							
<b>Twee onder één kap</b>											
23GE4GH1		0,70		0,85				0,69			
5ge4		0,67		0,79				0,65			
7gh1				0,69							
8ep1				0,72							
<b>Vrijstaande woning</b>											
0ref		0,73		0,92				0,75			
13GE1GH1				0,90				0,73			
23GE4GH1		0,96	0,77	1,27				1,01			
36GH1MA1				0,66							
5ge1				0,78							
5ge4		0,90	0,71	1,15				0,92			
7gh1		0,79	0,66	1,04				0,84			

Figuur 4.2: woningvarianten met ongunstige scores (>90<sup>e</sup>-percentieel), zonder de varianten gericht op EPC:0.4

#### 4.1.2 Woningvarianten beter dan 10<sup>e</sup>-percentieel

In bijlage 2 blijkt dat de betere scores vooral te vinden zijn bij Appartement, en in mindere mate bij Tussen en Galerij. Opvallend vertegenwoordigd:

- Dimensionering:
  - D: BV2 en GB2
  - E: BV2 en GP1
  - F: BV2 en GB2
  - K: BV2 EN BL2

Duidelijk gunstig blijkt een groot BVO (BV2). Ook GB2 (relatief veel gevel tov het BVO) valt op, wat in tegenspraak lijkt met GB2 dat ook bij de ongunstige scores zat. De verklaring is dat bij deze varianten GB2 is gecombineerd met GE1 (de juist gunstige materialisatie van de gevel). Zeer goede scores worden behaald bij K, veel bouwlagen.

- Materialisatie:
  - MA1
  - EP1
  - GH1
  - GE1

Hier blijkt MA1 (zeer gunstige materialisatie) een zeer positieve invloed te hebben. Dat EP1 (EPC:0.4, RvO) en GH1 (driedubbel glas) hier voorkomen komt doordat de negatieve invloed ruimschoots gecompenseerd worden door positieve invloeden (zoals K, veel bouwlagen). Als MA1 eruit gefilterd wordt (figuur 4.3) blijft GE1 (gunstig gematerialiseerde gevel) over.

De best scorende variant (1.36) in bijlage 2 betreft Appartement, combinatie K, MA1. Dit staat voor de combinatie van:

- appartement
- groot BVO
- veel bouwlagen
- gunstige materialisatie

Dit zou bijvoorbeeld een woontoren met grote appartementen kunnen zijn, waarbij veel aandacht is besteed aan een duurzame materiaaltoepassing.

Beter dan 10e-percentiel	10LD2	A	B	C	D	E	F	G	H	K	REF
Appartement											
Oref										0,28	
13GE1GH1										0,28	
5ge1										0,27	
7gh1										0,29	
Galerijwoning											
Rijwoning tussen											
Oref	0,29										
Twee onder één kap											
Vrijstaande woning											

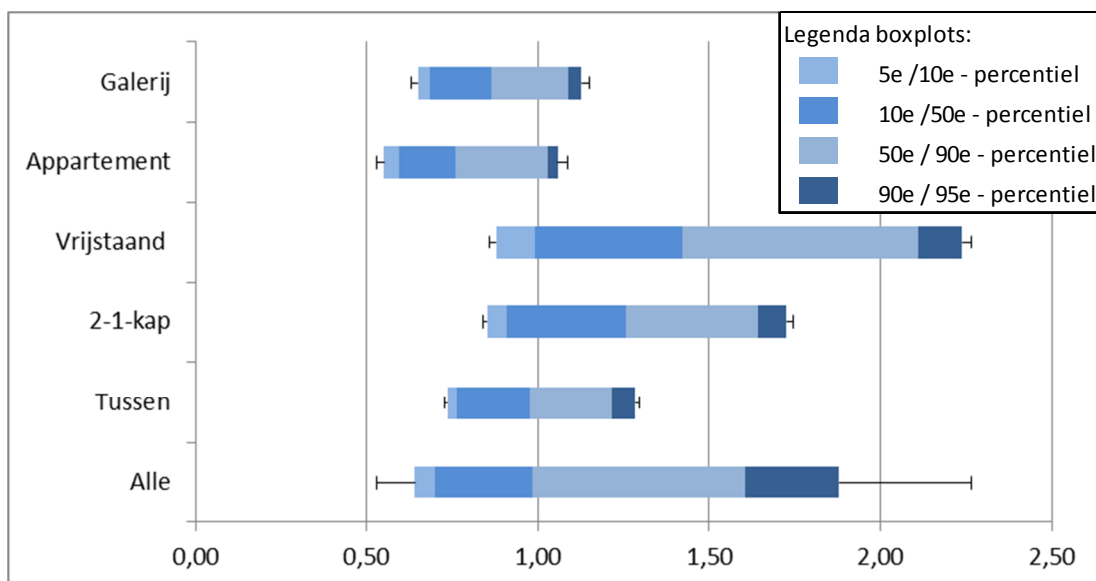
Figuur 4.3: woningvarianten met gunstige scores, zonder de varianten op basis MA1

## 4.2 Gevoeligheidsanalyse 1: niet duurzame materiaalkeuze

### 4.2.1 Combinatie van variaties op dimensionering en een zeer ongunstige materiaalkeuze (MA2)

Zoals eerder beschreven staat MA2 voor de slechts denkbare materiaalkeuzen. Omdat het in praktijk niet realistisch is dat bij alle elementen het (bijna) slechtst scorende product in NMD wordt gekozen, is deze optie niet in de eerdere analyse meegenomen. Wel geeft MA2 een goed inzicht in wat in het ongunstigste geval mogelijk is. Zeker als MA2 gecombineerd wordt met de ongunstige woningtypen en ongunstige dimensionering kan dit leiden tot zeer hoge Milieuprestatiescores.

In figuur 4.4 zijn de boxplots weergegeven bij combinatie van alle dimensioneringsopties met alleen de materialisatieoptie MA2. De percentielwaarden zijn te vinden in bijlage 3. De zeer slecht scorende varianten vertegenwoordigen de varianten die in de ongunstige klassen zouden moeten vallen. Om enige sturing te geven richting een duurzame materialisatie is het gewenst, dat men bij een erg ongunstige dimensionering, minstens enige aandacht besteed aan de materiaalkeuze. Dat wil niet zeggen dat bij alle elementen dan direct voor heel duurzame producten gekozen moet worden. Door bij meerdere elementen de stap richting de 'standaard' materiaalkeuze te zetten, wordt de score al flink verbeterd.

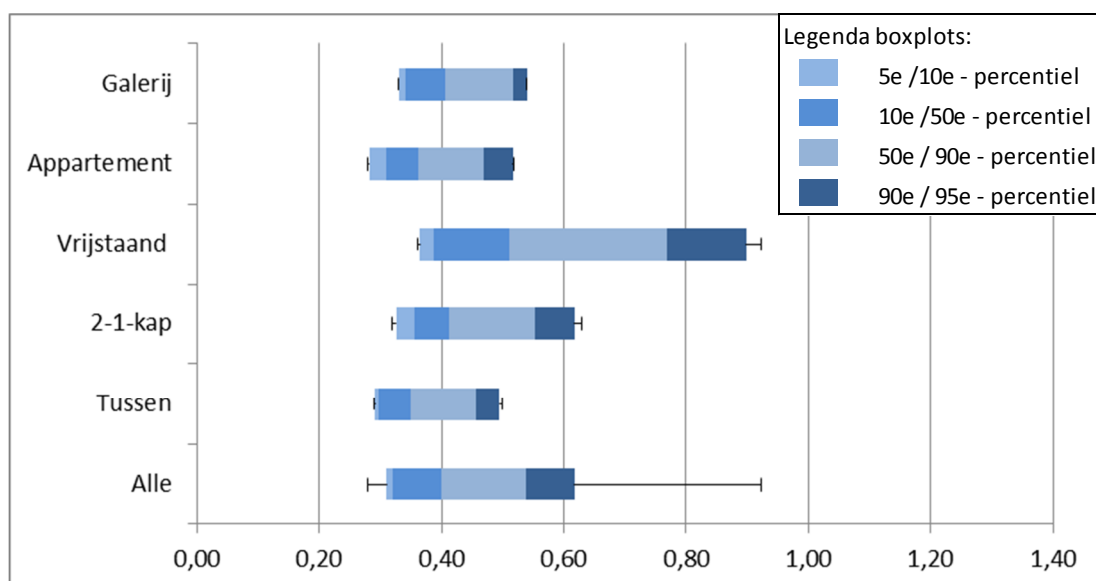


Figuur 4.4: Frequentieverdeling per woningtype, alleen varianten op basis MA2 (boxplot)

#### 4.2.2 Geheel uitsluiten van de invloed van een ongunstige materiaalkeuze

In paragraaf 3.1 is het behoud van de 'Diversiteit in de woningbouw' als voorwaarde genoemd voor een geschikte klassenindeling. Dit levert spanning op met de andere voorwaarde van 'Doelmatigheid', op basis waarvan gewenst is dat de klassenindeling stuurt richting een duurzamer materiaalgebruik (betere milieuprestatie).

Interessant in dit verband is de splitsing van de variatie in dimensionering en de variatie in materialisatie. Een balans tussen 'Diversiteit' en doelmatigheid' kan gezocht worden in het ruimte bieden aan alle variatie op dimensionering, maar dan niet bij alle variatie bij materialisatie. Bij een ongunstige dimensionering, zou je minimaal bij alle elementen de 'standaard' materialen moeten kiezen. Of bij enkele elementen een ongunstigere keuze, die dan bij andere elementen gecompenseerd wordt met een duurzamere productkeuze. In figuur 4.5 is deze opzet doorgevoerd, door alle variatie op materialisatie buiten de verdeling te houden. De percentielwaarden zijn te vinden in bijlage 3.



Figuur 4.5: Frequentieverdeling, exclusief alle materialisatievarianten (per woningtype, boxplot)

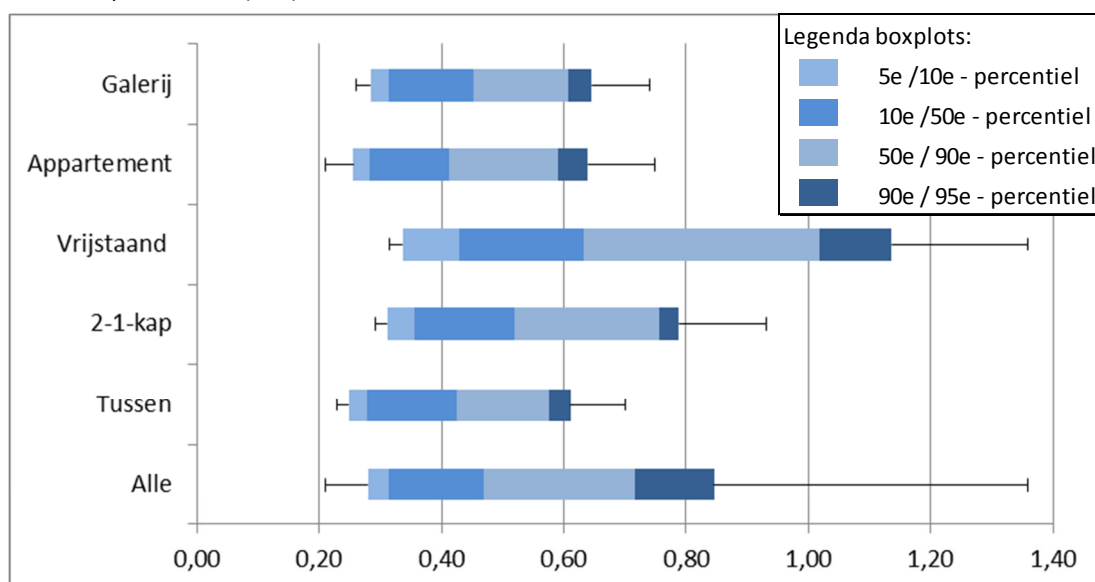
Figuur 4.5 laat een verdeling zien, die een veel minder grote spreiding kent dan met de oorspronkelijke verdeling in figuur 3.6. Alle varianten scoren nu duidelijk onder de 1.0. De vrijstaande woning springt er nu nog meer uit. De verklaring hiervoor is dat de variantie bij de vrijstaande woning vooral ook veroorzaakt wordt door de variatie in dimensionering.

### 4.3 Gevoeligheidsanalyse 2: aanscherping energieprestatie

Voorzien is verdere aanscherping van de energieprestatie-eis naar uiteindelijk nul-energie. Uit de analyse van de ongunstige woningvarianten blijkt dat de EPC een relevante variabele is. Dit maakt duidelijk dat er spanning kan bestaan tussen de energie- en milieuprestatie. De stap van de huidige eis EPC:0.6 naar EPC:0.4 staat voor 2015 gepland.

#### 4.3.1 Verschuiving in Milieuprestatie bij aanscherping EPC van 0.6 naar 0.4

De varianten op basis van EP1 (EPC:0.4 volgens standaardpakket RvO) zijn bij de verdeling in figuur 3.6 meegenomen, omdat de EPC:0.4 de zeer nabije toekomst is. In figuur 4.6 is een stap verder gezet, door alleen de combinaties op basis van de optie EP1 mee te nemen. De percentielwaarden zijn te vinden in bijlage 3. Op het moment dat EPC:0.4 verplicht is, is dit de reële situatie. Kanttekening is dat de scores mogelijk ongunstiger zullen zijn bij andere pakketten voor EPC-0.4, zoals het passief huis (EP3).



Figuur 4.6: Frequentieverdeling per woningtype, alleen varianten op basis EP1 (boxplot)

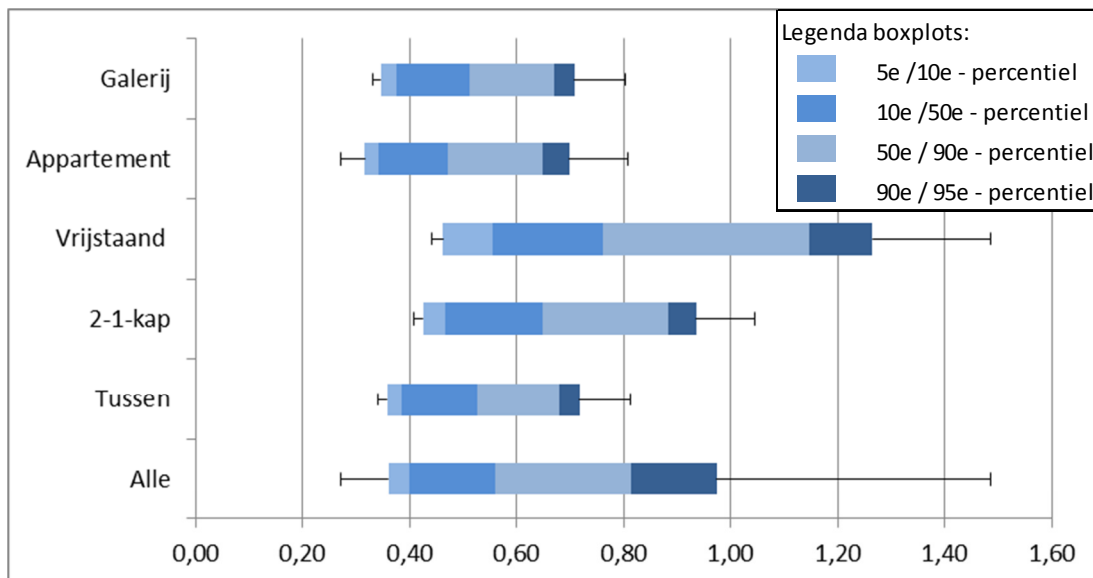
De verdeling in figuur 4.6 blijkt naar de ongunstige kant opgeschoven. Deze opschuiving ligt in grote lijnen tussen de 5% - 15% (zie figuur 4.7). Kijkend naar alle typen, dan lijkt het reëel rekening te houden met een 10%-hogere scores bij de aanscherping naar EPC:0.4.

EP1 tov basis	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	24%	22%	46%	39%	24%	18%
5% percentiel	11%	6%	14%	7%	16%	8%
10% percentiel	6%	3%	14%	18%	7%	3%
Mediaan (50%percentiel)	9%	10%	15%	16%	9%	7%
90% percentiel	11%	7%	12%	6%	7%	5%
95% percentiel	11%	4%	2%	8%	7%	5%
Hoogste waarde	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Figuur 4.7: Verdelsingswaarden bij alleen EP1 tov waarden bij de verdeling in figuur 3.6

### 4.3.2 Verschuiving in Milieuprestatie bij aanscherping EPC van 0.6 naar 0.0

Een stap verder dan EPC:0.4 wordt gezet met de ‘nul-energie’ woningen. Dit wordt wel als reëel perspectief gezien. In figuur 4.8 is de verdeling weergegeven als alleen de combinaties op basis van de optie EP4 zijn meegenomen. De percentielwaarden zijn te vinden in bijlage 3. In figuur 4.9 staan de verdelingswaarden ten opzichte van de basis (figuur 3.6).



Figuur 4.8: Frequentieverdeling bij varianten op basis BENG (per woningtype, boxplot)

EP4 tov basis	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	59%	82%	104%	95%	59%	50%
5% percentiel	43%	52%	56%	47%	43%	31%
10% percentiel	34%	43%	49%	53%	30%	24%
Mediaan (50%percentiel)	30%	36%	44%	40%	24%	22%
90% percentiel	26%	26%	31%	19%	18%	16%
95% percentiel	27%	22%	21%	20%	16%	15%
Hoogste waarde	9%	16%	12%	9%	8%	8%

Figuur 4.9: Verdelingswaarden bij alleen EP4 t.o.v. waarden bij de verdeling in figuur 3.6

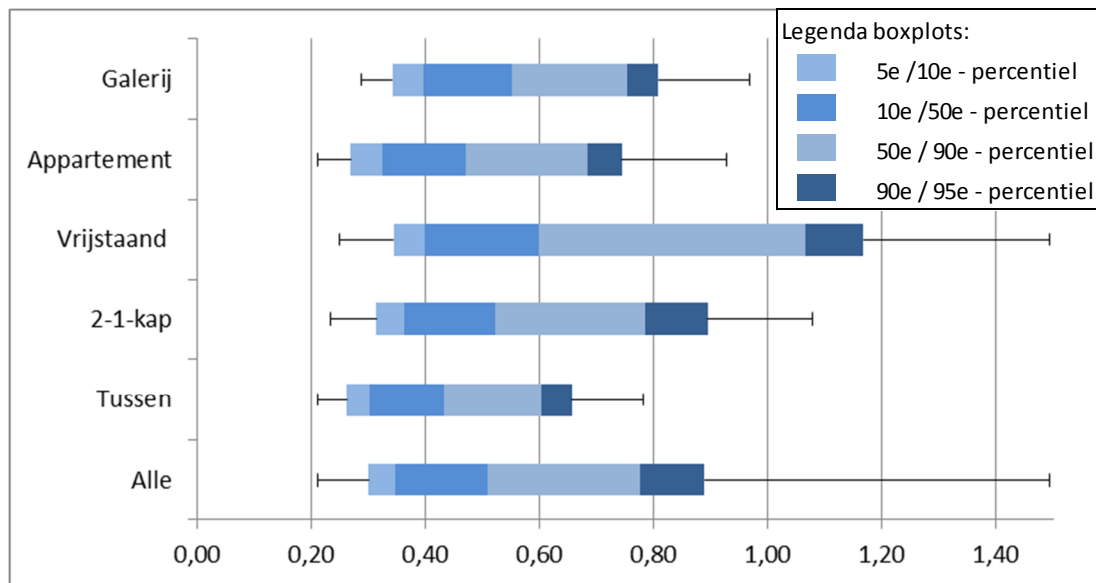
Zoals verwacht is de verdeling in figuur 4.8 nog verder richting de ongunstige kant opgeschoven. Kijkend naar alle typen dan ligt de opschuiving rond 30%. Mogelijk dat dit deels gecompenseerd kan worden door de positieve invloed van de toegenomen ketenbrede ervaring met de Milieuprestatie, en product- en ontwerpinnovaties. Duidelijk is dat een (zeer) goede Energie- en Milieuprestatie alleen haalbaar is als op beide prestaties in samenhang gestuurd wordt. Sub-optimalisaties op één (energie) kunnen er toe leiden dat de prestatie op het andere thema (materialen) tegenvalt. Dit onderstreept de wenselijkheid van een geïntegreerde benadering, zoals in het TKI KIEM-project wordt nagestreefd.

## 4.4 Gevoeligheidsanalyse 3: GBO als vergelijkingsbasis

### 4.4.1 GBO als vergelijkingsbasis

In de bepalingsmethode is vastgelegd dat de totale materiaalgebonden milieubelasting van het gebouw teruggerekend wordt naar 1 m<sup>2</sup> bvo. In paragraaf 2.3 is al aangegeven dat dit afwijkend is van de vergelijkingseenheid bij de EPC, die gebaseerd is op het gbo (gebruiksoppervlakte). In figuur

4.10 is de verdeling te vinden als terugrekend wordt naar 1 m2gbo i.p.v. naar 1m2bvo (basis, figuur3.6). De percentielwaarden zijn te vinden in bijlage 3. In figuur 4.11 staan de verdelingswaarden ten opzichte van de basis (figuur 3.6).



Figuur 4.10: Frequentieverdeling bij terugrekening naar 1 m2gbo (per woningtype, boxplot)

EP4 tov basis	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	24%	13%	17%	10%	24%	31%
5% percentiel	20%	12%	16%	10%	23%	30%
10% percentiel	17%	12%	16%	10%	24%	31%
Mediaan (50%percentiel)	19%	12%	16%	10%	24%	31%
90% percentiel	20%	12%	16%	11%	24%	31%
95% percentiel	16%	12%	16%	11%	24%	31%
Hoogste waarde	10%	12%	16%	10%	24%	31%

Figuur 4.11: Verdelingswaarden bij terugrekening naar 1 m2gbo t.o.v. waarden bij de verdeling in figuur 3.6

Omdat het gebruiksoppervlakte kleiner is dan het bruto vloeroppervlakte, en de totale belasting door een kleinere waarde wordt gedeeld, zal de Milieuprestatie per eenheid hoger (ongunstiger) uitvallen. De verhouding tussen gbo en bvo zal bij elke woning anders zijn. Desondanks geven de voorbeeldgebouwen een goede indruk van de te verwachten verschuiving. Duidelijk blijkt dat de Milieuprestatie bij woongebouwen hoger zal worden, omdat daar meestal sprake is van een ongunstige verhouding gbo/bvo.

## 4.5 Conclusies op basis van de analyses

### 4.5.1 Te verwachten spreiding in milieuprestaties

Er zijn vele variabelen die een relevante invloed hebben op de Milieuprestatie. Deze variabelen kunnen elkaar afzwakken of versterken. De combinatie van bijvoorbeeld een relatief groot geveleppervlakte, en een klein BVO, kan leiden tot een ongunstige score. Zeker als dit ook nog eens gecombineerd wordt met een ongunstige materiaalkeuze. De woningtypen Vrijstaand en in minder mate Twee-onder-een-kap blijken relatief ongunstig.

Richting de gunstige kant is de spreiding minder groot. Er wordt relatief snel een minimale score bereikt. Dit vooral doordat alle elementen, zoals vloeren en daken, toch nodig zijn voor een gebouw



om te kunnen functioneren. Een verdere verlaging is binnen de bestaande gebouwconcepten en materialisatie opties beperkt mogelijk.

De verdeling op basis van bijna 1200 berekeningen geeft een goed inzicht in de te verwachten scores. Dit is inzicht is goed bruikbaar bij het vaststellen van de klassen- en klassenovergangen, die aan de gestelde voorwaarden voldoen. Duidelijk is bij welke Milieuprestaties het noodzakelijk wordt om bij de dimensionering en materialisatie ook op het aspect duurzaamheid te letten (voorwaarde 1). Ook duidelijk wordt waar de diversiteit (voorwaarde 3) onder druk kan komen te staan bij een scherpere klassenindeling.

Bij het zoeken naar de juiste balans, lijkt het zinvol om onderscheid te maken in de variatie op woningtype/dimensionering, én de variatie in materiaalkeuze. Vanuit de diversiteit (voorwaarde 3) is het wenselijk dat alle variatie op woningtype en dimensionering mogelijk blijft. Dit geldt minder sterk voor de variatie in materiaalkeuze. Als men al een ongunstig woningtype en ongunstige dimensionering heeft zal men dit kunnen compenseren via de materiaalkeuze.

#### **4.5.2 Invloed van aanscherping energieprestatie**

De resultaten laten een spanning zien tussen de energie- en milieuprestatie. Bij de woningvarianten op basis van EPC:0.4 ligt de milieuprestatie ongeveer 10% hoger (ongunstiger). In combinatie met een ongunstig woningtype en/of dimensionering zal het lastiger worden om aan een bepaalde milieuprestatie te voldoen.

Bovenstaand geldt zeker als de stap wordt gezet naar nul-energie. Dit vraagt om een proces waarin tegelijkertijd op de energie- en milieuprestatie geoptimaliseerd wordt. Dit is onderwerp van studie in het TKI KIEM-project, waarin de integrale benadering voor energie- en materiaalgebruik uitgewerkt wordt. Naast integrale rekeninstrumenten, zal ook behoefte ontstaan aan nieuwe gebouwconcepten, bouwproducten en installatiesystemen.

# 5 Klasseindeling woongebouwen

## 5.1 Relevante ontwikkelingen

### 5.1.1 Duurzaam materiaalgebruik naast energiebesparing op de agenda

Bij het aspect duurzaamheid van gebouwen heeft de focus lang alleen op de energiebesparing gelegen. De laatste jaren is ook een substantiële aandacht ontstaan voor het duurzame materiaalgebruik, vanwege de reductie van CO<sub>2</sub>-emissies en de uitputting van grondstoffen. Thematisch zijn deze effecten verpakt in termen als C2C, 'sluiten van de kringlopen', en Circulaire economie. Deels heeft dat ermee te maken, dat, op de weg naar energie-nul gebouwen, de milieu-impact van materiaalgebruik meer dominant wordt. Ook is er het besef dat de grondstoffenvoorraad op de aarde eindig is, en het besef dat de materiaalproductie, het transport, en de afvalverwerking ook een grote invloed heeft op het milieu (o.a. broeikaseffect). De toegenomen aandacht hiervoor speelt niet alleen in Nederland, maar ook in Europa, en zelfs mondiaal.

### 5.1.2 De Milieuprestatie in een periode van gedaalde bouwproductie

De afgelopen jaren is de woningbouwproductie sterk gedaald. Dit heeft een weerslag op de marktpartijen in de bouw. Voorkomen moet worden dat het declareren van een Milieuprestatie hierbij een belemmerende factor wordt. Dat geldt niet alleen ten aanzien van de bouwproductie, ook mag het niet ten koste gaan van innovaties. Een stelsel, gebaseerd op de combinatie van een prestatiebeginsel, waarin een gelijk speelveld rendeert, én een ondergrens in landelijke regelgeving, waardoor vrijwel geen sector of bouwtype wordt gefrustreerd, lijkt hieraan te voldoen. Een dergelijk stelsel biedt enerzijds de tijd om te wennen, en anderzijds kan het een opmaat zijn voor de optimalisatie van de milieuprestatie van een gebouw, met slimme concepten en innovaties. Gezien de ontwikkelingen in Europa<sup>h</sup> lijkt het verstandig niet afwachtend te handelen, en zelf de regie te voeren ten aanzien van de milieu-indicatoren als technische specificaties van gebouwen, en de wijze waarop het duurzaam materiaalgebruik daarin een plaats heeft.

### 5.1.3 Anticiperen op een situatie met een energieprestatiecoëfficiënt van <0.4

Er zullen andere en/of extra materialen en installaties moeten worden toegepast om de stap van epc: 0.6 naar epc:0.4 te kunnen maken. Dit leidt logischer wijze tot een hogere (slechtere) Milieuprestatie. In deze studie is bij het vaststellen van de klassengrenzen, daarom aandacht ook besteedt aan de situatie, waarin de woningen aan epc:0.4 moeten voldoen. In de verdeling in figuur 3.6 zijn de varianten op basis van epc:0.4 (RvO-pakket) meegenomen.

### 5.1.4 Autonome verlaging van de berekende milieuprestaties

Vanuit de ervaring met andere prestatie-eisen wordt verwacht dat de milieuprestatiescores in de tijd autonoom zullen dalen. Dit heeft een aantal triggers:

1. Beter scorende gebouwen  
Optimalisaties in de materialisatie en nieuwe gebouwconcepten leiden tot daadwerkelijk duurzamere gebouwen. Dit is natuurlijk wat met de Milieuprestatie beoogd wordt.
2. Ervaring met de berekeningen  
De handigheden worden ontdekt, er wordt naar de grenzen toegerekend. Dit levert winst op op

---

<sup>h</sup> MEDEDELING VAN DE EUROPES COMMISSIE OVER MOGELIJKHEDEN VOOR HULPBRONNEN-EFFICIËNTIE IN DE BOUWSECTOR [ COM(2014) 445 final - 1.7.2014]

- papier, maar leidt nauwelijks tot een beperking van de werkelijke belasting (wel iets wat er bij hoort).
3. Verrijking Nationale Milieudatabase (NMD)  
Er komen meer milieudata in de NMD, ook van minder milieubelastende producten. Ook worden de data verder verrijkt. Dit is een belangrijke organieke stap richting een nog robuuster systeem.
  4. Productinnovaties en procesverbeteringen  
Deze zullen steeds vaker plaatsvinden, en krijgen een doorwerking in de Nationale Milieudatabase en daarmee in de rekeninstrumenten. Dit betreft weer een daadwerkelijke verbetering en geeft mede invulling aan de achterliggende doelstelling van de toepassing van de Milieuprestatie.

## 5.2 Advies klassenindeling Woonfunctie

### 5.2.1 Klassenindeling met een ondergrens, waaraan het merendeel van de woningen kan voldoen

Bij de start van dit project is beoogd een klassenindeling voor de milieuprestatie van woningen op te stellen. Bij het zoeken naar een geschikte vormgeving is het logisch een aansluiting te zoeken bij de labelsystematiek, zoals dat bij energiezuinigheid van apparaten en gebouwen gebruikelijk is. In dit onderzoek is een klassenindeling gehanteerd met vijf klassen, namelijk A, B, C, D, E. Deze klassen staan geheel los van de klassen bij de energielabelling.

De opzet stuurt met een klassenindeling richting een minder milieubelastend materiaal- en grondstoffengebruik in de bouw. In hoofdstuk 1 is hierbij een aantal uitgangspunten als randvoorwaarden benoemd. Bij het vaststellen van de klassenovergangen zijn vooral de doelmatigheid en de diversiteit van belang. De inzichten uit hoofdstuk 4 zijn goed bruikbaar bij het zoeken naar een juiste balans. Ook de in 5.1 beschreven ontwikkelingen zijn relevant.

Een basisgedachte is dat het mogelijk moet blijven om alle varianten op basis van de vorm/dimensionering te kunnen blijven bouwen, maar niet bij elke materialisatie. Bij een ongunstige dimensionering is het billijk dat enige aandacht voor een duurzame materiaalkeuze nodig is. Is deze aandacht niet aanwezig, dan wordt het terecht geacht dat deze toepassingen onder een gestelde ondergrens zakt.

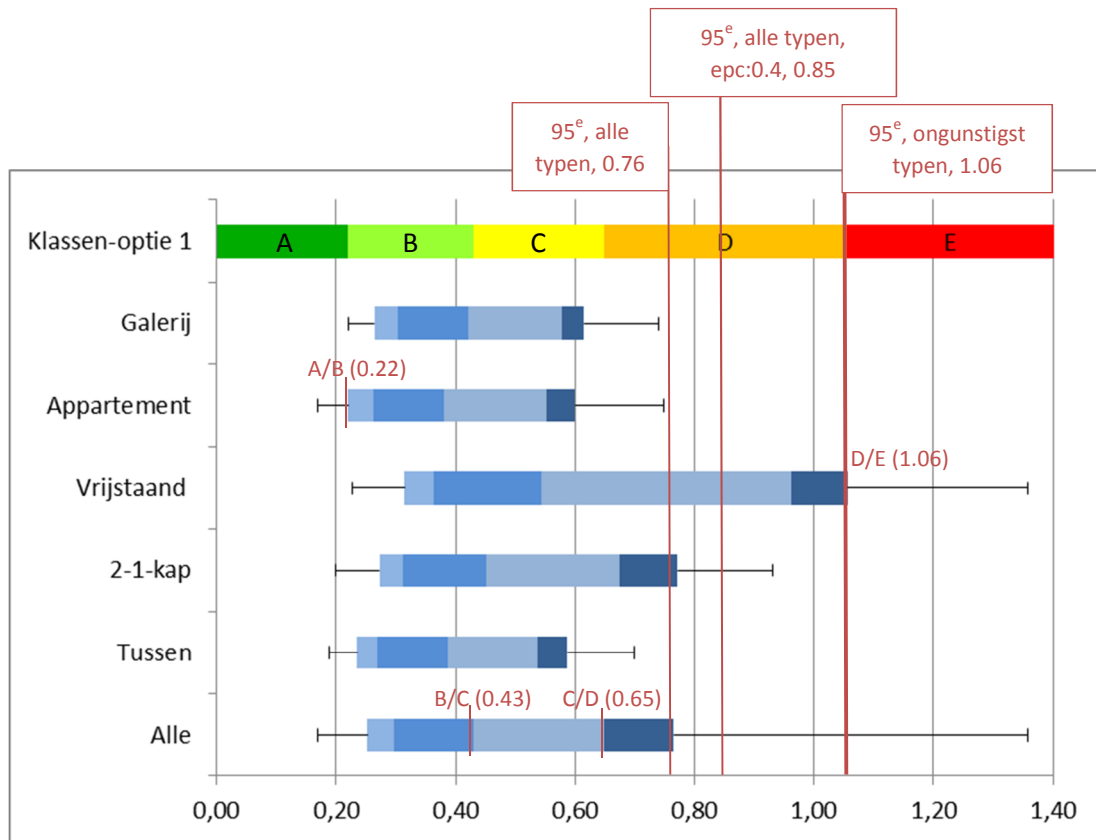
**Bovenstaand is vertaald in een klassenindeling met een ondergrens, waaraan het merendeel van de woningen kan voldoen**

### 5.2.2 Waarden van klassenovergangen

De klassenovergangen passend bij de klassenindeling uit paragraaf 5.2.1 zijn gebaseerd op de in hoofdstuk 3 en 4 beschreven frequentieverdelingen.

- Klasse E: Overgang naar klasse D op 95<sup>e</sup>-percentiel bij het ongunstigste type (Vrijstaand - 1.06). Dus 5% van de varianten op Vrijstaand valt in klasse E. Milieuprestatie > 1.06.
- Klasse D: Overgang naar klasse C op basis van 90<sup>e</sup>-percentiel bij alle typen (0.65). Milieuprestatie 0.65 – 1.06.
- Klasse C: Overgang naar klasse B op basis 50<sup>e</sup> percentiel bij alle typen. Milieuprestatie 0.43 – 0.65.
- Klasse B: Overgang naar klasse A op basis 95<sup>e</sup> percentiel bij het gunstigste type. Milieuprestatie 0.22 - 0.43.
- Klasse A: Milieuprestatie < 0.22

In figuur 5.5 staat de klassenindeling, uitgaande van de bovenstaande klassenovergangen. Om gevoel te geven voor de betekenis hiervan is de klassenindeling toegevoegd aan de boxplots uit figuur 3.6 (basis).



Figuur 5.5: Klassenindeling, waarbij het merendeel van de woningvarianten in klassen A, B, C of D valt

### 5.2.3 Herijking van klassenovergangen bij nieuwe releases van de Nationale Milieudatabase

De in 5.2.2 voorgestelde klassenovergangen passen bij de situatie van dit moment. Mede als gevolg van de bij 5.1 beschreven ontwikkelingen zal een herijking van de klassenovergangen wenselijk kunnen zijn. Een eventuele herijking kan aan de orde zijn bij wijzigingen in de bepalingsmethode milieuprestatie gebouwen en GWW-werken en/of een nieuwe release van de Nationale Milieudatabase. Bij iedere nieuwe release van de Nationale Milieudatabase wordt daarom aanbevolen een doorrekening te maken, om een eventueel verschil in de Milieuprestatie in beeld te krijgen. Bij een aanwijzing van klassen, hoeft bij een verschil in de waarden voor de klassenovergangen, maar bij een ongewijzigde gebouwkwaliteit, de klassenindeling niet te worden gewijzigd. Bij een substantieel verschil als gevolg van een nieuwe release van de Nationale Milieudatabase ondergaan slechts de klassengrenzen een wijziging.

# Bijlagen

## Bijlage 1: toelichting woningvarianten ronde 1

RONDE 1: identificatie grote vissen (134 berekeningen)			Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
REF	Referentie	REF referentieberekening	Voorbeeldgebouw, excl. buitenroering, vaste & terreinvoorzieningen	Idem	Idem	Idem, excl. Inpandige bergingen, incl. BVO balkons	Idem, excl. inpandige bergingen, incl. verkeers-ruimten en gevels + BVO van balkons en galerijen
LD	Levensduur (bestaand)	LD1 50 jaar LD2 100 jaar	Van 75 naar 50 jaar Van 75 naar 100 jaar	Idem Idem	Idem Idem	Idem Idem	Idem Idem
<b>Dimensionering</b>							
BV	BVO	BV1 BVO klein BV2 BVO groot	25% minder diep, 25% minder breed 25% dieper, 25% breder	Idem 2x zo breed	Idem 2 keer zo breed, 2 keer zo lang	Idem 50% breder, 50% dieper	Idem 50% breder, 50% dieper
GB	Gevel/BVO	GB1 Gevel klein = referentie GB2 Gevel groot	De referentie is al zeer compact Gevel 2 keer zo groot, woningscheidende wand 2 keer zo klein	Idem 2 keer zoveel gevel	Idem 2 keer zoveel gevel	Idem Gevel 2 keer zo groot, woningscheidende wand 2 keer zo klein	Idem 50% extra gevel
BL	Bouwlagen	BL1 Weinig BL2 Veel	2 lagen 4 lagen	Idem 4 lagen	Idem 4 lagen	Idem 16 lagen	Idem 16 lagen
<b>Materialisatie</b>							
DC	Draagconstructie	DC1 Beton DC2 KZS DC3 HSB	REF-Beton (slechtst scorend) REF-KZS (KZS metselwerk) REF-HSB	Idem Idem Idem	REF-Beton (1/2 v/d gevel binnenblad) REF-KZS (KZS metselwerk 1/2 v/d gevel binnenblad) REF-HSB (1/2 v/d gevel binnenblad)	Idem Idem Idem	Idem Idem Idem
GE	Gevelopbouw	GE1 Meest gunstig (HSB & delen) GE2 binnenblad kzs & houten kozijn GE3 binnenblad kzs & alu. kozijn GE4 Minst gunstig (beton, bakst, alu.)	REF & europees houten kozijn, hsb binnenblad & betimmering REF & europees houten kozijn GE2 & aluminium kozijn GE3 & Beton binnenblad, PUR isolatie	Idem Idem Idem Idem	Idem Idem Idem Idem	Idem Idem Idem Idem	Idem Idem Idem Idem
GP	% open gevel	GP1 Glaspercentage hoog GP2 Glaspercentage laag	1,5 keer zoveel glas Nvt. De referentie heeft al zeer weinig glas	2 keer zoveel glas Idem	2 keer zoveel glas Idem	1,5 keer zoveel glas de helft van het glas (in praktijk daglichtprobleem)	1,5 keer zoveel glas de helft van het glas (in praktijk daglichtprobleem)
GH	HR+++	GH1 HR+++ ipv HR++	Drielaagse beglazing	Idem	Idem	Idem	Idem
EP	EPC:0.4	EP1 Referentie RvO EP2 Pakket WP EP3 Pakket passief huis	zie onderaan tabel Rc-waarden aangepast & PV toegevoegd zie onderaan tabel Rc-waarden aangepast & geen gasleiding, PV weggehaald, WP toegevoegd Gevel & dak Rc=10 PUR, binnenspouwblad van massief beton, HR++, balans-wtw	Idem Idem Idem	Idem Idem Idem	Idem Idem Idem	Idem Idem Idem
	EPC:0,0	EP4 BENG met PV	EP1 & 20m2 PV (ipv invulling bij EP1)	30m2 PV	36 m2 PV	325 m2 PV	370 m2 PV
KW	Kwaliteit	KW1 Extra verdiepingshoogte KW2 Forse dakoverstek KW3 Vide	4 meter i.p.v. 2,6 meter nvt 5m2/vd (dus totaal - 10m2 op BVO en verdiepingsvloer)	Idem 14 m2 extra 5m2/vd	Idem 50 m2 extra 5m2/vd	Idem Hellend dak met overstek 910 m2 135 m2	Idem nvt nvt
MA	Materialisatie	MA1 Duurzaam materiaal MA2 Niet duurzaam materiaal	Bij alle elementen het best scorende product, waarbij negatieve waarden zijn genegeerd, uitgaande van BBS-eisen (EP&afwerking) Bij alle elementen het slechtst (of bijna slechtst) scorende product	Idem Idem	Idem Idem	Idem Idem	Idem Idem

## Bijlage 2: extremere woningvarianten

Variabelen dimensionering		Opties		Combinaties van opties dimensionering	
REF	Referentie	REF	referentieberekening	A	BV1-GB2
BV	BVO	BV1	BVO klein	B	BV1-GP1
BV	BVO	BV2	BVO groot	C	BV1-GB2-GP1
GB	Gevel/BVO	GB2	Gevel groot	H	BV1-BL2
BL	Bouwlagen	BL1	Weinig	D	BV2-GB2
BL	Bouwlagen	BL2	Veel	E	BV2-GP1
GP	Percentage open gevel	GP1	Glaspercentage hoog	F	BV2-GB2-GP1
Variabelen materialisatie		Opties		G	GB2-GP1
REF	Referentie	REF	Referentie	K	BV2-BL2
GE	Gevelopbouw	GE1	Meest gunstig (HSB & betimmering)		
GE	Gevelopbouw	GE4	Minst gunstig (beton, bakst, alu)		
GH	HR+++	GH1	HR+++ ipv HR++		
EP	EPC:0.4	EP1	Referentie RvO		
MA	Materialisatie	MA1	Duurzaam materiaal		
Variabelen gevoeligheidsanalyses		Opties			
MA	Materialisatie	MA2	Niet duurzaam materiaal		
EP	EPC:0,0	EP4	BENG met PV		

Tabel 1: codering variabelen op dimensionering, materialisatie en combinaties

Slechter dan 90e-perc.	10LD2	A	B	C	D	E	F	G	H	K	REF
<b>Appartement</b>											
234GE4GH1EP1				0,75							
23GE4GH1				0,70							
24GE4EP1				0,68							
<b>Galerijwoning</b>											
234GE4GH1EP1		0,66		0,74							
23GE4GH1				0,70							
24GE4EP1				0,68							
<b>Rijwoning tussen</b>											
234GE4GH1EP1				0,70							
23GE4GH1				0,66							
24GE4EP1				0,65							
<b>Twee onder één kap</b>											
134GE1GH1EP1				0,67							
234GE4GH1EP1		0,78		0,93			0,67	0,78			
23GE4GH1		0,70		0,85				0,69			
24GE4EP1		0,76		0,87				0,73			
34GH1EP1		0,66		0,77				0,66			
5ge4		0,67		0,79				0,65			
7gh1				0,69							
8ep1				0,72							
<b>Vrijstaande woning</b>											
Oref		0,73		0,92				0,75			
134GE1GH1EP1		0,72	0,68	0,99				0,82			
13GE1GH1				0,90				0,73			
14GE1EP1		0,67		0,87				0,74			
234GE4GH1EP1		1,06	0,86	1,36			0,73	1,10			
23GE4GH1		0,96	0,77	1,27				1,01			
24GE4EP1		1,00	0,80	1,24			0,68	1,01			
346GH1EP1MA1				0,76							
34GH1EP1		0,88	0,75	1,13				0,93			
36GH1MA1				0,66							
5ge1				0,78							
5ge4		0,90	0,71	1,15				0,92			
7gh1		0,79	0,66	1,04				0,84			
8ep1		0,82	0,69	1,01				0,84			
8ep3											0,65

Tabel 2: woningvarianten met ongunstige scores (90e-perc.)

Beter dan 10e-percentiel	10LD2	A	B	C	D	E	F	G	H	K	REF
Appartement											
Oref										0,28	
10ma1			0,26		0,21	0,20	0,24		0,21	0,17	0,21
13GE1GH1										0,28	
346GH1EP1MA1					0,28	0,26			0,28	0,22	
36GH1MA1					0,24	0,21	0,28		0,23	0,18	
46EP1MA1					0,26	0,24	0,29		0,26	0,21	
5ge1										0,27	
7gh1										0,29	
Galerijwoning											
10ma1					0,24	0,24	0,26		0,28	0,22	0,25
346GH1EP1MA1										0,27	
36GH1MA1					0,26	0,25	0,29			0,23	
46EP1MA1					0,29	0,28				0,26	
Rijwoning tussen											
Oref	0,29										
10ma1		0,27	0,24		0,21	0,19	0,24	0,27			0,19
346GH1EP1MA1					0,27	0,24					
36GH1MA1			0,26		0,23	0,21	0,27				
46EP1MA1			0,27		0,25	0,23	0,28				
Twee onder één kap											
10ma1			0,27		0,23	0,21	0,27				0,20
36GH1MA1					0,24	0,23					
46EP1MA1						0,29					
Vrijstaande woning											
10ma1					0,24	0,23					0,24
36GH1MA1					0,26	0,25					

Tabel 3: woningvarianten met gunstige scores (10<sup>e</sup>-percentiel)



## Bijlage 3: percentielwaarden gevoeligheidsanalyses

Waarden	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	0,53	0,73	0,84	0,86	0,53	0,63
5% percentiel	0,64	0,73	0,85	0,88	0,55	0,65
10% percentiel	0,70	0,76	0,91	0,99	0,59	0,68
Mediaan (50%percentiel)	0,98	0,98	1,26	1,42	0,76	0,86
90% percentiel	1,61	1,21	1,64	2,11	1,03	1,09
95% percentiel	1,88	1,28	1,73	2,24	1,06	1,13
Hoogste waarde	2,26	1,30	1,74	2,26	1,09	1,15

Tabel 1: percentielwaarden verdeling, alleen varianten op basis MA2

Waarden	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	0,28	0,29	0,32	0,36	0,28	0,33
5% percentiel	0,31	0,29	0,33	0,36	0,28	0,33
10% percentiel	0,32	0,30	0,35	0,39	0,31	0,34
Mediaan (50%percentiel)	0,40	0,35	0,41	0,51	0,36	0,41
90% percentiel	0,54	0,46	0,55	0,77	0,47	0,52
95% percentiel	0,62	0,49	0,62	0,90	0,52	0,54
Hoogste waarde	0,92	0,50	0,63	0,92	0,52	0,54

Tabel 2: percentielwaarden verdeling, exclusief alle materialisatievarianten

Waarden	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	0,21	0,23	0,29	0,31	0,21	0,26
5% percentiel	0,28	0,25	0,31	0,34	0,26	0,28
10% percentiel	0,31	0,28	0,36	0,43	0,28	0,31
Mediaan (50%percentiel)	0,47	0,42	0,52	0,63	0,41	0,45
90% percentiel	0,72	0,58	0,76	1,02	0,59	0,61
95% percentiel	0,85	0,61	0,79	1,14	0,64	0,65
Hoogste waarde	1,36	0,70	0,93	1,36	0,75	0,74

Tabel 3: percentielwaarden verdeling, alleen varianten op basis EP1

Waarden	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	0,27	0,34	0,41	0,44	0,27	0,33
5% percentiel	0,36	0,36	0,43	0,46	0,32	0,35
10% percentiel	0,40	0,38	0,47	0,56	0,34	0,38
Mediaan (50%percentiel)	0,56	0,53	0,65	0,76	0,47	0,51
90% percentiel	0,81	0,68	0,88	1,15	0,65	0,67
95% percentiel	0,97	0,72	0,94	1,27	0,70	0,71
Hoogste waarde	1,49	0,81	1,05	1,49	0,81	0,80

Tabel 4: percentielwaarden verdeling, bij varianten op basis BENG

Waarden	Alle	Tussen	2-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Galerij
Laagste waarde	0,21	0,21	0,23	0,25	0,21	0,29
5% percentiel	0,30	0,26	0,31	0,34	0,27	0,34
10% percentiel	0,35	0,30	0,36	0,40	0,33	0,40
Mediaan (50%percentiel)	0,51	0,43	0,52	0,60	0,47	0,55
90% percentiel	0,78	0,60	0,79	1,07	0,68	0,75
95% percentiel	0,89	0,66	0,89	1,17	0,74	0,81
Hoogste waarde	1,50	0,78	1,08	1,50	0,93	0,97

Tabel 5: percentielwaarden verdeling, bij terugrekening naar 1 m2gbo