

Duurzaamheid en materialen,  
interessant voor de toekomst?



Velp  
21 mei 2010

Gemaakt door:

Ewoud Heijink (426175) BT  
Sam den Hertog (430900) BT



## Voorwoord

Voor u ligt het hoofdverslag "Duurzaamheid en materialen, interessant voor de toekomst?", wat samen met de literatuurstudie het resultaat is van onze afstudeeropdracht voor de opleiding bouwkunde aan de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen te Arnhem. Deze afstudeeropdracht is tot stand gekomen door een goede samenwerking tussen twee studenten met de afstudeerrichting bouwtechniek, Ewoud Heijink en Sam den Hertog, in de projectgroep H&H. De uitvoering van deze opdracht heeft plaatsgevonden bij adviesbureau ABT.

De directe aanleiding voor ons om op duurzaam bouwen af te studeren is de minor Low-ec High-tech geweest, waarin de nadruk lag op duurzaamheid in combinatie met detaillering. De basis, wat duurzaamheid betreft, die wij in deze minor hebben meegekregen vonden wij beiden erg interessant en daarom besloten wij hier ons afstuderen ook op te richten. Daarnaast speelt het groeiende maatschappelijk belang van duurzaamheid bij steeds meer bedrijven een grote rol. Dit heeft tot gevolg dat de concurrentie positie van bedrijven mede afhankelijk zal zijn van de duurzame ontwikkelingen van een bedrijf. Door op dit moment kennis op te doen van dit onderwerp, kunnen wij inspelen op de vraag vanuit het bedrijfsleven naar mensen met kennis van duurzaamheid. Met name de mogelijkheden en effecten van materiaalgebruik zijn interessant, aangezien er op dit vlak veel minder ontwikkeling plaatsvindt in vergelijking met de energieprestatie van gebouwen. Ook regelgeving op het gebied van duurzaam materiaalgebruik ontbreekt op het moment.

In overleg met ABT is dit onderwerp door ons verder gespecificeerd. Aangezien ABT het thema duurzaamheid als één van de belangrijkste doelstellingen heeft voor dit jaar, paste onze afstudeeropdracht goed binnen de organisatie en hebben wij bij kunnen dragen aan de invulling van deze doelstelling.

Wij bedanken iedereen die op enige wijze bij heeft gedragen aan het resultaat van onze afstudeeropdracht en in het bijzonder de volgende personen en instanties:

- Dhr. Ing. L. van der Kooij (Assessor) Docent (HAN)
- Dhr. Ir. C. van der Blik (Begeleidend) Hogeschoolhoofddocent (HAN)
- Dhr. Ir. E. Bouten Projectleider bouwkunde en installaties (ABT)
- Dhr. Ir. M. Willems Bouwfysicus (ABT)
- Dhr. Ir. W.J.M. Grotenbreg Architect (Grotenbreg Architecten)
- ABT te Velp
- DGMR te Arnhem
- Stichting Sureac
- Hooper architects

## Inhoudsopgave

### Samenvatting

### Summary

<b>1. Inleiding</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Opdrachtanalyse</b> .....	<b>8</b>
2.1 Probleemstelling .....	8
2.2 Onderzoeksvragen .....	8
2.3 Doelstellingen .....	8
2.4 De aanpak .....	8
2.5 Hoofd- en bijzaken.....	9
2.5.1 Hoofdzaken .....	9
2.5.2 Bijzaken .....	9
2.6 Afbakening .....	9
2.6.1 Aantal alternatieven.....	9
2.6.2 Gevolgen van alternatieven op ontwerp.....	9
2.7 Wie, wat, hoe en waar.....	9
2.7.1 Sport en Onderwijs Gebouw (SOG).....	9
2.7.2 Literatuuronderzoek.....	10
<b>3. Duurzaamheid</b> .....	<b>11</b>
3.1 Wat is duurzaamheid.....	11
3.2 Literatuurstudie .....	11
3.3 Duurzaamheidssoftware .....	12
<b>4. SOG</b> .....	<b>13</b>
4.1 Duurzaamheidscore bestaand ontwerp .....	13
4.1.1 Duurzaamheidscore GPR .....	13
4.1.2 Duurzaamheidscore GreenCalc+.....	14
4.2 Voorkeuren per gebouwonderdeel SOG.....	15
4.2.1 Selectie materialen .....	15
4.2.2 Uitkomsten.....	15
4.2.3 Conclusie .....	15
4.3 Alternatieve invulling SOG ontwerp .....	17
4.3.1 Maximaal resultaat SOG volgens voorkeuren.....	17
4.3.2 Resultaten GPR.....	17
4.3.3 Resultaten GreenCalc+ .....	18
4.3.4 Conclusie maximaal resultaat .....	19
4.3.5 Aannemelijk haalbaar resultaat SOG volgens voorkeuren.....	20
4.3.6 Resultaten GPR.....	20
4.3.7 Resultaten GreenCalc+ .....	21
4.3.8 Conclusie aannemelijke invoer.....	22
<b>5. Verificatie effecten op ander gebouwmodel</b> .....	<b>23</b>
5.1 Kubus groot maximaal resultaat invoer.....	24
5.2 Kubus klein maximaal resultaat invoer.....	24
5.3 Kubus groot aannemelijke invoer .....	25
5.4 Kubus klein aannemelijke invoer .....	25
5.5 Conclusie invloed gebouwmodel.....	26
<b>6. Detaillering duurzame alternatieven</b> .....	<b>28</b>
6.1 Opmerkingen en consequenties bij details maximale invoer .....	28

6.2 Opmerkingen bij details aannemelijke invoer .....	29
6.3 Conclusie detaillering.....	30
<b>7. Toekomst materiaal versus energie</b> .....	<b>31</b>
<b>8. Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>32</b>
8.1 Beantwoording onderzoeksvragen .....	32
8.2 Aanbevelingen abt.....	33
<b>9. Bronnen</b> .....	<b>34</b>
Boeken .....	34
Rapporten.....	34
Internet.....	34
Software.....	34

## Samenvatting

In deze afstudeeropdracht is onderzocht wat de invloed van materialen is op de duurzaamheidscore van een gebouw in GreenCalc+ en GPR-gebouw. De hoofdzaak van het onderzoek is het inzichtelijk maken in welke gebouwonderdelen en met welke alternatieve materialen de grootste winsten te behalen zijn. De afstudeeropdracht is voor een groot deel gebaseerd op een bestaand ontwerp, het sport en onderwijsgebouw (SOG) te Papendal, van Hooper architecten. De volgende 3 onderzoeksvragen worden in het onderzoek behandeld:

- Welke bouwkundige maatregelen (detaillering in combinatie met materialen) hebben invloed op de duurzaamheidscore van de twee programma's in vergelijking tot de score van het huidige ontwerp?
- Welke materialen (per gebouwonderdeel) kunnen over het algemeen worden toegepast om de duurzaamheidscore van een gebouw te verbeteren? Waar valt de meeste winst te behalen?
- Hoe kunnen deze duurzame alternatieven worden uitgewerkt op detail niveau in een project, en wat zijn de technische en esthetische consequenties?

De opbouw van de duurzaamheidscore in de gebruikte programma's is in de volgende figuur weergegeven:



De dikgedrukte onderdelen hebben een hoofdrol in het onderzoek.

De duurzaamheidscore van het huidige ontwerp van het SOG dient als basis, waarmee de alternatieve materiaal invullingen kunnen worden vergeleken. In GPR-gebouw scoort het huidige ontwerp een fractie beter dan een gebouw dat precies voldoet aan het huidige Bouwbesluit. De score wordt weergegeven in een rapportcijfer (1-10). Daarentegen scoort het huidige ontwerp in GreenCalc+ veel slechter. Een gebouw dat is gebouwd volgens de standaard uit 1990, scoort op materiaalgebied een milieu index gebouw (MIG) van 100 punten. Het huidige ontwerp scoort hier 51 punten. Dit verschil tussen beiden programma's is te wijten aan een verschil aan invoermogelijkheden. In Greencalc+ zijn meer details aan te geven van gebouwonderdelen, waardoor dit programma naar onze mening exacter is. Waar in het onderzoek de uitkomsten van beiden programma's niet overeenkomen, is daarom Greencalc+ als maatgevend beschouwd.

Aan de hand van levenscyclusanalyses (LCA) van Nibe is gekeken welke alternatieve materialen mogelijk toepasbaar zijn in het SOG. In de LCA worden de materialen beoordeeld en ingedeeld in milieuklassen aan de hand van een aantal aspecten: Verontreiniging, uitputting, landgebruik en hinder. Door de alternatieven één voor één in te voeren in het huidige ontwerp kan het effect van een materiaal bepaald worden en is er een voorkeurslijst opgesteld. Om aan te geven wat de totaal maximaal haalbare winst is, zijn ook alle eerste voorkeuren samen in 1 ontwerp ingevoerd, de zogenaamde maximale invoer. De winsten staan in onderstaande tabel:

Maximale invoer	Materialen module	Milieu module	Totaal MIG
<b>GPR</b>	20%	13%	
<b>Greencalc+</b>	256%		20%

Dat de verbetering van de totale MIG score veel lager uitvalt dan de verbetering van de materiaalscore in Greencalc+ is te verklaren aan de hand van de overige modules die invloed hebben op de totale MIG score. De modules water en energie blijven namelijk ongewijzigd en brengen de totaalscore omlaag.

Een combinatie van materialen welke minder consequenties heeft voor het ontwerp, de zogenaamde aannemelijke invoer, resulteert in de volgende verbetering van de duurzaamheidscore:

Aannemelijke invoer	Materialen module	Milieu module	Totaal MIG
<b>GPR</b>	10%	7%	
<b>Greencalc+</b>	41%		7%

Over het algemeen blijken de grootste winsten in de duurzaamheidscore van de materialenmodule gehaald te kunnen worden in de draagconstructie. Daarnaast valt er specifiek in de materialisering van de constructieve vloeren, afwerkvloeren en vensterbanken vrij eenvoudig veel winst te boeken.

De aangepaste invoeren wat betreft de materiaal keuze in het SOG zijn getoetst op twee gebouwmodellen met een andere afmeting. Hieruit is gebleken dat de gebouw grootte nauwelijks van invloed is op het effect en de prestatieverhouding van de duurzame materialen onderling. Een uitzondering hierop zijn de gevels en inrichting. Bij een groter gebouw neemt het oppervlak van de gevel in verhouding minder toe dan het BVO, waardoor het aandeel in de milieukosten van de gevels kleiner wordt. Wat de inrichting betreft kunnen allerlei voorzieningen zoals trappen en liften efficiënter gebruikt worden.

Tot slot zijn er ook een tweetal berekeningen met een verhoogde energiescore gemaakt in Greencalc+, waaruit blijkt dat de materialen meer van invloed zijn op de totale duurzaamheidscore wanneer de energie module hoger scoort. Er kan dus in verhouding meer winst worden behaald met dezelfde materialen, wanneer het gebouw in de energiemodule hoger scoort.

In een aantal tekeningen zijn de maximale en aannemelijke invoer uitgewerkt voor het SOG. Hiermee worden zowel de technische als esthetische consequenties zichtbaar van de alternatieve materiaal keuzes. De aannemelijke invoer is zonder veel consequenties eenvoudig toe te passen in het gebouw. Bij de maximale invoer zijn veel kanttekeningen te maken die vooral betrekking hebben op de brandveiligheid. Daarnaast zijn er grote gevolgen voor het uiterlijk van het gebouw. Om van de maximale invoer toch een uitvoerbaar ontwerp te maken is een derde set tekeningen gemaakt, waarin concessies zijn gedaan ten aanzien van de duurzaamheid.

In de toekomst zullen materialen een steeds grotere invloed krijgen op de hoogte van de duurzaamheidscore van een gebouw. Aandacht voor een bewuste keuze van de materialen zal steeds belangrijker worden. Investeren in kennis van duurzame alternatieve materialen en toepassingen is dus belangrijk. De keuze voor het beoordelingsprogramma speelt hierbij een grote rol.

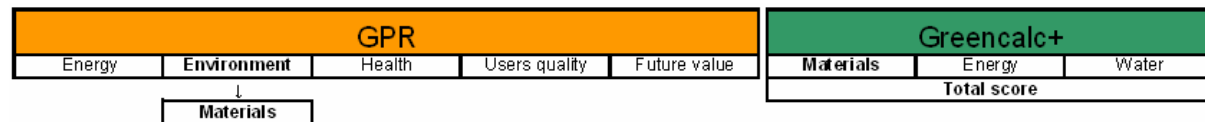
Aan de hand van de resultaten uit het afstudeeronderzoek en met een blik op de toekomst adviseren wij ABT om de programma's voor het bepalen van de duurzaamheid van materialen meer te betrekken bij de werkzaamheden van de bouwkundige planuitwerking. Afhankelijk van het doel van de duurzaamheidscore en de fase waarin het project zich bevindt dient overwogen te worden welk programma het meest geschikt is. Zo kan er advies gegeven worden over de mogelijke toepassing van duurzame(re) materialen in een ontwerp, waarbij ook de opdrachtgever betrokken kan worden.

## Summary

In this graduation report we report on the influence of the use of building materials on the durability score of a building in the software “GreenCalc+” and “GPR-gebouw”. The main goal of this study is to gain a perception of which building components and which materials have a big influence on the durability score. The notion study comprised of an evaluation of an existing design: the sports and education building (SOG) located in Papendal, designed by Hooper architects. The following three questions will be answered in this report:

- Which measures affect the durability score, from a technical perspective, in two software programmes compared to the predetermined current score of the building?
- Which materials are generally applied to improve the durability score of a building organised by building component? And which component has the potential to optimize the score?
- How can sustainable alternative materials be applied in a project, and what are the technical and aesthetical consequences?

The structure of the durability score of the two software programmes is visualised in the two figures below:



The software components emphasized in the figures above had a leading role in this research.

The durability score of the existing design of the SOG is used as a benchmark. The benchmark allows to compare different inputs in the software for the materials. The durability score of the existing design in “GPR-gebouw” is a little better than a building designed conform the building regulations of the Netherlands called “Het bouwbesluit”. The score is described on a scale from one to ten. On the other hand the score of the existing design in “GreenCalc+” is worse. The software has a benchmark score of MIG 100. This is based on the general building practice of 1990. The existing design scores 51 points on this component. The difference between the results of both software programmes is caused by the differences in input options. In “GreenCalc+” there is the possibility to give more details about the building components. Because of this it’s our opinion that this programme gives a better overview of the actual building performance in the field of durable materials. This is also the reason for choosing the outcome of “GreenCalc+” over “GPR-gebouw” when it comes to differences between the programmes.

While making a list of alternative materials for the SOG we used the life cycle analysis (LCA) studies done by “Nibe”. In their studies, materials are divided in different categories judged on four subjects: pollution, exhaustion, land-use and disruption. By changing the materials one by one in the existing design, it’s possible to see what the effect on the environment is of that specific material. By the evaluation of different materials, using this procedure, we comprised a list of preferred materials. To achieve the maximum possible score for this design, we substituted the preferred materials in the project. This input is called the maximum input. The benefits for the design, expressed in a percentage are shown in the figure below:

Preferred option	Materials module	Environment module	Total MIG
GPR	20%	13%	
GreenCalc+	256%		20%

That the improvement of the total MIG score is worse than the score of the materials module can be explained by the influence of the other modules on the total MIG score. The influence of the material alternatives on the modules water and energy are left out of the scope of this study.

To see what the achievable score is by making use of more practical alternatives for the materials. We’ve made a practical input:

Practical input	Materials module	Environment module	Total MIG
GPR	10%	7%	
Greencalc+	41%		7%

In general, the biggest improvements on the durability score, in the materials module can be reached by investing in the constructive components of a building. Beside the big influence of the floors, the finishing floors and windowsills are also components which have a big influence in the score of the materials module.

The adapted calculations about the use of materials in the SOG are tested on two similar building forms with different dimensions. The outcome of this evaluations let us to the conclusion that the size of a building has almost no influence on the environmental effect and the performance of the durable materials. There are two exceptions, the outer walls and the interior. When the volume of a building grows by a certain percentage, the surface of the outer walls grows with a smaller percentage. This means that the percentage of the environmental costs of the outer walls is less when the building gets bigger. And the interior, like stairs and elevators, are used more efficiently in a bigger building, so their needed less.

Finally we made two calculations with a higher score for the energy module in GreenCalc+. By doing this, it’s possible to examine the influence of the materials on the total MIG score when the energy module already scores high. We came to the conclusion that if the energy module scores higher, the same material changes have more effect on the total MIG score.

Technical drawings as earlier described, are created to show the effect of the preferred and practical input on the SOG. With these drawings we visualised the technical and esthetical consequences of the different alternatives for the materials. For the practical alternative there are almost no consequences, because the alternatives fit simple in the design. The maximum option on the other hand, results in a lot of issues in the field of fire safety engineering. This input has a big influence on the looks of the building aswell. That is why we made a third set of drawings that still contain a high performance on materials, but the technical issues are solved by making a few concessions on the durability aspect of the building.

In the future different materials will get a bigger influence on the design and the durability score of a building. Special attention for a conscious choice of the materials will become more important. Investing in knowledge on sustainable alternatives and the use of them is an important issue for companies in the building industry. The use of a certain software package is from big influence on this development.

Out of the results of this study we advise ABT to make more use of the different software programmes. Different programmes can be used for different goals depending on the point of view and the phase of the project. Integrating these software programmes creates the possibility to advice about more sustainable ways to built.



## 1. Inleiding

---

De afstudeeropdracht bestaat uit een tweetal onderdelen. Ten eerste het literatuuronderzoek "Hoe vang je duurzaamheid?". En ten tweede het onderzoek "Duurzaamheid en materialen, interessant voor de toekomst?" naar de invloed van materiaalgebruik op de duurzaamheidscore van een gebouw in de programma's GreenCalc+ en GPR-gebouw.

De literatuurstudie is het eerste document geworden van ons afstuderen, wat als basis dient voor onze verdere afstudeeropdracht. Hierin geven wij onze mening over twee verschillende onderwerpen. Het eerste onderdeel gaat over de inhoud van het woord "duurzaamheid" in de bouw. Hierbij komen verschillende duurzaamheidsstromingen en –berekeningsoftware aan bod. Het tweede deel gaat over de verschillen en overeenkomsten wat betreft duurzame ontwikkeling van de bouwsector in Nederland en Zweden. Zo hebben wij ons een mening kunnen vormen over het beleid van de Nederlandse overheid wat betreft duurzame ontwikkeling, en welke maatregelen uit Zweden naar ons idee het beste resultaat opleveren bij toepassing in Nederland.

In het hoofdverslag is gekeken naar de invloed van de materialen op de milieuscore in GPR-gebouw en op de milieu index gebouw (MIG) score in GreenCalc+. Daarbij is ook gekeken welk effect het gebouwmodel heeft op de score en of er een verband is tussen de score in de energie module en de materialen module in GreenCalc+. Voor de toekomst is het interessant om te weten of de invloed van materiaalgebruik op de duurzaamheid van een gebouw zal toenemen.

In hoofdstuk twee staan de onderzoeksvragen vermeld die in dit hoofdverslag beantwoord zullen worden en overige hoofd- en bijzaken. In hoofdstuk drie is een korte toelichting gegeven van wat duurzaamheid voor ons betekent en worden een aantal interessante onderwerpen die in het literatuuronderzoek zijn onderzocht genoemd. Vervolgens zijn er in hoofdstuk vier berekeningen gemaakt voor de duurzaamheidscore van het SOG en de alternatieve materiaal invulling hiervan. In hoofdstuk vijf zijn dezelfde alternatieve invullingen uit hoofdstuk vier getoetst op andere gebouwmodellen. In hoofdstuk zes worden de details toegelicht. In hoofdstuk zeven is de invloed op de materialen van een hogere score voor de energie inzichtelijk gemaakt. Tot slot zijn er in hoofdstuk acht conclusies getrokken en aanbevelingen aan ABT gedaan.

De bijlagen bij dit verslag zijn:

- Hoofdverslag bijlagen I t/m VIII
- Tekenwerk bijlage IX



## 2. Opdrachtanalyse

### 2.1 Probleemstelling

Om de uitkomsten van de afstudeeropdracht in een breder kader te trekken en op meer projecten te kunnen toepassen in de toekomst kunnen wij de probleemstelling het best als volgt verwoorden:

Welke bouwkundige maatregelen (detaillering in combinatie met materialen) kunnen per gebouwonderdeel worden genomen om de duurzaamheidscore van een gebouw te verhogen in twee verschillende beoordelingprogramma's? En hoe hoog is die winst?

### 2.2 Onderzoeksvragen

In de loop van ons afstuderen, hebben wij in overleg met de docenten en onze bedrijfsbegeleiders onze doelstellingen gespecificeerd. Dit heeft uiteindelijk geleid tot de volgende onderzoeksvragen:

- Welke bouwkundige maatregelen (detaillering in combinatie met materialen) hebben invloed op de duurzaamheidscore van 2 programma's in vergelijking tot de score van het huidige ontwerp?
- Welke materialen (per gebouwonderdeel) kunnen over het algemeen worden toegepast om de duurzaamheidscore van een gebouw te verbeteren? Waar valt de meeste winst te behalen?
- Hoe kunnen deze duurzame alternatieven worden uitgewerkt op detail niveau in een project, en wat zijn de technische en esthetische consequenties?

### 2.3 Doelstellingen

Het afstudeerproject zal zich richten op het duurzaamheidsaspect van materiaalgebruik. Hierboven zijn 3 onderzoeksvragen geformuleerd, aan de hand waarvan we vier hoofddoelen willen bereiken. Aan het eind van het project weten wij:

- Wat de invloed van duurzame materialen (waarbij de overige onderdelen gelijk blijven) op de totale duurzaamheidscore van een gebouw is en op de module materialen op zich;
- Waar de grootste winst te behalen is bij het toepassen van duurzame materialen;
- Hoe de rekensoftware reageert op materiaalwijzigingen (waarbij de overige onderdelen gelijk blijven) en op deze manier een gevoel krijgen waar de sterke en zwakke punten in een ontwerp liggen;
- Hoe deze alternatieve materialen (waarbij de overige onderdelen gelijk blijven) toepasbaar zijn in de detaillering van een specifiek project en wat de gevolgen zijn voor het ontwerp.

### 2.4 De aanpak

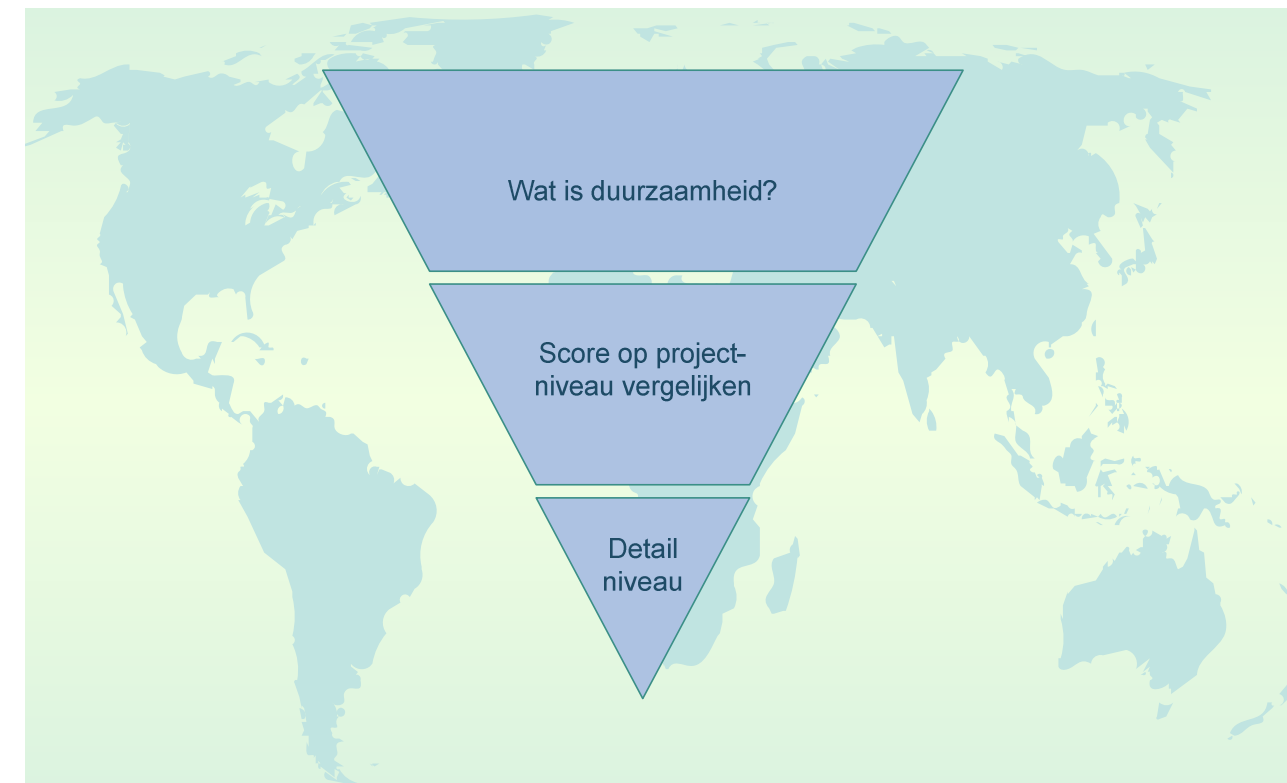
De onderzoeksvragen zullen beantwoord worden door middel van het doorlopen van een drietal stappen/fasen in het afstudeeronderzoek. Hiermee zullen ook de hierboven geformuleerde hoofddoelen van het afstuderen bereikt worden.

1. Algemeen onderzoek doen en antwoord geven op de vraag "wat is duurzaamheid?" (verschillende begrippen en stromingen) en kort omschrijven welke programma's er zijn om een duurzaamheidscore te berekenen. De onderdelen waar deze programma's op toetsen weergeven in een matrix. Tot slot zullen er twee programma's worden geselecteerd om ons onderzoek mee uit te voeren.
2. Met de twee geselecteerde programma's vergelijken wat de duurzaamheidscore is bij verschillende materiaalkeuzes. Op deze manier kunnen we ontdekken waar de meeste winst te halen is en of dat per programma verschilt. Vervolgens wordt er een lijst gemaakt met materialen per gebouwonderdeel die van invloed zijn op de score. Daarbij is winst niet noodzakelijk, het gaat om het ontdekken in welke onderdelen de invloed van de materialen zit.

3. Toepassen van de bevindingen in details en bouwkundig uitwerken in een project. Dit kan resulteren in een schaduwontwerp voor een gebouw. In principe komt het Sport en Onderwijs Gebouw (SOG) te Papendal hiervoor in aanmerking. Mochten de gegevens van het SOG ontoereikend zijn, dan is er de mogelijkheid om fase III uit te voeren op het Groninger Forum gebouw. *Dit is echter niet het geval gebleken en daarom is ook fase III uitgevoerd op het SOG.*

Het is van belang dat wij ons steeds afvragen wat de invloed van de bouwkundige wijziging is, veel of weinig effect op de duurzaamheidscore? Daarnaast moet de uitwerking wel bouwkundig interessant zijn voor ons, dus een wijziging met weinig effect op de duurzaamheidscore, maar interessant om uit te werken kan ook reden zijn tot het uitwerken van een detail.

De bovenstaande stappen zullen het afstudeerproject steeds specifiek en gedetailleerder maken (zie figuur 2.1).



Figuur 2.1 Fase verdeling afstudeertraject

## 2.5 Hoofd- en bijzaken

Deze opdrachtanalyse is op te splitsen in hoofd- en bijzaken. Het verschil is vooral de invloed op de uitkomst. Zo zijn er onderdelen die interessant zijn om te onderzoeken of te bekijken, die niet van invloed zijn op de uitkomst. Daarnaast leveren sommige activiteiten tussenproducten op welke ook onder bijzaken vallen. Hieronder is een onderscheid gemaakt in hoofd- en bijzaken.

### 2.5.1 Hoofdzaken

Hoofdzaken zijn dé onderdelen in het afstuderen die direct van invloed zijn op de uitkomsten of waaruit belangrijke conclusies kunnen komen. Hoofdzaken tijdens dit afstuderen zijn:

- Het bepalen van de winst die te behalen is in de duurzaamheidscore van de rekensoftware op het gebied van materialen en daarbij tevens een beeld ontwikkelen van waar die invloed van de materialen op de uitslag het grootst is;
- De lijst met duurzame alternatieve materialen per gebouwonderdeel opstellen. Deze lijst kan later namelijk op verschillende projecten toegepast worden;
- De alternatieve voorstellen voor de materialen verwerken in details van het SOG en aan de hand van deze aangepaste details kijken wat de invloed van het gebruik van deze materialen is op het ontwerp.

### 2.5.2 Bijzaken

De bijzaken van het afstuderen zijn minder van belang voor het eindresultaat dan de hoofdzaken. Wel moet gezegd worden dat ze nodig zijn om het onderzoek compleet te maken.

- Het onderdeel van het literatuuronderzoek naar de duurzame ontwikkelingen en innovaties in Zweden ten opzichte van Nederland.
- Het onderdeel van het literatuuronderzoek naar de verschillende stromingen op het gebied van duurzaamheid;
- Het onderling vergelijken van de verschillende rekenprogramma's en kijken aan de hand van welke onderwerpen ze toetsen;
- Tijdens fase 2 van het project gemaakte schetsen om de te overwegen alternatieven ook bouwtechnisch in beeld te brengen;

## 2.6 Afbakening

### 2.6.1 Aantal alternatieven

Zoals eerder genoemd zullen wij per gebouwonderdeel een lijst opstellen met duurzame alternatieve materialen. Om het document bruikbaar te houden dient er vastgelegd te worden hoeveel verschillende varianten er minimaal en maximaal opgesteld gaan worden door ons. Wij willen minimaal 3 en maximaal 5 varianten per gebouwonderdeel in onze lijst opnemen. Waarborging van de kwaliteit en beperkte beschikbaarheid van alternatieven zijn hiervan de maatgevende factoren. Wel dient er rekening gehouden te worden met toepassing in de praktijk, zodat het effect van veelgebruikte (standaard) opties ook zichtbaar wordt.

Wat detaillering betreft zullen wij ons beperken tot het uitwerken van een aantal principe details van één gevelfragment.

### 2.6.2 Gevolgen van alternatieven op ontwerp

Het is van belang om voor onszelf vast te leggen welke gevolgen de alternatieve voorstellen op het ontwerp hebben. Wij gaan deze gevolgen tekstueel vastleggen in ons verslag, waarbij dit wordt verduidelijkt door het detail, een doorsnede en een fragment van het onderdeel. Hierdoor maken wij bijvoorbeeld inzichtelijk wat de esthetische gevolgen voor het ontwerp zijn van een bepaalde wijziging in de materiaalkeus.

Verder willen wij de wijzigingen in het ontwerp beperken (wat betreft de plaats van onderdelen) tot de bouwtechnische detaillering. Vorm en indeling van het gebouw blijven dus ongewijzigd.

## 2.7 Wie, wat, hoe en waar

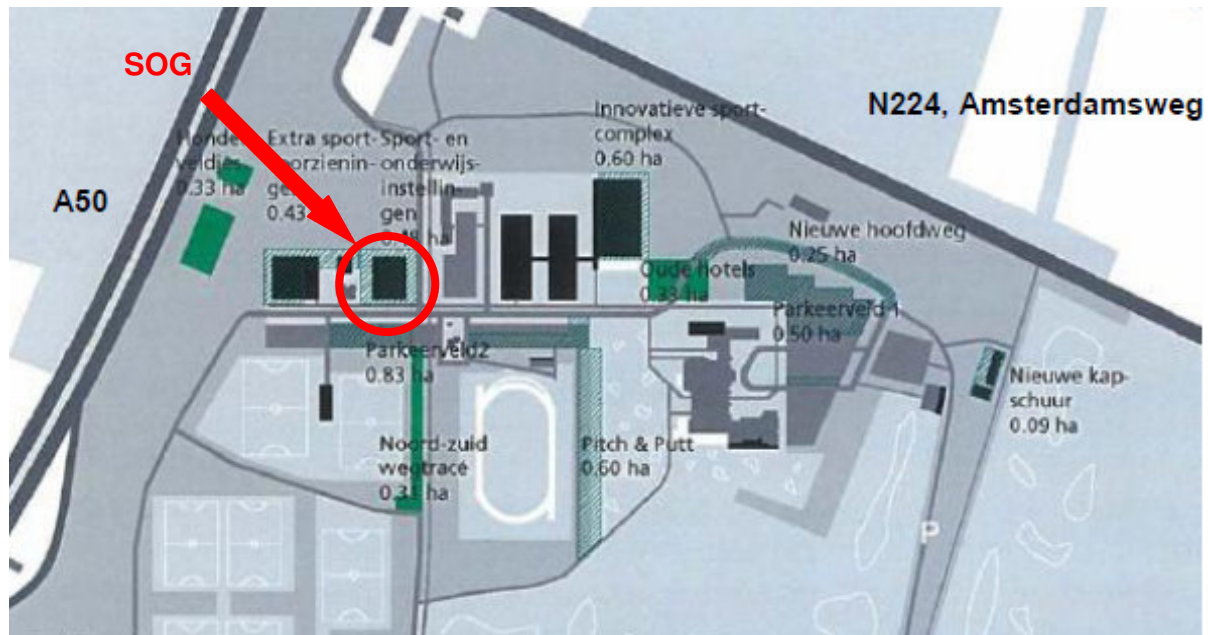
### 2.7.1 Sport en Onderwijs Gebouw (SOG)

Het Sport en Onderwijs Gebouw is onderdeel van de ontwikkelingen op het terrein van Nationaal Sportcentrum Papendal. Het SOG maakt deel uit van het 'Masterplan Papendal' en dit plan bestaat uit de herontwikkeling van het terrein. Het masterplan omvat meerdere samenhangende projecten: een innovatief sportcomplex, het SOG en een hotel- en congrescentrum. Het is het doel om er uiteindelijk een Olympisch trainingscentrum van te maken. Met deze projecten wordt tegelijkertijd het hele terrein geherstructureerd, aangezien er op dit moment geen duidelijke structuur aanwezig is in de verbinding tussen de gebouwen onderling. In figuur 2.2 is een situatie te zien van dit terrein en verder is in figuur 2.3 een impressie van het gebouw te zien. Het project bevindt zich op dit moment in de uitvoeringsfase wat voor het afstudeerproject gunstig is, aangezien er veel informatie is over de verschillende toegepaste systemen en materialen.

Het SOG is bedoeld om een situatie te creëren waarin topsporters en aankomend topsporters leren en trainen optimaal op elkaar kunnen afstemmen. Het NOC-NSF wil deze groep sporters een omgeving kunnen aanbieden waarin ze zich optimaal kunnen bezighouden met het beoefenen van hun sport. Doel is om van het SOG hét nieuwe kenniscentrum te maken met als thema 'de gezonde mens'. Dit is te vergelijken met andere grote onderzoekscentra in Nederland zoals Wageningen (Food Valley), Nijmegen (Health Valley) en Twente (Technology Valley).

De kantoorruimtes zullen hierin ruimte bieden aan instellingen, wetenschappers, promovendi en bedrijven voor het uitvoeren van onderzoek dat moet leiden tot nieuwe sportkennis. Verder zullen onderwijsinstellingen als de HAN (hogeschool van Arnhem en Nijmegen) en ROC Rijn IJssel (MBO) zich hier gaan richten op het aanbieden van mogelijkheden om (top)sport te combineren met een MBO of HBO opleiding. Het uiteindelijke ontwerp heeft een footprint van zo'n 1500m<sup>2</sup> en een bruto vloeroppervlak van ongeveer 4500m<sup>2</sup>. Het gebouw wordt 3 verdiepingen hoog. De architect die het ontwerp heeft gemaakt en de benodigde tekeningen heeft uitgewerkt is Hooper Architects uit Oosterhout. Dit bureau heeft tevens de ontwerpen van de andere gebouwen die op het terrein gerealiseerd zullen worden geleverd.

Voor het afstudeerproject is het thema duurzaam bouwen van toepassing in relatie tot het materiaalgebruik. Voor het SOG zullen er alternatieven worden voorgesteld qua materialisering, welke de duurzaamheid van het totaal ontwerp beïnvloeden. Qua installaties heeft ABT de adviezen voor dit project verzorgd. De materialisering en de bouwkundige uitwerking zijn voor rekening van de architect. Door van het huidige ontwerp een duurzaamheidscore te berekenen en deze als basis (referentie) te gebruiken, is het mogelijk om meetbaar te maken in hoeverre de alternatieve materialisering (een positieve) invloed heeft op de duurzaamheidscore.



Figuur 2.2 Situering SOG (bron: OTC-Masterplan, NOC-NSF)



Figuur 2.3 Artist impression SOG (bron: www.Hooper.nl)

### 2.7.2 Literatuuronderzoek

Het eerste onderdeel van het afstuderen betreft een onderzoek op basis van meningen en informatie uit literatuur. Om het begrip duurzaamheid en de aspecten die van belang zijn bij duurzaam bouwen duidelijk in beeld te brengen, wordt er in dit onderzoek eerst aandacht besteed aan de verschillende stromingen binnen duurzaamheid. Ook de verscheidene beoordelingprogramma's die gebruikt wordt voor het classificeren van een duurzaam gebouw worden hierin besproken. Een ander aspect van dit onderzoek is het bekijken van duurzame toepassingen en regelgeving in Zweden en Nederland. Hieruit kunnen duurzame oplossingen voortkomen uit Zweden welke mogelijk ook in Nederland toepasbaar zijn.



### 3. Duurzaamheid

#### 3.1 Wat is duurzaamheid

Naar onze mening is de omschrijving van duurzaamheid volgens de bekende Brundtland-definitie uit 1987 al redelijk passend. Duurzame ontwikkeling is 'ontwikkeling die aansluit op de behoeften van het heden zonder het vermogen van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien in gevaar te brengen.' (Bron: Tönissen, 2009).

Duurzaamheid is eigenlijk een samenvattend woord van een aantal aspecten. Het heeft onder andere te maken met de hulpbronnen van de aarde, en dan vooral de schaarste daaraan, waarmee welvaart wordt gegenereerd. Duurzaamheid richt zich op deze schaarste aan hulpbronnen zoals fossiele brandstoffen, de oppervlakte van de aarde en de opname capaciteit van de atmosfeer. Met de term duurzaamheid kunnen ontwikkelingen worden gestimuleerd die ervoor zorgen dat de leefbaarheid van de aarde op dit moment en in de toekomst gewaarborgd blijft.

Duurzame ontwikkeling en duurzaamheid houdt het gebruiken van een dusdanige hoeveelheid grondstoffen in, als die er door de natuurlijke aanwas even snel weer bijkomt. Tot voor kort was de mens zich hier niet van bewust. Maar door de steeds hogere prijzen voor grondstoffen en producten begint men te beseffen dat de 'gebruiksruimte' van de aarde gerespecteerd moet worden, omdat er anders door de toekomstige generaties geen gebruik meer van gemaakt kan worden.

Duurzame ontwikkelingen dienen dus zo opgezet te zijn dat er sprake is van een ideaal evenwicht tussen ecologische, economische en sociale belangen. Alle ontwikkelingen die bijdragen aan zowel een gezonde aarde als de welvaart van de mens zijn duurzaam.

Nu willen wij dit voor onszelf als volgt formuleren: 'Duurzaam bouwen, is bouwen op een manier zodat toekomstige generaties van dezelfde levensomstandigheden kunnen genieten (of liefst nog betere) als wij nu, zonder de natuur daarbij meer schade toe te brengen.'

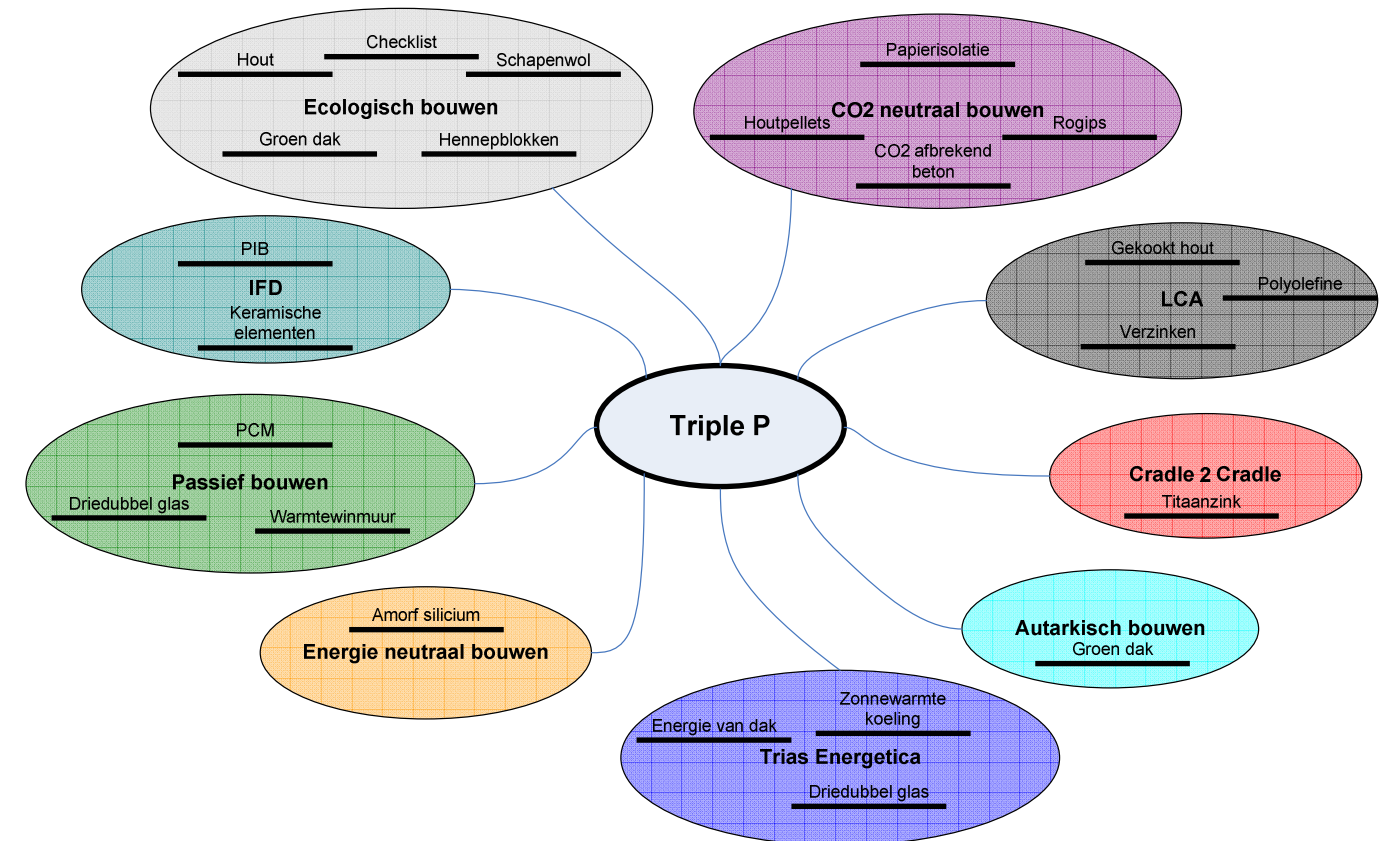
#### 3.2 Literatuurstudie

In de literatuurstudie 'Hoe vang je duurzaamheid', onderdeel van dit onderzoek, zijn een aantal aspecten op het gebied van duurzaamheid onderzocht. Zo zijn de meest bekende duurzaamheid stromingen uiteengezet, verschillende software varianten om de duurzaamheid van een gebouw te bepalen vergeleken, een aantal duurzame ontwikkelingen in zowel Nederland en Zweden onderzocht en tot slot zijn de verschillen in wet en regelgeving op het gebied van duurzaamheid tussen Nederland en Zweden vergeleken. Een deel van de resultaten is rechts te zien in figuur 3.1 en figuur 3.2.

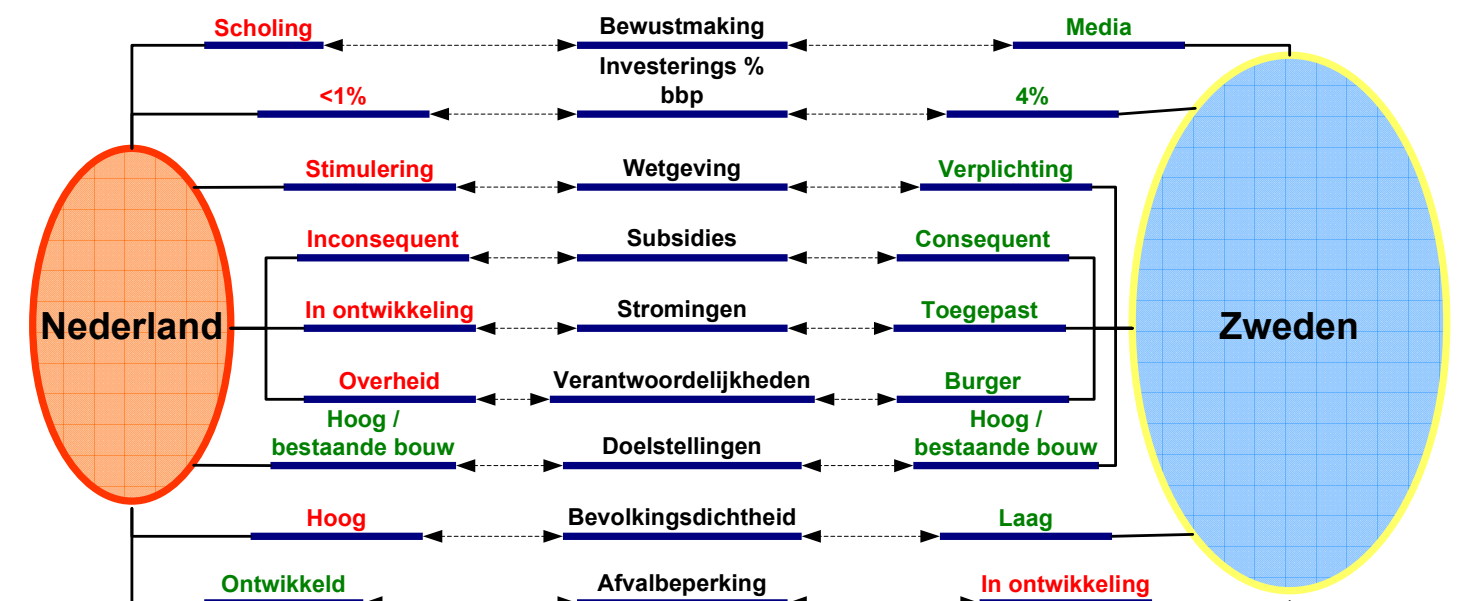
Figuur 3.1 weergeeft de uiteengezette stromingen in relatie met de gevonden duurzame materiaalontwikkelingen. De gedachte van de figuur is dat eigenlijk alle stromingen binnen duurzaamheid een deel van de visie van "Triple P" uitmaken. "Triple P" is in dit opzicht een kernbegrip binnen duurzaamheid en staat voor People, Planet, Prosperity. De ballonnen geven aan binnen welke stroming de door ons gevonden producten en materialen het best passen. De grootte van de ballonnen geeft aan welke stromingen het meest vertegenwoordigd zijn in de producten en materialen.

In figuur 3.2 is aangegeven hoe het Nederlandse beleid op bepaalde gebieden van duurzaamheid is t.o.v. Zweden. Het gaat onder andere om maatregelen om de doelstellingen van 2020 en 2050 te halen. In het midden van de figuur zijn de onderwerpen weergegeven waarop het duurzaamheidsbeleid van beide landen gebaseerd is. Beide landen gaan echter verschillend met deze zaken om en geven er een eigen invulling aan. In één woord is per land aangegeven hoe dit land met een bepaald onderwerp omgaat. De punten in het groen zijn effectiever dan de onderdelen in het rood. De grootte van de ballonnen met de landen geeft schematisch de verhouding van het bereikte niveau van duurzame ontwikkeling weer.

Voor meer informatie over deze onderwerpen is de literatuurstudie 'Hoe vang je duurzaamheid' te raadplegen.



Figuur 3.1 Stromingen in relatie tot producten / materialen



Figuur 3.2 Verschillen en overeenkomsten in beleid

### 3.3 Duurzaamheidssoftware

Voor het bepalen van de duurzaamheidscore zijn er verschillende softwarepakketten op de markt. Een aantal van deze pakketten zijn omschreven in de literatuurstudie 'Hoe vang je duurzaamheid'. In deze paragraaf wordt toegelicht waarom er voor dit onderzoek gekozen is om de berekeningen te maken in GreenCalc+ en GPR-gebouw.

Voor dit onderzoek worden er in fase 2 onder andere berekeningen gemaakt met GPR-gebouw. Reden hiervoor zijn de vrij uitgebreide resultaten die hieruit gehaald kunnen worden in verhouding tot de korte tijd die het invoeren in beslag neemt. Verder kan er per onderdeel bekeken worden hoe duurzaam bepaalde keuzes zijn, zonder het hele gebouw in te moeten voeren. Het programma geeft zelf al keuzemogelijkheden aan, gecategoriseerd op duurzaamheid, waaruit een goed beeld kan ontstaan van waar de winst te halen valt. Ook is het mogelijk om de resultaten puur voor het onderdeel materialen weer te geven in een grafiek.

Daarnaast zullen er berekeningen gemaakt worden met Greencalc+. Dit programma sluit het beste aan bij de invalshoek van dit onderzoek, de invloed van materialen op de duurzaamheid van een gebouw. Aan het eind van fase 2 van dit project is het de bedoeling een lijst te creëren, waarin per gebouwonderdeel een variatie aan materialen wordt voorgesteld die de duurzaamheidscore van een gebouw kunnen verbeteren. Door in Greencalc+ de weergave per thema te gebruiken kan er puur gefocust worden op de score van de materialen. En door deze weergave te combineren met de weergave per gebouwonderdeel kan er per gebouwonderdeel een lijst opgesteld worden met materialen die de duurzaamheid van een gebouw verhogen.

Figuur 3.3 geeft een totaal overzicht van de besproken programma's in de literatuurstudie. Er is aangegeven welke thema's de grootste rol spelen bij de bepaling van de duurzaamheidscore door de verschillende programma's.

	Materialen	Energie	Water	Locatie / mobiliteit	Transport	Gezondheid	Flexibiliteit	Afval	Levensduur	Onderhoud	Controle, bouw	Management	Totaal score eenheid
EPN		X											EPC
GPR	X	X	X	X		X	X	X	X				rapportcijfer
Greencalc+	X	X	X	X				X	X				Milieu-index
BREEAM	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	Waardering + punten + certificering
LEED	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	Waardering + punten + certificering
PHPP		X											certificering
Eco-Quantum	X	X	X	X				X	X				cijfers

Figuur 3.3 Thema's beoordelingsmethoden



## 4. SOG

Dit hoofdstuk omvat de verschillende berekeningen welke gemaakt zijn voor het SOG. Zo is in paragraaf 4.1 te zien wat het huidige ontwerp voor score haalt in de duurzaamheidssoftware GPR-gebouw en GreenCalc+. In paragraaf 4.2 is aangegeven waar de grootste winsten in de milieukosten en de MIG te halen zijn en is uitgelegd op basis van welke uitgangspunten de voorkeurlijst is opgesteld. Tot slot zijn in paragraaf 4.3 de alternatieve invullingen voor het SOG en de bijbehorende scores hiervan weergegeven. Het SOG is in deze laatste paragraaf uitgewerkt volgens een maximale en een aannemelijke invoer wat materiaalkeuzes betreft. Van deze beide invoeren zijn zowel de GPR als de GreenCalc+ scores weergegeven. Per invoer zijn in deze paragraaf ook de conclusies getrokken met betrekking tot dit onderdeel.

### 4.1 Duurzaamheidscore bestaand ontwerp

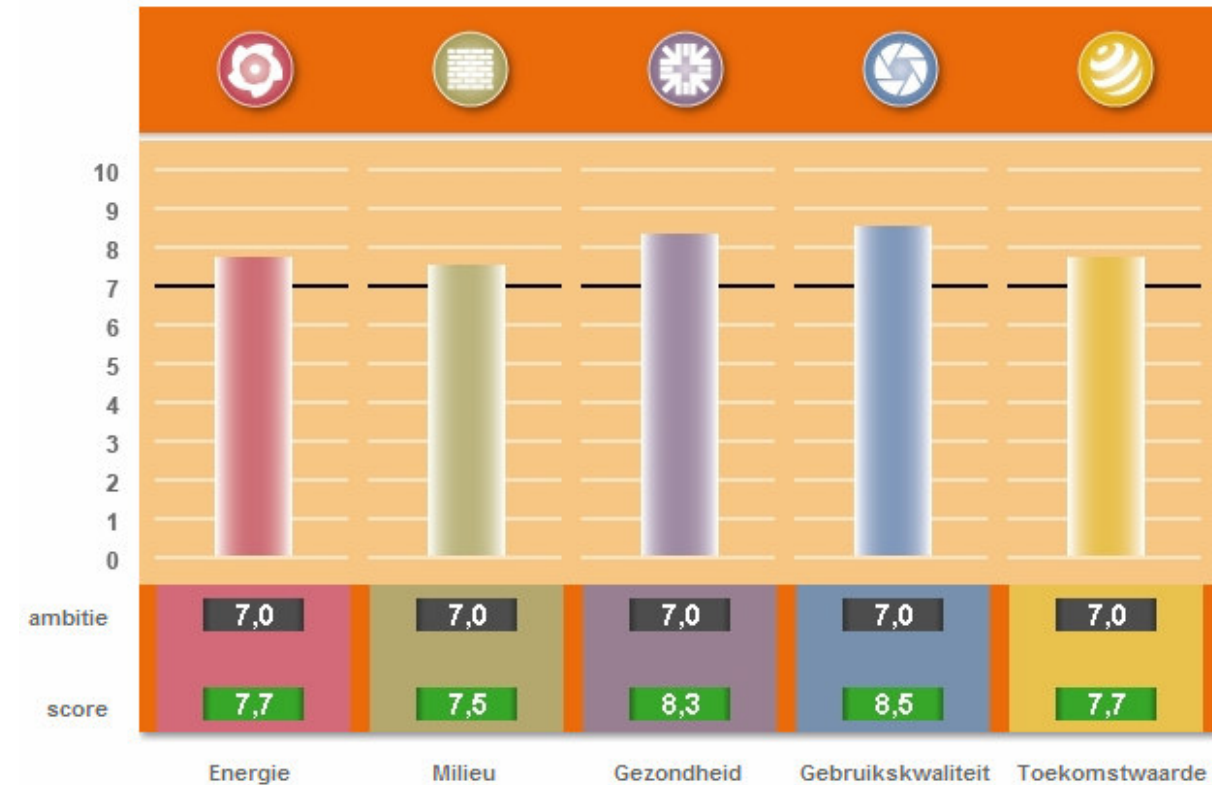
De duurzaamheidscore van het bestaande ontwerp is bepaald met de software GPR-gebouw en GreenCalc+. Om deze software goed in te kunnen vullen is er in bijlage I een lijst te vinden met de inventarisatie van de gebruikte materialen. Deze lijst is het uitgangspunt geweest voor het bepalen van de duurzaamheidscore van het bestaande ontwerp.

Verder zijn in dit hoofdstuk de relevante tabellen met de resultaten voor dit onderzoek opgenomen uit zowel GPR-gebouw en GreenCalc+. Beide software instrumenten geven de uitkomsten namelijk aan in meerdere tabellen en weergaven. Aangezien dit onderzoek gericht is op de score voor de materialen en het effect op de totaalscore van het gebouw hiervan, zijn alleen deze hier weergegeven en de overige tabellen in bijlagen II geplaatst.

#### 4.1.1 Duurzaamheidscore GPR

De gegevens van het huidige ontwerp van het SOG zijn ingevoerd in 5 verschillende modules, te weten Energie, Milieu, Gezondheid, Gebruikskwaliteit en Toekomstwaarde. Voor elk van deze thema's geeft het instrument een kwaliteitsoordeel op een schaal van 1 tot 10. Referentiewaarde hierbij is een 6,0, wat bij benadering het Nederlandse Bouwbesluit niveau (nieuwbouw) aangeeft. Hierbij wordt het Bouwbesluit 2003 aangehouden met wijzigingen van het staatsblad tot en met 2006. Ten opzichte van die startwaarde kunnen ingevoerde gegevens negatief scoren, als ze niet voldoen aan het prestatieniveau van het Bouwbesluit, en positief wanneer ze beter zijn dan dit niveau. Hoe hoger het cijfer, hoe lager de milieubelasting en hoe hoger de duurzaamheid.

Met het ambitie niveau wordt aangeduid waar de opdrachtgever tijdens de ontwerp- / initiatieffase naar streeft.



Figuur 4.1 Resultaten per module

In figuur 4.1 hierboven zijn de rapportcijfers af te lezen die het gebouw krijgt op basis van het huidige ontwerp. Als ambitie niveau is overal een 7 ingevuld, wat inhoudt dat de prestatie van het gebouw boven het niveau van het bouwbesluit moet liggen. Nu de scores van alle modules in het huidige ontwerp vastliggen kan de invloed van materiaal wijzigingen meetbaar gemaakt worden.

Het blijkt dat het gebouw in veel modules al hoog scoort. Bij het vervolg van het onderzoek zal gekeken worden naar de invloed (en de winsten) die de materialen hebben op deze score. Dit effect zal naar onze verwachting alleen zichtbaar worden in de score van de module milieu, waar de materialen in onder zijn gebracht. Wij verwachten dat de overige modules niet direct beïnvloed worden door de materiaalkeuze.

Module	Score	Max.
2 Milieu	7,5	1000
2.1 Water	8,2	200
2.2 Milieuzorg	8,5	100
2.3 Materiaal	7,1	700
Milieubelasting alle bouwonderdelen (schaduwprijs x1000)	553,1	
Fundering	27,5	
Vloeren	147,8	
Gevels	115,8	
Binnenwanden	81,9	
Daken	73,2	
Trappen en liften	2,8	
Installaties	101,5	
Inrichting	2,6	

Figuur 4.2 Rapportcijfer van de materialen module



In figuur 4.2 staat het rapportcijfer gespecificeerd dat gegeven wordt voor de module milieu in het bestaande ontwerp. Het onderdeel materiaal is weergegeven per gebouwonderdeel met een score gebaseerd op de gemaakte keuzes voor deze onderdelen. Hoe lager de waarde aangegeven per gebouwonderdeel, hoe beter dit onderdeel scoort. Door deze weergave te gebruiken, kan in beeld worden gebracht in welke gebouwonderdelen de effecten van de materiaalkeuze het grootst zijn.

#### 4.1.2 Duurzaamheidscore GreenCalc+

In deze paragraaf zijn de resultaten opgenomen van het bestaande ontwerp in GreenCalc+. De gegevens van het bestaande ontwerp zijn ingevoerd in de 4 modules van GreenCalc+. Hierin wordt onderscheidt gemaakt tussen materialen, energie, water en mobiliteit. Alle milieukosten en -effecten worden in twee weergaven uitgedrukt, de zogenaamde Milieu Index Gebouw (MIG) en de Milieu Index Bedrijfsvoering (MIB).

De MIG waarde is voor ons interessant, omdat deze het duurzaamheid niveau van het gebouw weergeeft binnen de modules materiaal, energie en water t.o.v. een referentie uit 1990. Door het gebouw te koppelen aan een referentiegebouw, welke een milieu index gebouw (MIG) heeft van 100, zijn de relatieve milieueffecten zichtbaar. Een totaalscore van (in het geval van het SOG) 116, betekend dus dat er een verbetering t.o.v. 1990 is behaald van 16%. Verder worden de milieueffecten ook uitgedrukt in euro's. Deze bedragen geven de kosten weer die gemaakt moeten worden om de genoemde milieueffecten te voorkomen. Als voorkomen niet mogelijk is, worden de kosten weergegeven die gemaakt moeten worden om de milieuschade te herstellen.

De MIB score daarentegen is voor ons minder interessant, omdat deze zich richt op de bedrijfsvoering binnen het gebouw. Het geeft aan hoe de gebruiker van het gebouw met het milieu omgaat. Deze score wordt bepaald aan de hand van bijvoorbeeld gebruikstijden, afstanden tot bushaltes en bezettingsgraden. Omdat wij hier weinig tot geen invloed op hebben (locatie en omgeving staan namelijk vast) en dit deel geen invloed heeft op onze onderzoeksvragen, zullen wij deze weergave niet gebruiken voor ons project.

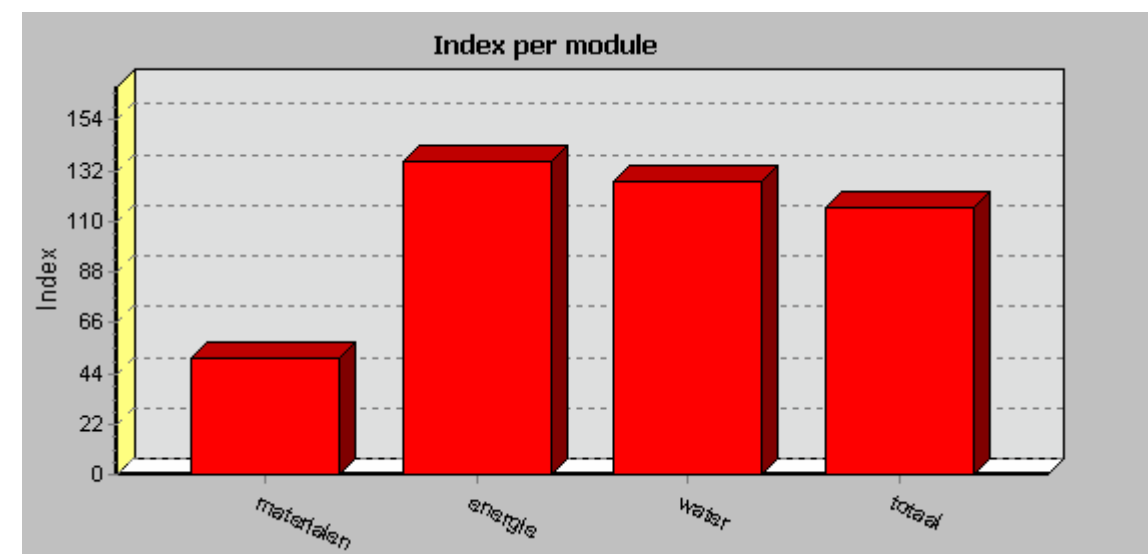
De mobiliteit module wordt niet in de totaalscore van de MIG en MIB meegenomen. Om deze reden dient men naast de Milieu Indices ook de score van de mobiliteit module te bekijken. Hierin worden de milieukosten en -effecten van het vervoer tijdens de gebruiksfase van het gebouw weergegeven. Het is belangrijk om hierbij te vermelden dat de mobiliteit die direct betrekking heeft op het gebouw (en dus niet op de bedrijfsvoering), zoals het transport van materialen, wordt meegenomen in de andere modules. Wat ons betreft zou deze module dus eigenlijk heel goed in de MIB score passen, omdat mobiliteit verband heeft met de bedrijfsvoering.

#### Totale resultaten

SOG-gebouw						
	Milieukosten per jaar		Milieu Index Gebouw	Milieukosten per jaar		Milieu Index Bedrijfsv.
	MIG			MIB		
	Ontw.	Ref.		Ontw.	Ref.	
Materiaal	€ 9973,-	€ 5108,-	51	€ 9973,-	€ 2120,-	21
Energie	€ 30822,-	€ 41943,-	136	€ 30822,-	€ 16111,-	52
Water	€ 1514,-	€ 1916,-	127	€ 487,-	€ 616,-	127
<b>Totaal</b>	<b>€ 42309,-</b>	<b>€ 48967,-</b>	<b>116</b>	<b>€ 41282,-</b>	<b>€ 18848,-</b>	<b>46</b>

Figuur 4.3 Overzicht milieukosten

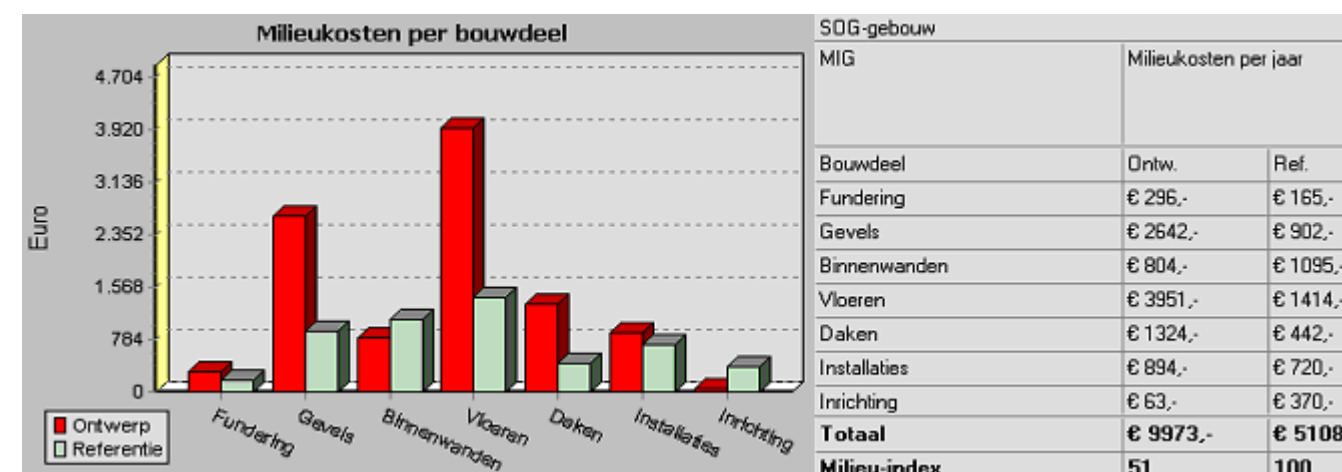
In de figuur hierboven is een overzicht gegeven van de totale milieukosten van het gebouw. Deze zijn weergegeven in zowel de milieukosten in euro's als in milieu index cijfers, voor zowel de MIG en de MIB score van het gebouw. De scores zijn ook per module aangegeven. Aan de uitkomsten van deze scores is af te lezen dat er op het gebied van energie en watergebruik een verbetering van respectievelijk 36% en 27% is. Dit terwijl er voor materiaalgebruik een verslechtering t.o.v. de referentie waarneembaar is van 49%. Dit maakt snel duidelijk dat er in de materialen module de nodige winst te behalen is. De resultaten van de verschillende modules samen, zorgen voor een verbetering van de totale MIG score van 16% t.o.v. het referentiegebouw.



Figuur 4.4 Grafische weergave milieu-index per module

#### Resultaten materialenmodule

De materialen module (figuur 4.5), waaruit de invloed van de materialen op de duurzaamheidscore gehaald kan worden, is voor het afstuderen een belangrijk onderdeel. Aangezien wij voor ons onderzoek alleen in deze module wijzigingen zullen gaan aanbrengen.



Figuur 4.5 Overzicht milieukosten materiaalgebruik per gebouwonderdeel

In de bovenstaande figuur is het aandeel van de materialen in de milieukosten per gebouwonderdeel weergegeven. Hierdoor is in één oogopslag te zien waar de grootste belastingen van de materialen op het milieu zitten. Verder is ook de milieu index van de materialen t.o.v. het referentiegebouw uit 1990 aangegeven. Uit de resultaten kan duidelijk worden geconcludeerd dat deze module slecht scoort. Op het gebied van materialen valt er veel winst te halen in het huidige ontwerp. Deze weergave is daarbij in het kader van de onderzoeksvragen erg bruikbaar.

## 4.2 Voorkeuren per gebouwonderdeel SOG

- Welke materialen (per gebouwonderdeel) kunnen over het algemeen worden toegepast om de duurzaamheidsscore van een gebouw te verbeteren? Waar valt de meeste winst te behalen?

### 4.2.1 Selectie materialen

Uit de beschikbare alternatieven uit bijlage III is een voorkeurslijst samengesteld aan de hand van een aantal criteria: toepassing in de praktijk, de grootte van de verschillen in milieuklasse en de verborgen milieukosten. Deze voorkeuren staan in bijlage V. Per gebouwonderdeel is er minimaal een top 3 en maximaal een top 5 samengesteld, welke aanduidt wat de invloed op de duurzaamheidsscore is. Een materiaal wat gemiddeld scoort wat duurzaamheid betreft, maar slecht toepasbaar / verkrijgbaar is, kan buiten de selectie vallen. Een materiaal dat veelvuldig wordt toegepast, maar minder scoort op duurzaamheid kan toch opgenomen worden, zodat men bewust stilstaat bij de consequenties van de keuze. Ter compensatie van een dergelijke keus kan er dan bij een ander gebouwonderdeel bewust een duurzamere keus gemaakt worden. De lijsten per gebouwonderdeel zijn om deze reden ook niet leidend, maar dienen als middel om bewustzijn te creëren bij het maken van materiaalkeuzes.

Achter elke optie staat de relatieve winst of verlies t.o.v. het bestaande ontwerp aangegeven. In het geval een optie uit het bestaande ontwerp opgenomen is in de voorkeurslijst, scoort deze dus '0'. De opties die in het bestaande ontwerp voorkomen zijn in de tabel dikgedrukt weergegeven.

Het kan ook voorkomen dat een optie niet door beide programma's beoordeeld kan worden. In het geval een materiaaloptie niet gekozen kan worden in één van de programma's zal hier een 'x' worden weergegeven.

De getallen in de kolom van GreenCalc+ zijn de relatieve winsten en verliezen t.o.v. het bestaande ontwerp, uitgedrukt in de verborgen milieukosten en de milieu-index-gebouw (MIG) score van de **materialen module**.

De getallen in de kolom van GPR zijn de relatieve winsten en verliezen t.o.v. het bestaande ontwerp, uitgedrukt in het rapportcijfer van GPR (1-10) in de **materialen module**.

De individuele materialen hebben een geringe zichtbare invloed op de totaalscore in GPR, omdat de totaalscore afgerond wordt weergegeven op 1 cijfer achter de komma. Daarom worden in dit hoofdstuk de invloeden van de materialen op de totaalscores nog niet in beeld gebracht.

Tot slot zijn in de laatste kolom van de tabellen een aantal mogelijke leveranciers aangegeven. De leveranciers met een '\*' achter de naam zijn opgegeven door NIBE. De overige leveranciers zijn gebaseerd op verkregen documentatie.

### 4.2.2 Uitkomsten

De scores van de alternatieve materialen verschillen relatief gezien per programma. Zo blijkt dat er voor de uitkomsten in GreenCalc+ en GPR niet bij beide programma's dezelfde volgorde aangehouden wordt. Dat wil zeggen dat een keus voor het beste materiaal volgens GreenCalc+, niet automatisch ook de beste keus is in GPR. Het verschil zit in de specificaties bij het invoeren van de gegevens, wat kan leiden tot deze verschillen. Daarmee kan de gehele duurzaamheidsscore van een gebouw in GPR dus ook anders uitpakken dan in GreenCalc+.

In GPR worden er afhankelijk van het materiaal- of producttype automatisch afmetingen en eigenschappen toegekend. Daarin heeft de gebruiker geen keus en ook geen mogelijkheid tot wijzigen. De hoeveelheid is de enige waarde die door de gebruiker zelf kan worden toegekend.

In GreenCalc+ wordt de mogelijkheid geboden om aan het materiaal of gebouwonderdeel specifieke eigenschappen en afmetingen toe te kennen, waardoor het gebouw heel precies is in te voeren. Ook samengestelde gebouwonderdelen kunnen opnieuw geconfigureerd worden. Conclusie is dus dat de uitkomst uit GreenCalc+ preciezer en specifiek is en dus betrouwbaarder. Om deze reden is ervoor gekozen, in het geval van tegenstrijdige waarden, GreenCalc+ aan te houden bij het bepalen van de volgorde van alternatieven.

Alternatieven die geen invoermogelijkheid hebben in beide programma's zijn buiten beschouwing gelaten in de voorkeuren, aangezien het dus niet mogelijk is deze eerlijk te vergelijken.

### 4.2.3 Conclusie

Uit de resultaten in bijlage V van zowel GPR als GreenCalc+ blijkt dat de verschillen in duurzaamheidsscore tussen de alternatieve materialen niet bij elk gebouwonderdeel even groot zijn. Daarmee is ook het effect, van het toepassen van alternatieven, op de score in de materialen modules niet altijd even groot. Ook is het aandeel van een gebouwonderdeel in de totale milieu belasting van de materialen niet voor elk gebouwonderdeel even groot.

Door bij de materiaalkeuze van het SOG speciaal aandacht te schenken aan bepaalde milieubelastende gebouwonderdelen blijkt dat er veel winst kan worden geboekt in de duurzaamheidsscore. Hieronder staat van de belangrijkste gebouwonderdelen de maximale winst aangegeven die gehaald kan worden, als percentage van de totale milieukosten van de materialen in het bestaande ontwerp (€ 9973, - zie figuur 4.5). Voor de bepaling zijn de genoemde bedragen uit de voorkeurslijsten gebruikt (bijlage V).

- De draagconstructie 6,5%;
- Constructieve vloeren 34,2%;
- Dekvloeren 3,4%;
- Binnenblad 3,4%;
- Buitenblad 3,7%;
- Vensterbanken 8,1%;
- Niet dragende binnenwanden 3,6%;

Naast deze percentages is het interessant om te kijken welke gebouwonderdelen in het bestaande ontwerp het grootste aandeel in de totale milieukosten van de materialen (€ 9973, -) voor hun rekening nemen:

- Draagconstructie 7,3%;
- Constructieve vloeren 39,7%;
- Dekvloeren 6,8%;
- Binnenblad 3,9%;
- Buitenblad 4,1%;
- Vensterbanken 14,64%;
- Niet dragende binnenwanden 4,3%;

Uit bovenstaande cijfers is op te maken dat de gebouwonderdelen waarin de meeste winst behaald kan worden ook de onderdelen zijn die het grootste aandeel innemen in de totale milieukosten. Dat dit dezelfde gebouwonderdelen betreft is vrij logisch. Een groter aandeel betekent dat de relatieve winst ook groter is, die behaald kan worden.

In paragraaf 4.3 van dit verslag worden de effecten, van de combinatie van deze alternatieve keuzes, op de totale duurzaamheidsscore van het SOG zichtbaar.



De percentages op de vorige pagina zijn gebaseerd op de milieukosten, aangegeven door GreenCalc+. Opvallend is dat deze milieukosten zich niet helemaal recht evenredig verhouden met de MIG score voor de materialen module. Het komt voor dat een bepaald bedrag aan verlaging van de milieukosten van het ene gebouwonderdeel in een lagere MIG score resulteert voor dat onderdeel, dan een kleiner of hetzelfde bedrag in een ander gebouwonderdeel (Figuur 4.6 en 4.7).

Een verklaring hiervoor valt niet te geven, aangezien de wijze waarop GreenCalc+ zijn waardering van een materiaal bepaald niet toegankelijk is voor de gebruiker van het programma.

Voorkeur	Opties	GPR	GreenCalc+	GreenCalc+	Leverancier(s)
		(Rapportcijfer materialen)	(Verborgen milieukosten €)	(MIG materialen)	
1.	EU zacht hout	x	-144,65	1	Gebroeders Bodegr.

Figuur 4.6 Buiten kozijnen en ramen

Voorkeur	Opties	GPR	GreenCalc+	GreenCalc+	Leverancier(s)
		(Rapportcijfer materialen)	(Verborgen milieukosten €)	(MIG materialen)	
1.	HSB elementen	0,038	-117,42	2	

Figuur 4.7 Profieltypen binnenwanden onafhankelijk van beplating

Verder is er een duidelijk onderscheid tussen de voorkeur volgorde van alternatieven voor de begane grond vloer en de verdiepingvloer zichtbaar. De huidige kanaalplaatvloer eindigt bij toepassing op de begane grond op plaats 5 en bij toepassing op de verdieping op plaats 3. Reden hiervoor is dat de duurzamere alternatieven voor de begane grondvloer niet allemaal toepasbaar zijn voor de verdiepingen.

De manier waarop de voorkeurvorgordes tot stand zijn gekomen behoeft nog wel enige kanttekening. Door de selectie volgens de criteria genoemd in bijlage V wordt er geen rekening gehouden met consequenties voor het ontwerp van het SOG. Zo kunnen bijvoorbeeld niet alle vloeren dezelfde overspanning aan, waardoor er meer wijzigingen in het huidige ontwerp nodig zijn om een alternatief materiaal toe te kunnen passen. In bijlage IV is daarom schetsmatig in een aantal tekeningen weergegeven waar mogelijke knelpunten zouden kunnen liggen bij het toepassen van duurzamere alternatieven. Er is in dit onderzoek voor gekozen hier niet op in te gaan, in verband met de afbakening van het onderzoek en de beschikbare tijd. Bij het vergelijken van de effecten van de gekozen alternatieven op een ander eenvoudig gebouwmodel in hoofdstuk 5 wordt getracht om toch een uitspraak te kunnen doen over de gevolgen van de alternatieven voor het gebouwontwerp en de invloed van het ontwerp op de duurzaamheidscore. Hieruit volgt een terugkoppeling naar de in deze paragraaf getrokken conclusies.

Ook discutabel is de invloed die de kosten van alternatieve materialen hebben op de keuze van de volgorde in de voorkeurslijst. Dit aspect is in het samenstellen van de voorkeuren niet meegenomen in verband met afbakening van het onderzoek. Dit is zeker interessant voor een vervolgonderzoek.



### 4.3 Alternatieve invulling SOG ontwerp

- Welke bouwkundige maatregelen (detaillering in combinatie met materialen) hebben invloed op de duurzaamheidsscore van 2 programma's in vergelijking tot de score van het huidige ontwerp?

In dit hoofdstuk worden de verschillende voorkeuren voor de materialen per gebouwonderdeel gecombineerd ingevoerd in het ontwerp van het SOG. Zo worden er voor het huidige ontwerp twee alternatieve invoeren opgesteld aan de hand van de voorkeurslijsten. Op deze manier wordt inzichtelijk gemaakt wat de maximaal haalbare score voor de materialen is en in welke gebouwonderdelen de grote winsten zitten.

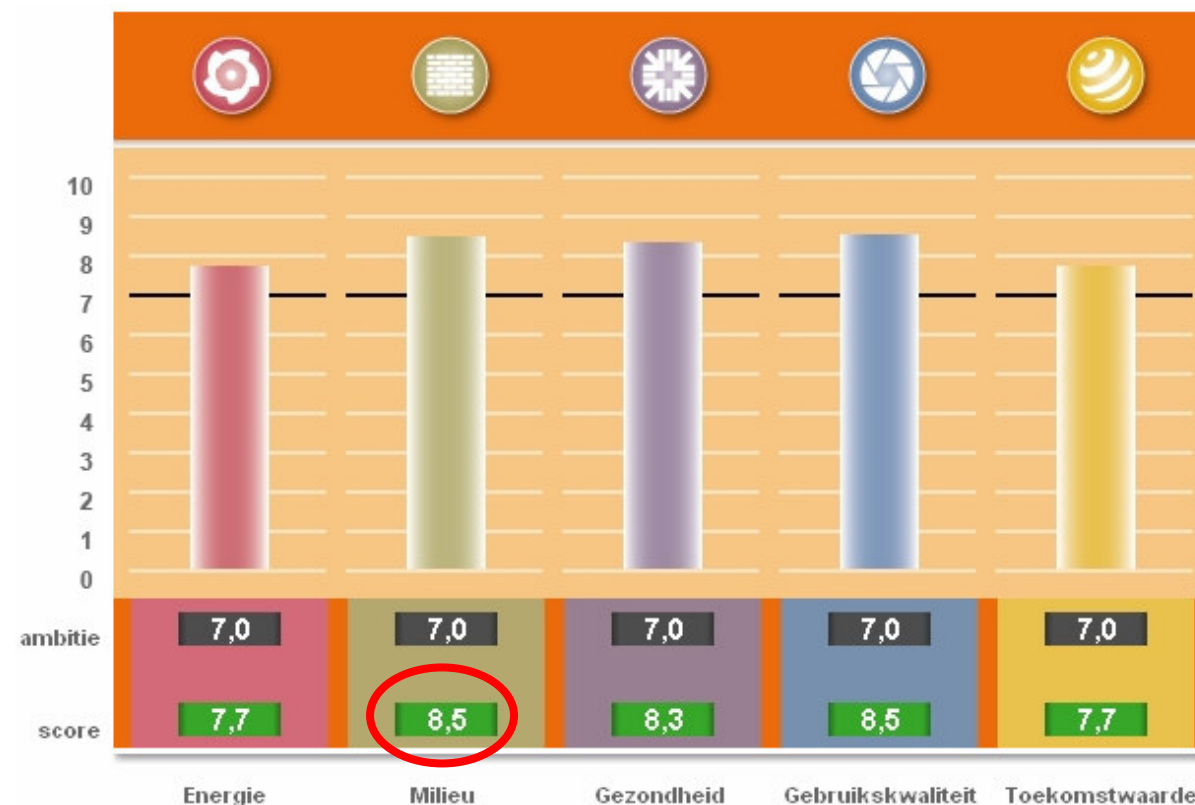
Zowel de waarden in de MIG (Milieu index gebouw) score in GreenCalc+ als in de GPR uitkomst veranderen bij het aanpassen van de materialen. Bij één van de twee alternatieven wordt op alle gebieden de eerste keus van de voorkeurslijst ingevoerd en de ander is een minder extreme invoer (resultaten van beiden zijn te vinden in deze paragraaf). Het tweede alternatief is gemaakt, omdat de meest duurzame keuzes soms niet praktisch zijn of dat er bijvoorbeeld voor houten geveldelen gekozen moet worden i.p.v. aluminium wat nu opgenomen is in het huidige ontwerp. Dit zou een totaal andere uitstraling hebben en de tweede invoer zal daarom esthetisch meer overeenkomen met het huidige ontwerp en ook praktisch beter uitvoerbaar zijn.

Ook hier zal er weer een verschil zijn tussen de uitkomst van GPR en die van Greencalc+, wat te maken heeft met beperkingen van de invoermogelijkheden in de materialen module van GPR.

#### 4.3.1 Maximaal resultaat SOG volgens voorkeuren

Om te kunnen zien wat het SOG maximaal kan scoren op het gebied van materialen in de rekenprogramma's GreenCalc+ en GPR, is in beide programma's de eerste voorkeur ingevoerd voor elk gebouwonderdeel uit de voorkeurlijst (bijlage V). De hieruit voortkomende resultaten zijn in de figuren in deze paragraaf te zien, waar ze ook worden toegelicht.

#### 4.3.2 Resultaten GPR



Figuur 4.8 Resultaten per module

In figuur 4.8 is te zien dat de milieu module (waar de materialen onderdeel van uitmaken) een 8,5 scoort, wat een verbetering betekent van één punt t.o.v. de score van het huidige ontwerp in figuur 4.1. Een verhoging van de score met één punt is een aanzienlijke verbetering. De milieu module wordt in dit geval samen met de module gebruikskwaliteit de best scorende module.

CO <sub>2</sub> -emissie (kg/m <sup>2</sup> ) per jaar	Referentiewaarde	Score	CO <sub>2</sub> -emissiereductie (t.o.v. referentiewaarde)
Door energiegebruik	54,0	33,3	38%
Door materiaalgebruik	9,2	4,3	54%
<b>Totaal</b>	<b>63,2</b>	<b>37,6</b>	<b>41%</b>

Figuur 4.9 De verbetering van de CO<sub>2</sub> emissie t.o.v. referentiewaarde

De score van de CO<sub>2</sub> emissie door materiaalgebruik komt door het toepassen van de meest duurzame opties uit de voorkeurslijst uit op een 4,3. Dit is lager dan de 6,1 in het huidige ontwerp (bijlage II) en dit heeft een gunstig gevolg ten aanzien van de CO<sub>2</sub>-emissiereductie. Deze stijgt namelijk van 34% naar 54% reductie t.o.v. de referentiewaarde, wat dus een CO<sub>2</sub> reductie betekent van 15% t.o.v. het huidige ontwerp.



2	Milieu	8,5	1000
2.1	Water	8,2	200
2.2	Milieuzorg	8,5	100
2.3	Materiaal	8,5	100
Milieubelasting alle bouwonderdelen (schaduwprijs x1000)		407,8	
	Fundering	26,7	
	Vloeren	128,5	
	Gevels	57,5	
	Binnenwanden	29,7	
	Daken	59,3	
	Trappen en liften	2,8	
	Installaties	101,4	
	Inrichting	1,9	

Figuur 4.10 Rapport cijfer van de materialen module

De module Milieu in GPR is opgedeeld in 3 subkopjes waaronder materiaal. Omdat voor dit onderzoek alleen de invloed van de materialen op de duurzaamheid van belang is wordt deze module eruit gelicht. Met het materiaal in het bestaande ontwerp werd een score gehaald van 7,1. Bij de meest duurzame invoer volgens de voorkeurslijst scoren de materialen zoals in figuur 4.10 af te lezen is een 8,5. Deze verbetering heeft dus direct tot gevolg dat de milieuscore, zoals al eerder genoemd, met één punt verbeterd.

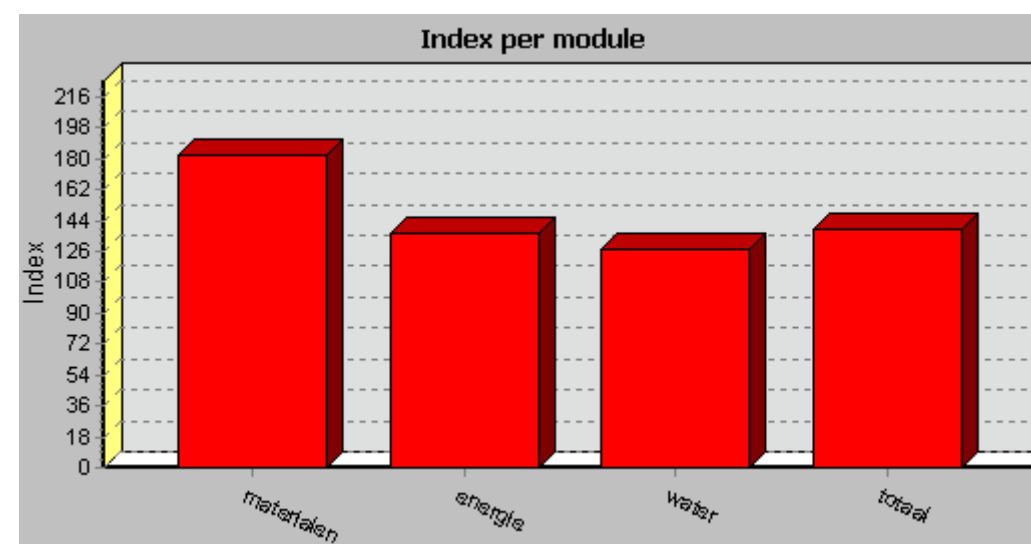
De grootste winsten in het alternatieve ontwerp t.o.v. het bestaande ontwerp worden behaald in de onderdelen vloeren, gevels, binnenwanden en daken. Deze variëren van 13% voor de vloeren tot 64% voor de binnenwanden. Vooraf was dit ook te voorspellen aangezien het meeste materiaal gebruikt wordt in deze bouwonderdelen. Als er dus een beter alternatief wordt toegepast levert dat door de hoeveelheid materiaal, veel winst op.

### 4.3.3 Resultaten GreenCalc+

SOG-gebouw						
	Milieukosten per jaar		Milieu Index Gebouw	Milieukosten per jaar		Milieu Index Bedrijfsv.
	MIG			MIB		
	Ontw.	Ref.		Ontw.	Ref.	
Materiaal	€ 2810,-	€ 5108,-	182	€ 2810,-	€ 2120,-	75
Energie	€ 30822,-	€ 41943,-	136	€ 30822,-	€ 16111,-	52
Water	€ 1514,-	€ 1916,-	127	€ 487,-	€ 616,-	127
<b>Totaal</b>	<b>€ 35146,-</b>	<b>€ 48967,-</b>	<b>139</b>	<b>€ 34119,-</b>	<b>€ 18848,-</b>	<b>55</b>

Figuur 4.11 Overzicht milieukosten

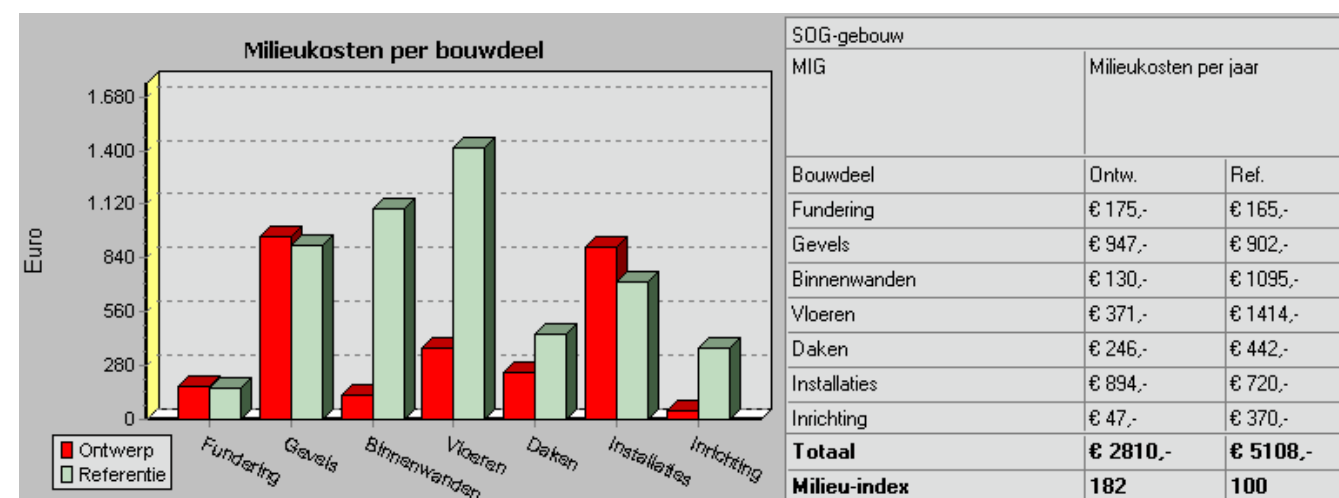
Het invoeren van de materialen volgens de beste keus uit de voorkeurslijst van bijlage V levert in GreenCalc+ een totale MIG (milieuindexgebouw) op van 139 punten. Dit betekent een verbetering van 23 punten t.o.v. het huidige ontwerp en een verbetering van 39 punten t.o.v. het referentiegebouw uit 1990. De MIG wordt ook weergegeven per module. Te zien is dat de score specifiek voor materialen uitkomt op 182 waar deze in het huidige ontwerp nog 51 scoorde (figuur 4.5). Dit betekent een winst van 131 punten (256%) t.o.v. het huidige ontwerp. De verbetering van de duurzaamheid van de gebruikte materialen is ook uit te drukken in de milieukosten per jaar. Deze zijn verbeterd t.o.v. het huidige ontwerp met 7.163 euro.



Figuur 4.12 Milieuindex per module

In de bovenstaande figuur is de MIG score per module weergegeven in een staafdiagram. Te zien is dat de materiaalmodule door de invoer volgens de voorkeurslijst hoog uitkomt. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat er in dit alternatieve ontwerp ook keuzes zijn gemaakt die niet realistisch zijn, aangezien deze esthetische of praktische gevolgen hebben voor het ontwerp. Verder kan uit deze figuur de misvatting ontstaan dat met materialen op het gebied van duurzaamheid het meest te bereiken valt. Echter is er voor dit onderzoek alleen aandacht besteed aan duurzaam materiaalgebruik, waardoor deze module dus beduidend beter scoort dan de overige modules.

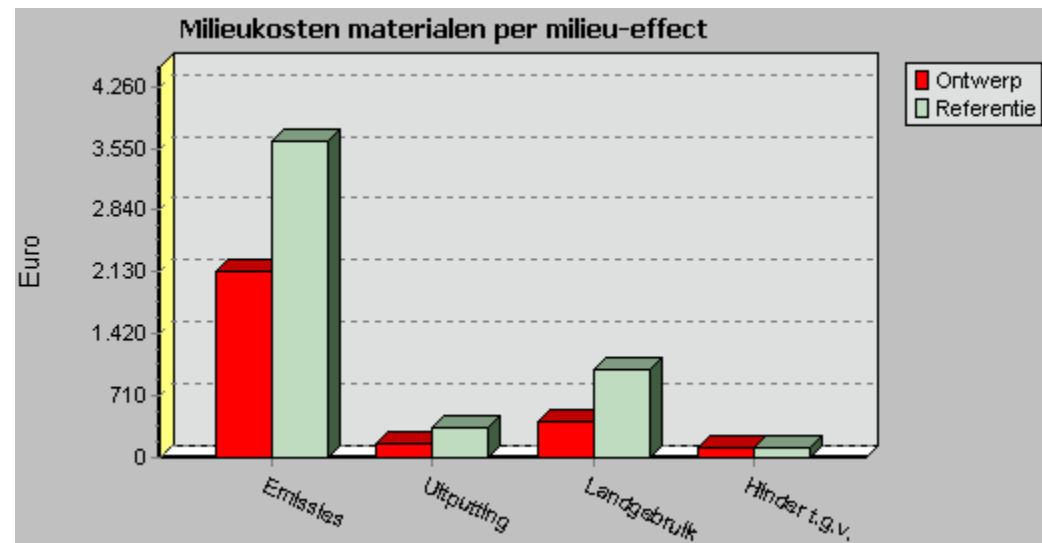
### Materialen



Figuur 4.13 Milieukosten materialen per bouwonderdeel

De materialen module heeft ook een weergave van de milieukosten per jaar per bouwonderdeel. Deze worden weergegeven in figuur 4.13. In deze figuur is goed te zien dat waar in het huidige ontwerp alleen de binnenwanden en de inrichting beter scoorden dan de referentie, nu ook de vloeren en daken aanzienlijk beter scoren.

De grootste winst t.o.v. het huidige ontwerp wordt behaald in de vloeren en komt uit op een verbetering van 90%. Tevens worden er grote winsten behaald t.o.v. het huidige ontwerp in het materiaalgebruik voor de gevels, daken en binnenwanden. Deze variëren van respectievelijk 64 tot 84%.



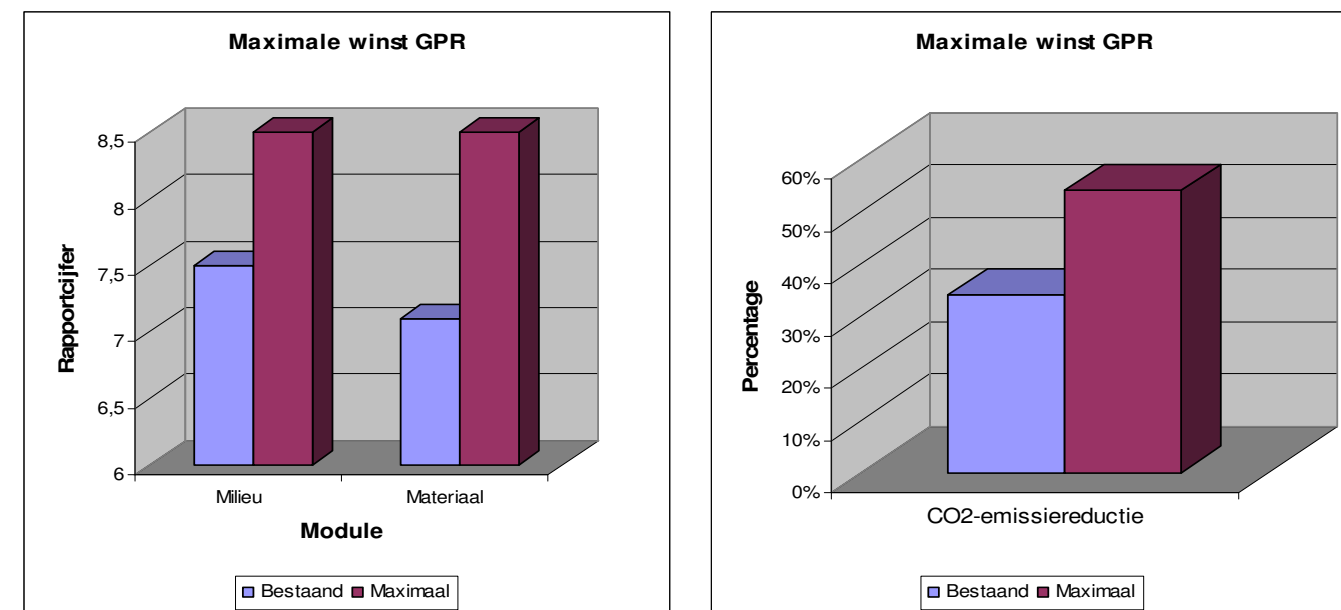
Figuur 4.14 Milieukosten van de materialen per milieueffect

De milieukosten kunnen worden onderverdeeld in vier categorieën milieueffecten namelijk: emissies, uitputting, landgebruik en hinder. Wat deze onderdelen inhouden is terug te lezen in bijlage III. In figuur 4.14 is te zien dat het ontwerp met een invoer volgens de voorkeurslijst op alle gebieden beter scoort dan de referentie uit 1990. Dit is in het huidige ontwerp precies tegenovergesteld met als uitschieter de emissies. Deze zijn hier met ongeveer 70% afgenomen t.o.v. het huidige ontwerp.

#### 4.3.4 Conclusie maximaal resultaat

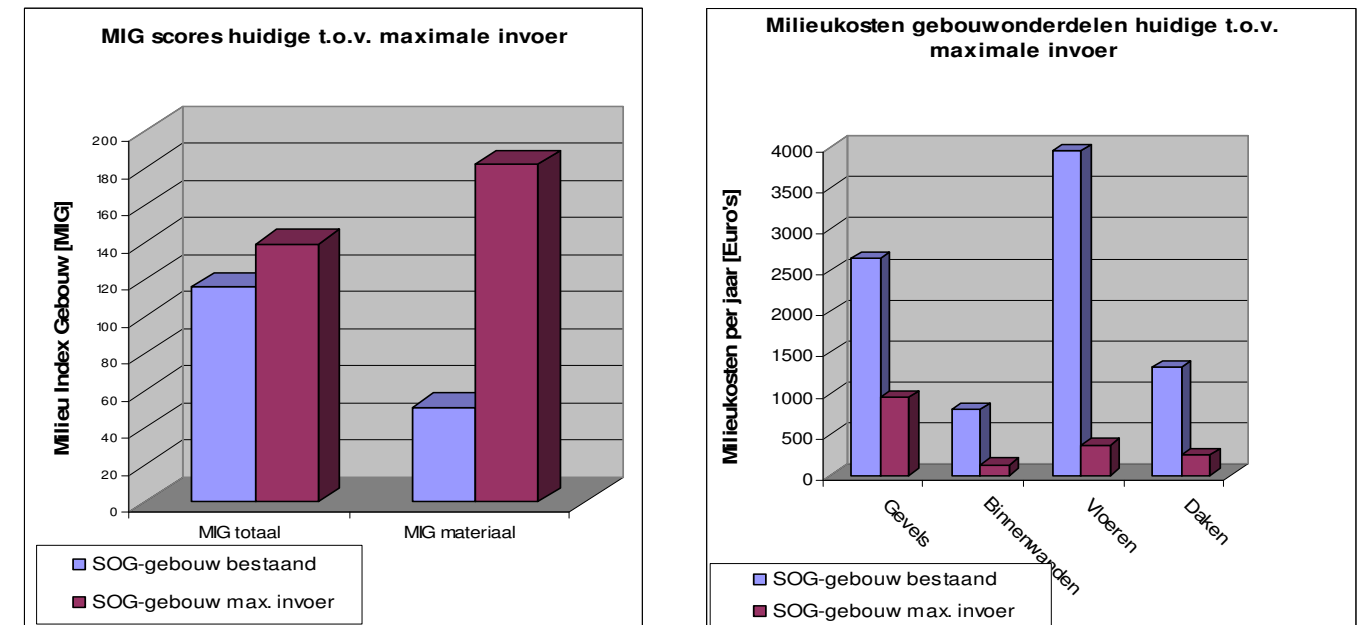
Uit de resultaten kan geconcludeerd worden dat de materialen grote invloed hebben op de duurzaamheidscore. Dit is in GPR in mindere mate zichtbaar dan in GreenCalc+, maar ook hier is een duidelijke verbetering zichtbaar.

Het wijzigen van de materialen heeft in GPR geleid tot een verbetering van de score van de milieumodule van een 7,5 naar een 8,5 en voor het onderdeel materialen in de milieumodule van een 7,1 naar een 8,5. De CO<sub>2</sub>-emissiereductie is gestegen van 34% naar 54%.



Figuur 4.15 Winst t.o.v. bestaand ontwerp in GPR

De totale MIG score van het gebouw is door het wijzigen van de materialen gestegen naar 139 punten wat een verbetering van 23 punten betekend t.o.v. het huidige ontwerp. De materialen module op zich scoort 256% beter dan in het huidige ontwerp. De score voor de materialen module komt daarmee uit op 182 punten, en is daarmee de hoogst scorende module. De grootste winst zit hem bij GreenCalc+ evenals GPR in de constructieve onderdelen van het gebouw. De gebouwoonderdelen waarin veel winst behaald is bij het wijzigen van de materiaalkeuze t.o.v. de keuze in het bestaande ontwerp staan in onderstaande figuur.



Figuur 4.16 Winst t.o.v. bestaand ontwerp in GreenCalc+

Uit deze resultaten is te concluderen dat het de moeite waard is om aandacht te schenken aan de toepassing van duurzamere materialen om een hogere duurzaamheidscore te behalen. In GreenCalc+ is het resultaat hiervan beter zichtbaar dan in GPR, aangezien de verschillen met het bestaande ontwerp in GreenCalc+ extremer zijn en GreenCalc+ ook een nauwkeurigere in- en uitvoer heeft.

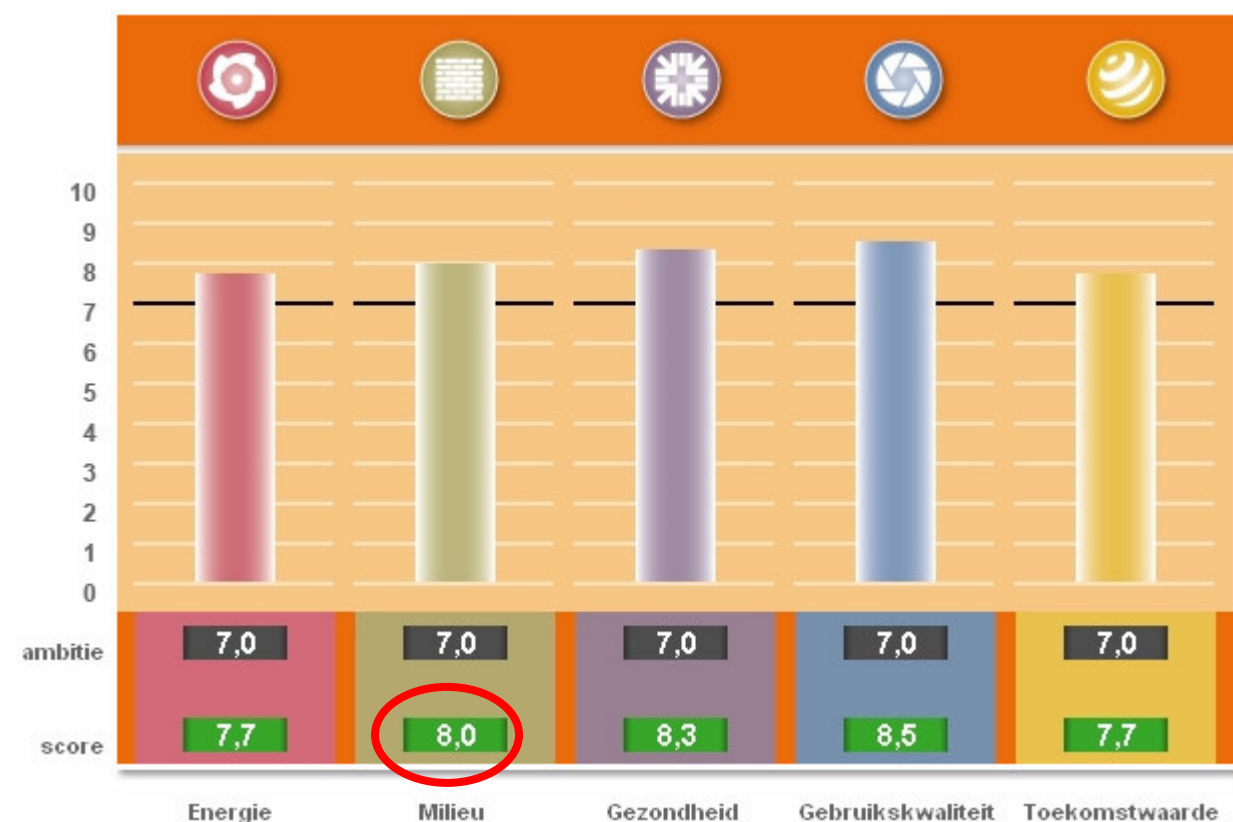


#### 4.3.5 Aannemelijk haalbaar resultaat SOG volgens voorkeuren

In het deel hierboven van deze paragraaf is getoetst wat de maximaal haalbare score is voor het SOG volgens de voorkeurslijst. Dit zijn niet altijd logische of praktische keuzes voor alternatieven en om deze reden zal er in deze paragraaf een alternatieve invulling getoetst worden die minder extreem is en meer aannemelijke alternatieven bevat. Dat wil zeggen dat er gekozen wordt voor alternatieven die het beeld van het SOG zo min mogelijk zullen veranderen en waarbij de vorm en indeling van het gebouw zoveel mogelijk behouden kan blijven. Verder zal er rekening gehouden worden met de consequenties die sommige alternatieven met zich meebrengen zoals omschreven in bijlage IV en V.

Er zal met name gekozen worden voor de invoer van de alternatieven in gebouwonderdelen met een grote invloed op de score. Echter zullen daarbij wel de genoemde consequenties worden meegenomen in de overweging. Zo gelden er o.a. consequenties voor overspanningen en draagvermogen. De geselecteerde materialen voor de invoer zijn in bijlage VI aangegeven.

#### 4.3.6 Resultaten GPR



Figuur 4.17 Resultaten per module

In figuur 4.17 is te zien dat de milieu module (waar de materialen onderdeel van uitmaken) met slechts een half punt verbeterd is t.o.v. het huidige ontwerp in figuur 4.1. En dit betekent met een half punt verslechterd t.o.v. de maximaal haalbare score. Een score van 8,0 is acceptabel, waarmee de module Milieu vergeleken met de overige modules gemiddeld presteert.

CO2-emissie (kg/m <sup>2</sup> ) per jaar	Referentiewaarde	Score	CO2-emissiereductie (t.o.v. referentiewaarde)
Door energiegebruik	54,0	33,3	38%
Door materiaalgebruik	9,2	5,1	45%
<b>Totaal</b>	<b>63,2</b>	<b>38,4</b>	<b>39%</b>

Figuur 4.18 De verbetering van de CO<sub>2</sub> emissie t.o.v. referentiewaarde

De score van de CO<sub>2</sub> emissie door materiaalgebruik komt door het toepassen van een aantal van de duurzamere opties uit de voorkeurslijst lager uit dan de 6,1 in het huidige ontwerp. Dit heeft een gunstig gevolg ten aanzien van de CO<sub>2</sub>-emissiereductie van de materialen. Deze stijgt namelijk van 34% naar 45% reductie t.o.v. de referentiewaarde, wat dus een winst betekent van 8% t.o.v. het huidige ontwerp.

2 Milieu	max.
2.1 Water	200
2.2 Milieuzorg	100
2.3 Materiaal	100
Milieubelasting alle bouwonderdelen (schaduwprijs x1000)	
Fundering	26,4
Vloeren	147,8
Gevels	72,3
Binnenwanden	60,1
Daken	63,1
Trappen en liften	2,8
Installaties	101,5
Inrichting	1,9

Figuur 4.19 Rapport cijfer van de materialen module

Zoals in paragraaf 4.3.1 is uitgelegd bestaat de milieu module uit drie subkopjes, waaronder materiaal. De maximaal haalbare score voor het SOG bedroeg een 8,5 voor de materiaal module waar dat in het huidige ontwerp een 7,1 was. In figuur 4.19 is te zien dat de score bij de minder extreme invoer van opties een 7,8 bedraagt.

Deze verbetering van 0,7 punt t.o.v. het huidige ontwerp levert uiteindelijk in de totaalscore voor milieu een verbetering op van een half punt (van een 7,5 naar een 8,0). Hiermee wordt de invloed van de materialen dus indirect zichtbaar in het totaal resultaat (figuur 4.17).



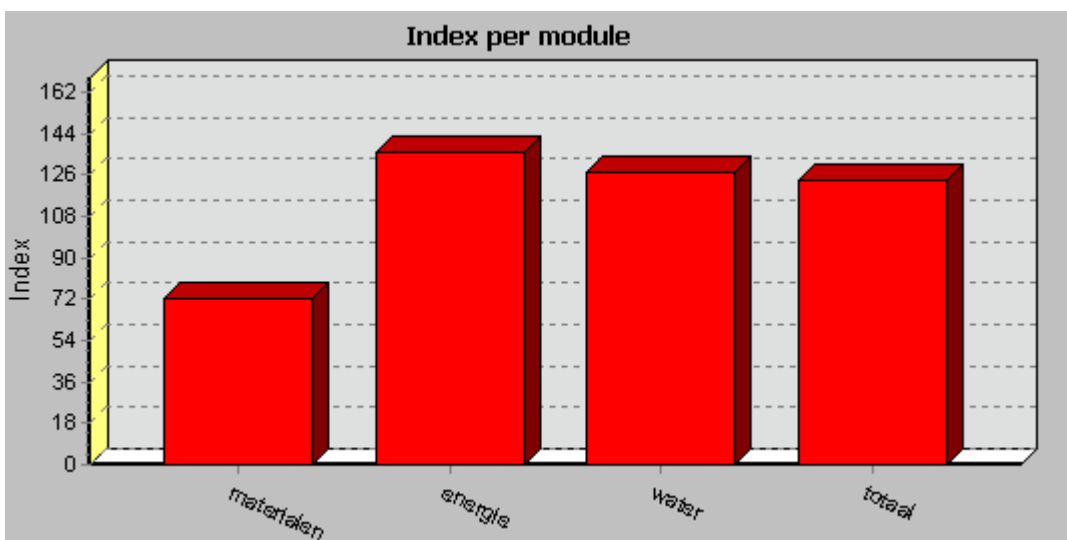
4.3.7 Resultaten GreenCalc+

SOG-gebouw						
	Milieukosten per jaar MIG		Milieu Index Gebouw	Milieukosten per jaar MIB		Milieu Index Bedrijfsv.
	Ontw.	Ref.		Ontw.	Ref.	
Materiaal	€ 7116,-	€ 5108,-	72	€ 7116,-	€ 2120,-	30
Energie	€ 30822,-	€ 41943,-	136	€ 30822,-	€ 16111,-	52
Water	€ 1514,-	€ 1916,-	127	€ 487,-	€ 616,-	127
<b>Totaal</b>	<b>€ 39452,-</b>	<b>€ 48967,-</b>	<b>124</b>	<b>€ 38425,-</b>	<b>€ 18848,-</b>	<b>49</b>

Figuur 4.20 Overzicht milieukosten

De MIG score voor de materialen van het gebouw is door het wijzigen van de materialen gestegen van 51 naar 72 punten (figuur 4.20). Dit betekent een verbetering van 41%, die dus al bereikt kan worden door het kiezen van een aantal duurzamere alternatieven welke verder geen grote invloeden hebben op het uiterlijk of de indeling van het gebouw. De milieukosten voor de materialen module zijn ondanks de aanpassingen nog wel 39% hoger dan de referentiewaarde uit 1990.

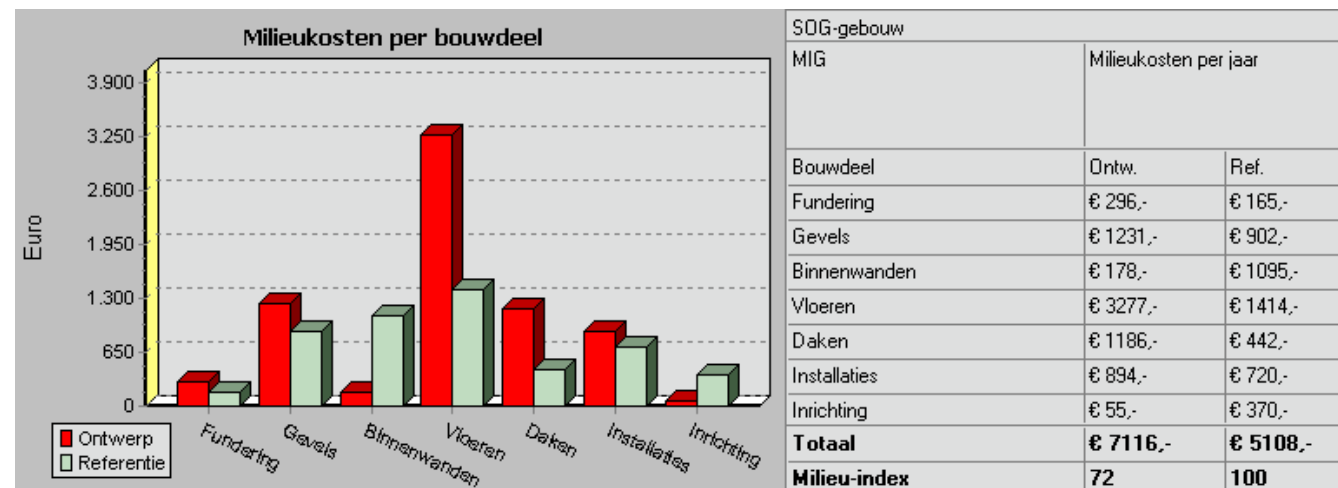
De totale MIG score is van 116 naar 124 punten gegaan, wat betekent dat er een verbetering is t.o.v. het huidige ontwerp van 7%.



Figuur 4.21 milieuindex per module

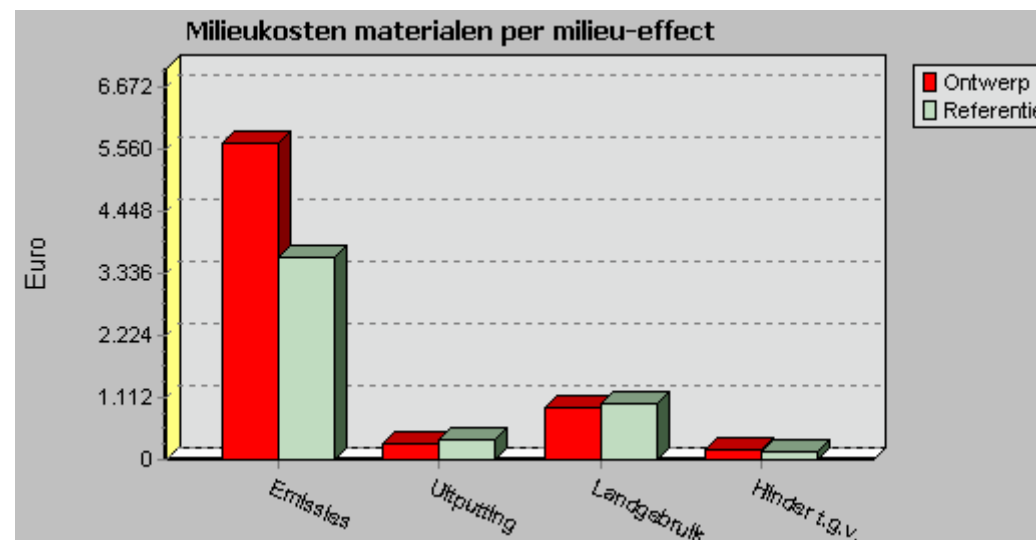
De MIG scores uit figuur 4.20 zijn in figuur 4.21 uitgedrukt in een staafdiagram. Deze figuur geeft een goed beeld van de verhouding tussen de index score van de materialen enerzijds en de totaalscore en de andere modules anderzijds. Het is duidelijk dat de score van de materialen achterblijft bij de andere modules. Reden hiervoor is het feit dat er getracht is het ontwerp zoveel mogelijk in tact te laten, maar toch de duurzaamheid van een aantal materialen te verbeteren, rekening houdend met de consequenties als genoemd in bijlage IV en V. De andere thema's scoren in verhouding een stuk hoger, omdat hier al tijdens het ontwerp meer rekening mee is gehouden. Als er in de ontwerpfase al rekening gehouden wordt met toepassing van duurzamere (alternatieve) materialen is er veel meer te bereiken in de MIG score van de materialen.

Materialen



Figuur 4.22 Milieukosten materialen per bouwdeel

In de figuur hierboven zijn de milieukosten per gebouwonderdeel af te lezen. Te zien is dat het ontwerp hoge milieukosten per jaar heeft t.o.v. de referentie. Het gebouw scoort beter dan de referentie op de gebieden binnenwanden en inrichting, maar dit was in het huidige ontwerp ook het geval (zij het in mindere mate). Er is geen grote verbetering bereikt in de vloeren en het dak t.o.v. het huidige ontwerp. Hiervan zijn praktische overwegingen de oorzaak. Voorbeeld hiervan is de mogelijkheid tot toepassing van houten vloeren, waar de gekozen overspanningen zich niet voor lenen. In de gevels is wel een slag gemaakt, waarbij rekening is gehouden met zo veel mogelijk behoud van het huidige uiterlijk van het gebouw. Er is voor een alternatieve gevelbekleding gekozen van metaal en deze kan in dezelfde kleuren gecoat worden als de huidige gevel. Door te kiezen voor een gecoate stalen gevelbekleding, in plaats van de aluminium sandwich gevelbekleding in het huidige ontwerp, is in het onderdeel gevels een winst behaald van 53% t.o.v. het huidige ontwerp.



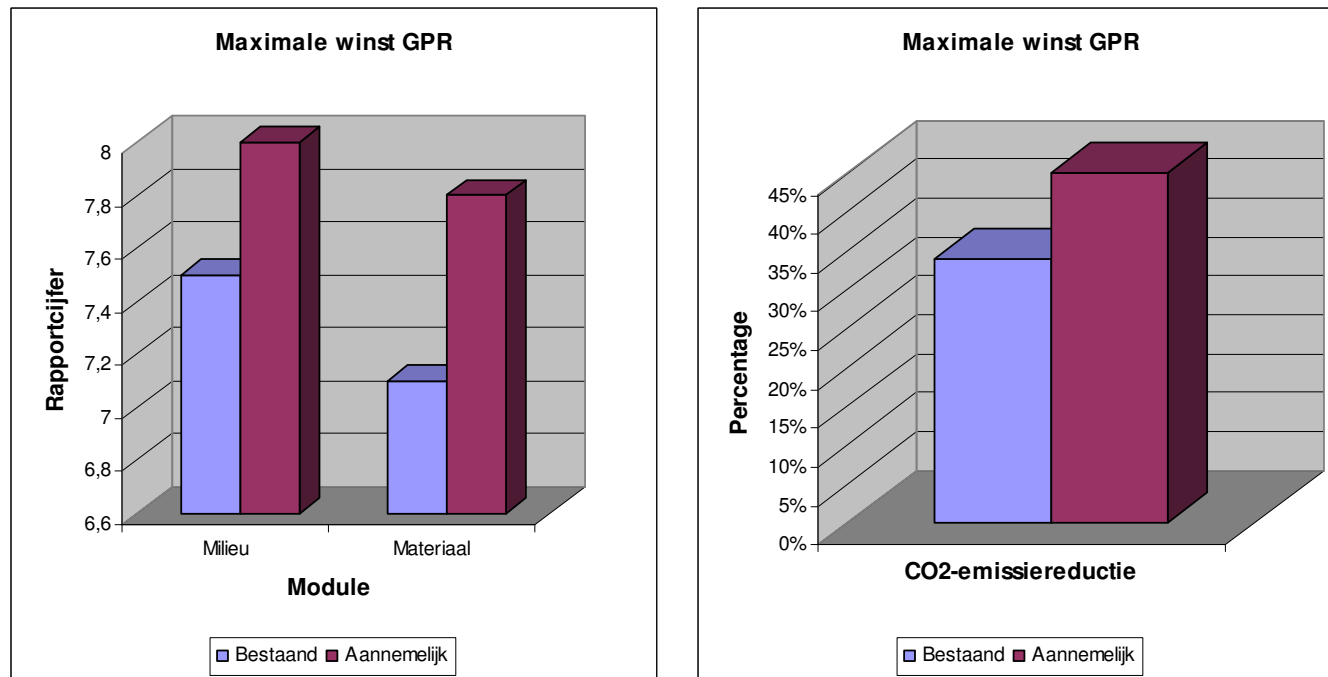
Figuur 4.23 Milieukosten van de materialen per milieueffect

De milieukosten van de materialen per milieueffect (figuur 4.23) zijn op twee van de vier gebieden lager dan de referentiewaarde. Helaas zijn dit wel de gebieden die maar een klein aandeel in de milieukosten hebben. De emissies hebben het grootste aandeel en hierin scoort het ontwerp slechter dan de referentie. Wel is er een verlaging behaald t.o.v. het huidige ontwerp van ca. 29%.

#### 4.3.8 Conclusie aannemelijke invoer

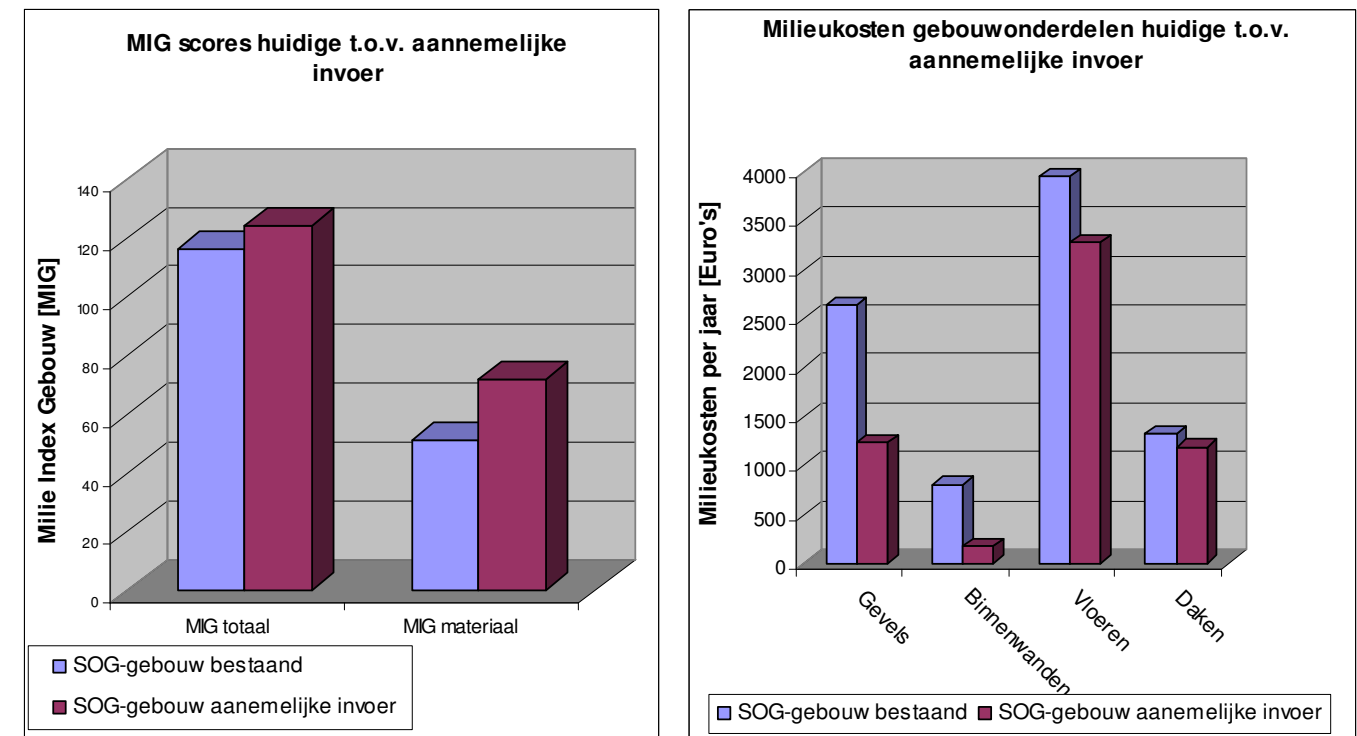
Na het invoeren en analyseren van deze uitkomsten is het duidelijk dat het mogelijk is een hogere duurzaamheidscore te behalen zonder esthetische gevolgen voor het ontwerp. Maar hiermee dient dan al wel in het ontwerp stadium rekening gehouden te worden. Hierbij zullen namelijk de constructieve elementen en de gevelconstructie van groot belang zijn. Het later aanpassen van een ontwerp op duurzamere varianten beperkt de mogelijkheden, kost veel tijd en gaat ten kosten van het ontwerp.

In GPR heeft het onderdeel materiaal een aandeel van 70% in de milieu module. Het onderdeel materialen is in verhouding tot de onderdelen water en milieuzorg (respectievelijk 20 en 10%) dan ook veel uitgebreider. Het doorvoeren van een wijziging in één van de onderdelen van de materialen is dus in verhouding minder snel terug te zien in de punten die er totaal voor het onderdeel materialen behaald kunnen worden. Aan de andere kant bepaald de prestatie van de materialen dus voor het grootste deel de score van de milieu module, waardoor de materialen in het geheel dus juist wel veel invloed hebben. Het wijzigen van de materialen heeft in GPR geleid tot een verbetering van de score van de materialen in de milieu module van een 7,1 naar een 7,8 en voor de milieu module zelf een verbetering van een 7,5 naar een 8,0. De CO<sub>2</sub>-emissiereductie is gestegen van 34% naar 45%. (zie figuur 4.24)



Figuur 4.24 Winst t.o.v. bestaand ontwerp in GPR

De totale MIG score van het gebouw is door het wijzigen van de materialen gestegen naar 124 punten wat een verbetering van 8 punten betekent t.o.v. het huidige ontwerp. De materialen module op zich scoort 41% beter dan in het huidige ontwerp. De score voor de materialen module komt daarmee uit op 72 punten, en is daarmee nog steeds de laagst scorende module. De grootste winst zit hem bij GreenCalc+ evenals GPR in de constructieve onderdelen van het gebouw. De gebouwonderdelen waarin de meeste winst behaald is bij het wijzigen van de materiaalkeuze t.o.v. de keuze in het bestaande ontwerp staan in figuur 4.25.



Figuur 4.25 Winst t.o.v. bestaand ontwerp in Greencalc+

De verbetering van de MIG score van de materialen met 41% is hier in vergelijking met de verbetering van 256% bij de maximale invoer, beduidend lager. Daar staat tegenover dat deze verbetering ook een stuk eenvoudiger te bereiken is, met minder wijzigingen van het ontwerp. Het effect van de wijzigingen op de totale MIG score is dan ook maar beperkt in dit geval. Om een score boven de 100 te bereiken (referentie is 100) voor de materialen module, zijn er intensieve veranderingen in het ontwerp noodzakelijk. Om een dergelijke score te bereiken moet al snel gekozen worden voor houten vloeren en/of een houten draagconstructie. Verder heeft het type buitenblad een aardige invloed op de score, dit komt mede door de grote hoeveelheden waaruit deze onderdelen bestaan. Dit soort aanpassingen hebben een grote invloed op de eigenschappen van het gebouw en dergelijke keuzes wat betreft materialisering dienen dan ook in een eerder stadium gemaakt te worden.

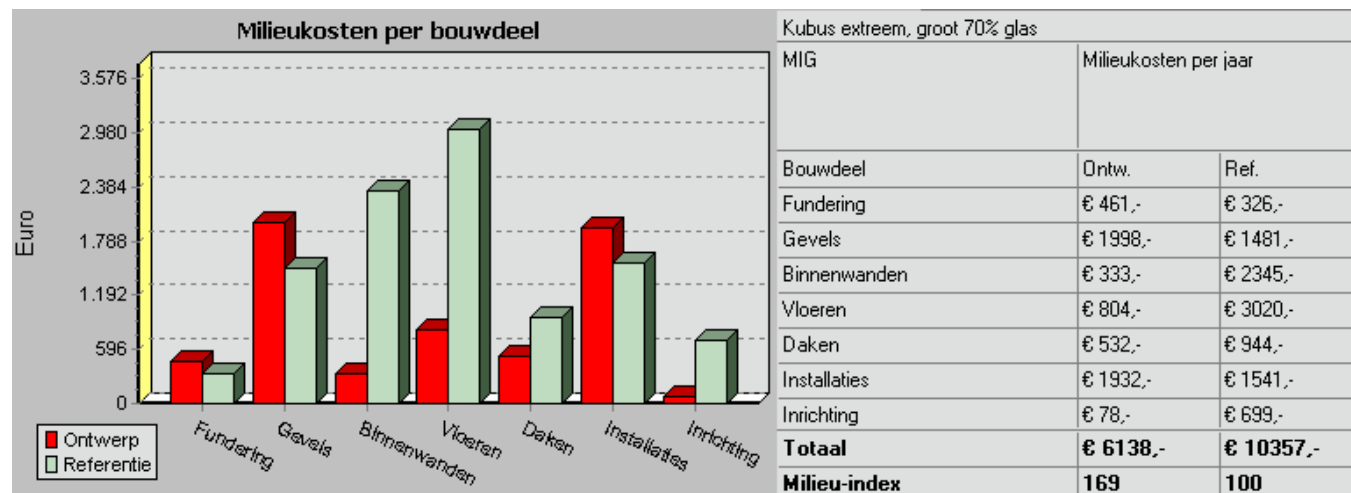
## 5. Verificatie effecten op ander gebouwmodel

---

- Welke materialen (per gebouwonderdeel) kunnen over het algemeen worden toegepast om de duurzaamheidsscore van een gebouw te verbeteren? Waar valt de meeste winst te behalen?

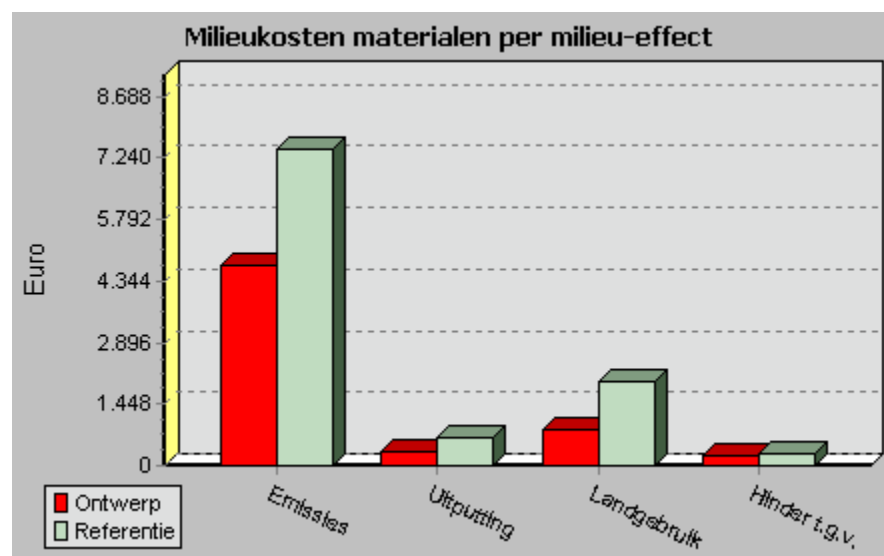
Om in het algemeen uitspraken te kunnen doen over de invloed van materiaalgebruik op de milieuscore van een gebouw, is het van belang om dezelfde materialen op verschillende gebouwgroottes te toetsen. Op deze manier is het mogelijk te verifiëren of de gebouwgrootte invloed heeft op de duurzaamheidsscore in GreenCalc+. In dit hoofdstuk zijn twee gebouwmodellen getoetst volgens dezelfde maximale en aannemelijke invoer van de materialen als in het SOG. Hiervoor zijn kubusvormige modellen gebruikt van 2 groottes, één met een BVO van 1080m<sup>2</sup> en één met 9725m<sup>2</sup> BVO. Hierdoor is een conclusie te geven over de invloed van de materialen op de duurzaamheidsscore onafhankelijk van de grootte van het gebouw. Deze kubussen worden besproken in vier paragrafen, waarbij eerst de maximale berekeningen te zien zijn in paragraaf 5.1 en 5.2 en vervolgens zijn in paragraaf 5.3 en 5.4 de aannemelijke berekeningen te zien van beide gebouwmodellen. Om snel een vergelijk te kunnen maken, zijn de grote kubus en de kleine kubus met dezelfde invoer op de volgende twee pagina's steeds naast elkaar gezet. Tot slot wordt er in paragraaf 5.5 een conclusie getrokken over de gebouwgrootte in relatie tot de effecten van de materialen op de duurzaamheidsscore.

### 5.1 Kubus groot maximaal resultaat invoer



Figuur 5.1 Milieukosten materialen per bouwdeel

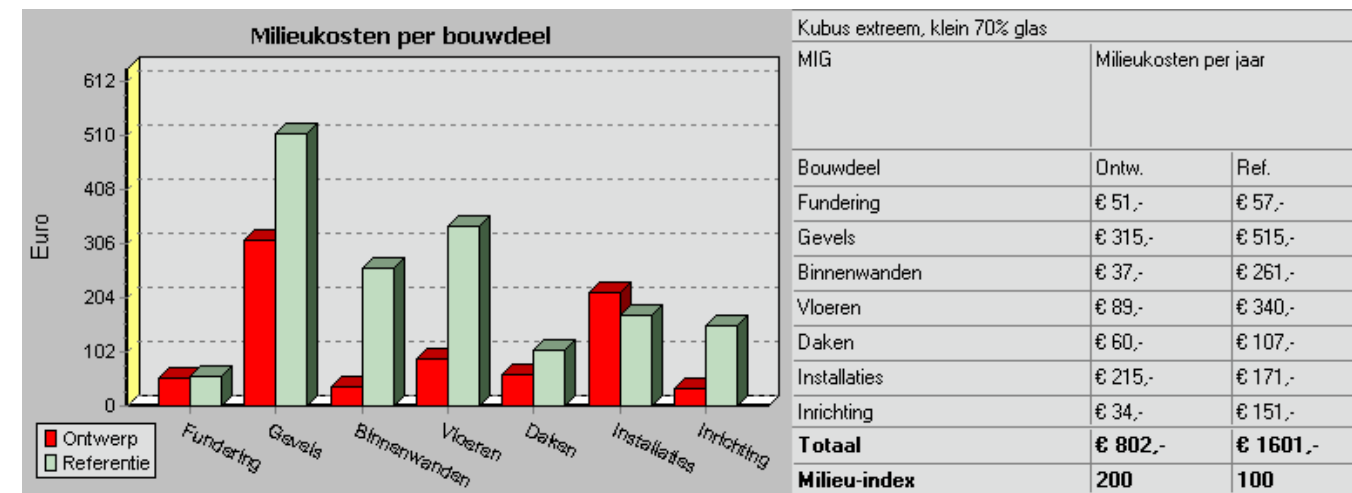
Wanneer er veel aandacht wordt geschonken aan het materiaalgebruik in het gebouw en er voor de duurzaamste varianten gekozen wordt uit de voorkeuren in bijlage V, resulteert dat in de milieukosten per jaar zoals weergegeven in figuur 5.1. Te zien is dat de milieukosten voor de vloeren, binnenwanden en inrichting het meest gedaald zijn ten opzichte van de referentie. Dit komt doordat er veel oppervlakte aan materiaal in het gebouw zit, en er dus veel winst te halen is in deze onderdelen. Te zien is dat de gevels met 33% van het totaal het grootste aandeel in de milieukosten per jaar voor hun rekening nemen. De referentie scoort op dit bouwdeel beter dan de kubus, wat niet verklaard kan worden wanneer er een vergelijk gemaakt wordt met het SOG uit paragraaf 4.3.3. Hierin scoren de referentie en het SOG nagenoeg gelijk, wat logischerwijs bij de grote kubus bij toepassing van dezelfde materialen ook het geval zou moeten zijn. In de conclusie van dit hoofdstuk wordt hierop teruggekomen.



Figuur 5.2 Milieukosten materialen per milieueffect

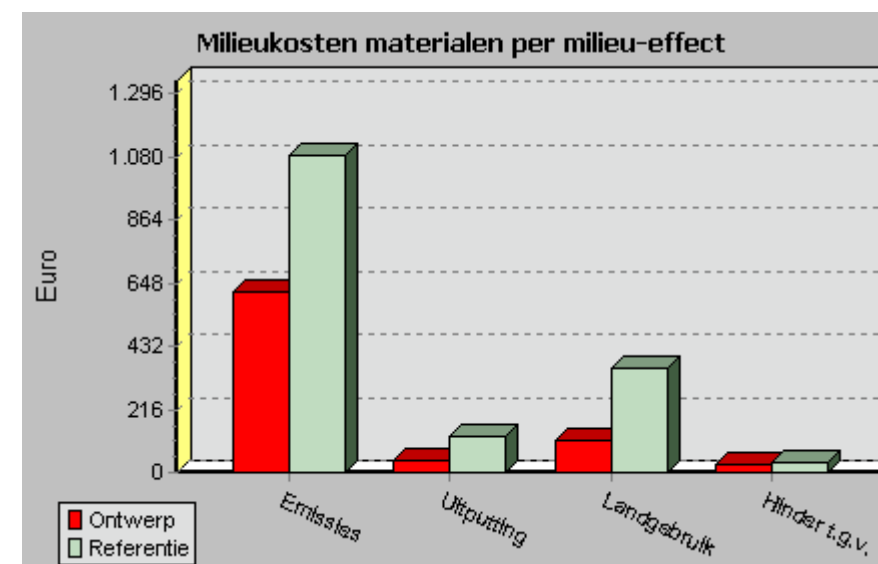
In de figuur hierboven is te zien dat het gebouw door de duurzame varianten op alle milieueffecten beter scoort dan de referentie. Zo is de winst bij uitputting en landgebruik ongeveer 50% en is de winst in emissies ongeveer 40%, wat een goede verbetering betekent t.o.v. de referentie.

### 5.2 Kubus klein maximaal resultaat invoer



Figuur 5.3 Milieukosten materialen per bouwdeel

Van de gemaakte berekeningen van de kubussen in dit hoofdstuk scoort deze kubus het beste ten opzichte van de referentie. Op installaties na heeft elk gebouwdeel lagere milieukosten per jaar dan de referentie. Waar bij de grote kubus de gevels hogere milieukosten hebben dan de referentie, is dat hier niet het geval. De gevels hebben daarentegen wel een groter aandeel in de totale milieukosten. Dit is hier 39% waar het bij de grote kubus nog 33% was. Dit is logisch te verklaren aangezien het oppervlak van de gevel in verhouding tot de andere gebouwonderdelen minder toeneemt, naarmate het volume van het gebouw toeneemt. De verhouding van de milieukosten van de gevel t.o.v. de referentie is, zoals ook bij de grote kubus genoemd, niet te verklaren. Het verschil in milieukosten voor de gevels tussen de kubussen onderling is groter dan het verschil tussen de referenties van deze kubussen. Dit is opmerkelijk aangezien alle materialen gelijk zijn gebleven en het ontwerp alleen verschaald is. Hiervoor is geen verklaring te noemen en dit is gemeld bij DGMR (ontwikkelaar Greencalc+).

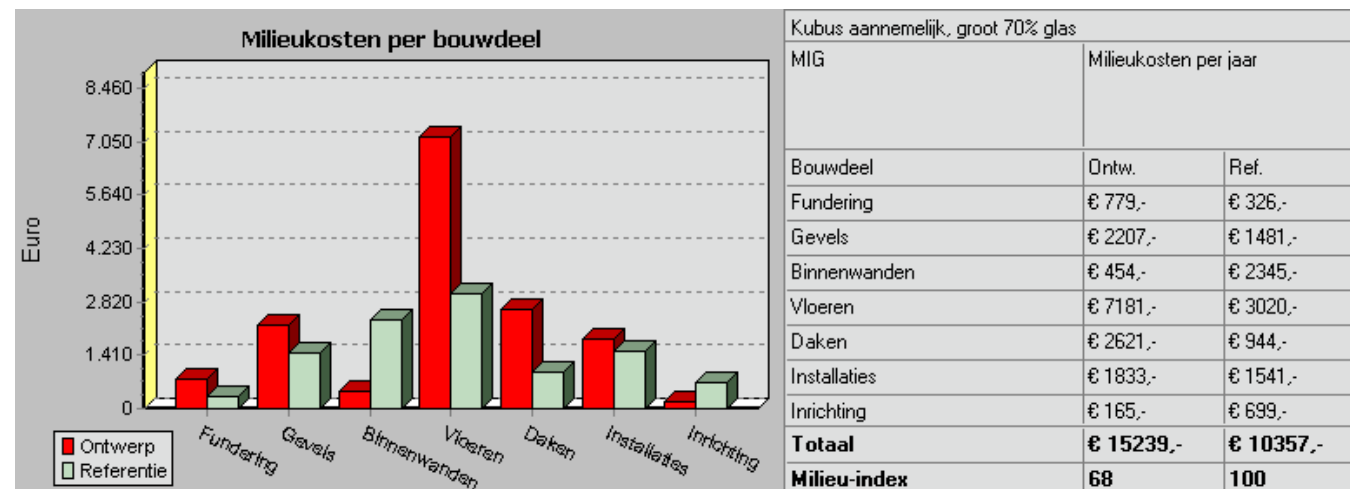


Figuur 5.4 Milieukosten materialen per milieueffect

De verdeling van de milieukosten per milieueffect vertoont nagenoeg dezelfde verhoudingen t.o.v. de referentie als bij de grote kubus. Uit het staafdiagram in figuur 5.4 is echter wel op te maken dat voor de milieueffecten uitputting en landgebruik de winsten t.o.v. de referentie wat groter zijn. Waar de winst bij de grote kubus t.o.v. de eigen referentie ongeveer 50% was is het in dit geval ca. 65 tot 70%. Dit betekent dat deze milieukosten niet lineair verlopen met de grootte van het gebouw.

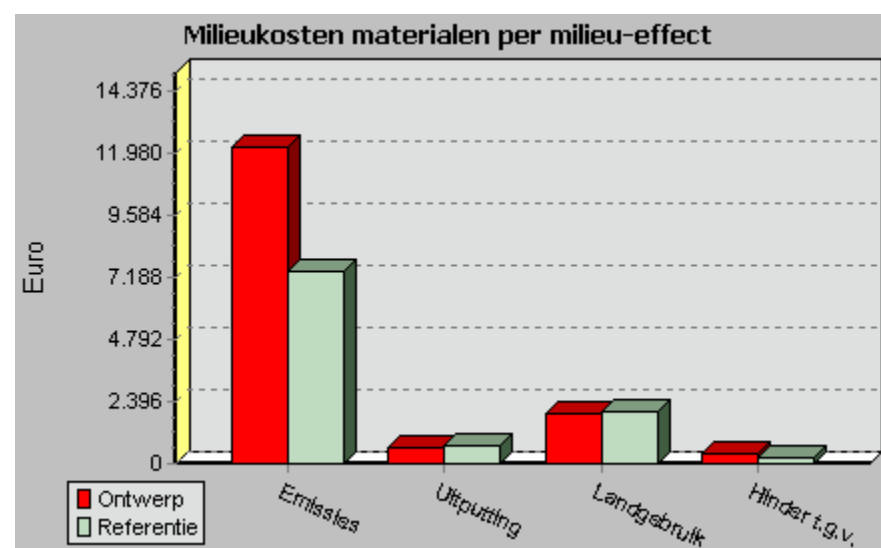


### 5.3 Kubus groot aannemelijke invoer



Figuur 5.5 Milieukosten materialen per bouwdeel

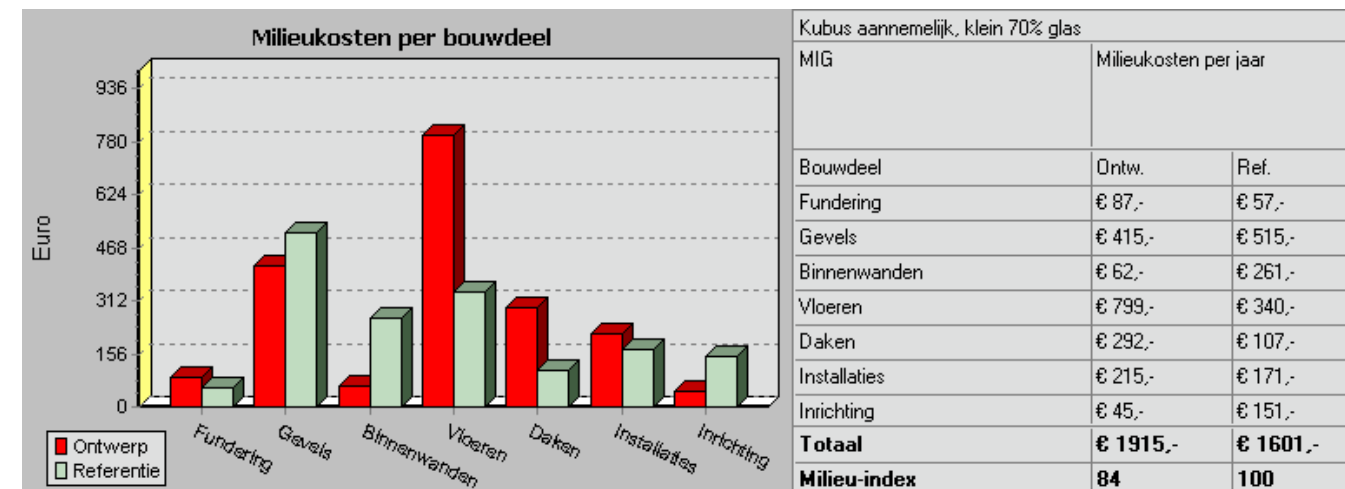
In de figuur hierboven zijn de milieukosten per gebouwonderdeel af te lezen. Te zien is dat de grote kubus op alle vlakken behalve de binnenwanden en inrichting meer milieukosten per jaar heeft dan de referentie. Het gebouw heeft bij deze aannemelijke invoer volgens bijlage VI geen grote verbeteringen behaald in de vloeren en het dak t.o.v. de referentie. Oorzaak hiervoor is het type vloer dat in de aannemelijke invoer niet is aangepast, ten behoeve van het maken van grote overspanningen. Voor de gevel is een stalen gevelbekleding toegepast om het gevelbeeld gelijk te houden. Om deze reden scoort ook dit gebouwonderdeel slechter dan de referentie. Het grootste verschil tussen de invoer voor de kubus en de referentie zit in het gebouwonderdeel binnenwanden. Hier is een verbetering van 80% bereikt met het alternatieve materiaal. In de referentie van 1990 werden hier massieve wanden gebruikt en in de aannemelijke invoer is dat een systeemwand.



Figuur 5.6 Milieukosten materialen per milieueffect

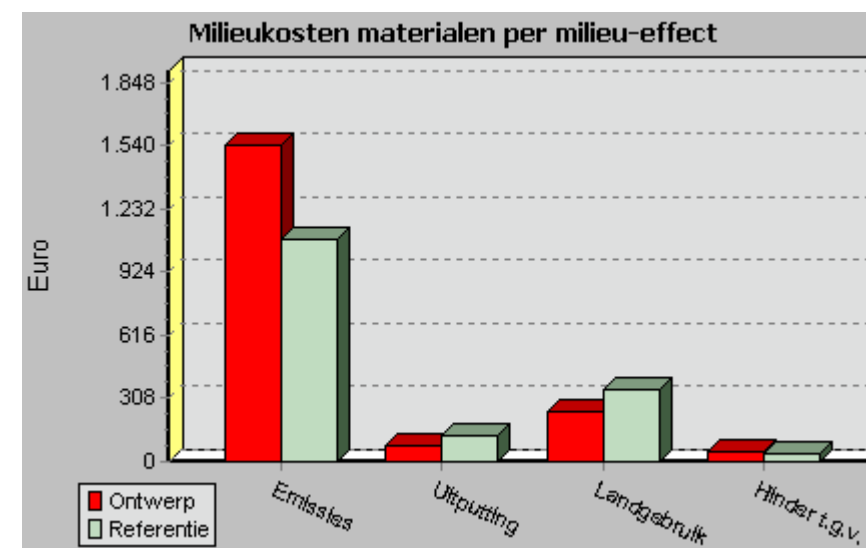
Waar de milieukosten per bouwdeel hoger zijn dan de referentie, zijn de milieukosten van de materialen per milieueffect op de vlakken uitputting, landgebruik en hinder vrijwel gelijk. De verhoogde milieukosten per bouwdeel t.o.v. de referentie komen dus voort uit de emissies die de gekozen materialen met zich meebrengen. In figuur 5.6 is dan ook te zien dat de milieukosten van de emissies hoger zijn dan de referentiewaarde.

### 5.4 Kubus klein aannemelijke invoer



Figuur 5.7 Milieukosten materialen per bouwdeel

De milieukosten per bouwdeel voor de kubus met 1080m<sup>2</sup> BVO zoals weergegeven in figuur 5.7 geeft een bijna identiek beeld als de grafiek in figuur 5.5 van de kubus met een BVO van 9725m<sup>2</sup>. Dit betekent dat de grootte van het gebouw niet van grote invloed is op de verdeling van de milieukosten per gebouwonderdeel. Er is echter één uitzondering, die ook opviel bij de maximale invoer in de paragrafen 5.1 en 5.2, en dat is het gebouwonderdeel gevels. Dit heeft, zoals al eerder genoemd, te maken met de verhouding van de gevels t.o.v. de inhoud van het gebouw. Voor de overige gebouwonderdelen geldt hetzelfde als wat in paragraaf 5.3 is genoemd, en dus scoren ook hier de vloeren en daken slechter dan de referentie.



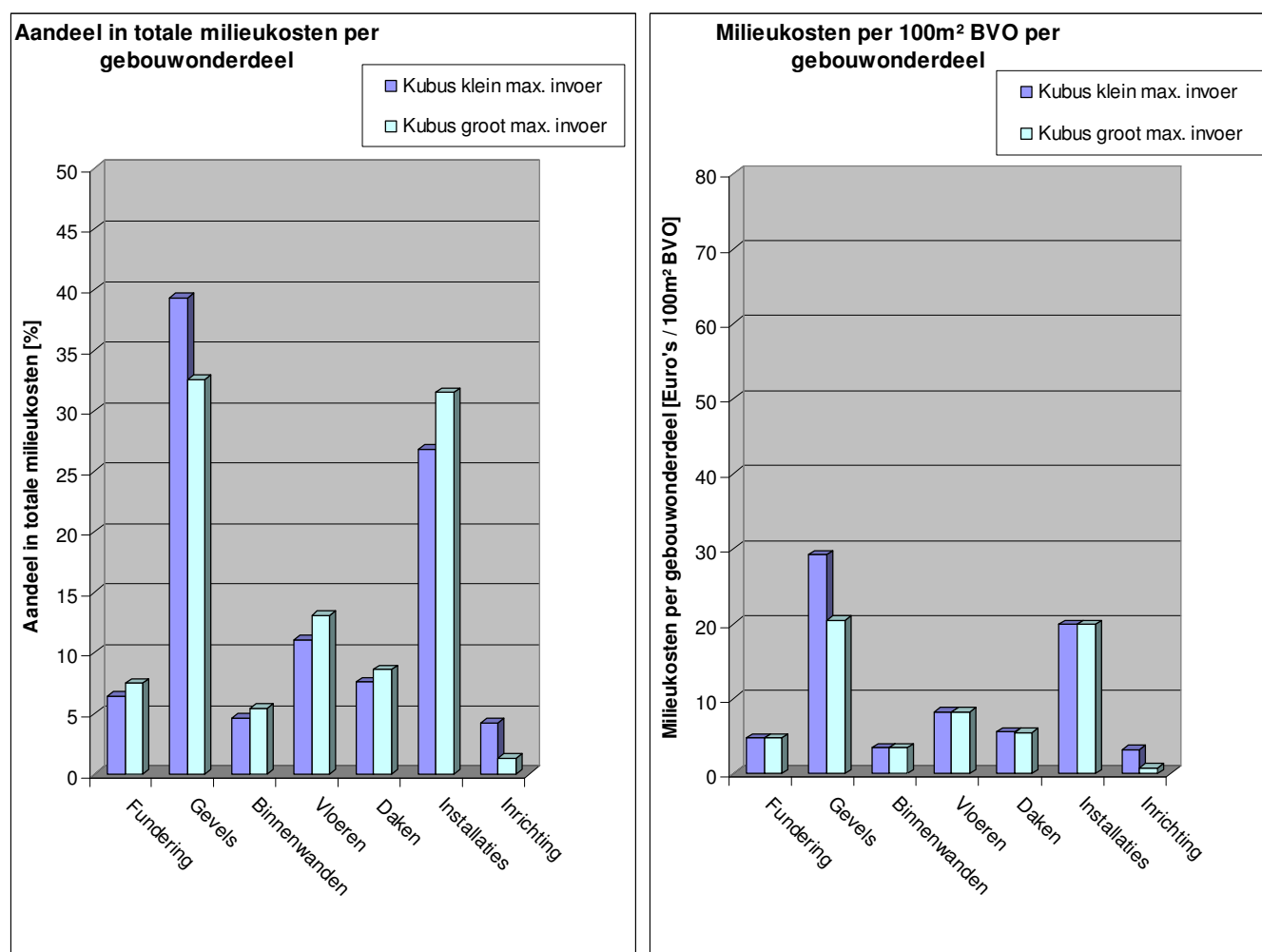
Figuur 5.8 Milieukosten materialen per milieueffect

De milieukosten van de materialen per milieueffect voor de kleinere kubus zoals weergegeven in figuur 5.8 tonen een ongeveer gelijke verdeling t.o.v. de referentie als die van de grotere kubus. De absolute waarden zijn echter een stuk hoger bij de grote kubus, waardoor ook de schaal van de grafiek groter is. De milieueffecten van de materialen zijn dus bij de grote en kleine kubus in verhouding gelijk.

## 5.5 Conclusie invloed gebouwmodel

In deze paragraaf zal er aan de hand van grafieken en tabellen worden toegelicht bij welke gebouwonderdelen de grootte van een gebouw van invloed is op het effect qua duurzaamheid van verschillende materialen.

Zoals in hoofdstuk vier al is gebleken kan door intensief aandacht te besteden aan het materiaalgebruik in een gebouw de MIG score op dat gebied aanzienlijk verbeterd worden. Zo resulteerde dat in het SOG in een MIG verbetering op materiaalgebied van 51 naar 182 punten. Om te kijken of dit resultaat afhankelijk is van de grootte van het gebouw, zijn in dit hoofdstuk dezelfde materiaal keuzes gemaakt voor een andere gebouwgrrootte. De belangrijkste bevindingen zijn in deze conclusie naast elkaar gezet.



Figuur 5.9 Milieukosten grafieken maximale invulling GreenCalc+

In de bovenstaande twee grafieken zijn de twee kubussen, van 1080m² BVO (kleine kubus) en 9725m² BVO (grote kubus), volgens de maximale invoer van het SOG (de eerste voorkeuren van bijlage V) naast elkaar gezet. In de linker grafiek is het aandeel van de milieukosten van de gebouwonderdelen afzonderlijk, als percentage van de totale milieukosten weergegeven. In de rechter grafiek zijn de milieukosten per gebouwonderdeel in euro's per 100m² BVO weergegeven.

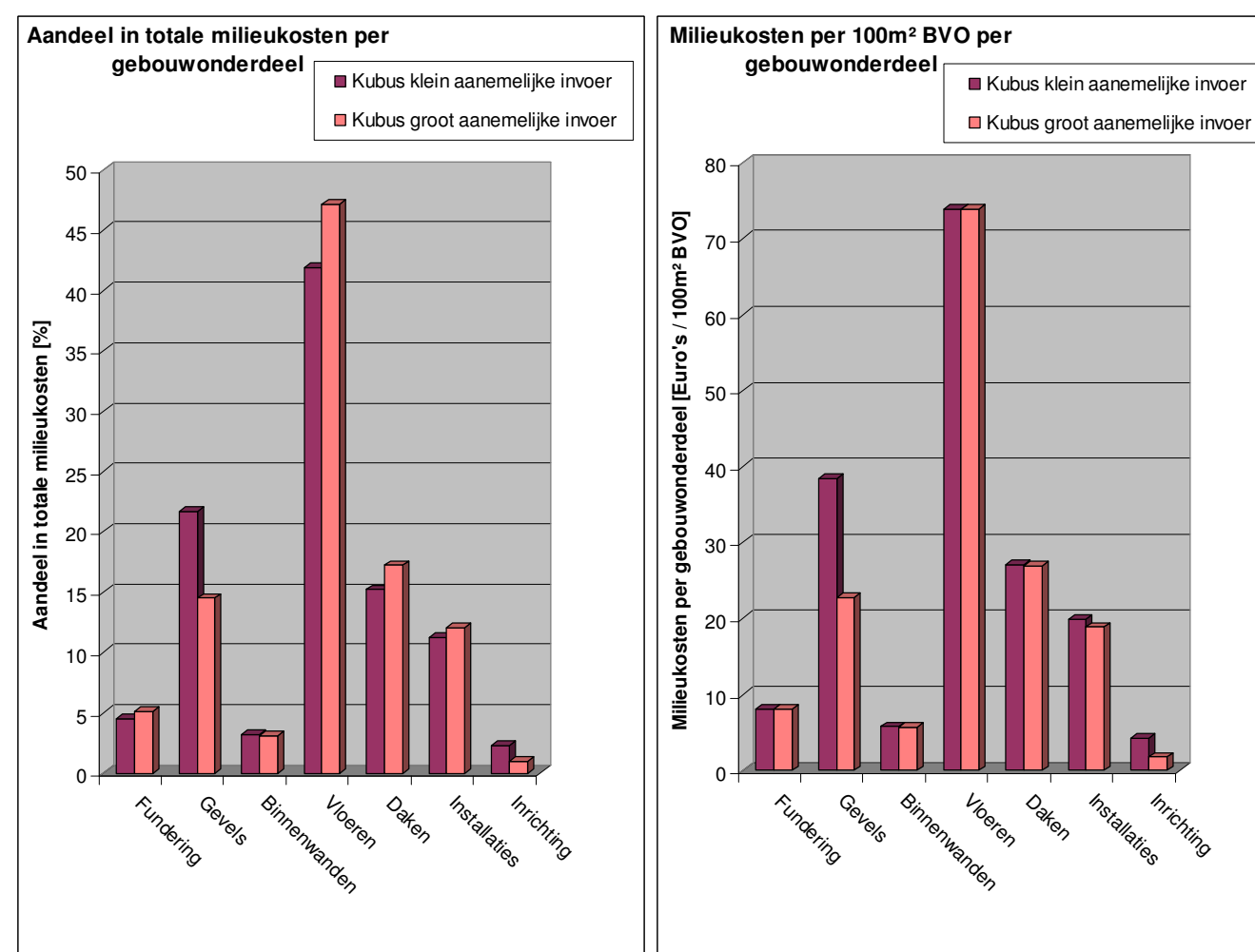
Opvallend, maar logisch te verklaren, is dat het onderdeel gevels in de kleine kubus een groter aandeel heeft in de totale milieukosten dan in de grote kubus. Dit komt door de verhouding tussen het geveloppervlak en de inhoud van een gebouw. Naarmate de grootte van een gebouw toeneemt, neemt het aandeel van de gevels in de totale oppervlakte aan materiaal en dus in de milieukosten af. Een ander gebouwonderdeel wat een groter aandeel heeft in de totale milieukosten van de kleine kubus dan in de grote kubus, is de inrichting. Oorzaak hiervan is dat de

elementen, die onder deze milieukosten vallen, bij een groter gebouw efficiënter worden gebruikt. Hieronder vallen bijvoorbeeld elementen als trappen, keukenblokken en liften welke bij grotere oppervlakten beter verdeeld kunnen worden.

Dat er uit de linker grafiek van figuur 5.9 blijkt dat de percentageverdeling van de totale milieukosten over de gebouwonderdelen anders is tussen beide kubussen is een direct gevolg van deze (in verhouding) hogere milieubelasting voor de gevels en inrichting van de kleinere kubus.

Om bovenstaande redenen zou men verwachten dat de MIG voor de materialenmodule van de grote kubus beter zou uitpakken dan die van de kleine kubus. De materialen voor de gevel en inrichting worden immers efficiënter gebruikt ten opzichte van het gerealiseerde BVO. Echter blijkt uit de grafieken van GreenCalc+ in dit hoofdstuk dat de grote kubus voor zowel de aannemelijk als de maximale invoer slechter scoort dan de kleine kubus. Hieruit kan niet geconcludeerd worden dat de gebouwgrrootte wel van invloed is op het effect van de duurzame materialen. Voor alle gebouwonderdelen (met uitzondering van de gevels en inrichting) geldt namelijk dat deze in milieukosten per 100m² BVO gelijk zijn aan elkaar en hierbij de gebouwgrrootte dus niet van invloed is. Er geldt dus ook dat de gebouwonderdelen waarin de meeste winst wat betreft de duurzaamheidscore van de materialen te behalen is, gelijk zijn aan die van het SOG (paragraaf 4.2.3).

Dat deze conclusie niet naar voren komt bij vergelijking van de MIG scores uit GreenCalc+ is te wijten aan de invoer van de referenties. DGMR heeft aangegeven dat bij een dergelijk vergelijk tussen twee gebouwen de automatisch gegenereerde referentie (welke GreenCalc+ gebruikt voor de bepaling van de MIG score) handmatig dient te worden aangepast.



Figuur 5.10 Milieukosten grafieken aannemelijke invulling GreenCalc+



In figuur 5.10 zijn dezelfde grafieken te zien als in figuur 5.9 alleen komen deze resultaten voort uit de aannemelijke invoer volgens bijlage VI. Te zien is dat hier het onderdeel vloeren inclusief dakvloer, vanwege de materiaalkeus, voor zowel het aandeel in de totale milieukosten als in de milieukosten per 100m<sup>2</sup> BVO veel slechter scoort dan bij de maximale invoer. Dit heeft alles te maken met het relatief grote oppervlak wat de vloeren innemen in een gebouw. Dat betekent dat met het toepassen van een duurzamere variant (zoals bij de maximale invoer in figuur 5.9) veel winst behaald wordt in de milieukosten.

Met bovenstaande figuur kan de conclusie die getrokken is bij de maximale invoer in figuur 5.9 worden bevestigd. Voor alle gebouwonderdelen (met uitzondering van de gevels en inrichting) geldt dat deze in milieukosten per 100m<sup>2</sup> BVO voor zowel de grote als de kleine kubus (nagenoeg) gelijk zijn aan elkaar en hierbij de gebouw grootte dus niet van invloed is.

## 6. Detaillering duurzame alternatieven

- Hoe kunnen deze duurzame alternatieven worden uitgewerkt op detail niveau in een project, en wat zijn de technische en esthetische consequenties?

In dit hoofdstuk zijn de opmerkingen en/of consequenties van de verschillende invoermogelijkheden genoemd. Deze zijn voor de maximale invoer te lezen in paragraaf 6.1, en voor de aannemelijke invoer in paragraaf 6.2. In paragraaf 6.3 is een conclusie over beide invoeren te lezen.

De bouwkundige uitwerking van duurzamere alternatieven in het ontwerp van het SOG kan zowel technische als esthetische consequenties hebben. Ook kan het zijn dat bepaalde combinaties van duurzame alternatieven moeilijk samengaan. Om een beeld te krijgen in hoeverre de duurzame alternatieven bouwkundig toepasbaar zijn in het SOG en op welke wijze, zijn er een drietal sets tekeningen uitgewerkt (bijlage IX). Daarnaast zijn ook de werktekeningen van het bestaande ontwerp van Hooper architects opgenomen in deze bijlage. Zodat duidelijk is welke wijzigingen er doorgevoerd zijn. Verder zijn er in een eerder stadium al schetsmatige opzetjes gemaakt van de gevolgen van het toepassen van duurzamere varianten, welke te vinden zijn in bijlage IV.

### 6.1 Opmerkingen en consequenties bij details maximale invoer

De tekeningen die bij onderstaande opmerkingen horen hebben de nummers 15 t/m 31 en zijn terug te vinden in bijlage IX.

Vloerconstructie:

Vuren houten vloer heeft de voorkeur qua duurzaamheid. Hieraan zijn echter wel wat ontwerp consequenties verbonden. Onder andere de keuze voor de afwerkvloer. Als meest duurzame keus uit de voorkeurlijst komt de rogips anhydriet vloer naar voren. Deze optie is ook uitgewerkt in de doorsneden en details.

De combinatie met een houten vloer roept hier echter wel vraagtekens op. Een dergelijke vloer als zwevende dekvloer is een mogelijkheid, maar het brengt veel extra gewicht met zich mee. Een rogips anhydriet vloer van 70 mm dikte heeft een gewicht van ongeveer 140 kg/m<sup>2</sup>. Dit is dus een behoorlijke extra belasting voor de draagconstructie, terwijl de rest van de houten constructie juist vrij licht van gewicht is.

Een alternatief voor een zwevende dekvloer van rogips anhydriet is het toepassen van plaatmaterialen als zwevende dekvloer. Hiermee kan een behoorlijke geluidwering van de vloer worden behouden, al zijn er voor de aanwezige functies in het gebouw geen wettelijke eisen. Om een acceptabel comfort qua geluid te creëren kan de RGD-richtlijn aangehouden worden. Deze schrijft voor een onderwijfsfunctie een minimale luchtgeluidisolatieindex voor van -12 dB en een contactgeluidisolatieindex van 0 dB. Om dit te bereiken dienen de plaatmaterialen voor de dekvloer een massa te hebben van minimaal 20 – 25 kg/m<sup>2</sup>. Dit is dus aanzienlijk minder dan de massa van de rogips anhydriet dekvloer, waardoor het materiaalgebruik voor de (vloer)constructie dus beperkt wordt. Meestal wordt er gekozen voor een dubbele gipsvezelcementplaat op een laagje minerale wol.

Om bij de toepassing van plaatmateriaal toch de meest duurzame keus te kunnen selecteren, is gekeken naar de tabel voor plafondafwerking (in bijlage V). Hieruit blijkt dat spaanplaat de voorkeur heeft boven gipskartonplaat. Bij toepassing van een dubbele spaanplaat van 15 mm dik op een 20 mm dikke minerale wollaag wordt een massa verkregen van ca. 21 kg/m<sup>2</sup>. In combinatie met een plafond, bestaande uit houten rachsels op metalen veerbeugels met hieronder een spaanplaat van 15 mm dik, levert dit een I<sub>u</sub> op van ongeveer -5 dB en een I<sub>co</sub> van 0 dB. Dit is dus voldoende. Bij toepassing van een dubbele spaanplaat voor het plafond zouden deze waarden zelfs respectievelijk +6 en +5 dB worden.

Nu wordt er in het SOG vloerverwarming toegepast, waardoor een dergelijke opbouw van de dekvloer niet mogelijk is. Toepassing van vloerverwarming in combinatie met plaatmateriaal als dekvloer is wel mogelijk, maar dan dient er speciale beplating te worden toegepast. De duurzame toepassing van spaanplaat is dan niet meer mogelijk. Wijzigen van het type verwarming is ook geen optie, omdat er voor dit deel van het onderzoek puur gekeken wordt naar de effecten van variaties in de materiaalkeus.

Een ander belangrijk punt is de brandwerendheid van de houten vloeren. Vanaf de onderzijde is deze bij de maximale invoer niet gewaarborgd. Door toepassing van calciumsilicaat beplating (Promatect-100) van 2 keer 10 mm dikte aan de onderzijde van de vloer, kan voor 90 minuten brandwerendheid gezorgd worden (zie tekeningen 15-31 bijlage IX).

Wat betreft de begane grondvloer heeft toepassing van een houten vloer vooral bezwaren met betrekking tot vocht. Het is lastig om voor voldoende ventilatie onder de vloer te zorgen, waardoor het hout kan gaan rotten.

Wandconstructie:

Wat betreft de wandconstructie geldt dat toepassing van triplex vuren beplating in een hsb-element als meest duurzame keuze naar voren komt. Nu levert dit wel een probleem op qua brandwerendheid. Het SOG dient 90 minuten brandwerend te zijn m.b.t. het mogelijk bezwijken, om dit te bereiken is in triplex een enorme dikte nodig. Verder is het toepassen van triplex als beplating erg kostbaar. (Ro)gipskartonplaat is het meest voor de hand liggende alternatief, maar dit is een stuk minder duurzaam en ook hierin is een aanzienlijke dikte nodig om voldoende brandwerendheid te creëren. In bijlage IX (tekeningen 15-31) is een brandwerende oplossing met Promatect-100, vezelversterkte calciumsilicaat platen getekend.

Een alternatieve mogelijkheid zou de toepassing van "Lenotec" zijn. Dit is een massiefhoutbouw principe, wat bestaat uit kruisgewijs verlijmd massiefhout platen van Europees naaldhout. Uit een referentieproject blijkt dat door de wanden 63 mm over te dimensioneren een brandwerendheid van 90 minuten verkregen kan worden (inbrandtijd van 0,7 minuut). De wanden zullen hierdoor wel zwaarder worden dan hsb-wanden, wat weer nadelig is voor het materiaal gebruik voor de totale draagconstructie. Verder is het een vrij duurzame manier om 90 minuten brandwerende houten wanden te realiseren. Helaas is deze toepassing niet in te voeren in Greencalc+, waardoor de duurzaamheid niet aangetoond kan worden en deze keuze dus ook niet opgenomen kan worden in de voorkeurlijst.

Toepassing van houten logs is een ander alternatief, wat wel te berekenen is in Greencalc+. Door hetzelfde uitgangspunt aan te houden en de logs over te dimensioneren om de gewenste brandwerendheid te krijgen, is deze optie goed toepasbaar. Qua duurzaamheid presteren de houten logs bij normale dikte ook erg goed (maar net iets slechter dan de HSB binnenbladen). Maar als deze dienen te worden overgedimensioneerd kost dit meer materiaal en gaat dit ten koste van de duurzaamheid.

Voor de wandopbouw van detail 1.05 (tekening 24) en detail 2.06 (tekening 28) uit bijlage IX kan de toepassing van triplex beplating aan de buitenzijde van de wand problemen geven in verband met vocht. Als er door damptransport vocht in de wand dringt, tast dit de beplating aan en kan deze gaan rotten. Op deze plaats dient er toch gekozen te worden voor vezelcementplaat of geground triplex om deze problemen te voorkomen.

Over het algemeen geldt voor de buitenzijde van de hsb-wanden dat er het risico bestaat dat de horizontaal toegepaste regels, t.b.v. de bevestiging van de houten geveldelen, kunnen gaan rotten bij onvoldoende ventilatie. Overwogen moet worden of de horizontale regels achterwegen kunnen blijven en er enkel verticaal regelwerk kan worden toegepast. In dit geval dient de plaats van de stijlen in de hsb-elementen en de plaats van de verticale regels op elkaar afgestemd te worden. Ter plaatse van onderbrekingen in de gevelbekleding (kozijnen etc.) kan er eventueel een verticale regel op de eindstijl van het hsb-element worden geschroefd. Enkel een koppeling van de horizontale geveldelen onderling, ter plaatse van een sparing, d.m.v. een verticale achterregel zou ook voldoende zijn om kromtrekken van de geveldelen tegen te gaan. Een andere mogelijkheid om vochtophoping op de horizontale regels te voorkomen, is het toepassen van zogeheten ventilatieregels. Deze hebben inkepingen, waardoor ventilatie aan de achterzijde mogelijk is. Het onderbreken van de horizontale regels op geregelde afstanden, met de openingen verspringend ten opzichte van elkaar is ook een mogelijkheid.

Dakopbouw:

De meest duurzame keuzes wat betreft de opbouw van het dak zijn de toepassing van glaswol in combinatie met een EPDM-membraan. Nu is glaswol vanwege de samendrukbaarheid alleen toepasbaar in een koud dak en dit heeft belangrijke bezwaren. Ten eerste de koudebruggen die ontstaan ter plaatse van de balken en ten tweede komt het condensatiepunt in de constructie te liggen wat vochtproblemen geeft. Hierdoor wordt de levensduur van het isolatie materiaal ernstig verkort.



In verband met de beloopbaarheid gaat de voorkeur dan uit naar drukvaste steenwol isolatie (beloopbaarheid klasse C). De beloopbaarheid hiervan voor regelmatig onderhoud is beter dan die van EPS-schuim en qua duurzaamheidscore in Greencalc+ verschillen deze nauwelijks.

De EPDM-dakbedekking kan het beste mechanisch bevestigd of losliggend geballast worden toegepast aangezien het hierbij mogelijk is een prefab membraan toe te passen en verlijming meer milieu belasting oplevert. De keus voor mechanische bevestiging heeft de voorkeur, vanwege het gebruik van minder materiaal dan bij een geballast dak.

#### Zonwering:

De in het bestaande ontwerp aangegeven zonwering is hier niet toegepast. Vanwege het toepassen van houten geveldelen in plaats van een binnen- en buitenblad is er geen ruimte om de zonwering uit het zicht te kunnen plaatsen. Bij plaatsing van de zonwering in het zicht stroomt al het water langs de gevel op de zonwering en daarbij geeft het ook geen mooi gevelbeeld. Om bij de ramen waar dat nodig is toch genoeg zon buiten te houden dient hier zonwerend glas te worden toegepast. Een belangrijk aandachtspunt hierbij is dat zonwerend glas maximaal 50% van het geveloppervlak mag innemen. Dit heeft te maken met het spectrum van het zonlicht dat door het glas gefilterd wordt. Het deel van het spectrum dat het glas wel doorlaat (het zichtbare licht), bevat veel warmte-energie.

#### Afwatering gevel:

Voor de afwatering van de gevel is bewust niet gekozen per verdieping het water naar buiten te leiden. Om dit te kunnen doen zouden er namelijk bij elke verdieping extra waterslagen in de gevel moeten komen, wat extra milieu belasting oplevert. Daarnaast dienen de houten geveldelen dan ook onderbroken te worden wat ten koste gaat van het gevelbeeld. Op de plaatsen waar wel waterslagen noodzakelijk zijn, is er gekozen voor stalen waterslagen, vanwege het feit dat deze minder milieubelasting geven dan aluminium waterslagen.

#### Kozijnen:

Zoals in de details is aangegeven is er gekozen voor Europees zacht houten kozijnen. Dit is conform de voorkeurlijst en de duurzaamheidscore in Greencalc+. Nu hebben zacht houten kozijnen het nadeel dat deze onder invloed van temperatuur en vocht meer werken. Daarnaast is de slijtage van deze kozijnen groter dan bijvoorbeeld bij hardhouten kozijnen. Om deze reden is het meest duurzame alternatief de toepassing van Robinia kozijnen. Dit is een duurzame hardhoutsoort welke in Nederland kan worden gekweekt. De houten geveldelen zijn ook van deze houtsoort, waarmee het ook esthetisch voordelen heeft Robinia toe te passen voor de kozijnen.

## 6.2 Opmerkingen bij details aannemelijke invoer

De tekeningen die bij onderstaande opmerkingen horen hebben de nummers 32 t/m 40 en zijn terug te vinden in bijlage IX.

#### De fundering:

Voor de fundering worden in GreenCalc+ en GPR-gebouw verschillende opties gegeven. Een duurzame variant is een prefab betonnen fundering. Deze is aannemelijker dan de duurzaamste variant namelijk een gemetselde kalkzandsteen fundering. Om deze reden is er gekozen voor de prefab fundering voor de aannemelijke invoer. De afmetingen zijn overgenomen van de werktekeningen van de architect en deze afmetingen zijn gecontroleerd bij fabrikanten en dus verkrijgbaar (o.a. appel beton).

#### Vloerconstructie:

De vloerconstructie bestaat uit kanaalplaat, welke er van de betonachtige vloeren het beste scoort op het gebied van duurzaamheid. Deze vloer is niet anders dan die van het huidige ontwerp. De vloer is opgebouwd uit een rogips anhydriet afwerkvloer (duurzaamste keus) waaronder een laag PE-folie en isolatie is aangebracht t.b.v. de

vloerverwarming. Verder is er een druklaag op de kanaalplaten aangebracht voor de brandwerendheid van de vloer. Wanneer er geen vloerverwarming toegepast zou worden kan de vloer uitgevoerd worden zonder PE-folie en isolatie aangezien de vloer van zichzelf voldoende massa heeft om voldoende geluidwering te bieden.

De begane grondvloer heeft eenzelfde opbouw maar bestaat uit een PS-isolatievloer om het warmteverlies en koude bruggen te beperken.

#### De draagconstructie:

De draagconstructie in het bestaande ontwerp bestaat uit een betonnen constructie van 250mm dik met aangestorte nokken van 200mm. Kalkzandsteen scoort beter dan beton en daarom is er in de aannemelijke invoer gekozen voor een kalkzandsteen draagconstructie. Deze is 214mm dik en zal de constructie dragen. De krachten van de vloeren worden via het kalkzandsteen afgedragen aan de fundering. Er zijn uitzonderingen voor de draagconstructie. Een voorbeeld hiervan is weergegeven in doorsnede C-C, in deze doorsnede is te zien dat de vloeren opgelegd zijn op betonnen balken. Deze zijn bedoeld om de lange vrije overspanningen van de sparring in de gevel te kunnen dragen. Deze liggers dragen hun krachten af aan het kalkzandsteen en daaraan gemetselde penanten.

In doorsnede H-H is te zien dat de wanden over de lengterichting van de kanaalplaten dunner zijn. Dit komt omdat de wanden in dit geval alleen de gevel en de isolatie hoeven af te dragen, en niet de constructieve vloeren.

#### De gevelconstructie:

De gevelconstructie in het bestaande ontwerp bestaat uit aluminium sandwichpanelen. Dit scoort niet goed op het gebied van duurzaamheid, aangezien aluminium erg milieubelastend is en in combinatie met de hardschuim isolatie die in een sandwichpaneel verwerkt is scoort het materiaal nog slechter.

Een alternatief materiaal, welke dezelfde afwerking kan krijgen, is staal. Dit materiaal scoort beter in de score en kan evenals het aluminium sandwich paneel gemoffeld afgewerkt worden. De grootte van de platen is eveneens hetzelfde waardoor het gevelbeeld over het geheel zoveel mogelijk gelijk blijft. De platen zijn blind bevestigd net als de sandwichpanelen in het ontwerp van de architect, hierbij is wel de kanttekening te maken dat de platen zwaarder zijn dan de aluminium variant en er dus meer of grotere bevestigingsmiddelen gebruikt dienen te worden.

De aluminium waterslagen en het zetwerk zijn tevens vervangen voor een stalen variant. Het argument hierbij is hetzelfde als de gevelbekleding, namelijk de milieubelasting van aluminium t.o.v. staal.

Door het toepassen van staal met dezelfde bewerking blijft het gevelbeeld naar onze mening ongeveer gelijk.

#### De kozijnen:

De kunststof kozijnen hebben voor de detaillering en het tekenwerk geen grote bouwtechnische gevolgen. De afmetingen zijn ongeveer gelijk aan die van de aluminium kozijnen in het ontwerp van de architect.

#### Het dak:

De dakopbouw is vrijwel ongewijzigd. Het dak bestaat uit kanaalplaat met daarop een druklaag waarop polystyreen isolatie is aangebracht. Dit is gelijk gebleven aan het ontwerp van de architect aangezien duurzamere varianten minder drukvast zijn en/of niet te toetsen zijn in de duurzaamheidssoftware. Verder is de dakbedekking wel aangepast en is er EPDM toegepast welke mechanisch bevestigd wordt.

#### Brandwerendheid:

De brandwerendheid van de constructie is gewaarborgd door de dekking van het beton op het staal. De druklaag op de vloer en de dikte van de vloeren zorgen ervoor dat de vereiste WBDBO eis verkregen wordt.



### 6.3 Conclusie detaillering

Uit de detaillering van de duurzamere varianten is gebleken dat het toepassen van de meest duurzame opties, grote obstakels met zich meebrengt. Zo is hout in veel gevallen de duurzaamste variant. Dit heeft tot gevolg dat er aanvullende maatregelen dienen te worden getroffen om de vereiste brandwerendheid te halen. Zo zullen de constructieonderdelen bijvoorbeeld beschermd of overgedimensioneerd moeten worden. Bij het wijzigen van het materiaal voor de draagconstructie dient er ook rekening gehouden te worden met de maximale afmetingen en overspanningen van het materiaal. Wat betreft de meest duurzame variant voor plaatmaterialen (vuren hout), zal op een aantal plaatsen gekozen moeten worden voor een materiaal met een hogere brandwerendheid zoals gipskartonplaat. Ook zijn er esthetische consequenties aan materiaal wijzigingen die een reden kunnen zijn om niet voor de meest duurzame variant te kiezen. Zo zal een houten gevelbekleding een totaal andere uitstraling hebben dan een aluminium gevel.

Verder is gebleken is dat het toepassen van de meest duurzame materialen in een bestaand ontwerp extra gecompliceerd is. Daarom is het van belang dat er vanaf de initiatieffase en in het begin van de ontwerpfase al rekening gehouden wordt met de consequenties van de materiaal keuzes. Op dit moment heeft duurzaam materiaal gebruik vaak niet de prioriteit, waardoor de mogelijkheden tot gebruik van duurzame materialen beperkt zijn.

Bij uitwerking van de aannemelijke invoer daarentegen is gebleken, dat een aantal alternatieve materialen relatief eenvoudig toe te passen zijn en deze in veel gevallen geen consequenties opleveren. Een mogelijke reden waarom hier in veel gevallen geen gebruik van wordt gemaakt is het ontbreken van de kennis van deze materialen en de kosten. Zo kan schapenwol eenvoudig worden toegepast i.p.v. een minerale wol, het nadeel is echter dat de kosten 3 keer zo hoog zijn.

Kort samengevat is te concluderen dat een hoge duurzaamheidscore voor materialen alleen haalbaar is wanneer er vanaf het begin van het ontwerpproces veel aandacht wordt besteed aan dit onderdeel. Verder is het voor een beperkt aantal onderdelen mogelijk een duurzamere variant te selecteren bij een bestaand ontwerp. Hierbij moet gedacht worden aan de aannemelijke keuzes. Kennis van duurzaam materiaal gebruik bij zowel de projectontwikkelaar, de architect als de adviseur is van groot belang, zodat een ontwerp duurzamer kan worden uitgewerkt.

## 7. Toekomst materiaal versus energie

In dit hoofdstuk zal de invloed van de materialen in de toekomst, bij een hogere energiescore, worden verduidelijkt. Daarnaast zal ook de noodzaak van investeringen in duurzame materialen zichtbaar worden.

Uit het onderzoek blijkt dat duurzaamheid in de bouw een steeds belangrijker onderdeel wordt van het bouwproces. Er ontstaat een steeds grotere vraag naar duurzame ontwikkelingen en zowel bedrijven als consumenten willen dit ook graag naar buiten toe uitstralen. Mede veroorzaker hiervan is de overheid, die zich vanwege de klimaat verandering, steeds meer richt op het belang van duurzame ontwikkelingen in de bouw. Zo worden er subsidies gegeven op tal van duurzame ontwikkelingen en zal er op korte termijn regelgeving komen omtrent duurzame materialisering van een gebouw. De overheid is, als grote opdrachtgever, ook verantwoordelijk voor vraag naar duurzame bouwprojecten. Door deze ontwikkelingen creëert de overheid een markt voor duurzaam bouwen en stimuleert het bedrijven duurzaam te zijn. Direct gevolg hiervan is dat bedrijven de concurrentiepositie zien verslechteren, wanneer er binnen het bedrijf geen aandacht wordt besteed aan duurzaamheid. Duurzaam bouwen wordt een must.

In de toekomst zullen materialen een steeds grotere invloed krijgen op de hoogte van de duurzaamheidscore van een gebouw. Aandacht voor een bewuste keuze van de materialen zal steeds belangrijker worden. Investeren in kennis van duurzame alternatieven materialen en toepassingen is dus belangrijk voor de bouwsector. Daarbij komt de strenger wordende regelgeving vanuit de overheid met betrekking tot het terugdringen van de CO2 uitstoot en het verbeteren van de energieprestatie. Ook zal er in de toekomst regelgeving met betrekking tot materiaalgebruik opgenomen worden in het bouwbesluit.

Hiernaast is m.b.v. van figuur 7.1 toegelicht waarom de invloed van de materialen op de hoogte van de duurzaamheidscore in de toekomst steeds groter zal worden. Als model voor deze toelichting is de kleine kubus (bijlage VII) gebruikt.

De twee linker bollen geven de resultaten van de kleine kubus weer met "aannemelijk" materiaal gebruik. De twee rechter bollen geven de resultaten van dezelfde kubus met "maximaal" materiaal gebruik.

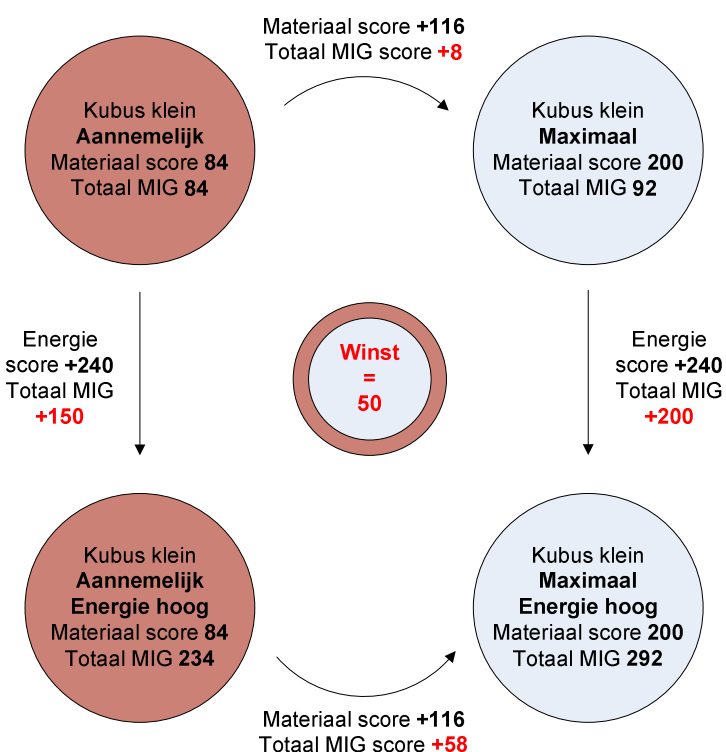
De bovenste twee hebben een energie score van gemiddeld 85. En de onderste twee hebben een energiescore van gemiddeld 325 (bijlage VIII).

Figuur 7.1 maakt duidelijk wat de toegevoegde waarde van duurzame materialen is voor de totale MIG score van een kubusmodel bij zowel een gematigde energie score als bij een hoge energie score. Er kunnen 2 conclusies uit de figuur worden opgemaakt:

- Bij vergelijking van links naar rechts, blijkt dat bij hetzelfde ontwerp met een hogere score voor energie (onderaan), een wijziging in de materialen 50 punten meer oplevert, dan diezelfde wijziging bij het ontwerp met een lagere energiescore (bovenaan).
- Bij vergelijking van boven naar onder, blijkt dat bij hetzelfde ontwerp met een hogere score voor materialen (rechts), een verhoging van de energiescore 50 punten meer oplevert, dan diezelfde verhoging bij het ontwerp met een lagere materiaal score (links).

Beide conclusies resulteren in hetzelfde eindresultaat: een 50 punten hogere eindscore (MIG) in Greencalc+. Voor zowel de energieprestatie als de prestatie van de materialen geldt dus dat een ingreep om de duurzaamheidscore te verhogen het meest loont als beiden verbeterd worden. Er wordt dan het meeste resultaat geboekt met de investering.

Voor de toekomst is juist daarom de aandacht voor duurzame materialisering van gebouwen zo belangrijk. Gebouwen zullen op energiegebied steeds beter presteren (hoger scoren), waardoor het effect van duurzame materialen dus alleen maar groter zal worden en daarmee de totale MIG score in GreenCalc+.



Figuur 7.1 Schema verhoudingen tussen energiescore en materiaalscore in Greencalc+

	Situatie conventioneel ontwerp.		Situatie met hoge Energiewaarde	
	Milieukosten	Besparing op materiaal	Milieukosten	Besparing op materiaal
Materiaal	€ 1.000	€ 500	€ 1.000	€ 500
Energie	€ 10.000		€ 2.500	
Water	€ 500		€ 500	
Totale milieukosten	€ 11.500	€ 11.000	€ 4.000	€ 3.500
Verbetering milieukosten in %		4%		13%

Figuur 7.2 Procentuele winst materiaalgebruik in twee situaties

Met bovenstaande figuur kan worden verklaard waar het vergrote effect van de materialen op de totale MIG score bij een hogere energiescore vandaan komt. Weergegeven zijn de milieukosten van respectievelijk de materialen module, de energie module en de water module, waarop Greencalc+ de berekening van de MIG score baseert.

Het effect is zichtbaar in de laatste twee kolommen. De linker weergeeft een situatie bij een conventioneel ontwerp. Het gaat hierbij niet om de bedragen van de milieukosten, maar om de verhouding. In deze situatie wordt de wettelijk gestelde EPC norm aangehouden en wordt er verder geen extra aandacht geschonken aan energiebesparing. Een verbetering van € 500,00 op de milieukosten voor materialen in deze situatie, geeft een verbetering van 4% op de totale milieukosten.

In de rechter kolom daarentegen is er al veel geïnvesteerd in de energieprestatie van het gebouw wat resulteert in lagere milieukosten voor de energiemodule. Nu levert dezelfde verbetering van de milieukosten voor materialen een hoger winstpercentage op in de totale milieukosten: 13% i.p.v. 4%. Een uitgebreidere berekening met de specifieke gegevens voor het kubusontwerp is te vinden aan het eind van bijlage VIII.

## 8. Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusies en aanbevelingen gegeven met betrekking tot de onderzoeksvragen van de afstudeeropdracht en de toekomst van duurzaam materiaalgebruik voor ABT.

In paragraaf 8.1 wordt aan de hand van het onderzoek in dit verslag antwoord gegeven op de onderzoeksvragen uit hoofdstuk 2. Deze worden in het verslag bij de onderwerpen waar ze aan de orde komen uitgebreider behandeld.

Uit het onderzoek in hoofdstuk 7 is gebleken dat de invloed van de materialen in de toekomst toe zal nemen, naarmate de energieprestatie van gebouwen verbetert. Dit maakt geen onderdeel uit van de onderzoeksvragen, maar is een belangrijke conclusie in het kader van de algemene aandacht voor duurzaamheid.

### 8.1 Beantwoording onderzoeksvragen

- Welke bouwkundige maatregelen (detaillering in combinatie met materialen) hebben invloed op de duurzaamheidsscore van 2 programma's in vergelijking tot de score van het huidige ontwerp?

De bouwkundige maatregelen die van invloed zijn op de duurzaamheidsscore ten opzichte van het huidige ontwerp zijn zeer divers. Vanuit de levenscyclus analyse zijn de verschillen in milieukosten van de materialen vertaald in de duurzaamheidsscore van GPR en Greencalc+ voor het SOG. De relatieve invloed van de materialen ten opzichte van het huidige ontwerp is in de voorkeurslijst per materiaal en per gebouwonderdeel in beeld gebracht.

De grootte van de invloed per materiaal is zowel in een rapportcijfer aangegeven (GPR) als in euro's (Greencalc+) ten opzichte van het huidige ontwerp. De grootte van deze invloeden verschilt tussen beiden programma's, waarbij Greencalc+ vanwege de grotere nauwkeurigheid als maatgevend beschouwt dient te worden.

Bij de detaillering van de meest duurzame alternatieven in het SOG ontstaan er een aantal knelpunten. Een aantal van de voorkeuren qua duurzaamheid blijken hier niet toepasbaar te zijn. Zo geven de dragende wanden en de vloeren problemen bij het verkrijgen van voldoende brandwerendheid. De isolatie van het dak geeft problemen wat betreft de beloopbaarheid voor regelmatig onderhoud en toepassing in een koud dak heeft vanuit bouwfysisch oogpunt veel bezwaren. In deze gevallen dienen er dus concessies gedaan te worden en zal er voor een minder duurzame materiaal keus gegaan moeten worden, waardoor de duurzaamheidsscore omlaag gaat.

- Welke materialen (per gebouwonderdeel) kunnen over het algemeen worden toegepast om de duurzaamheidsscore van een gebouw te verbeteren? Waar valt de meeste winst te behalen?

De gebouwonderdelen waarin de meeste winst behaald kan worden wat betreft de duurzaamheidsscore, zijn ook de onderdelen die het grootste aandeel innemen in de totale milieukosten. Een uitgebreid totaal overzicht van de materialen per gebouwonderdeel die deze winst veroorzaken is opgenomen in de bijlage. Er is aangetoond dat het gebouwmodel geen invloed heeft op de onderlinge verhouding van de milieukosten van de verschillende gebouwonderdelen (met uitzondering van de gevel en de inrichting). De gebouwonderdelen waarin de meeste winst wat betreft de duurzaamheidsscore van de materialen te behalen is, zijn dus voor ieder gebouw vrijwel gelijk. Hieronder een beknopte opsomming van de gebouwonderdelen waarin de meeste winst behaald kan worden en met welke materialen:

- Draagconstructie: HSB (fsc) + houten balken;
- Constructieve vloeren: Vuren houten vloeren (fsc);
- Vensterbanken: Spaanplaat;
- Buitenblad: Houten Robinia geveldelen (fsc);
- Niet dragende binnenwanden: HSB-elementen met multiplex vuren beplating;
- Binnenblad: HSB (fsc);
- Dekvloeren: Rogips anhydriet.

- Hoe kunnen deze duurzame alternatieven worden uitgewerkt op detail niveau in een project, en wat zijn de technische en esthetische consequenties?

Bij uitwerking van de duurzame alternatieven op detail niveau in het SOG blijken er een aantal technische consequenties en een aantal esthetische consequenties te zijn. Deze consequenties zijn al uitgebreid besproken in hoofdstuk 6, maar worden hier nog even kort opgesomd:

- Onvoldoende brandwerendheid van houten vloeren zonder gipsplaat;
- Relatief hoog gewicht van Rogips anhydriet afwerkvloer in combinatie met houten vloer;
- Overspanningen met houten vloer minder groot;
- Toepassing triplex beplating op HSB-elementen onvoldoende brandwerend en erg kostbaar;
- Glaswol dakisolatie maakt dak onbeloopbaar voor regelmatig onderhoud;
- Toepassing van koud dak heeft belangrijke bouwfysische bezwaren;
- Ander uiterlijk van gebouw bij toepassing houten gevelbekleding;
- Geen ruimte voor externe zonwering bij toepassing van houten gevelbekleding;
- Meer slijtage aan kozijnen en kortere onderhoudscyclus bij toepassing van zachthouten kozijnen;



## 8.2 Aanbevelingen abt

Naar aanleiding van het afstudeeronderzoek worden de volgende aanbevelingen gedaan aan ABT:

- Bij gebruik van beoordelingssoftware voor duurzaamheid, dient men zich goed af te vragen wat het doel van de beoordeling is en in welke fase van het project de beoordeling gemaakt dient te worden. Wij adviseren, gebaseerd op ons onderzoek, de volgende opbouw aan te houden:

### Doel

GPR	Globale indicatie duurzaamheidsniveau
GreenCalc+	Nauwkeurige bepaling duurzaamheidsniveau
BREEAM	Nauwkeurige bepaling + certificering duurzaamheidsniveau

### Fase

SO	GPR
VO	GPR
DO	GreenCalc+
BA	GreenCalc+
Bestek	GreenCalc+

- Binnen de diverse afdelingen van ABT bewustzijn creëren rond het thema duurzaamheid in de bouw, door duurzaamheid zichtbaar te maken binnen projecten.
- Voorkeurlijst met alternatieve materialen (bijlage V) betrekken bij bouwkundige planuitwerking, zodat het gebruik van duurzame alternatieven in praktijk wordt gebracht. En daarbij deze lijst up to date houden.
- Aangezien ABT al beschikt over een licentie van BREEAM adviseren wij om te inventariseren wat de mogelijkheden op materiaal gebied zijn in deze software. Mocht dit niet toereikend zijn, adviseren wij een licentie van GreenCalc+ aan te schaffen.
- Opdrachtgevers (waar mogelijk) adviseren over de mogelijkheden van duurzaam materiaal gebruik.
- Een vervolgonderzoek op ons afstudeeronderzoek uitvoeren naar de kosten van de voorgestelde alternatieve materialen voor de verbetering van de duurzaamheid van een gebouw.



## 9. Bronnen

---

### Boeken

Haas, M., NIBE's Basiswerk Milieuclassificaties Bouwproducten deel 1-3, Bussum, 2008  
De Graaf, Ir. P., Houtskeletbouw handleiding voor de praktijk, Almere, 1996  
De Graaf, Ir. P., Handboek Houtskeletbouw, Rotterdam, 2000  
BDA Dakadvies bv, BDA Dakboekje, Gorinchem, 2008  
Blok, Ir. R., Tabellen voor bouw- en waterbouwkundigen, Eindhoven, 2006  
Oterdoom, Ir. D.P., Bouwproducten, Utrecht, 2000

### Rapporten

SBR, SBR Referentie details Houtskeletbouw, Rotterdam, 2009  
Heijink, E. & den Hertog, S., Low ec & High tec Essay, Arnhem, 2009  
Visie instituut Built Environment op het thema 'duurzaamheid' december 2009

### Internet

<http://www.bouwenwonen.nl>  
<http://www.evd.nl>  
<http://duurzaambouwen.senternovem.nl>  
<http://www.energieneuraalbouwen.nl>  
<http://www.passiefbouwen.nl>  
<http://www.ifd.nl>  
<http://www.nibe.info>  
<http://www.bouwwereld.nl>

### Software

GreenCalc+, Stichting sureac (sustainable real estate accountancy & certification)  
GPR-gebouw, W/E adviseurs  
Microsoft Visio 2003  
Microsoft Wordt 2003  
Microsoft Excel 2003  
DeltaPi 2008