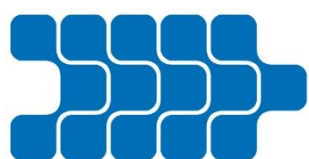


+ Ketenganalyse  
Optimalisatie vloerconstructie



**Aveco de Bondt**  
ingenieursbedrijf

Opdrachtgever  
Fred van Hooff  
Aveco de Bondt

Contactpersoon  
Christine Wortmann  
+31 (0)6 4613 9518

Document  
17 september 2014  
Referentie CW/140506



## Inhoudsopgave

1.	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
2.	<b>Doelstelling van de ketenanalyse</b>	<b>5</b>
3.	<b>Scope</b>	<b>6</b>
4.	<b>Systeemgrenzen</b>	<b>8</b>
5.	<b>Datacollectie en datakwaliteit</b>	<b>9</b>
6.	<b>Kwantificeren van emissies</b>	<b>10</b>
7.	<b>Onzekerheden</b>	<b>15</b>
8.	<b>Reductiemogelijkheden</b>	<b>16</b>
9.	<b>Bronvermelding</b>	<b>18</b>



## 1. Inleiding

Aveco de Bondt is sinds 2012 gecertificeerd op niveau 3 van de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder. Met dit certificaat toont Aveco de Bondt aan zich structureel in te spannen voor CO<sub>2</sub>-reductie binnen haar eigen organisatie. Aveco de Bondt wil voldoen aan de groeiende vraag van opdrachtgevers naar duurzaamheid in de gehele keten en wil met haar kennis en kunde een bijdrage leveren aan CO<sub>2</sub>-reductie buiten haar eigen organisatie. Om te voldoen aan deze ambitie, wil Aveco de Bondt van niveau 3 doorgroeien naar niveau 5 op de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder.

Onderdeel van het voldoen aan de eisen van niveau 4, op weg naar certificering op niveau 5, is het uitvoeren van twee ketenanalyses om CO<sub>2</sub>-reductiekansen in de keten te identificeren. De ketenanalyses dienen nauw aan te sluiten bij de bedrijfsvoering en dienen voort te komen uit de analyse Meest Materiële Emissies.

### 1.1 Vaststellen onderwerpen ketenanalyses

Uit de inventarisatie van de Scope 3 emissies komt naar voren dat de volgende categorieën het meest materieel zijn:

- **Business Unit Ruimte & Milieu** (belangrijke emissie categorieën: winning en productie van grondstoffen, energieverbruik tijdens uitvoering projecten)
- **Business Unit Bouw** (belangrijke emissie categorieën: winning en productie van grondstoffen, energieverbruik van gerealiseerde objecten)

Op basis van deze inventarisatie hebben we de volgende onderwerpen geselecteerd voor twee ketenanalyses:

1. Optimalisatie vloerconstructies;
2. Verduurzaming saneringsproces.

Dit document beschrijft de ketenanalyse van de optimalisatie van vloerconstructies. Voor de tweede ketenanalyse zie het document 'Verduurzaming saneringsproces'.



## 1.2 Leeswijzer

Dit document maakt, samen met de Ketenanalyse ‘Verduurzaming saneringsproces’ en de memo Meest Materiële Emissies, deel uit van de implementatie van de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder binnen Aveco de Bondt.

Hoofdstuk		Inhoud
2	Doelstellingen	Beschrijving van het doel van de ketenanalyse
3	Scope	Onderwerp van de ketenanalyse
4	Systeemgrenzen	Reikwijdte van de ketenanalyse
5	Datacollectie	Methode van dataverzameling en bronnen van informatie
6	Kwantificeren van CO <sub>2</sub> -emissies en resultaten	Berekening en analyse van de CO <sub>2</sub> -uitstoot in de keten
7	Onzekerheden	Onzekerheden en verbetermogelijkheden voor de analyse
8	Reductiemogelijkheden	Kansen om CO <sub>2</sub> te reduceren die voortkomen uit de ketenanalyse en reductiedoelstellingen die vastgesteld zijn
9	Bronvermelding	Gebruikte bronnen

Tabel 1: Leeswijzer

## + 2. Doelstelling van de ketenanalyse

De doelstelling voor het uitvoeren van deze ketenanalyse is het identificeren van stappen in het algemene werkproces van Aveco de Bondt, waarbij beslismomenten plaatsvinden die van invloed zijn op het reduceren van CO<sub>2</sub>-uitstoot in de keten. Aveco de Bondt is in de ontwerpfase direct betrokken bij de engineering van de vloerconstructies. Zowel het ontwerp als de constructieberekeningen van de vloerconstructie worden, op basis van criteria aangedragen door opdrachtgevers, door Aveco de Bondt gemaakt. In deze analyse worden kansen geïdentificeerd om tijdens de engineeringfase voorafgaand aan de uitvoering te sturen op CO<sub>2</sub>-reductie.

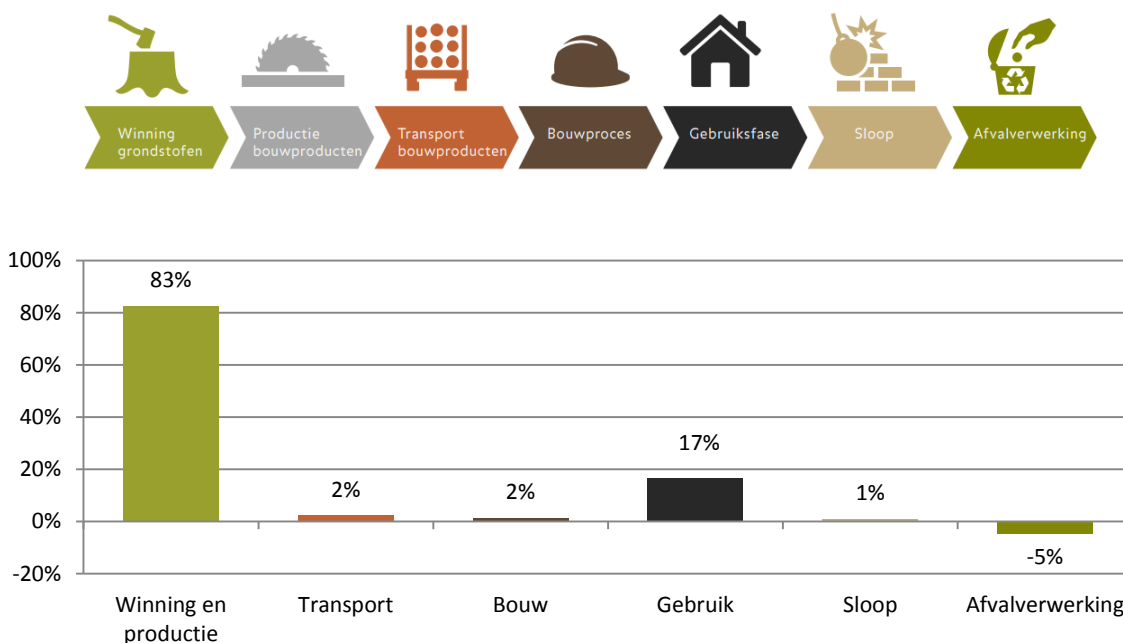
Het verstrekken van informatie aan partners binnen de eigen keten en sectorgenoten die onderdeel zijn van een vergelijkbare keten van activiteiten is hier nadrukkelijk onderdeel van. Aveco de Bondt zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.

### + 3. Scope

De afdeling bouw van Aveco de Bondt ontwerpt draagconstructies voor uiteenlopende projecten, en kan vanuit zijn kennis- en ervaring in het ontwerpen en berekenen van vloerconstructies meedenken over maatregelen die een effect hebben op de CO<sub>2</sub>-uitstoot van een aantal ketenstappen. Zo heeft Aveco de Bondt recentelijk in opdracht van VolkerWessels Bouw & Vastgoedontwikkeling bijgedragen aan het ontwerpen van de constructie van de MorgenWoning.

MorgenWonen is de nieuwe standaard in ontwikkelen en bouwen ontwikkeld door VolkerWessels. Binnen één dag kan een MorgenWoning in elkaar gezet worden gezet. Van een leeg stuk grond naar een volledige woning. Bij het bouwen wordt gebruik gemaakt door slimme uitwisselbare platformelementen, waardoor heel snel kan worden gewerkt. Elk platformelement wordt vooraf als een prefab element in de fabriek geproduceerd. De MorgenWoning is een energienota-nul woning, wat betekent dat bewoners die bewust met energie omgaan geen energiekosten meer hebben. Dit kan worden gerealiseerd door slimme toepassingen zoals zonnepanelen, een warmtepomp en een op CO<sub>2</sub>-sensoren gestuurde ventilatie.

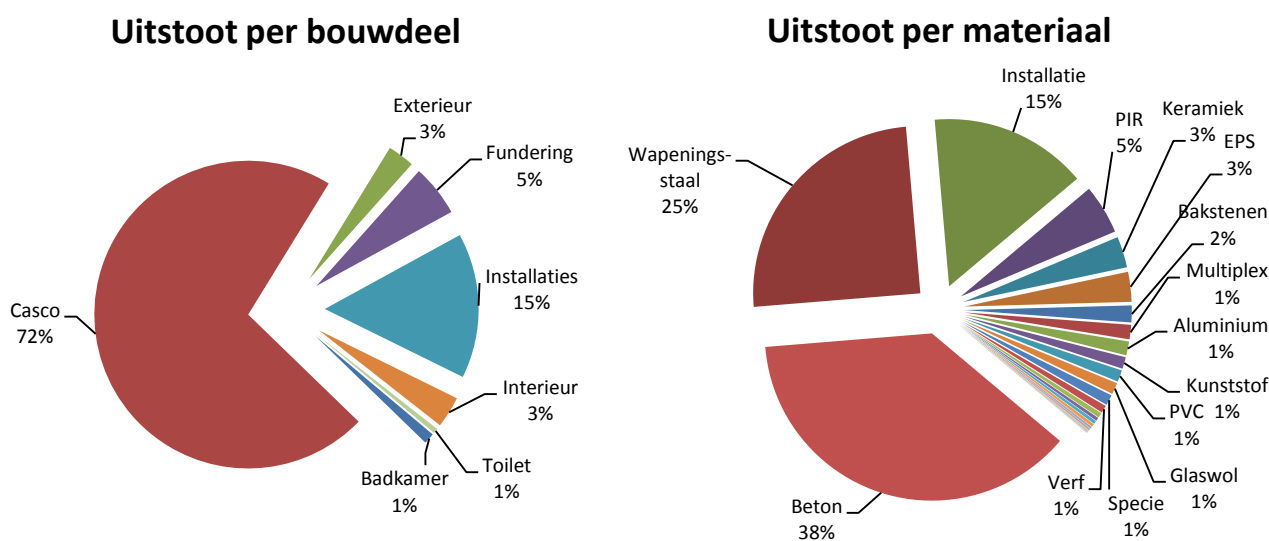
BVGO heeft recentelijk twee ketenanalyses laten uitvoeren om de CO<sub>2</sub>-uitstoot van haar woningconcept MorgenWonen in beeld te brengen en CO<sub>2</sub>-reductiekansen te identificeren om het concept verder te verduurzamen. Uit de CO<sub>2</sub>-ketenanalyses van de MorgenWoning is een duidelijk beeld gevormd van de CO<sub>2</sub>-uitstoot per ketenstap van de MorgenWoning. In figuur 2 is deze CO<sub>2</sub>-uitstoot weergegeven.



Figuur 2: Uitstoot totale keten MorgenWonen



Op basis van deze ketenanalyses is duidelijk te concluderen dat de grootste uitstoot van een MorgenWoning zit in de winning en de productie van de grondstoffen. Deze ketenstap veroorzaakt zo'n 95% van de upstream keten. Met name het casco (vloeren en gevels) draagt veel bij aan de totale uitstoot vanwege de toepassing van beton en staal.



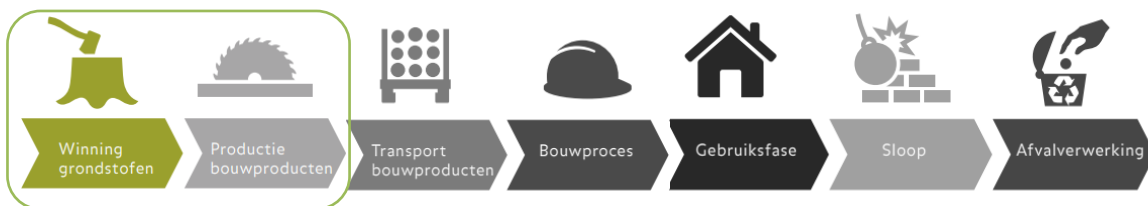
Figuur 3: Relatieve uitstoot per bouwdeel en materiaal MorgenWonen

Uit figuur 3 komt duidelijk naar voren dat het casco verreweg het meeste bijdraagt aan de totale uitstoot tijdens winning en productie van de materialen (72%). Dit wordt met name veroorzaakt door het wapeningsstaal en het beton dat in het casco gebruikt wordt. Deze materialen zijn energie-intensief om te produceren en worden in significante hoeveelheden gebruikt in de woning.

Naar aanleiding van de conclusie uit de uitgevoerde ketenanalyses heeft BVGO aangegeven interesse te hebben in het verder onderzoeken van reductiemaatregelen bij de constructie van de vloer door Aveco de Bondt. Aveco de Bondt heeft daarom besloten een vervolg ketenanalyse uit te voeren met betrekking tot de vloerconstructie. De engineers van Aveco de Bondt kunnen meekijken naar (1) de mogelijkheden om het gebruik van materiaal te reduceren in de vloerconstructie, of (2) naar mogelijke aanpassingen in de uitgangspunten van de vloerconstructie in een MorgenWoning. In de zoektocht naar alternatieve productieprocessen en toepassingen kan Aveco de Bondt dus invloed uitoefenen op de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de ketenstap van winning en productie.

## + 4. Systeemgrenzen

Deze ketenanalyse richt zich op de eerste twee ketenstappen uit de keten: de winning van grondstoffen en de productie van bouwproducten. Uit de MorgenWonen analyses is gebleken dat deze twee ketenstappen de grootste CO<sub>2</sub>-emissie omvatten. Beïnvloeding door Aveco de Bondt van deze ketenstappen zal dan ook het grootste effect hebben op de CO<sub>2</sub>-uitstoot.



Figuur 5: Ketenstappen in upstream keten

Van de twee geselecteerde ketenstappen wordt in onderstaand overzicht benoemd welke ketenpartners een rol spelen en welke emissies worden veroorzaakt.

Ketenstap	Ketenpartner	Veroorzaakte emissies
		Scope 3
Winning grondstoffen	Leverancier grondstoffen en halffabricaten Producent bouwproducten	Winning grondstoffen Energieverbruik productielocaties
Productie bouwproducten		

Tabel 2: Ketenpartners en emissies per ketenstap

Aveco de Bondt is verantwoordelijk voor het ontwerp en de constructieberekeningen van de vloerconstructies in de MorgenWoning. De uitstoot gerelateerd aan het ontwerpen valt binnen Scope 1 en 2. De overige uitstoot, vanaf het winnen van de benodigde grondstoffen, is onderdeel van de downstream Scope 3 keten van Aveco de Bondt.



## + 5. Datacollectie en datakwaliteit

In een voorfase van de ketenanalyse zijn gesprekken gevoerd met enkele medewerkers van VolkerWessels Bouw & Vastgoedontwikkeling (BVGO) over de mogelijke doelstelling van een ketenanalyse. Uit deze gesprekken is de vloer als een potentieel interessant onderdeel van de MorgenWoning herkend om de effecten op CO<sub>2</sub> emissies te onderzoeken.

Als basis voor deze ketenanalyse is gebruik gemaakt van de kennis en ervaring van de Business Unit Bouw en de senior constructeurs van Aveco de Bondt. De constructeurs van Aveco de Bondt zijn destijds ook verantwoordelijk geweest voor het ontwerp en de constructieberekeningen/-tekeningen van de (vloer)constructie in de MorgenWoning, en zijn dus zeer goed bekend met de betreffende constructie.

Bij het opstellen van deze ketenanalyse is ter aanvulling gebruik gemaakt van de volgende ketenanalyses:

1. Ketenanalyse MorgenWonen – Upstream emissies<sup>1</sup>
2. Ketenanalyse MorgenWonen – Downstream emissies<sup>2</sup>

Voor het bepalen van de uitstoot tijdens de productie van de prefab betondelen is gebruik gemaakt van informatie van CE Delft en de VOBN over de milieu-impact van de Nederlandse betonindustrie.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> BVGO, Ketenanalyse MorgenWonen – Upstream emissies, juni 2014.

<sup>2</sup> BVGO, Ketenanalyse MorgenWonen – Downstream emissies, juni 2014.

<sup>3</sup> CE Delft, Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse Bouw, april 2013, en VOBN, VOBN-Benchmarkinstrument, Resultaten keurmerk Beton Bewust, november 2013.

## 6. Kwantificeren van emissies

Op basis van de verzamelde informatie is voor de twee geselecteerde ketenstappen bepaald op welke manier de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de vloerconstructie in de MorgenWoning kan worden beïnvloed.

Er is op twee manieren gekeken naar mogelijk reductie maatregelen:

1. Mogelijkheden om het gebruik van materiaal te reduceren in de huidige vloerconstructie;
2. Mogelijke aanpassingen in de uitgangspunten van de vloerconstructie in een MorgenWoning.

Niet alle onderzochte opties reduceren de CO<sub>2</sub> uitstoot of zorgen voor een significante reductie. Hieronder worden alle opties behandeld en wordt aangegeven wat het verwachte effect hiervan is.

### 6.1 Mogelijkheden om materiaalgebruik te reduceren binnen het huidige ontwerp

#### *Massieve vloer in plaats van huidige ribbenvloer*

Het gebruik van een ribbenvloer is efficiënt indien er veel kabels en leidingen worden getrokken door het huis. In de MorgenWoningen zitten relatief weinig installaties en is dus vervolgens weinig ruimte in de vloer nodig voor kabels en leidingen. Veel kanalen in de vloer worden daarom nu niet gebruikt en zouden kunnen worden dicht gemaakt. Een alternatief voor de ribbenvloer is een mantelbuis voor leidingen in de vloeren leggen en de vloer geheel vol te storten.

Met name de verlaging in de ribben langs de muren is een zwak punt in de constructie en heeft relatief veel wapening nodig als compensatie. Een verdere optimalisatie zou kunnen zijn de rib met volle hoogte door te voeren en de rib te voorzien van een mantelbuis in het hart van de rib, voor de bekabeling van de installaties.

Effecten:

- Naar verwachting zou de hoeveelheid benodigd beton gelijk blijven of zelfs stijgen;
- Mogelijk zou er meer wapening moeten worden toegepast;
- De rib voorzien van een mantelbuis zou een geringe stijging in het aandeel beton en een behoorlijke vermindering in het aandeel staal betekenen. De uitvoerbaarheid van deze maatregel dient eerst te worden besproken met een installateur voordat een conclusie kan worden getrokken.

Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
Massieve vloer	- (+15% meer)	-	Geen verbetering
Rib met volle hoogte langs de muur	0/-	+	Interessant als afname in staal opweegt tegen toename in beton en dit niet in strijd is met de flexibiliteit



### *Kanaalplaatvloer i.p.v. huidige ribbenvloer*

Bij het gebruik van een kanaalplaatvloer is het gebruik van voorspanstaal nodig. Een mogelijk nadeel van de kanaalplaatvloer is dat deze moeilijk toepasbaar is in een prefab situatie aangezien er speciale machines nodig zijn voor de wapening. Bij een kanaalplaatvloer is dit niet een kwestie van een wapeningsnet in een mal leggen zoals bijvoorbeeld wel het geval is bij de huidige vloeren in de MorgenWoning. Hierdoor wordt de toepassing ervan moeilijker, duurder en kost het meer tijd.

Effecten:

- Iets minder staal nodig;
- De verwachting is dat de vermindering van het aandeel staal niet significant is.

Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
Kanaalplaatvloer	0	0/+	Geen significante verbetering gezien de benodigde inspanning

### *Balans materialisatie vloer*

Bij een standaard vloer in de MorgenWoning met bepaalde functionele eigenschappen, zoals sterkte en stijfheid, hoort een bepaalde hoeveelheid te gebruiken materiaal in de vorm van beton en staal. Er kan gekeken worden of hier een efficiëntere balans kan in worden gevonden, door met minder materialen dezelfde functionele eisen te vervullen.

Effecten:

- Het effect is klein aangezien er reeds in het oorspronkelijke ontwerp is gekeken naar de optimale balans tussen de hoeveelheid beton en staal en de benodigde functionele eigenschappen

Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
Optimale verhouding hoeveelheid materiaal en functionele eigenschappen ribbenvloer	0	0	Geen verbetering mogelijk

### *Bollenvloer in plaats van huidige ribbenvloer*

Een bollenvloer is een relatief licht vloersysteem waarbij kunststof bollen in de vloer worden verwerkt. Hierdoor is minder materiaal nodig.

Effecten:

- Het toepassen van de bollen levert een dikkere vloer op van 30-40 cm;
- De open ribben van de huidige vloer sparen reeds veel beton uit, de bollen zouden weinig extra besparing opleveren.



Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
Bollenvloer	- (mogelijk tot 25% dikkere vloer)	0	Geen verbetering

### Aanpassen betonmengsel

Er zijn verschillende manieren om het betonmengsel dat standaard wordt gebruikt aan te passen en te verduurzamen. Zo kan de cementmix worden aangepast en kan hoogovenslakcement worden gebruikt in plaats van Portlandcement. Ook kan betongranulaat worden toegepast, tot circa 20%. Een derde mogelijkheid is om een andere cementmix te gebruiken zodat minder cement per m<sup>3</sup> nodig is. Er zou een lagere sterkteklasse gehanteerd kunnen worden dan nu wordt gebruikt. De lagere sterkteklasse zou constructief nog steeds voldoende zijn, en zou betekenen dat er minder cement nodig is. Gevolg is wel dat het beton minder snel uithard en er een langere droogtijd aangehouden moet worden.

#### Effecten:

- Hoogovenslakcement heeft een lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot dan Portlandcement (ruim 60% lager)  
Het toepassen van een aangepast betonmengsel zorgt voor een daling in het cementgebruik.
- Een lager aandeel cement kan voor de constructie nog steeds voldoende zijn.
- Een lagere sterkteklasse zorgt voor een lager aandeel cement (25-40%), maar zal een langere droogtijd hebben dan hoogsterktebeton (zie volgende maatregel)
- Toepassen van betongranulaat als grindvervanger heeft een positief effect op de materiaalkringloop, maar geringe gevolgen voor CO<sub>2</sub>-uitstoot

Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
Toepassen hoogovenslakcement	++ (minder uitstoot, niet minder beton)	0	Zeer effectieve maatregel (60% reductie)
Toepassen lagere sterkteklasse (c30/37)	++ (minder cement in beton)	0	Zeer effectieve maatregel (25-40% reductie)
Toepassen 20% betongranulaat	0/+ (minder uitstoot, niet minder beton)	0	Effect op uitstoot is verhoudingsgewijs zeer klein

### Langere droogtijd

Bij het gebruik van beton moet een periode worden ingecaluleerd waarbij het beton kan uitdrogen. Bestaande technieken om deze droogtijd te beperken zijn het toepassen van veel wapening om bijvoorbeeld de vloer heel te houden tijdens het transport of tijdens het hijsen. Hoe sneller dit beton moet worden gebruikt hoe minder tijd er voor het drogen overblijft, en hoe meer versteviging in de vorm van wapening er nodig is. Als er meer droogtijd ingecaluleerd zou kunnen worden, dan zou mogelijk de hoeveelheid wapening iets verminderd kunnen worden.



Effecten:

- Mogelijk minder wapening nodig ter versteviging voor ontkisten, hijsen en transport
- Langere droogtijd maakt ook ruimte vrij voor een lagere sterkteklasse beton (zie vorige maatregel)

Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
Langere droogtijd aanhouden	+ (minder cement)	+	Effectieve maatregel afhankelijk van praktische toepasbaarheid in productieproces

#### *Toepassen gerecycled staal*

De productie van staal voor wapening kost veel energie en veroorzaakt dus veel CO<sub>2</sub>-uitstoot. Tegelijkertijd is staal 100% recyclebaar zonder verlies van kwaliteit, wat juist een positief effect heeft op de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Wapeningsstaal kan gemaakt worden van 100% gerecycled staal, zodat dit positieve effect wordt geoptimaliseerd.

Effecten:

- Gebruik van 100% gerecycled staal betekent een lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot
- Het effect is afhankelijk van de samenstelling en het % recycling van het staal dat nu wordt gebruikt, maar kan oplopen tot 50% besparing in uitstoot

Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
100% gerecycled staal	0	++ (minder uitstoot, niet minder staal)	Effectieve maatregel, voor zover nog niet toegepast

## 6.2 Mogelijke aanpassingen in de uitgangspunten van het ontwerp

### *Houtskeletbouw (HSB)*

In de huidige Morgenwoning worden zware gevelconstructies gebruikt. Hiervoor is met name rondom de ankers veel wapening nodig en moeten de vloeren voldoende sterk zijn om de gevels te kunnen dragen. HSB is een alternatief voor de gevels.

Effecten:

- Een HSB gevel is 5 tot 6 keer lichter, hierdoor is minder wapening en beton in de rest van de constructie nodig.
- Een HSB huis heeft veel binnenwanden nodig voor de stabiliteit, bij een MorgenWoning is gekozen om juist weinig dragende binnenwanden te gebruiken en de trap te gebruiken voor de stabiliteit.
- Het gebruik van hout zorgt voor een verduurzaming van het concept.



- De verbinding tussen de gevel en de woning moet bij een HSB huis met de hand worden afgewerkt. Dit neemt relatief veel tijd in beslag.

Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
Toepassen HSB	++	++	Effect afhankelijk van uitwerking alternatief ontwerp, naar verwachting ca. 8% reductie op uitstoot totale woning door hout in plaats van beton in de gevels.

### Flexibiliteit

Bij het ontwerp van een MorgenWoning is een ribbenvloer ontwikkeld waarbij rekening is gehouden met gekozen uitgangspunten in het ontwerp van de woning. Een belangrijk uitgangspunt is de flexibiliteit van de woning. Dit betekent dat de woning zowel alleen als in serie/rij gebouwd moet kunnen worden, maar ook dat de indeling van de woning flexibel moet zijn.

Hierbij is gekozen om de trapunit te gebruiken voor de stabiliteit, in plaats van dragende binnenmuren. Hiervoor is gekozen om de grootst mogelijke flexibiliteit in de indeling van een woning te behouden. Zonder dragende binnenmuren is automatisch een vloerconstructie nodig met een voldoende sterkteklasse en stijfheid om de gehele lengte te overbruggen. Om de woning losstaand te kunnen realiseren is ook een bepaalde sterkte en stabiliteit vereist in de constructie van het casco.

Deze ontwerpprincipes bepalen in grote mate de hoeveelheid beton en staal in het casco en de constructie van de vloeren en gevels. Om tot significante materiaalreducties te kunnen komen, zou gekeken kunnen worden of er met een andere constructie een vergelijkbare flexibiliteit bereikt zou kunnen worden. Er zou zelfs gekeken kunnen worden wat het effect is van het (gedeeltelijk) loslaten van de eis van flexibiliteit op het materiaalgebruik, om een optimale balans te vinden.

### Effecten:

- Een alternatieve invulling van de flexibiliteit van de woning, bijvoorbeeld het gebruik van dragende binnenmuren of andere methoden om de stabiliteit te garanderen, zou mogelijk kunnen leiden tot minder beton en staal in de constructie
- Het concept van volledige flexibiliteit in de indeling van de woning wordt hiermee beperkt.

Maatregel	Impact op vermindering beton	Impact op vermindering staal	Waardering
Andere invulling ontwerpprincipes 'flexibiliteit'	+	+	Effect afhankelijk van uitwerking alternatief ontwerp, mogelijk negatief effect op flexibiliteit

## + 7. Onzekerheden

De analyse bevat de volgende onzekerheden:

- De analyse is grotendeels gebaseerd op de bestaande constructietekeningen in combinatie met gesprekken met engineers van Aveco de Bondt. De conclusies zijn dus ook voornamelijk gebaseerd op expert opinion en inschattingen. Voor bepaalde reductiemaatregelen zal nog verder onderzoek vereist zijn.
- De meest kansrijke reductiemaatregelen kunnen het beste eerst met de opdrachtgever worden besproken. BVGO kan vervolgens aangeven welke van deze maatregelen daadwerkelijk praktisch uitvoerbaar zijn. Op basis van deze uitkomst kunnen verdere berekeningen worden uitgevoerd om de precieze reductiepercentages te bepalen. Voor de algemene conclusie van deze ketenanalyse hebben we echter wel voldoende uitgangspunten.

## 8. Reductiemogelijkheden

### 8.1 Reductiemogelijkheden

Op basis van bovenstaande overwegingen hebben we de volgende reductiemaatregelen als kansrijk geïdentificeerd. Daarbij hebben we een tweedeling gemaakt:

1. Maatregelen die gaan over veranderingen in het productieproces
2. Maatregelen die gaan over een significante wijziging in het ontwerp

Voor de maatregelen in de tweede categorie is het zeer lastig om een precieze reductie te voorspellen, aangezien dit sterk afhankelijk is van de uitwerking van het aangepaste ontwerp. De daadwerkelijke effecten zullen pas berekend kunnen worden als dit alternatieve ontwerp is uitgewerkt.

Reductiemaatregel	Inhoud	Geschatte reductie
<i>1. Verandering productieproces</i>		
1.1	Toepassen hoogovenslakcement	Hoogovenslakcement heeft een veel lagere CO <sub>2</sub> -uitstoot dan Portlandcement
		60% reductie op uitstoot beton
1.2	Toepassen lagere sterkteklasse	Bij het gebruik van een lagere sterkteklasse die nog steeds constructief voldoende is, is minder cement per m <sup>3</sup> beton nodig wat een groot effect heeft op de CO <sub>2</sub> -uitstoot
		25-40% reductie op uitstoot beton
1.3	Langere droogtijd	Langere droogtijd zorgt ervoor dat er minder wapening en cement nodig is
		Zie 1.3
1.4	100% gerecycled wapeningsstaal	Het toepassen van 100% gerecycled staal heeft een positieve invloed op de CO <sub>2</sub> -uitstoot omdat hierbij afvalmateriaal in plaats van nieuw materiaal wordt gebruikt
		Tot 50% reductie op de uitstoot uit staal
<i>2. Wijziging ontwerp</i>		
2.1	Rib met volle hoogte langs de muur	Door de rib met volle hoogte door te voeren en de rib te voorzien van een mantelbuis in het hart van de rib voor de bekabeling wordt er aanzienlijk minder staal gebruikt.
		Interessant als afname in staal daadwerkelijk opweegt tegen toename in beton en dit niet in strijd is met de flexibiliteit
2.2	Houtskeletbouw	HSB is lichter en zorgt daardoor voor een lager aandeel beton, cement en staal in de woning
		Afhankelijk van uitwerking alternatief ontwerp Naar verwachting ca. 8% reductie op uitstoot totale woning door hout in plaats van beton in de gevels.
2.3	Andere invulling ontwerpprincipes 'flexibiliteit'	Een alternatieve invulling van flexibiliteit zou mogelijk kunnen leiden tot minder beton en staal in de constructie
		Afhankelijk van uitwerking alternatief ontwerp Mogelijk negatief effect op flexibiliteit

Na het identificeren van kansrijke reductiemaatregelen is het noodzakelijk om de conclusies aan de opdrachtgever te presenteren. In overleg met de opdrachtgever zullen vervolgens de vervolgstappen moeten worden besproken. Niet alle kansrijke reductiemaatregelen zullen praktisch uitvoerbaar zijn





voor de opdrachtgever. Nadat schifting is gemaakt tussen de praktisch uitvoerbare maatregelen en de gewenste reductiemaatregelen kan een stappenplan worden opgesteld zodat Aveco de Bondt kan uitwerken hoe het zijn invloed kan benutten om de CO<sub>2</sub>-emissie te reduceren.

## 8.2 Reductiedoelstellingen

Op basis van de analyse is duidelijk dat de reductieopties verder uitgewerkt dienen te worden voordat deze daadwerkelijk toegepast kunnen worden en het effect op de CO<sub>2</sub>-uitstoot definitief kan worden bepaald. Daarvoor zijn de volgende kwalitatieve doelstellingen geformuleerd:

Doelstelling	Deadline
Overleg opstarten met opdrachtgever om reductieopties verder uit te werken	Q3 2014
Inbrengen gesignaleerde reductieopties door deelname aan initiatief Circulaire Woonwijk voor het verduurzamen van woonwijken	Doorlopend



## 9. Bronvermelding

Bron
SKAO, Handboek CO <sub>2</sub> -Prestatieladder versie 2.2, april 2014
GHG Protocol, Corporate Accounting & Reporting standard, 2004
GHG Protocol, Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard, 2010
GHG Protocol, Product Accounting & Reporting Standard, 2010
NEN-EN-ISO 14044, Nederlandse norm Environmental management – Life Cycle assessment – Requirements and guidelines
CE Delft, Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse Bouw, april 2013
VOBN, VOBN-Benchmarkinstrument, Resultaten keurmerk Beton Bewust, november 2013
Primum, Ketenanalyse MorgenWonen – Upstream emissies, juni 2014
Primum, Ketenanalyse MorgenWonen – Downstream emissies, juni 2014