

## Portfolio CO<sub>2</sub>-prestatieladder

### 4.A.1 Ketenanalyse

#### Toepassing van zelfherstellend beton



.....  
**Colofon**

<b>Uitgegeven door:</b>	APcon Adviesbureau B.V.
<b>Informatie:</b>	drs. J.J.M. Malais
Telefoon:	076 597 47 16
E-mail:	j.malais@apconbv.com
<b>Auteur:</b>	drs. J.J.M. Malais
<b>Akkoord:</b>	Ing. H van den Elsen 
<b>Datum:</b>	28-06-2021
<b>Status:</b>	DEFINITIEF
<b>Versienummer:</b>	2

## Revisiegegevens

Concept : 29-dec-2016  
Definitief : 19-jan-2017  
Revisie : 28-jun-2021

### **Actualisaties**

Hier wordt vastgelegd welke wijzigingen dit document heeft ten opzichte van de vorige versie.

<b>Datum</b>	<b>versie</b>	<b>wijziging</b>
28-06-2021	02	Actualisatie en tekstuele wijzigingen

## Inhoud

---

<b>Inhoud</b>	<b>4</b>
<b>1. Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>2. Ketenganalyse</b>	<b>7</b>
<b>3. Reductiedoelstellingen</b>	<b>12</b>
<b>4. Bronnen</b>	<b>13</b>

## 1. Inleiding

---

Uit analyse van de waardeketen, blijkt dat de mate van (indirecte) invloed van APcon als ontwerper/engineer grotendeels gerelateerd is aan de daadwerkelijk realisatie van de ontwerpen als gevolg van ontwerp- en materiaalkeuzes in de ontwerpfase.

In de ketenanalyse in dit document wordt ingegaan op de invloed van de materiaalkeuze op de CO<sub>2</sub>-emissie in de levenscyclus van een spoor-dragende civiele betonconstructie. De analyse is gebaseerd op een project afkomstig uit de opdrachtenportefeuille van APcon.

Onderzocht wordt de toepassing van zelfherstellend beton ook wel biobeton genoemd. Door de toepassing van zelfherstellend beton is minder beton nodig en minder onderhoud van buitenaf. Een lager betongebruik levert daarmee een CO<sub>2</sub>-besparing op.

De uitgevoerde stappen in de analyse omvatten:

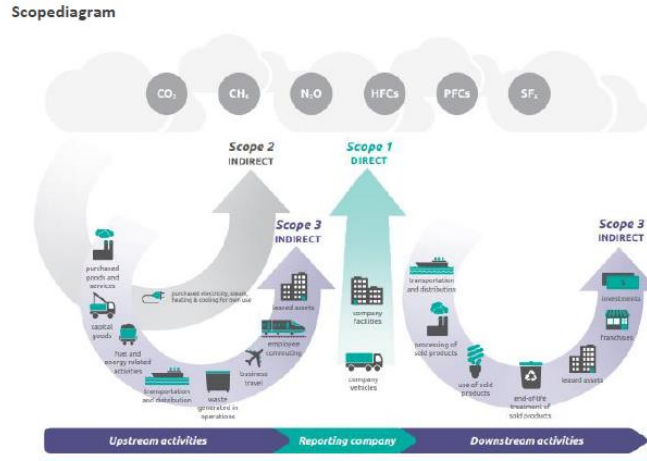
- Beschrijven van de betreffende keten;
- Bepalen welke scope 3 categorieën relevant zijn
- Identificeren van de partners in de keten
- Kwantificeren van de CO<sub>2</sub>-emissie van de keten.

### **Wat is een ketenanalyse?**

Een ketenanalyse houdt in dat van een bepaald product of een bepaalde dienst de CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt berekend van de gehele, of een gemotiveerd gedeelte van de gehele keten. Met de gehele keten wordt de gehele levenscyclus van het product bedoeld: van winning van de grondstof tot en met het einde van de levensduur. Een gemotiveerd gedeelte kan zijn dat een specifiek deel van de keten nader wordt beschouwd, zodat dat deel van de keten als een eigen nieuwe keten wordt gezien.

### **Doel van de ketenanalyse**

Het primaire doel van deze ketenanalyse is het identificeren van CO<sub>2</sub>-reductiekansen, en om te bepalen welke reductiedoelstellingen realistisch zijn en de voortgang daarvan te monitoren. De CO<sub>2</sub>-prestatieladder gaat uit van de definitie van emissies zoals gebruikt in het Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol). De emissies zijn ondergebracht in drie categorieën, drie zogenaamde scopes die de herkomst van de emissies aangeven.



Figuur 5.1. Het scopediagram van de GHG Protocol Scope 3 Standard.

**Scope 1 emissies**, of directe emissies, zijn emissies die worden uitgestoten door installaties die in eigendom zijn van of gecontroleerd worden door de organisatie, zoals emissies door eigen gasgebruik (in bijv. gasboilers, warmtekrachtinstallaties en ovens) en emissies door het eigen wagenpark.

**Scope 2** of indirecte emissies, zijn emissies die ontstaan door de opwekking van elektriciteit, warmte en koeling en stoom in installaties die niet tot de eigen onderneming behoren, doch die door de organisatie worden gebruikt, zoals bijvoorbeeld de emissies die vrijkomen bij het opwekken van elektriciteit in centrales.

**Scope 3 emissies** of overige indirecte emissies, zijn emissies die ontstaan als gevolg van de activiteiten van de organisatie maar die voortkomen uit bronnen die geen eigendom van de organisatie zijn noch beheerd worden door de organisatie. Voorbeelden zijn emissies die voortkomen uit de productie van ingekochte materialen (upstream) en het gebruik van het door de organisatie aangeboden/verkochte werk, project, dienst of levering (downstream).

Scope 3 emissies bestaan in feite uit alle andere emissies in de gehele levenscyclus van alle producten die het bedrijf koopt, vervaardigt en/of verkoopt, zowel upstream als downstream: dus van winning van grondstof tot en met de verwerking van het product in de afvalfase.

Op basis van het inzicht in de scope 3 emissies en een ketenanalyse wordt een reductiedoelstelling geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem, wordt actief gestuurd op het reduceren van de scope 3 emissies.

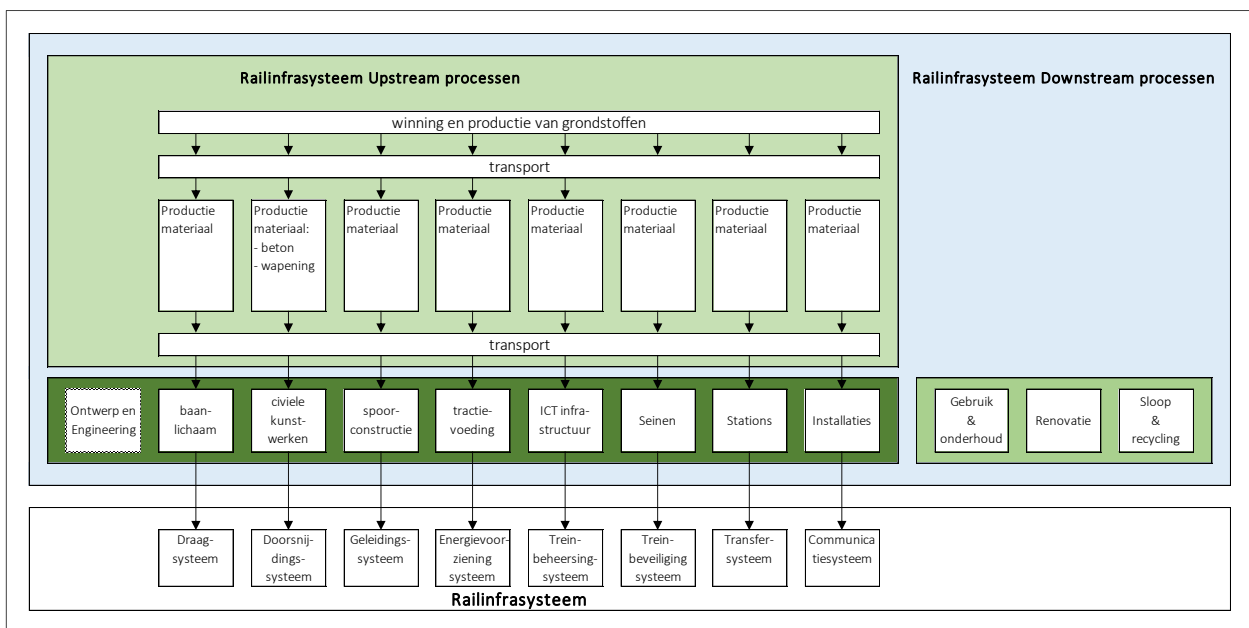
Door het actief betrekken van partners binnen de eigen keten hoopt AP-con Adviesbureau B.V. goede informatie te hebben om stappen te ondernemen om een significante bijdrage te leveren aan de vermindering van de CO<sub>2</sub> uitstoot.

## 2. Ketenanalyse

### 2.1. Beschrijving van de keten

APcon Adviesbureau B.V. levert ontwerp-, advies- en ingenieursdiensten. De opdrachten behoren in het algemeen tot het vakgebied civiele constructies, in het bijzonder die in de railinfrabranche.

In figuur 1 hieronder is de keten van de railinfra schematisch inzichtelijk gemaakt.



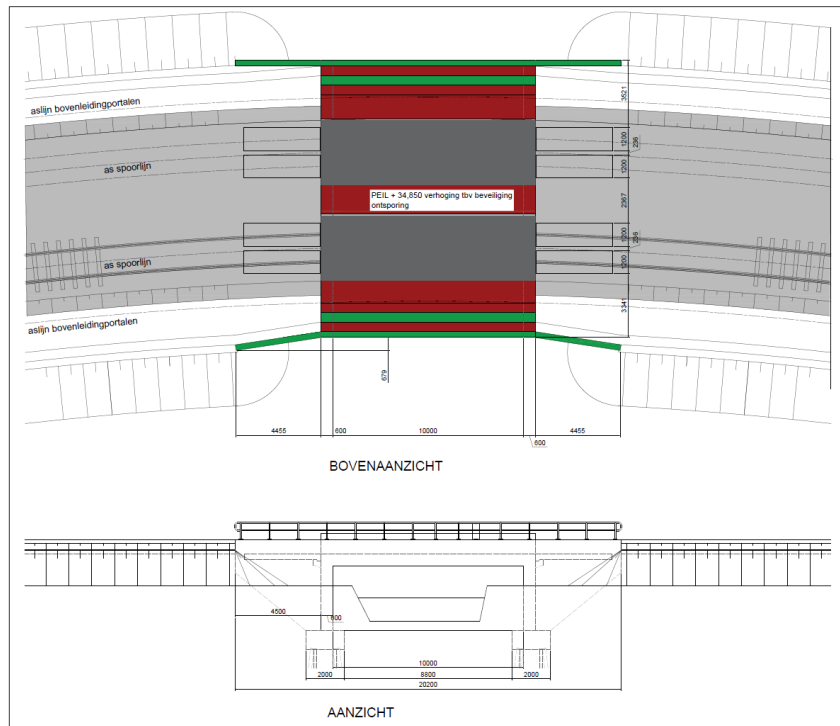
Figuur 1 - Railinfra keten

Voor de verdere uitwerking is gekozen voor een civiel kunstwerk afkomstig uit de opdrachtenportefeuille van APcon.

Het betreft een portaalconstructie uitgevoerd in gewapend beton en gefundeerd op een paalfundering. Het kunstwerk is uitgevoerd als een integrale constructie waarbij het rijdek monoliet is verbonden met de onderliggende constructie. Zie figuur 2 hieronder.

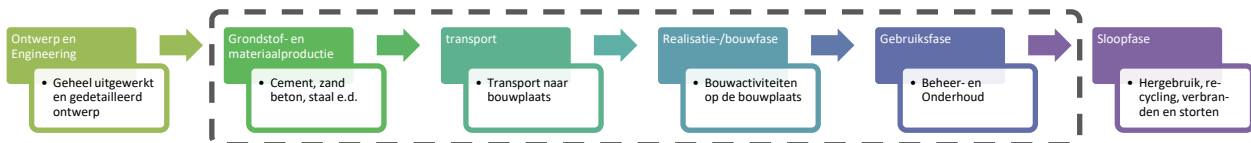
Toegepaste constructiematerialen:

- In het werk gestort beton, sterkteklasse C35/45, totaal 233 m<sup>3</sup>
- Betonstaal B 500B, totaal 23,3 ton.



Figuur 2 – Civiel Kunstwerk Railinfra

In de ketenanalyse worden een aantal stappen onderscheiden. In figuur 3 hieronder is aangegeven welke dit zijn en welke van deze stappen onderdeel van de analyse vormen.



Figuur 3 – Keten Civiel Kunstwerk in de Railinfra

### Ontwerp en Engineering

In de fase Ontwerp en Engineering wordt het definitief ontwerp en uitvoeringsontwerp gespecificeerd. De CO<sub>2</sub>-effecten van Ontwerp en Engineering zijn in relatie tot de volgende stappen in de keten minimaal en kunnen in deze keten als niet materieel worden beschouwd. Bovendien is de emissie ervan al meegenomen in de scope 1- en scope 2-emissies van APcon. In deze analyse zal de stap Ontwerp en Engineering daarom niet verder worden meegenomen.

### Grondstof en materiaalproductie

In de fase Grondstof en materiaalproductie worden de effecten beschouwd van de winning van de grondstoffen voor de productie van bouwmaterialen, zoals cement en betonstaal.

### Transport

In de transportfase wordt het transport van bouwmaterialen en halfabrikaten naar de bouwplaats beschouwd.



### Realisatie-/bouwfase

Tot de Realisatie-/bouwfase worden de activiteiten gerekend voor het bouwen van het kunstwerk.

### Gebruik

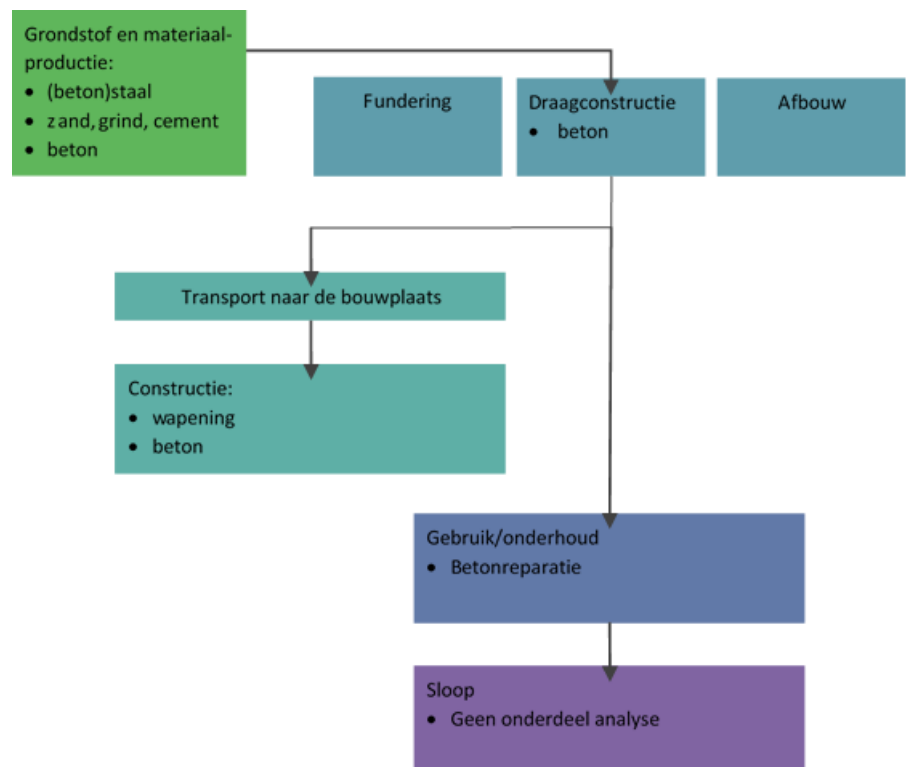
Het beschouwde kunstwerk betreft een spoordragende constructie. Met andere woorden na ingebruikname wordt het bereiden door spoorverkeer. De emissie van het spoorverkeer valt buiten de scope van deze analyse.

In het kader van beheer en onderhoud zal tijdens de gebruiksfase periodiek onderhoud aan de constructie uitgevoerd worden. Bijvoorbeeld het herstellen van betonschades. De CO<sub>2</sub>-emissie als gevolg hiervan wordt in deze analyse meegenomen.

### Sloop

De ontwerplevensduur bedraagt 100 jaar. Gezien de onzekerheden met betrekking tot het gebruik van de vrijkomende materialen aan het einde van de levensduur, wordt de sloopfase niet in deze ketenanalyse betrokken.

De afbakening van de analyse is schematisch weergegeven in het volgende schema.



In het kader van deze analyse wordt enkel de hoofddraagconstructie van het kunstwerk beschouwd. Dit is dus exclusief afbouw, spoorconstructie, overgangsplaten en funderingspalen.

## 2.2. Identificeren van de partners in de keten

De voor APcon meest relevante partners in de keten zijn ProRail en de bouwende Aannemers. De invloed van APcon ligt vooral bij de detaillering en uitvoering van het ontwerp. Verder spelen uiteraard ook de leveranciers van grondstoffen en materialen alsmede transporteurs een rol in de keten.

## 2.3. Kwantificeren van de CO<sub>2</sub>-emissie van de keten

### 2.4.1 Gebruik Data

Voor deze eerste versie van de ketenanalyse is gebruik gemaakt van secundaire data (algemene cijfers en eigen schattingen). APcon beschikt vanuit de ontwerpfase, afgezien van materiaalhoeveelheden, niet over eigen primaire data.

In deze ketenanalyse is gebruik gemaakt van:

- Duurzaam construeren met materialen, uitgave VNconstructeurs, 2013.

Voor de kwantificering van de CO<sub>2</sub>-emissie wordt gerekend met de volgende gegevens.

		CO <sub>2</sub> -emissie		Soortelijke masse	
Winning en transport grondstoffen	zand	3,4	kg CO <sub>2</sub> /ton	1.350	kg/m <sup>3</sup>
Winning en transport grondstoffen	grind	2,7	kg CO <sub>2</sub> /ton	1.600	kg/m <sup>3</sup>
Winning en transport grondstoffen	water	0,3	kg CO <sub>2</sub> /ton	1.000	kg/m <sup>3</sup>
Winning en transport grondstoffen	Hoogovencement (CEM III/A)	384	kg CO <sub>2</sub> /ton	1.200	kg/m <sup>3</sup>
Winning en transport grondstoffen	Hoogovencement (CEM III/B)	291	kg CO <sub>2</sub> /ton	1.050	kg/m <sup>3</sup>
Winning en transport grondstoffen	Wapeningsstaal	1.500	kg CO <sub>2</sub> /ton	7.800	kg/m <sup>3</sup>
Winning en transport grondstoffen	Betonmortel CEM III/A	121	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2.400	kg/m <sup>3</sup>
Winning en transport grondstoffen	Betonmortel CEM III/B	83	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2.400	kg/m <sup>3</sup>
Winning en transport grondstoffen	Vrachtwagen > 20 ton, non bulk	0,130	kg CO <sub>2</sub> /ton.km		
Winning en transport grondstoffen	Vrachtwagen > 20 ton, bulk	0,110	kg CO <sub>2</sub> /ton.km		
Winning en transport grondstoffen	Binnenvaart 1.350 ton, non bulk	0,060	kg CO <sub>2</sub> /ton.km		
Winning en transport grondstoffen	Binnenvaart 5.500 tont, non bulk	0,030	kg CO <sub>2</sub> /ton.km		
Winning en transport grondstoffen	Zeevaart, bulk	0,085	kg CO <sub>2</sub> /ton.km		
Productie	Beton op de bouwplaats	20	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>		
Productie	Wapening op de bouwplaats	140	kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>		

1) Duurzaam construeren met materialen, VNconstructeurs 2013

### 2.4.2 Berekening CO<sub>2</sub>-emissie Civiel Kunstwerk

Bij in het werk gestort beton bestaat de keten uit: winning grondstoffen en transport naar de betoncentrale, mengen van de grondstoffen en transport betonmortel naar de bouwplaats, storten van de betonmortel,

nabehandelen betonoppervlak en na voldoende verharding verwijderen van de bekisting

Voor de totale CO<sub>2</sub>-emissie kan voor in het werk gestort beton uitgaande van Hoogovencement (CEM III/B), 100 kg wapening per m<sup>3</sup> beton en een gemiddelde transportafstand van 50 km naar de bouwplaats per vrachtwagen (17 + 83 + 23 + 20 + 165) totaal 308 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> aangehouden worden.

Op grond van kennis en ervaring worden de jaarlijkse onderhoudskosten voor het project ingeschat op 1,4% van de stichtingskosten. Als deze zelfde verhouding ook toegepast wordt op de initiële CO<sub>2</sub>-emissie dan komt dit neer op een emissie als gevolg van onderhoud tijdens de gebruiksfase van 4,7 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> per jaar. Uitgaande van een levensduur van 100 jaar bedraagt deze emissie totaal dan 470 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

Gedurende de levensduur van het kunstwerk wordt uitgaande van een ontwerplevensduur van 100 jaar een totale emissie berekend van  $(308 + 470) \times 233 \text{ m}^3 = 181.274 \text{ kg CO}_2$ .

### 3. Reductiedoelstellingen

---

Zoals in dit document al eerder aangegeven kan APcon als ontwerper/adviseur besparingsmogelijkheden onderzoeken (impactanalyse) en op grond daarvan ontwerp- en materiaalkeuzes afwegen.

De CO<sub>2</sub>-emissie van een betonconstructie kan op verschillende wijzen worden beïnvloed. In het kader van deze ketenanalyse wordt gekeken naar de toepassing van zelfherstellend beton.

De toepassing van zelfherstellend beton staat wereldwijd zeer in de belangstelling.

Uit praktijktesten van de Universiteit Delft blijkt dat door de toepassing van zelfherstellend beton minder beton nodig is en minder onderhoud van buitenaf nodig is. Een lager betongebruik levert daarmee een CO<sub>2</sub>-besparing op. De resultaten tot nu toe bevestigen dat het beton 30% minder onderhoud nodig heeft en 20% langer meegaat (Jonkers, 2016).

Op basis van ervaringen (december 2018) wordt zelfs een derde besparing mogelijk geacht, namelijk het terugnemen van krimp (scheurwijdte) controlerende wapening. De benodigde hoeveelheid zelfherstellende beton, ook wel healing agent genoemd, is aanzienlijk goedkoper dan de hoeveelheid wapening die kan worden bespaard.

De hoeveelheid wapening die kan worden bespaard, zal voor iedere constructie anders zijn, afhankelijk van (milieu)klasse en verwachte constructieve belasting. De verwachting is dat dit gemiddeld een besparing van 30 kg staal per m<sup>3</sup> beton zal opleveren.

Het is dus te verwachten dat zelfherstellend beton een significante rol kan spelen bij de reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van betonconstructies.

In maart 2018 heeft APcon een advies (17-40.411-MEM-005) uitgebracht voor een betonnen poer. Hierbij is berekend dat het uitvoeren van de nieuwe betonnen poer met in het werk gestort zelfherstellend beton een besparing van de CO<sub>2</sub>-emissie zou opleveren van circa 10%.

In 2020 is het gebruik van zelfhelend beton (Basilisk healing agent) voorgeschreven bij een project voor ProRail (Onderdoorgang Blerick). De uiteindelijke CO<sub>2</sub> reductie van deze toepassing in dit project is vanwege de lange levensduur van het object op dit moment nog niet bekend.

APcon Adviesbureau heeft als doelstelling om bij ieder project waar zelfherstellend beton kan worden toegepast, deze toepassing ook voor te schrijven. Omdat de daadwerkelijke toepassing ook afhankelijk is van de wensen en eisen van de ketenpartners, en omdat de verwachte reductie voor iedere constructie anders is, is het lastig deze doelstelling nader te kwantificeren.

## 4. Bronnen

---

<b>Bron Document</b>	<b>Kenmerk</b>
Handboek CO2-prestatieladder 3.1. <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a>	Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen Stichting Stimular
Corporate Accounting & Reporting standard	GHG-protocol, 2004
Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard	GHG-protocol, 2011
Product Life Cycle Accounting & Reporting Standard	GHG-protocol, 2011
Nederlandse norm Environmental management – Life Cycle assessment – Requirements and Guidelines	NEN-EN-ISO 14044
DEFRA conversiefactoren	DEFRA
Duurzaam construeren met materialen	VNconstructeurs, 2013