



Iv-Groep
CO2-Prestatieladder
CO2-Ketenanalyse bruggen



20141205 - Ketenanalyse bruggen - versie 2.1 - definitief

Iv-Groep b.v.



Opdrachtgever: Iv-Groep
Projectnummer opdrachtgever:
Project: CO2-Prestatieladder
Betreft: CO2-Ketenanalyse bruggen
Referentie: 20150408 - Ketenanalyse bruggen

Auteur(s): FdG
Gecontroleerd: FV
Goedgekeurd: RvB
Geautoriseerd: RvB

Paraaf: 
Paraaf:
Paraaf: 
Paraaf:

Datum: 08-04-2015
Revisie: 2
Status: Definitief
Aantal pagina's: II + 30



Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Doelstelling ketenanalyse	4
2.1	Algemene doelstelling vanuit CO ₂ -prestatieladder	4
2.2	Vaststellen onderwerpen ketenanalyse	4
2.3	Doelstelling ketenanalyse <i>Ontwerp van bruggen</i>	5
3	Vaststellen onderwerp en scope van de analyse	6
3.1	Onderwerp van de analyse	6
3.1.1	Referentieproject	6
3.2	Scope ketenanalyse	7
3.3	Levenscyclusfasen en systeemgrenzen	7
3.3.1	Levenscyclusfasen	7
3.3.2	Systeemgrenzen	9
3.4	Ketenpartners	10
4	Datacollectie	11
5	Beschrijving en CO₂-emissie	12
5.1	Glasvezelcomposietbrug	12
5.1.1	Beschrijving ontwerp glasvezelcomposietbrug	12
5.1.2	Beschrijving ketensysteem glasvezelcomposietbrug	13
5.1.3	Winning en productie	14
5.1.4	Transportfase	15
5.1.5	Bouwfase	15
5.1.6	Gebruiks- en onderhoudsfase	16
5.1.7	Totaaloverzicht glasvezelcomposietbrug	17
5.2	Betonnen brug	19
5.2.1	Beschrijving ontwerp betonnen brug	19
5.2.2	Beschrijving ketensysteem betonnen brug	20
5.2.3	Winning en productie	20
5.2.4	Transportfase	21
5.2.5	Bouwfase	22
5.2.6	Gebruiks- en onderhoudsfase	23
5.2.7	Totaaloverzicht CO ₂ -emissie betonnen brug	24
6	Onzekerheden	26
6.1	Glasvezelcomposietbrug	26
6.2	Betonnen brug	26
7	Reductie	28
7.1	Reductiemogelijkheden	28
7.2	Reductiedoelstellingen	28
8	Bronvermelding	29





1 Inleiding

Duurzaamheid is een veelzijdig begrip dat men op verschillende manieren bekijkt. Iv-Groep tracht haar eigen invulling aan het begrip duurzaamheid te geven. Voor Iv-Groep betekent dit dat wij met onze werkzaamheden streven naar het echt toevoegen van waarde aan de maatschappij.

Het toevoegen van waarde aan de maatschappij zien wij terug in onze dagelijkse activiteiten. Bij alle projecten zien we het als onze verantwoordelijkheid om de kwaliteit van de leef- en werkomgeving te behouden en te verbeteren. We zijn continu op zoek naar de beste oplossingen met de grootst mogelijke impact met betrekking tot duurzaamheid.

Een van de duurzaamheidsaspecten waar Iv-Groep met haar werkzaamheden invloed op heeft is de CO₂-uitstoot. Om invulling te geven aan de duurzaamheidsambitie van Iv-Groep is een cluster van bedrijven binnen Iv-Groep, bestaande uit Iv-Infra, Iv-Water en Iv-Bouw (hierna: 'Iv-Groep'), gecertificeerd voor niveau 5 van de CO₂-Prestatieladder van de Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden en Ondernemen (SKAO). Door het behalen van ladderniveau 5 werkt Iv-Groep actief mee aan het reduceren van CO₂-uitstoot in de keten en de sector.

Een belangrijk onderdeel van niveau 5 van de CO₂-prestatieladder, is het verkrijgen van inzicht in de Scope 3 emissies van de organisatie door het uitvoeren van ketenanalyses voor projecten waarin Iv-Groep met haar werkzaamheden een belangrijke invloed kan uitoefenen op de CO₂-emissie van dit project. Een van de ketenanalyses die Iv-Groep heeft uitgevoerd is het ontwerp van bruggen, welke in deze rapportage wordt beschreven.

Dit document maakt samen met de 'Ketenanalyse slibverwerking met energieopwekking' en de memo 'Meest Materiële Emissies' deel uit van de implementatie van de CO₂-Prestatieladder.

Tabel 1.1: Leeswijzer

Hoofdstuk		Inhoud
2	Doelstellingen	Beschrijving van het doel van de ketenanalyse
3	Scope, Ketensysteem en Systeemgrenzen	Onderwerp van de ketenanalyse
4	Datacollectie en validatie	Methode van dataverzameling en bronnen van informatie
5	Ketenbeschrijving en kwantificeren CO ₂ -emissies	Berekening en analyse van de CO ₂ -uitstoot in de keten
6	Onzekerheden	Onzekerheden en verbetermogelijkheden voor de analyse
7	Reductiemogelijkheden	Kansen om CO ₂ te reduceren die voortkomen uit de ketenanalyse en reductiedoelstellingen die vastgesteld zijn
8	Bronvermelding	Gebruikte bronnen



2 Doelstelling ketenanalyse

2.1 Algemene doelstelling vanuit CO₂-prestatieladder

De belangrijkste doelstelling van de ketenanalyses is het identificeren van CO₂-reductiekansen, het definiëren van reductiedoelstellingen en het monitoren van de voortgang. Daarnaast biedt de analyse handvatten voor Iv-Groep om haar opdrachtgevers te adviseren over CO₂-besparing in de te realiseren ontwerpen.

Op basis van het inzicht in de Scope 3 emissies en de twee ketenanalyses worden reductiedoelstellingen geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd wordt actief gestuurd op het reduceren van de Scope 3 emissies.

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. Iv-Groep zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.

2.2 Vaststellen onderwerpen ketenanalyse

In een workshop ketenanalyses is de rangorde van de emissiecategorieën vastgesteld met een brede vertegenwoordiging vanuit het bedrijf. Uitgangspunt voor de rangorde zijn de sectoren waarin Iv-Groep werkzaam is: water, bouw en infra. Door de aard van haar werk kan Iv-Groep invloed uitoefenen op de CO₂-uitstoot in de volgende gedefinieerde Scope 3 categorieën: *winning van grondstoffen, winning van energie en gebruik van energie tijdens de levensduur*.

Binnen de drie sectoren zijn de sub-sectoren *vuil water* en *bruggen* twee van de belangrijkste typen projecten in de orderportefeuille van Iv-Groep. Voor een uitgebreide toelichting en onderbouwing hiervan, wordt verwezen naar de Memo 'Meest materiële emissies'. Het belang van CO₂-uitstoot bij deze twee typen projecten is groot voor wat betreft de aanleg van het object. Voor vuil water ook groot tijdens het gebruik van de afvalwaterzuiveringsinstallaties. Om deze redenen is ervoor gekozen om de analyse te richten op winning van grondstoffen (bruggen) en winning van energie en gebruik van energie (vuil water). In de ketenanalyse van vuil water is enkel gefocust op de slibverwerking en niet op de waterzuivering.

Er is gekozen voor het uitvoeren van de volgende twee ketenanalyses:

- Slibverwerking met energieopwekking
- Ontwerp van bruggen (voorheen ketenanalyse *Composietbrug*)

Dit document beschrijft de ketenanalyse *Ontwerp van bruggen*. Voor de tweede ketenanalyse zie het document *Ketenanalyse slibverwerking met energieopwekking*.



2.3 Doelstelling ketenanalyse *Ontwerp van bruggen*

Deze ketenanalyse beschouwt de CO₂-emissies gedurende de levenscyclus van een brug. De specifieke doelstelling van deze ketenanalyse is het identificeren van de CO₂-emissies in de verschillende fasen van de levenscyclus. Hiermee krijgt men inzicht in de maatgevende CO₂-emissies en waar potentiële reductie in de CO₂-emissie te behalen is. Iv-Groep kan met dit inzicht en de potentiële reductiekansen rekening houden bij het ontwerpen van bruggen.

Deze ketenanalyse is uitgewerkt voor twee type bouwmaterialen: glasvezelcomposiet en beton. Voor beide bouwmaterialen wordt inzichtelijk gemaakt hoe de CO₂-emissie in de levenscyclus van een brug is verdeeld. Het moet nadrukkelijk vermeld worden dat deze CO₂-ketenanalyse niet tot doel heeft om een vergelijking te maken tussen deze twee materiaalsoorten. De eisen die gesteld worden aan een dergelijke vergelijkende levenscyclusanalyse gaan een stuk verder dan de eisen aan een CO₂-ketenanalyse voor de CO₂-prestatieladder. Voor een gedetailleerde CO₂- en milieuvergelijking voor verschillende bouwmaterialen wordt verwezen naar de publicatie *Vergelijkende LCA studie bruggen* uit 2013 van onderzoeksbureau Beco.

De CO₂-emissie van een infrastructureel kunstwerk kan per object verschillen en is afhankelijk van onder andere de locatie, specificaties en randvoorwaarden. Deze uitgevoerde CO₂-ketenanalyse moet dan ook als voorbeeld gezien worden voor het inzetten van een ketenanalyse als instrument voor duurzaam ontwerpen.



3 Vaststellen onderwerp en scope van de analyse

3.1 Onderwerp van de analyse

Het te beschouwen onderwerp in deze ketenanalyse is een vaste verkeersbrug met een beperkte overspanning (< 20m) en een functionele levensduur van 80 jaar. Dit type brug is een infrastructureel kunstwerk dat regelmatig voorkomt in de projectportefeuille van Iv-Groep.

Uit de inventarisatie van de meest materiele Scope 3 emissies komt naar voren dat Iv-Groep door haar ontwerpen en advies relatief veel invloed heeft op CO₂-emissies van een infrastructureel kunstwerk. In de ontwerpfase wordt de keuze gemaakt voor een bepaalde constructie en welk type bouwmaterialen in welke hoeveelheden gebruikt zullen worden bij de realisatie van het ontwerp. In het algemeen veroorzaken winning en productie van (bouw)materialen juist veel CO₂-uitstoot, vanwege de energie-intensieve winning- en productieprocessen. In een vroeg stadium van de levenscyclus van een infrastructureel kunstwerk wordt dus al een belangrijk deel van de CO₂-emissie van het kunstwerk bepaald.

Standaard worden verkeersbruggen geconstrueerd uit de traditionele bouwmaterialen beton en/of staal. Voor lichte brugconstructies is tevens hout een veel toegepast bouw materiaal. Tegenwoordig zijn naast deze standaard bouwmaterialen ook alternatieve materialen beschikbaar. Een van de nieuwe bouwmaterialensoorten is glasvezelcomposiet, dat steeds vaker wordt toegepast in de GWW-sector. Deze ketenanalyse wordt daarom uitgevoerd voor de twee typen bouwmaterialen glasvezelcomposiet en beton.

3.1.1 Referentieproject

De brug die centraal staat in deze ketenanalyse is gebaseerd op een reeds uitgevoerd project van Iv-Infra. Door het gebruik van dit project als referentieproject is veel gedetailleerde informatie voorhanden, zodat een nauwkeurige en gedetailleerde ketenanalyse uitgevoerd kan worden.

Het referentieproject betreft het ontwerp van een vaste verkeersbrug in de gemeente Leidsche Rijn. In dit project heeft Iv-Infra het ontwerp verzorgd voor een set van twee vaste bruggen in de Maarssenseweg:

- een autoverkeersbrug met een overspanning van 6,3 meter en een breedte van 9 meter;
- een fietsersbrug met een overspanning van 6,3 meter en een breedte van 5 meter.
(de fietsersbrug maakt geen onderdeel uit van deze ketenanalyse)

Een foto van de gerealiseerde autoverkeersbrug is weergegeven in afbeelding 3.1.



Afbeelding 3.1: Vaste autoverkeersbrug Maarssenseweg, gemeente Leidsche Rijn (bron: FiberCore Europe)

3.2 Scope ketenanalyse

Als scope van deze ketenanalyse is gekozen voor de brugonderdelen die gezamenlijk de minimale functionele constructie van de verkeersbrug vormen. Het betreft de volgende onderdelen:

- fundering
- aan- en onderbouw¹
- bovenbouw
- rijoppervlak/slijtlaag

Overige onderdelen zoals hekwerken en relingen, verlichting, bewegwijzering en esthetische elementen, grondlichamen en taluds vallen buiten de scope van deze analyse.

3.3 Levenscyclusfasen en systeemgrenzen

Om de CO₂-emissie in de waardeketen van een brug vast te stellen, moet eerst bepaald worden uit welke ketenstappen deze waardeketen bestaat en welke van deze stappen onderdeel uitmaken van de analyse.

3.3.1 Levenscyclusfasen

De levenscyclusfasen van een brug zijn achtereenvolgens:

- ontwerpfase
- winning- en productiefase
- transportfase
- bouwfase
- gebruiks- en onderhoudsfase
- sloop- en verwerkingsfase

¹ In deze ketenanalyse worden stootplaten en vleugelwanden tot de aanbouw beschouwd.



Ontwerpfase

De realisatie van een brug begint bij het initiatief van een opdrachtgever en het maken van een ontwerp door een engineer. Tijdens de ontwerpfase worden de specificaties en vormgeving van de brug bepaald, waaruit onder andere het type en hoeveelheden bouwmaterialen volgen. De ontwerpfase is dus als het ware een voorfase voor de concrete levenscyclus van de brug en bepaalt de invulling van de volgende fasen. De activiteiten van Iv-Groep bevinden zich in deze fase. Iv-Groep heeft als ontwerppartij dan ook indirect veel invloed op de CO₂-emissies in de vervolgende levenscyclusfasen:

Winning- en productiefase

De fysieke levenscyclus van een brug start bij de winning van de grondstoffen voor bouwmaterialen waaruit de brug wordt opgebouwd. Deze grondstoffen worden vervolgens getransporteerd naar industrieën waar halffabricaten voor de bouwmaterialen geproduceerd. Ten slotte worden de halffabricaten weer vervoerd naar de diverse producenten van de uiteindelijke bouwmaterialen. Al deze verschillende processtappen worden in deze ketenanalyse tot één fase beschouwd, de winning- en productiefase. De uitstoot van broeikasgassen door energie- en materiaalgebruik in deze fase wordt gerekend tot de Scope 3 emissies in deze levenscyclusfase.

Transportfase

In de transportfase wordt het transport van bouwmaterialen van de productielocatie naar de bouwplaats beschouwd. Het brandstofverbruik van de voertuigen welke het transport verzorgen wordt gerekend tot de Scope 3 emissies in deze levenscyclusfase. Het transport van bouw materieel en personen naar de bouwplaats valt buiten de systeemgrenzen van deze ketenanalyse.

Bouwfase

Tot de bouwfase worden de activiteiten op de bouwplaats voor het realiseren van de brugconstructie gerekend. Enkel de broeikasgasemissie ten gevolge van energieverbruik door (groot) bouw materieel en bouwaansluitingen valt binnen de scope van deze analyse.

Gebruiks- en onderhoudsfase

Na realisatie van de brug, kan deze in gebruik worden genomen. De vaste verkeersbrug heeft in de gebruiksfase geen energieverbruik. Het gebruik van de brug leidt dan ook niet tot CO₂-uitstoot. De uitstoot door het verkeer dat de brug gebruikt, wordt hierbij buiten beschouwing gelaten. Vanwege verwerking en slijtage van de brug in de gebruiksfase dient wel periodiek onderhoud te worden uitgevoerd. De CO₂-uitstoot die veroorzaakt wordt als gevolg van onderhoud valt binnen de Scope 3 emissies van deze analyse.

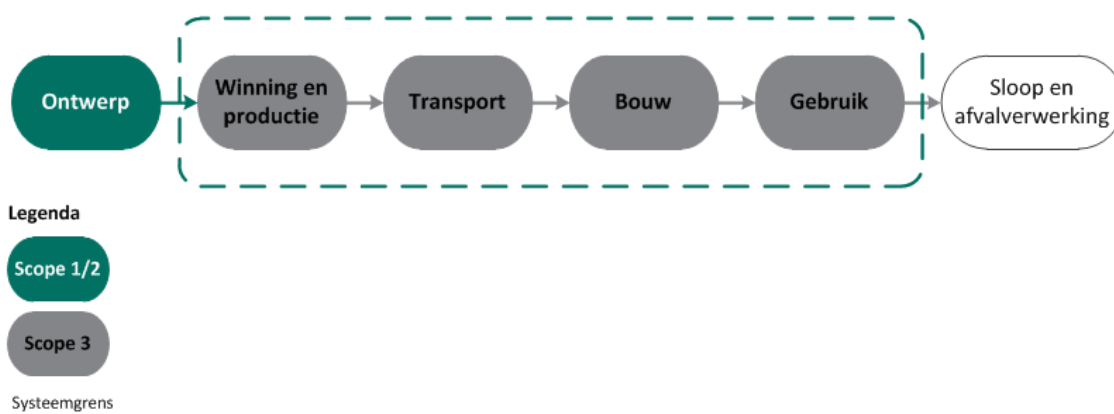
Sloop en afvalverwerking

Aan het eind van de functionele levensduur zal de brug zijn functie niet langer meer vervullen en afgebroken worden. De materialen die hierbij vrijkomen worden afgevoerd naar de afvalverwerker en gestort, hergebruikt of gerecycled. De CO₂-uitstoot als gevolg van de sloop van de brug en de afvalverwerking van het vrijkomende materiaal valt in principe binnen Scope 3.



3.3.2 Systeemgrenzen

Afbeelding 3.2 geeft een schematische weergave van de levenscyclusfasen van de brug. Er is gekozen om in deze analyse alleen de levenscyclusfasen te beschouwen, waarbij Iv-Groep betrokken is en/of invloed kan uitoefenen via haar ontwerpwerkzaamheden en adviezen. In principe betreft dit alle beschreven levenscyclusfasen. Iv-Groep is direct betrokken in de initiatie- en productiefase. Tevens kan Iv-Groep met haar ontwerp van de brug invloed uitoefenen op de CO₂-emissie in alle vervolgfases.



Afbeelding 3.2: Levenscyclusfasen en systeemgrenzen

Voor deze analyse is echter besloten om de ontwerpfase niet mee te nemen. De broeikasgasemissie in de ontwerpfase wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door het gebruik van energie en brandstoffen voor kantoorgebouwen en mobiliteit van de betrokken partijen. De hoogte van deze uitstoot is zeer klein in vergelijking met de uitstoot in de overige levenscyclusfasen. Aangezien Iv-Groep een van de belangrijkste partijen in de ontwerpfase is, is ook de CO₂-uitstoot van Iv-Groep meegenomen in de Scope 1 & 2-footprint van Iv-Groep. De broeikasgasemissie in de ontwerpfase wordt daarom buiten de systeemgrenzen van deze analyse gelaten.

Daarnaast is besloten om de CO₂-emissies in de sloop- en verwerkingsfase buiten de systeemgrenzen van deze ketenanalyse te houden. De belangrijkste redenen hiervoor zijn:

- Voor de brugconstructie wordt uitgegaan van een functionele levensduur van 80 jaar. Vanwege deze lange looptijd is momenteel niet met grote zekerheid in te schatten op welke wijze sloop en (afval-)verwerking van de brugonderdelen en –materialen zal plaatsvinden.
- Het materiaal glasvezelcomposiet is een relatief nieuw bouw materiaal in de GWW-sector. Hierdoor is nog geen tot weinig ervaring met het verwerken, hergebruik en recyclen van glasvezelcomposiet in bruggen. Tevens is het momenteel nog zeer moeilijk te voorspellen hoe de recyclingtechniek voor glasvezelcomposiet zich over langere tijd zal gaan ontwikkelen.



De sloop- en verwerkingsfase hoort in principe binnen de systeemgrenzen van een ketenanalyse te vallen. Deze analyse heeft echter niet als doel om een CO₂-footprint vergelijking te maken tussen de verschillende bouwmaterialen, maar om inzicht te geven in de broeikasgasemissie in verschillende levenscyclusfasen en een inventarisatie te maken hoe in de ontwerpfase gestuurd kan worden op CO₂-emissiereductie. Het niet opnemen van de sloop- en verwerkingsfase binnen de systeemgrenzen van deze ketenanalyse wordt om die reden dan ook als acceptabel beschouwd.

3.4 Ketenpartners

Voor het reduceren van CO₂-emissie gedurende de levenscyclus van een brug is het nodig om naast inzicht in de CO₂-emissie ook inzicht te hebben in de betrokken ketenpartners tijdens alle levensfasen van de brug. Een duidelijk beeld van de ketenpartners kan aanknopingspunten bieden voor samenwerking in de reductie van de CO₂-emissie.

Betrokken ketenpartners kunnen zijn:

- opdrachtgever
- architect/vormgever
- ontwerper/engineer
- industrie/producent/leverancier bouwmaterialen
- transportbedrijven
- aannemer/constructeur bouwfase, onderhoudsfase en sloop- & verwerkingsfase
- beheerder gebruiks- en onderhoudsfase



4 Datacollectie

Om de CO₂-emissie van de vaste verkeersbrug te bepalen zijn gegevens verzameld van het materiaal- en energiegebruik van de verschillende brugonderdelen. De sterke voorkeur bij de datacollectie ligt bij het gebruik van primaire data. Secundaire data worden alleen gebruikt als er geen andere gegevens aanwezig zijn.

Een uitgangspunt bij elke ketenanalyse is dat de CO₂-uitstoot, binnen de ketenstappen die uitgevoerd zijn door het bedrijf dat de ketenanalyse maakt, gebaseerd moet zijn op primaire data. Aangezien alle beschouwde ketenstappen niet uitgevoerd worden door Iv-Groep zelf, was het binnen deze analyse lastig om primaire data te verzamelen. Om deze reden is dan ook gebruik gemaakt van secundaire data in de vorm van brandstof- of energieverbruik van vergelijkbaar materieel en van sector- en milieudatabases. Enkel de bepaling van de materiaalhoeveelheden is gebaseerd op de primaire data uit de ontwerpen die door Iv-Groep zijn gemaakt.

Voor het verkrijgen van de CO₂-conversiefactoren is bij deze ketenanalyse gebruik gemaakt van:

- EcolInvent 2.0 database
- Nationale Milieudatabase, opgenomen in DuboCalc 2.2
- BAM Project Carbon Calculator
- Handboek CO₂-Prestatieladder 2.2

Naast deze databases is ook informatiemateriaal verzameld over de levenscyclus van glasvezelcomposiet. De toepassing van glasvezelcomposiet in de bouwsector is nog relatief nieuw, vergeleken met traditionele bouwmaterialen als staal en beton. Om deze reden wordt er door verschillende partijen, zoals producenten en onderzoeksinstituten, onderzoek gedaan naar de technische en milieu-eigenschappen van glasvezelcomposiet als bouw materiaal. Hieronder worden de belangrijkste bronnen genoemd die in het kader van deze analyse zijn geraadpleegd:

- Polymer composites in construction, BRE Centre for Building Fabric, 2000
- Eindrapportage LCA Composietbrug, BECO Groep, 2009
- Life cycle assessment of CFGF – Continuous Filament Glass Fibre Products, PwC, 2012
- Do fiber-reinforced polymer composites provide environmentally benign alternatives? A life-cycle-assessment-based study, Materials Research Society Bulletin, Universiteit Leuven, 2012
- Vergelijkende LCA studie bruggen, BECO Groep, 2013.



5 Beschrijving en CO₂-emissie

Dit hoofdstuk geeft voor beide beschouwde bruggen een beschrijving van het ontwerp en de CO₂-emissie van deze bruggen per levenscyclusfase. In paragraaf 5.1 wordt dit als eerst gedaan voor de glasvezelcomposietbrug. De betonnen brug wordt behandeld in paragraaf 5.2.

5.1 Glasvezelcomposietbrug

Composietbouwmaterialen zijn meestal samengesteld uit een vezelmateriaal en een hars. De vezels geven sterkte en draagkracht aan het composietmateriaal, het hars verbindt de vezels tot één geheel en verzorgt de verdeling van de krachten over de vezels. Daarnaast worden meestal nog specifieke vul- en hulpstoffen gebruikt bij de productie van composietbouwmaterialen. De eigenschappen van het composietmateriaal worden bepaald door het soort hars en vezel die gekozen wordt, de verhouding tussen deze twee bestanddelen en de manier waarop de vezels in het hars worden geplaatst (o.a. richting, overlapping, etc.). Voordelen van composiet als bouw materiaal is de relatief hoge treksterkte bij een laag eigen gewicht en onderhoudsarme eigenschappen.

Als bouw materiaal in bruggen wordt een composietmateriaal toegepast dat is samengesteld uit glasvezel en doorgaans polyester als kunsthars. Het brugdek wordt vervaardigd als sandwichconstructie, waarbij het glasvezelcomposiet als een constructieve huid rondom een schuimkern van polyurethaan (PU-schuim) is toegepast. De PU-schuimkern wordt daarbij in de langsrichting van het brugdek voorzien van verticale glasvezelcomposietlamellen, voor het verkrijgen van voldoende constructieve strekte en stijfheid.

5.1.1 *Beschrijving ontwerp glasvezelcomposietbrug*

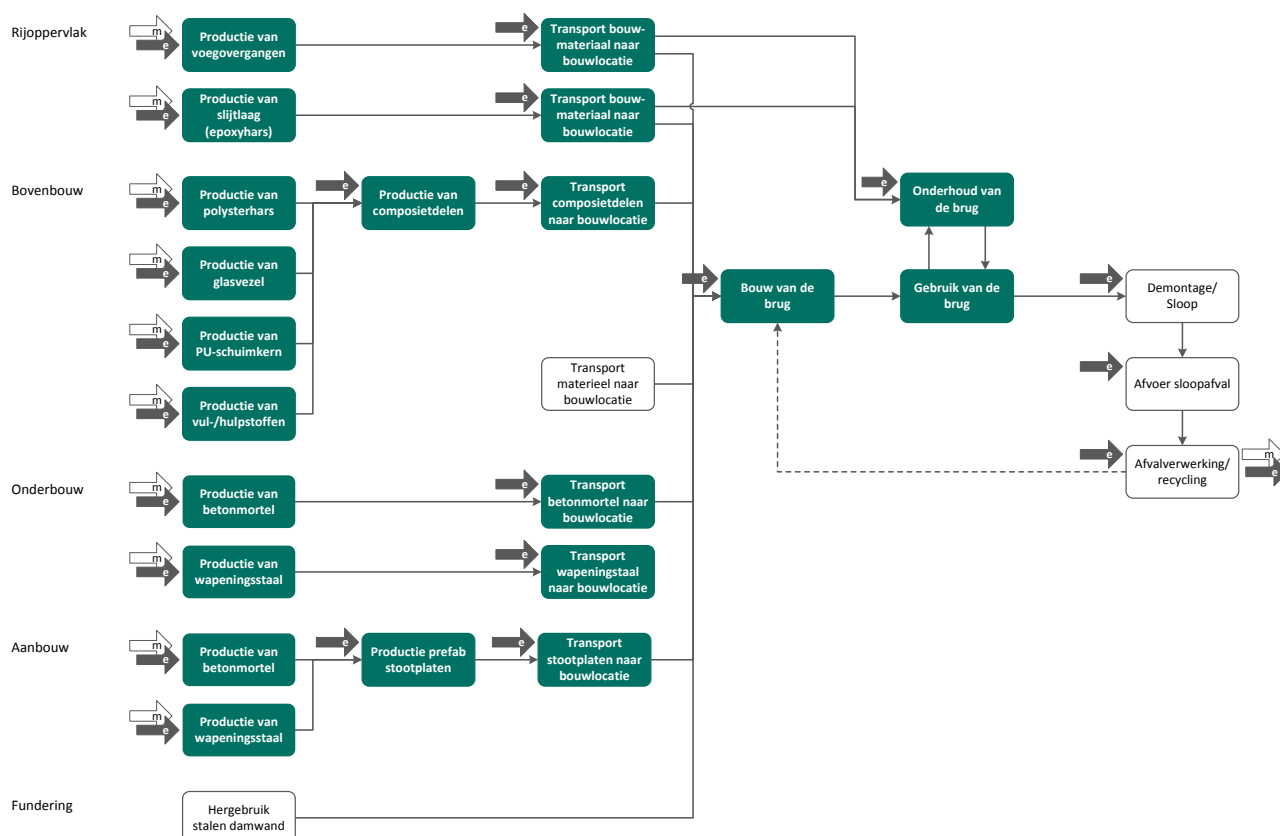
De glasvezelcomposietbrug die in deze ketenanalyse wordt beschouwd heeft een bovenbouw die volledig is vervaardigd uit glasvezelcomposiet, voorzien van een PU-schuimkern. Voor de oplegging van de bovenbouw op de landhoofdbalken en de voegafdichting met de beide landhoofden, zijn rubberen opleggingen en voegstroken toegepast. Het rijoppervlak van de bovenbouw is voorzien van een dunne epoxyhars slijtlaag. De onderbouw bestaat uit twee landhoofdbalken van in het werk gestort beton. De fundering van de brugconstructie is een stalen damwandscherm aan beide oevers van de brug. De damwandprofiel delen zijn hergebruikt uit een bestaande damwand ter plaatse van de bouwlocatie, welke verwijderd moest worden voor de realisatie van de brug. Voor de bouw van de brug zijn de damwandprofielen getrokken en opnieuw op de juiste locatie herplaatst. Als overgang van de brugconstructie naar de grondlichamen zijn prefab betonnen stootplaten geplaatst op beide landhoofdbalken. Ter opsluiting van het grondwerk op de landhoofden, zijn aan de kopse kanten van de landhoofden korte vleugelwanden van in het werk gestort beton toegepast. Afbeelding 5.1 geeft een schematische doorsnede van de constructie van de glasvezelcomposietbrug. De vleugelwanden zijn in dit figuur niet weergegeven.



Afbeelding 5.1: Schematische doorsnede van de glasvezelcomposietbrug

5.1.2 Beschrijving ketensysteem glasvezelcomposietbrug

Een schematische weergave van de keten voor de glasvezelcomposietbrug is weergegeven in afbeelding 5.2.



Afbeelding 5.2: Schematisch ketensysteem van de glasvezelcomposietbrug



5.1.3 Winning en productie

De winning- en productiefase van de glasvezelcomposietbrug bestaat uit de processen van de diverse halffabricaten uit gewonnen en geproduceerde grondstoffen. Vervolgens worden uit de halffabricaten de verschillende constructie-elementen voor de fundering, onderbouw en bovenbouw van de brug geproduceerd. De bovenbouw wordt in de fabriek in twee delen geprefabriceerd met behulp van een vacuüm infusietechniek. Ook de betonnen stootplaten worden kant-en-klaar in een fabriek geprefabriceerd. De andere, kleine brugonderdelen en bouwmaterialen (zoals de voegprofielen, opleggingen en de slijtlaag) worden direct bij fabrikant uit gewonnen grondstoffen vervaardigd.

Tabel 5.1: Cijfers winning- en productiefase glasvezelcomposietbrug

Brug- onderdeel	Subonderdeel	Bouw materiaal	Proces	Hoeveelheid ton	CO ₂ -conversie- factor ton CO ₂ -eq./ton	CO ₂ -eq. emissie ton CO ₂ -eq.
Rijoppervlak	Slijtlaag	Epoxyhars	Winning & productie	0,08	6,40	0,50
	Voegstroken	Synthetisch rubber	Winning & productie	0,02	2,65	0,05
Bovenbouw	Brugdek	Glasvezel	Winning & productie	3,21	1,33	4,26
		Polyester hars	Winning & productie	1,78	2,30	4,10
		PU-schuimkern	Winning & productie	0,49	4,31	2,11
		Vul-/hulpstoffen	Winning & productie	0,04	-	-
		Prefabricage		-	0,85	4,69
Aan- & Onderbouw	Landhoofdbalken	Betonmortel	Winning & productie	41,44	0,06	2,43
		Wapeningsstaal	Winning & productie	2,48	2,59	6,41
	Vleugelwanden	Betonmortel	Winning & productie	14,51	0,06	0,85
		Wapeningsstaal	Winning & productie	0,88	2,59	2,28
	Stootplaten	Betonmortel	Winning & productie	45,12	0,06	2,64
		Wapeningsstaal	Winning & productie	2,88	2,65	7,46
		Prefabricage		-	0,01	0,58
Opleggingen	Synthetisch rubber	Winning & productie	0,04	2,65	0,10	
Fundering	Damwand	Staal	Hergebruik	32,83	<i>n.v.t</i>	0
Totaal:						38,47



5.1.4 Transportfase

De verschillende bouwelementen en –materialen worden met transportwagens vervoerd van de fabrikanten naar de bouwlocatie. In tabel 5.2 zijn de transporthoeveelheden en –afstanden van de belangrijkste brugonderdelen en bouwmaterialen weergegeven. Het in het werk gestorte beton is afkomstig van een lokale producent, waardoor de transportafstanden van de betonmortel en het wapeningsstaal kort zijn.

Tabel 5.2: Cijfers transportfase glasvezelcomposietbrug

Brug- onderdeel	Subonderdeel	Bouwmateriaal	Transportmiddel	Transport- afstand km	CO ₂ -conversie- factor ton CO ₂ -eq./tonkm	CO ₂ -eq. emissie ton CO ₂ -eq.
Rijoppervlak	Slijtlaag	Epoxyhars	Vrachtauto <20 ton (bulk)	50	0,295 x 10 ⁻³	0,00
	Voegstroken	Synthetisch rubber	Vrachtauto 3,5-10 ton (non-bulk)	50	0,480 x 10 ⁻³	0,00
Bovenbouw	Brugdek	Glasvezelcomposiet	Vrachtauto 3,5-10 ton (non-bulk)	67	0,480 x 10 ⁻³	0,18
Aan- & Onderbouw	Landhoofdbalken	Betonmortel	Vrachtauto >20 ton (bulk)	10	0,110 x 10 ⁻³	0,05
		Wapeningsstaal	Vrachtauto 3,5-10 ton (non-bulk)	10	0,480 x 10 ⁻³	0,01
	Vleugelwanden	Betonmortel	Vrachtauto >20 ton (bulk)	10	0,110 x 10 ⁻³	0,02
		Wapeningsstaal	Vrachtauto 3,5-10 ton (non-bulk)	10	0,480 x 10 ⁻³	0,00
	Stootplaten	Prefab beton	Vrachtauto >20 ton (non-bulk)	50	0,130 x 10 ⁻³	0,31
	Opleggingen	Synthetisch rubber	Vrachtauto 3,5-10 ton (non-bulk)	50	0,480 x 10 ⁻³	0,00
Fundering	Damwand	Staal	<i>n.v.t.</i>	0	<i>n.v.t.</i>	0,00
Totaal:						0,57

5.1.5 Bouwfase

Op de bouwlocatie wordt de glasvezelcomposietbrug uit de afzonderlijke brugonderdelen en bouwmaterialen samengesteld. Hiervoor wordt verschillend bouw materieel ingezet (o.a. heikranen, mobiele kranen, etc.). De werkuren in tabel 5.3 zijn enkel gebaseerd op de inzet van het groot bouw materieel, omdat dit de grootste CO₂-uitstoters zijn. De bestaande stalen damwandprofielen worden eerst getrokken en vervolgens op de juiste locatie in de grond gebracht. Hiervoor wordt een dragline met trilblok ingezet.



Tabel 5.3: Cijfers bouwfase glasvezelcomposietbrug

Brug- onderdeel	Subonderdeel	Bouwactiviteit	Bouwmaterieel	Bouwduur uur	CO ₂ -conversie- factor ton CO ₂ -eq./uur	CO ₂ -eq. emissie ton CO ₂ -eq.
Rijoppervlak	Slijtlaag	Aanbrengen slijtlaag	Mobiel voertuig	0,4	52,5 x 10 ⁻³	0,02
Bovenbouw	Brugdek	Lossen, inhijzen en monteren brugdek	Mobiele telescoopkraan	1,5	46,7 x 10 ⁻³	0,07
Aan- & Onderbouw	Landhoofdbalken	Storten betonmortel	Mortelwagen	2,8	13,8 x 10 ⁻³	0,04
		Inhijzen wapeningsstaal	Mobiele telescoopkraan	0,3	79,7 x 10 ⁻³	0,02
	Vleugelwanden	Storten betonmortel	Mortelwagen	1,0	13,8 x 10 ⁻³	0,01
		Inhijzen wapeningsstaal	Mobiele telescoopkraan	0,3	79,7 x 10 ⁻³	0,03
	Stootplaten	Inhijzen en plaatsen stootplaten	Mobiele telescoopkraan	1,3	53,5 x 10 ⁻³	0,06
Fundering	Damwand	Damwand verwijderen (oude locatie)	Dragline met trilblok	2,0	67,0 x 10 ⁻³	0,13
		Damwand inbrengen	Dragline met trilblok	3,0	67,0 x 10 ⁻³	0,20
Totaal:						0,59

5.1.6 Gebruiks- en onderhoudsfase

Beton en glasvezelcomposiet zijn nagenoeg onderhoudsvrije bouwmaterialen. In de gebruiksfase van de brug hoeft daarom weinig constructief onderhoud aan de brug te worden uitgevoerd. Enkel de voegovergangen en de epoxycoating zijn onderhevig aan slijtage en zullen periodiek vervangen moeten worden. De CO₂-emissie hiervan is weergegeven in tabel 5.4. Het periodiek reinigen van de brugoppervlakken is buiten beschouwing gelaten in deze analyse.

Tabel 5.4: Cijfers gebruiks- en onderhoudsfase glasvezelcomposietbrug

Brug- onderdeel	Subonderdeel	Onderhouds- proces	Onderhouds- frequentie	Meegerekende LCA-fasen t.b.v. CO ₂ -eq. emissie	CO ₂ -eq. emissie ton CO ₂ -eq.
Rijoppervlak	Slijtlaag	Vervangen epoxyhars slijtlaag	2x gedurende levensduur	Winning & productie, transport en bouw	1,05
	Voegovergangen	Vervangen voegovergangen	2x gedurende levensduur	Winning & productie, transport en bouw	0,10
Totaal:					1,15

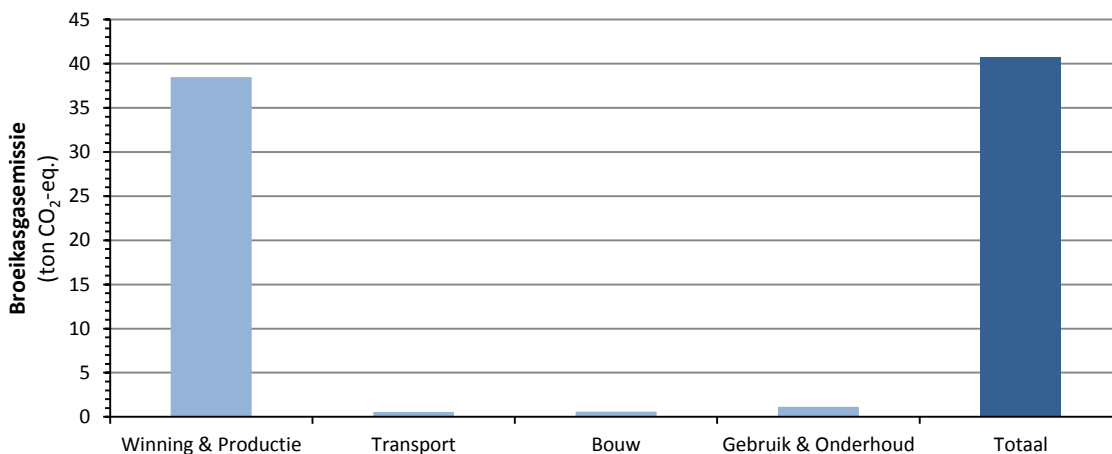


5.1.7 Totaaloverzicht glasvezelcomposietbrug

Tabel 5.5 en afbeelding 5.3 geven het totaaloverzicht van de CO₂-emissie voor de glasvezelcomposietbrug weer. De glasvezelcomposietbrug veroorzaakt van winning tot gebruik een broeikasgasemissie van in totaal 40,8 ton CO₂-equivalent. Het overgrote deel van deze uitstoot wordt veroorzaakt door de winning en productie van de bouwmaterialen (circa 94%). Het transport en de bouw zijn beiden verantwoordelijk voor een relatief zeer kleine hoeveelheid CO₂-emissie (beiden circa 1,5%). De bijdrage aan de uitstoot in de gebruiks- en onderhoudsfase bedraagt circa 3%.

Tabel 5.5: Totaaloverzicht CO₂-eq. emissie glasvezelcomposietbrug

LCA-fase	Brugonderdeel	Broeikasgasemissie gedurende LCA-fase (ton CO ₂ -eq.)	Aandeel op totaal CO ₂ -eq. emissie (%)
Winning & Productie	rijoppervlak	0,6	1,4%
	bovenbouw	15,2	37,2%
	aan- & onderbouw	22,7	55,8%
	fundering	0,0	0,0%
<i>subtotaal</i>		38,5	94,3%
Transport	Rijoppervlak	0,0	0,0%
	bovenbouw	0,2	0,4%
	aan- & onderbouw	0,4	1,0%
	fundering	0,0	0,0%
<i>subtotaal</i>		0,6	1,4%
Bouw	rijoppervlak	0,0	0,1%
	bovenbouw	0,1	0,2%
	aan- & onderbouw	0,2	0,4%
	fundering	0,3	0,8%
<i>subtotaal</i>		0,6	1,4%
Gebruik & Onderhoud	rijoppervlak	1,1	2,8%
	bovenbouw	0	0,0%
	aan- & onderbouw	0	0,0%
	fundering	0	0,0%
<i>subtotaal</i>		1,1	2,8%
Totaal		40,8	100%

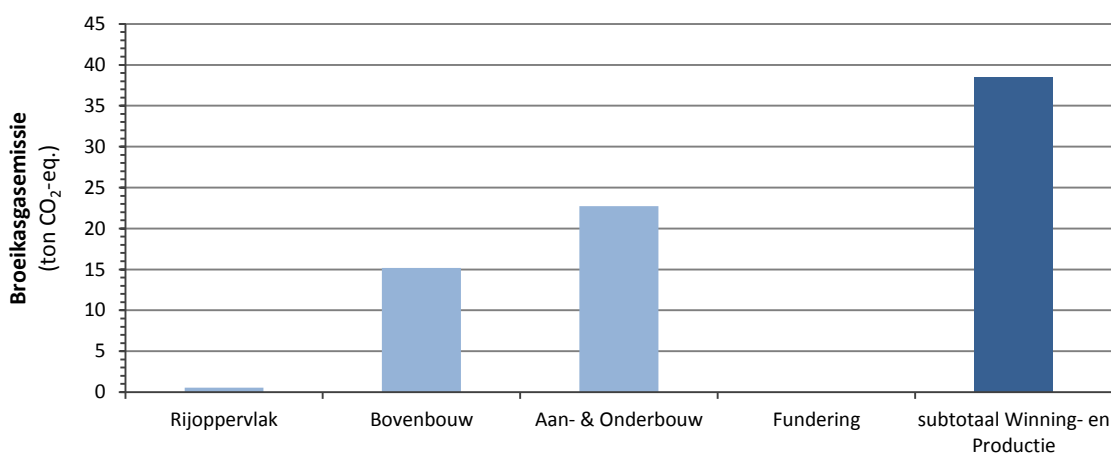


Afbeelding 5.3: Overzicht CO₂-emissie per levenscyclusfase van de glasvezelcomposietbrug

Op basis van de CO₂-emissie in de verschillende levenscyclusfasen van de glasvezelcomposietbrug biedt de *Winning & Productiefase* zichtbaar de meeste aanknopingspunten voor CO₂-emissiereductie. Binnen deze levenscyclusfase categorie verhoudt de CO₂-emissie van de belangrijkste brugonderdelen zich als volgt:

- rijoppervlak: 0,6 ton CO₂-eq. 2% van CO₂-emissie in *Winning- & Productiefase*
- bovenbouw: 15,2 ton CO₂-eq. 39% van CO₂-emissie in *Winning- & Productiefase*
- aan- & onderbouw: 22,7 ton CO₂-eq. 59% van CO₂-emissie in *Winning- & Productiefase*
- fundering: 0,0 ton CO₂-eq. 0% van CO₂-emissie in *Winning- & Productiefase*

In afbeelding 5.4 is dit nog eens grafisch weergegeven.



Afbeelding 5.4: CO₂-emissie van de glasvezelcomposietbrug per brugonderdeel in de levenscyclusfase *Winning & Productie*

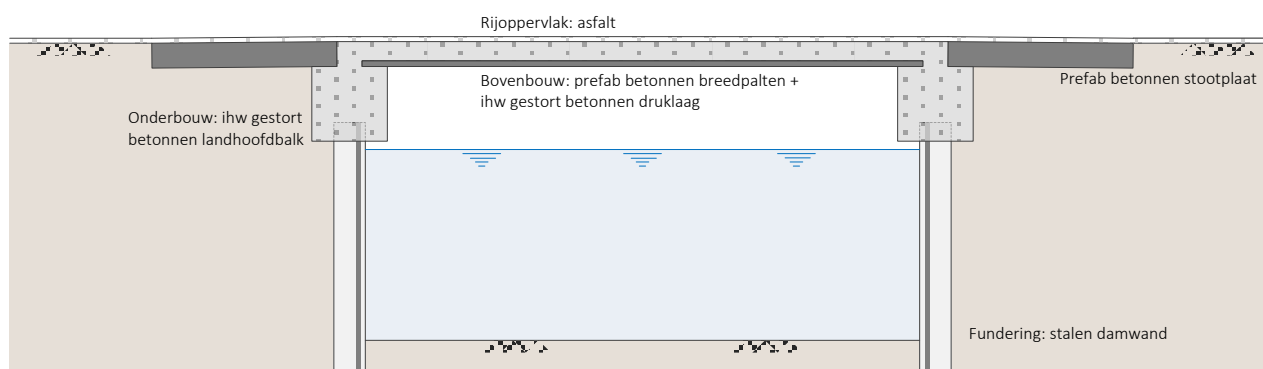
5.2 Betonnen brug

De betonnen brug die in deze ketenanalyse wordt beschouwd is gebaseerd op een integraal brugontwerp. Bij een dergelijk ontwerp vormen de onder- en bovenbouw gezamenlijk een monolithisch geheel.

Vanwege de geringe bruglengte is de verkeersbelasting op de brug maatgevend voor de dimensionering van de onderbouw. Ondanks dat een betonnen brugdek significant zwaarder is dan een brugdek van glasvezelcomposiet (factor 13,5), kunnen onderbouw en fundering van de betonnen brug dan ook identiek aan die van de glasvezelcomposietvariant worden gedimensioneerd.

5.2.1 Beschrijving ontwerp betonnen brug

Net als bij de glasvezelcomposietbrug wordt ook in deze ontwerpvariant de fundering gerealiseerd uit bestaande damwandprofielen. Deze komen beschikbaar uit het te verwijderen damwandscherm op de bouwlocatie. Als onderbouw worden twee landhoofdbalken van in het werk gestort beton gerealiseerd op de damwandfundering. Hierop wordt een bovenbouw gerealiseerd van prefab betonnen breedplaatliggers, met daar bovenop een in het werk gestort betonnen druklaag. Het brugdek wordt in dit ontwerp voorzien van een geasfalteerd rijoppervlak. Afbeelding 5.5 geeft een schematische doorsnede van de constructie van de betonnen brug. Als overgang van de brugconstructie naar het grondlichaam worden aan beide zijden op de landhoofdbalken prefab betonnen stootplaten geplaatst. Ook worden de kopse kanten van de landhoofden korte vleugelwanden van in het werk gestort beton geplaatst, ter opsluiting van het grondlichaam (niet zichtbaar in afbeelding 5.5).

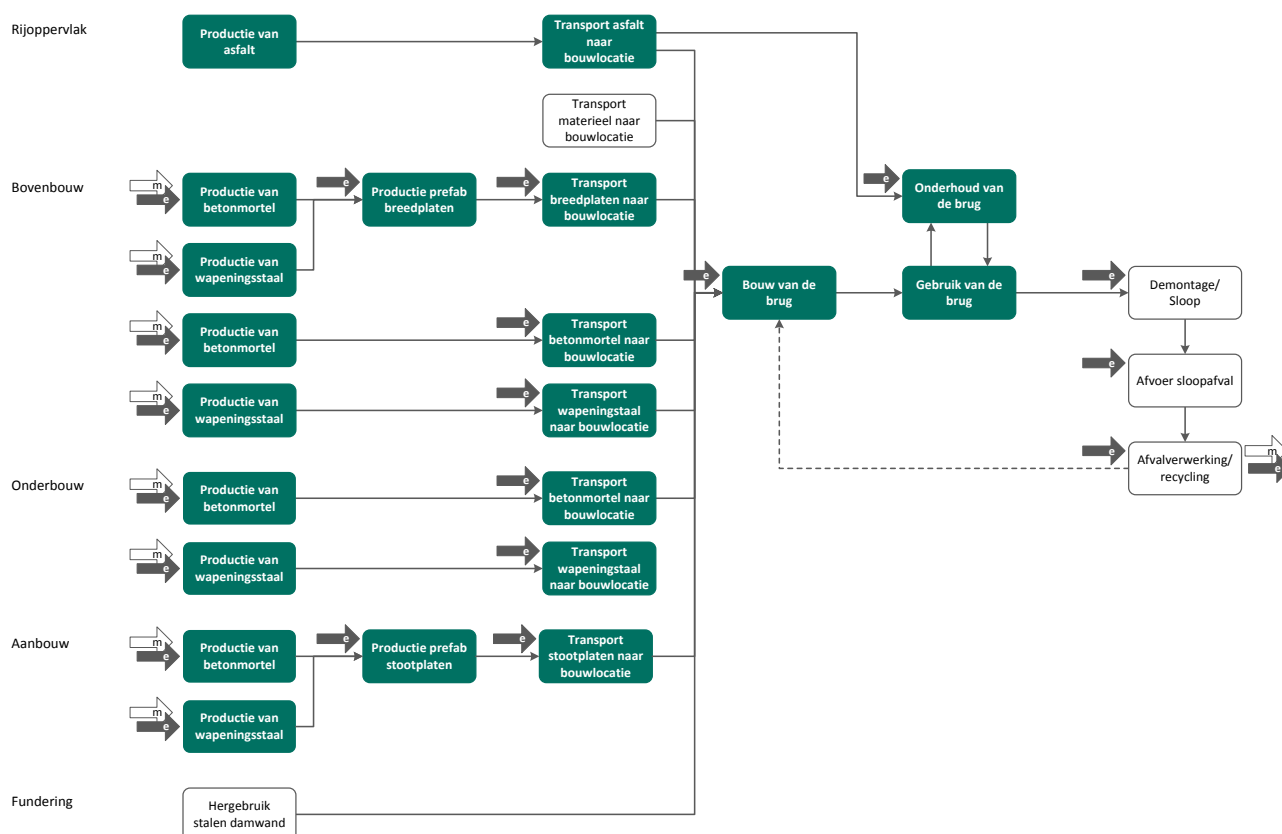


Afbeelding 5.5: Schematische doorsnede van betonnen brug



5.2.2 Beschrijving ketensysteem betonnen brug

Het schematische ketensysteem van de betonnen brug is weergegeven in afbeelding 5.6.



Afbeelding 5.6: Schematisch ketensysteem van de betonnen brug

5.2.3 Winning en productie

De bovenbouw van de betonnen brug wordt deels gemaakt van prefab voorgespannen breedplaatenelementen. Deze elementen worden in de fabriek geprefabriceerd uit betonmortel en wapeningsstaal. Ook de stootplaten worden geprefabriceerd. Op de breedplaatenelementen wordt een betonnen druklaag gestort. De bovenbouw van de brug wordt voorzien van asfalt. De onderbouw van de brug bestaat uit in het werk gestorte betonnen landhoofdbalken, bestaande uit beton en wapeningsstaal. De brug is gefundeerd op hergebruikte damwandprofielen.



Tabel 5.6: Cijfers winning- en productiefase betonnen brug

Brug- onderdeel	Subonderdeel	Bouw materiaal	Proces	Hoeveelheid ton	CO ₂ -conversie- factor ton CO ₂ -eq./ton	CO ₂ -eq. emissie ton CO ₂ -eq.
Rijoppervlak	Slijtlaag	Asfalt	Winning & productie	7,7	0,045	0,34
Bovenbouw	Breedplaatliggers	Betonmortel	Winning & productie	24,3	0,06	1,47
		Voorspanstaal	Winning & productie	1,6	2,59	4,02
		Prefabricage		-	0,01	0,31
	Druklaag	Betonmortel	Winning & productie	39,8	0,06	2,33
		Wapeningsstaal	Winning & productie	2,5	2,59	6,58
Aan- & Onderbouw	Landhoofdbalken	Betonmortel	Winning & productie	41,44	0,06	2,43
		Wapeningsstaal	Winning & productie	2,48	2,59	6,41
	Vleugelwanden	Betonmortel	Winning & productie	14,51	0,06	0,85
		Wapeningsstaal	Winning & productie	0,88	2,59	2,28
	Stootplaten	Betonmortel	Winning & productie	45,12	0,06	2,64
		Wapeningsstaal	Winning & productie	2,88	2,65	7,46
		Prefabricage		-	0,01	0,58
Fundering	Damwand	Staal	Hergebruik	32,83	<i>n.v.t</i>	0
Totaal:						37,70

5.2.4 Transportfase

De betonnen breedplaatelmente n, stootplaten en het wapeningsstaal worden vanaf de fabriek per transportwagen (non-bulk) naar de bouwplaats vervoerd. De betonmortel voor de landhoofdbalken en de druklaag van de bovenbouw wordt met een betonmortelwagen (bulktransport) naar de bouwlocatie vervoerd. De stalen damwandprofielen worden hergebruikt van de oude, tijdelijke brugconstructie en zijn dus al op de bouwlocatie aanwezig. Voor de transportafstanden is gebruik gemaakt van gemiddelde transportafstanden op basis van verschillende leverancierslocaties. Het in het werk gestorte beton is afkomstig van een lokale producent, waardoor de transportafstanden van de betonmortel en het wapeningsstaal kort zijn.



Tabel 5.7: Cijfers transportfase betonnen brug

Brug- onderdeel	Subonderdeel	Bouwmateriaal	Transportmiddel	Transport- afstand km	CO ₂ -conversie- factor ton CO ₂ -eq./tonkm	CO ₂ -eq. emissie ton CO ₂ -eq.
Rijoppervlak	Slijtlaag	Epoxyhars	Vrachtauto <20 ton (bulk)	50	0,295 x 10 ⁻³	0,11
Bovenbouw	Breedplaatliggers	Prefab beton	Vrachtauto >20 ton (non-bulk)	100	0,130 x 10 ⁻³	0,34
	Druklaag	Betonmortel	Vrachtauto >20 ton (bulk)	10	0,110 x 10 ⁻³	0,04
Wapeningsstaal		Vrachtauto 3,5-10 ton (non-bulk)	10	0,480 x 10 ⁻³	0,01	
Aan- & Onderbouw	Landhoofdbalken	Betonmortel	Vrachtauto >20 ton (bulk)	10	0,110 x 10 ⁻³	0,05
		Wapeningsstaal	Vrachtauto 3,5-10 ton (non-bulk)	10	0,480 x 10 ⁻³	0,01
	Vleugelwanden	Betonmortel	Vrachtauto >20 ton (bulk)	10	0,110 x 10 ⁻³	0,02
		Wapeningsstaal	Vrachtauto 3,5-10 ton (non-bulk)	10	0,480 x 10 ⁻³	0,00
	Stootplaten	Prefab beton	Vrachtauto >20 ton (non-bulk)	50	0,130 x 10 ⁻³	0,31
Fundering	Damwand	Staal	<i>n.v.t.</i>	0	<i>n.v.t.</i>	0,00
Totaal:						0,89

5.2.5 Bouwfase

Tijdens de bouwfase van de betonnen brug wordt verschillend bouwmaterieel ingezet (o.a. heikranen, mobiele kranen). De bestaande stalen damwandprofielen worden eerst getrokken en vervolgens op de juiste locatie in de grond gebracht. Hiervoor wordt een dragline met trilblok ingezet. Voor het plaatsen van de wapeningsnetten en de geprefabriceerde elementen is een mobiele bouwkraan in gebruik. Het storten van het beton voor de onderbouw en bovenbouw gebeurt direct vanuit de mortelwagen. Ten slotte wordt het asfalt aangebracht met een asfaltspreidmachine. In tabel 5.8 is de CO₂-emissie van de inzet van het groot bouwmaterieel weergegeven.



Tabel 5.8: Cijfers bouwfase betonnen brug

Brug- onderdeel	Subonderdeel	Bouwactiviteit	Bouwmaterieel	Bouwduur uur	CO ₂ -conversie- factor ton CO ₂ -eq./uur	CO ₂ -eq. emissie ton CO ₂ -eq.
Rijoppervlak	Slijtlaag	Aanbrengen asfalt	Asfaltspreidmachine	0,3	147,0 x 10 ⁻³	0,04
Bovenbouw	Breedplaatliggers brugdek	Inhijsen en monteren breedplaatliggers	Mobiele telescoopkraan	2	46,7 x 10 ⁻³	0,09
	Druklaag	Storten betonmortel	Mortelwagen	2,7	13,8 x 10 ⁻³	0,04
		Inhijsen wapeningsstaal	Mobiele telescoopkraan	0,9	79,7 x 10 ⁻³	0,07
Aan- & Onderbouw	Landhoofdbalken	Storten betonmortel	Mortelwagen	2,8	13,8 x 10 ⁻³	0,04
		Inhijsen wapeningsstaal	Mobiele telescoopkraan	0,3	79,7 x 10 ⁻³	0,02
	Vleugelwanden	Storten betonmortel	Mortelwagen	1,0	13,8 x 10 ⁻³	0,01
		Inhijsen wapeningsstaal	Mobiele telescoopkraan	0,3	79,7 x 10 ⁻³	0,03
Stootplaten	Inhijsen en plaatsen stootplaten	Mobiele telescoopkraan	1,3	53,5 x 10 ⁻³	0,06	
Fundering	Damwand	Damwand verwijderen (oude locatie)	Dragline met trilblok	2,0	67,0 x 10 ⁻³	0,13
		Damwand inbrengen	Dragline met trilblok	3,0	67,0 x 10 ⁻³	0,20
Totaal:						0,77

5.2.6 Gebruiks- en onderhoudsfase

In de gebruiksfase zal het asfalt periodiek vervangen moeten worden. In deze ketenanalyse is uitgegaan van een asfaltlevensduur van circa 25 à 30 jaar, zodat de rijlaag twee keer vervangen moet worden. Voor het betonwerk van de bovenbouw is in deze ketenanalyse geen onderhoud meegerekend. De reden hiervoor is dat door verbeterde technieken en productiemethodes, betonnen (brug)constructies tegenwoordig van hoge kwaliteit zijn. Een moderne betonnen brug kan dan ook als onderhoudsarm worden beschouwd. Tabel 5.9 geeft de CO₂-emissie ten gevolge van het onderhoud van de betonnen brug.

Tabel 5.9: Cijfers gebruiks- en onderhoudsfase betonnen brug

Brug- onderdeel	Subonderdeel	Onderhouds- proces	Onderhouds-frequentie	Meegerekende LCA-fasen t.b.v. CO ₂ -eq. emissie	CO ₂ -eq. emissie ton CO ₂ -eq.
Rijoppervlak	Slijtlaag	Vervangen asfalt slijtlaag	2x gedurende levensduur	Winning & productie, transport en bouw	1,00
Totaal:					1,06

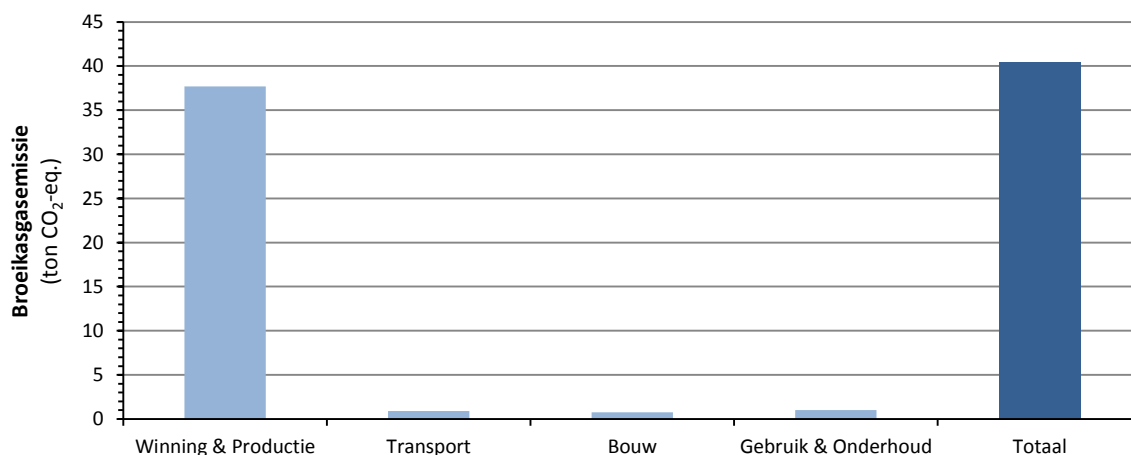


5.2.7 Totaaloverzicht CO₂-emissie betonnen brug

Tabel 5.10 en afbeelding 5.7 geven het totaaloverzicht van de CO₂-emissie voor de betonnen brug weer. De betonnen brug veroorzaakt van winning tot en met het gebruik en onderhoud een broeikasgasemissie van in totaal 40,4 ton CO₂-equivalent. De meeste uitstoot wordt veroorzaakt door de winning en productie van de bouwmaterialen (circa 93%). Het transport, de bouw en het onderhoud in de bouwfase zijn allen verantwoordelijk voor een relatief kleine hoeveelheid CO₂-emissie, per onderdeel circa 2 à 3%.

Tabel 5.10: Totaaloverzicht CO₂-eq. emissie betonnen brug

LCA-fase	Brugonderdeel	Broeikasgasemissie gedurende LCA-fase (ton CO ₂ -eq.)	Aandeel op totaal CO ₂ -eq. emissie (%)
Winning & Productie	rijoppervlak	0,3	0,9%
	bovenbouw	14,7	36,4%
	aan- & onderbouw	22,6	56,1%
	fundering	0,0	0,0%
<i>subtotaal</i>		37,7	93,4%
Transport	rijoppervlak	0,1	0,3%
	bovenbouw	0,4	1,0%
	aan- & onderbouw	0,4	1,0%
	fundering	0,0	0,0%
<i>subtotaal</i>		0,9	2,2%
Bouw	rijoppervlak	0,0	0,1%
	bovenbouw	0,2	0,6%
	aan- & onderbouw	0,2	0,4%
	fundering	0,3	0,8%
<i>subtotaal</i>		0,8	1,9%
Gebruik & Onderhoud	rijoppervlak	1,0	2,5%
	bovenbouw	0,0	0,0%
	aan- & onderbouw	0,0	0,0%
	fundering	0,0	0,0%
<i>subtotaal</i>		1,0	2,8%
Totaal		40,4	100%



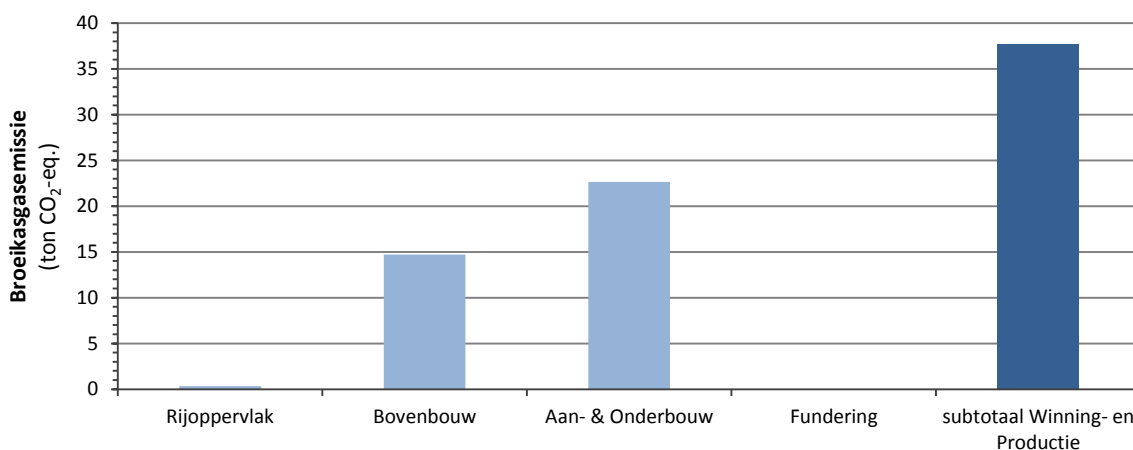
Afbeelding 5.7: Overzicht CO₂-emissie per levenscyclusfase van de betonnen brug

Op basis van de CO₂-emissie in de verschillende levenscyclusfasen van de betonnen brug biedt de *Winning & Productiefase* zichtbaar de meeste aanknopingspunten voor CO₂-emissiereductie.

Binnen deze levenscyclusfase categorie verhoudt de CO₂-emissie van de belangrijkste brugonderdelen zich als volgt:

- rijoppervlak: 0,3 ton CO₂-eq. 1% van CO₂-emissie in *Winning- & Productiefase*
- bovenbouw: 14,7 ton CO₂-eq. 39% van CO₂-emissie in *Winning- & Productiefase*
- aan- & onderbouw: 22,7 ton CO₂-eq. 60% van CO₂-emissie in *Winning- & Productiefase*
- fundering: 0,0 ton CO₂-eq. 0% van CO₂-emissie in *Winning- & Productiefase*

Dit is ook grafisch weergegeven in afbeelding 5.8.



Afbeelding 5.8: CO₂-emissie van de betonnen brug per brugonderdeel in de levenscyclusfase *Winning & Productie*



6 Onzekerheden

Hieronder worden per ketenstap de onzekerheden in de analyse beschreven. Deze onzekerheden komen onder andere voort uit:

- Het ontbreken van primaire data.
- Het gebruik van incomplete gegevens.
- Onzekerheden in de toepassing van het gekozen object.

Bij het beschrijven van de onzekerheden wordt ook aangegeven wat de verwachte invloed is van deze onzekerheid op de uitkomst van de analyse.

6.1 Glasvezelcomposietbrug

Voor de glasvezel is uitgegaan van gegevens gebaseerd op een analyse die representatief is voor 95% van de productie in Europa van het type glasvezel gebruikt in het bouw materiaal. Deze gegevens zijn daarom naar verwachting zeer betrouwbaar. De uitstoot van polyesterhars is gebaseerd op literatuuronderzoek. Hiervan is niet bekend of deze gegevens representatief zijn voor de Europese productie. De uitstoot van het PU-schuim is bepaald aan de hand van de Ecolnvent database (zie hoofdstuk 6).

Bij het bepalen van de uitstoot voor voegovergangen en oplettingen is gebruik gemaakt van algemene gegevens van producenten van dergelijke producten, die zijn gebruikt om een schatting te maken. Deze materialen hebben nauwelijks invloed op de totale CO₂-uitstoot van de glasvezelcomposietbrug. Voor de diverse toevoegingen aan de glasvezelcomposiet waren geen gedetailleerde CO₂-gegevens beschikbaar. Uit literatuur is af te leiden dat de hoofdcomponenten van het bouw materiaal (hars en vooral glasvezel) verreweg de grootste impact hebben op de CO₂-uitstoot tijdens winning en productie. Het ontbreken van de toevoegingen heeft daarom naar verwachting geen significante invloed op de analyse.

De CO₂-uitstoot tijdens de productie van composiet uit glasvezel en hars is vastgesteld aan de hand van een gemiddelde waarde voor vacuüm injectie uit de Ecolnvent database. De manier waarop deze techniek wordt toegepast en de gebruikte materialen en apparatuur hebben invloed op de CO₂-uitstoot. Hierover waren geen gegevens beschikbaar.

Voor het transport van de materialen is uitgegaan van de locatie van de producent en van het gemiddeld verbruik van een betonmixer. Het daadwerkelijke verbruik hangt af van de belading en precieze afstand. Transport heeft slechts een klein aandeel in de totale uitstoot. De invloed van deze onzekerheden zal dus gering zijn.

6.2 Betonnen brug

De uitstoot van de betonnen brug is bepaald op basis van een gedetailleerde uitwerking van de afmetingen en het benodigde materiaal voor de brug in dit specifieke project. Ook de bouwactiviteiten zijn bepaald op basis van de benodigdheden in het referentieproject.



Voor het transport van de materialen is uitgegaan van de locatie van de diverse leveranciers en van het gemiddelde verbruik van een betonmixer. Het daadwerkelijke verbruik hangt af van de belading en precieze afstand. Voor het asfalt was geen leverancier bekend. Hiervoor is een aanname gedaan op basis van een regionale leverancier. Transport heeft slechts een klein aandeel in de totale uitstoot. De invloed van deze onzekerheden zal dus gering zijn.

Het benodigde onderhoud van de brug is ingeschat op een gemiddeld onderhoudsregime dat bestaat uit reiniging, coaten en kleine reparaties. Daarbij is uitgegaan van een volledige vervanging van het asfalt om de 30 jaar. De onderhoudsbehoefte is ruim ingeschat. De precieze onderhoudsbehoeften van de brug zijn niet bekend, aangezien de betonnen variant uit deze analyse fictief is. De frequentie en diepgang van het onderhoud bepaalt in sterke mate de CO₂-uitstoot in deze ketenstap. Omdat de onderhoudsfase een relatief klein deel is van de totale CO₂-uitstoot, is de invloed van deze onzekerheid beperkt.



7 Reductie

Op basis van de resultaten van deze ketenanalyse blijkt dat de uitstoot van broeikasgassen voornamelijk wordt bepaald door de winning en productie van materiaal. Voor zowel de glasvezelcomposietbrug als de betonnen brug is het aandeel van deze levenscyclusfase in de CO₂-emissie het grootst en maatgevend. Reductiekansen en -mogelijkheden moeten dan ook hoofdzakelijk gevonden worden in:

- Het reduceren van de CO₂-uitstoot bij winning van grondstoffen en productie van halffabricaten en bouwmaterialen.
- Het verminderen van het materiaalgebruik.
- Gebruik van slijtage ongevoelige bouwmaterialen (minimale vervanging van bouwmaterialen).

7.1 Reductiemogelijkheden

- Samenwerken met ketenpartners naar verbeteren van het inzicht in de CO₂-uitstoot in de winning- en productiefase van de bouwmaterialen en de uitstoot tijdens de sloop- en verwerkingsfase.
- Samenwerken met en adviseren van de opdrachtgever in het optimaliseren van de specificaties voor het ontwerp.
- Realisatie van materiaalefficiënte constructies door:
 - gebruik van nieuwe en/of alternatieve bouwmaterialen;
 - optimaliseren van het constructieve ontwerp op materiaalgebruik.
- Reductie CO₂-uitstoot bouwmaterialen door:
 - hergebruik van tijdelijke (bouw-)materialen in de definitieve constructie;
 - hergebruik en recycling van sloopafval.

7.2 Reductiedoelstellingen

Iv-Groep wil in haar werkzaamheden de opdrachtgever zoveel mogelijk informeren en adviseren over en ondersteunen bij het behalen van CO₂-emissiereductie in opdrachten. Afhankelijk van het verzoek en/of besluit van de opdrachtgever zullen we ons advies in projecten uitbreiden met aanvullende mogelijkheden om tot vermindering van de CO₂-emissie binnen het integrale bouwproces te komen. We streven er naar om, vanuit een maatschappelijke verantwoording, duurzaamheid als criterium binnen het ontwerpproces mee te nemen.

Hiervoor heeft Iv-Groep in de sector *bruggen* de doelstelling om in 2015 bij 25% van alle brugontwerpen de opdrachtgever te adviseren over de mogelijkheden voor CO₂-emissiereductie. Iv-Groep streeft ernaar om in de komende drie jaar dit uit breiden naar 50% van alle brugontwerpen.



8 Bronvermelding

Tabel 8.1: Overzicht geraadpleegde bronnen

Bron / Document	Kenmerk
Handboek CO ₂ -prestatieladder 2.2	Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen
Corporate Accounting & Reporting Standard	GHG-protocol, 2004
Corporate Value Chain (scope 3) Accounting and Reporting Standard	GHG-protocol, 2010
Product Accounting & Reporting Standard	GHG-protocol, 2010
Vergelijkende LCA studie bruggen	Beco-rapport P015610304, 19 september 2013
Diverse LCA-studies	Zie hoofdstuk 4 voor bronvermelding



Iv-Groep b.v.

Noordhoek 37
3351 LD Papendrecht
Postbus 1155
3350 CD Papendrecht
Nederland
Telefoon +31 88 943 3000
Fax +31 88 943 3001
www.iv-groep.nl

