

KETENANALYSE

Brug Oling 5 – CO2 besparing door hergebruik betonliggers

Ketenanalyse voor de CO2 Prestatieladder

Status: S0/P01.01

Datum: Monday, 01 May 2023



Open



HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Mobility & Infrastructure
Trade register number: 56515154

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
global.royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Brug Oling 5 – CO2 besparing door hergebruik betonliggers

Sub titel: Ketenganalyse voor de CO2 Prestatieladder
Referentie: BC1049
Status: P01.01/S0
Datum: Monday, 01 May 2023
Auteur(s): Jasper Roosendaal

Opgesteld door: Jasper Roosendaal

Inhoud

1	Inleiding	1
2	Methode	2
2.1	Functionele eenheid en scope	2
2.2	Ketenomschrijving en systeemgrenzen	2
2.3	Ketenpartners	2
2.4	CO ₂ -emissieberekening	3
3	Levenscyclusinventarisatie (LCI)	4
3.1	Basisscenario: 0% bijmengverplichting	Error! Bookmark not defined.
3.2	Brandstofprofiel per scenario	Error! Bookmark not defined.
4	Levenscyclusanalyse (LCA)	2
4.1	Resultaten	2
5	Conclusies en aanbevelingen	4
5.1	Conclusies	Error! Bookmark not defined.
5.2	Aanbevelingen en reductiemaatregelen	Error! Bookmark not defined.
6	Referenties	Error! Bookmark not defined.

1 Inleiding¹

Ter plaatse van een tijdelijk woongebied in Appingedam, Groningen heeft Royal HaskoningDHV in 2022 ingenieurswerk uitgevoerd voor het plaatsen van een toegangsbrug genaamd *Brug Oling 5* binnen een serie werkzaamheden uitgevoerd voor de aanpak Ring Zuid. 25 kilometer verderop in de provincie was Royal HaskoningDHV reeds betrokken bij het demonteren van het Groningse viaduct over de Europaweg. Het Groningse viaduct zou na vijftig jaar in het werk hoogstwaarschijnlijk eindigen als betongranulaat. Projectmanager Jan Brouwers en expert betontechnoloog Rob Vergoossen zagen hier een kans voor duurzaamheid en besparing. Met toepassing van circulair hergebruik zijn diverse elementen die vrijkomen uit het Viaduct 1 op 1 heringezet voor de constructie van Brug Oling 5 zonder in te leveren op kwaliteit.

In totaal zijn 7 prefab beton liggers (omgekeerde T-liggers) van 18 m1 overspanning van het Europaplein viaduct hergebruikt, alsmede de oplegblokken, stootplaten, buispalen en één damwand. Boven op deze hergebruikte liggers is een nieuwe druklaag toegepast. In plaats van de liggers te vermalen tot puin hebben de liggers een 2e leven gekregen op de nieuwe bestemming. Om de kwaliteit van de hergebruikte materialen te garanderen zijn elementen alvorens hergebruik gedemonteerd en is een destructief onderzoek uitgevoerd. [Lees verder](#)

“Ik denk dat we verder zijn gekomen met het hergebruik van materialen voor een betonnen brug dan elders is toegepast in Nederland. Eigenlijk zijn alleen de stalen leuningen en de druklaag nieuw.”

Middels deze ketenanalyse wordt vastgesteld wat de totale CO₂ besparing is per stuk hergebruikte betonligger en wat de totale CO₂ besparing voor alle liggers in het project is geweest.



Herplaatsen ligger

¹ Bronnen: Technische rapportage Brug Oling en artikel Cobouw 2022

2 Methode

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke stappen zijn uitgevoerd om de ketenanalyse op te stellen.

2.1 Functionele eenheid en scope

De functionele eenheid is een eenduidige referentie-eenheid waarin de CO₂-emissie wordt uitgedrukt. In deze studie is de functionele eenheid: **1 betonligger (omgekeerde t-ligger) van 18m1 overspanning**.

Het totale project behelst 7 hergebruikte betonliggers van 18m1 overspanning. De hergebruikte oplegblokken, stootplaten, buispalen en damwand worden niet meegenomen in de scope van deze ketenanalyse op aanname dat de 7 betonliggers qua formaat en gewicht verantwoordelijk zijn voor >95% van de totale CO₂ uitstoot. De nieuw gestorte druklaag wordt ook niet meegenomen aangezien de focus ligt op de betonliggers en wat het effect is van hergebruik op de totale CO₂ uitstoot van een betonligger en welke besparingskansen dat biedt voor andere brugconstructies in Nederland.

2.2 Ketenomschrijving en systeemgrenzen

In deze ketenanalyse worden CO₂-emissies berekend die in principe geen onderdeel uitmaken van één van de drie traditionele scopes van het Greenhouse Gas Protocol. Het gaat hier om de broeikasgasemissies van één van onze klanten, namelijk de Gemeente Groningen en het advies dat wij hierop hebben gegeven binnen het project *Brug Oling 5*. Als alternatief zou men assets ontworpen op basis van geschreven advies kunnen zien een 'verkochte product'. Daarmee vallen de emissies van onze klanten toch te plaatsen in het Greenhouse Gas Protocol, namelijk in scope 3 categorie 10: 'productie van verkochte producten' – waar het adviesontwerp het product is dat verkocht wordt. Gebruik en einde-leven wordt niet meegenomen in de systeemgrenzen aangezien die gelijk zijn voor een betonligger uit hergebruik en een uit nieuwe materialen.

Voor het vastleggen van de keten en systeemgrenzen van de betonliggers hanteren we de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken van de Nationale Milieu Database (NEN-EN15804) (1.1, maart 2022) voor ketenanalyses in de GWW en B&U sector. Daarbij worden de volgende levenscyclusfasen van de betonliggers berekend (zie tabel 1).

Tabel 1: Systeemgrenzen (X: Module meegenomen; O: Module niet meegenomen)

Productiefase			Bouwfase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productiesysteem
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finale afvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

Voor hergebruik wordt fase A1-A3 als 'vrij van impact' (0 CO₂-uitstoot) gerekend.

2.3 Ketenpartners

De volgende ketenpartners zijn relevant binnen de context van deze ketenanalyse

- Gemeente Groningen (asset eigenaar en klant/ontvanger van deliverables project Oling 5)
- Rijkswaterstaat (beheer)
- GWW Sector (overkoepelend baat bij inzicht in uitkomsten ketenanalyse)

2.4 CO₂-emissieberekening

Voor het berekenen van de CO₂-emissies wordt een inventaris gemaakt van de benodigde processen en hoeveelheden, deze worden vervolgens vermenigvuldigd met de juiste CO₂-emissiefactoren. De berekeningen uitgevoerd in de ketenanalyse houden de volgende basisformule aan:

$$\rightarrow \text{Hoeveelheid materiaal/energie} \times \text{emissiefactor} = \text{CO}_2\text{-uitstoot}$$

Database en tooling

De emissiefactoren worden bepaald met behulp van de processendatabase van de Nationale Milieu Database (versie 3.5), uitgedraaid via Simapro 9.4. De NMD processendatabase is gebouwd op de Ecoinvent database. Vanuit deze processendatabase geeft de Bepalingsmethode ook forfaitaire waarden voor de meest belangrijke achtergrondprocessen waarmee gerekend moet worden als specifieke gegevens niet beschikbaar zijn. Het betreft hierbij voornamelijk de processen voor energieopwekking en transport.

CO₂-equivalenten

Voor de CO₂ emissiefactoren wordt per definitie uitgegaan van CO₂-equivalenten. Dit is een manier van het uitdrukken van CO₂-uitstoot waarbij alle broeikasgassen van het Kyoto-protocol worden meegenomen. De eenheidsnotering betreft 'kg CO₂-eq'.

Dataverzameling

Voor het bepalen van de productsamenstelling, het materiaalgebruik en de bijbehorende processen is gebruik gemaakt van ontwerp- en praktijkkennis van deskundigen van Royal HaskoningDHV en Rijkswaterstaat. Voor het berekenen van de levenscyclusanalyse zijn gegevens verzameld van de verschillende productieprocessen die binnen de systeemgrenzen van deze LCA-studie vallen. Hierbij is in de uitwerking aandacht besteed aan de precisie, compleetheid, representativiteit, consistentie en reproduceerbaarheid van de gegevens.



Geoogste betonligger

3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

In deze paragraaf wordt beschreven welke uitgangspunten zijn gehanteerd voor de benodigde materialen, processen en referenties per levenscyclusfase van een prefab omgekeerde t-ligger. **Blauw gearceerde stukken hebben betrekking op het verschil bij een hergebruikte betonligger.**

Productomschrijving

Omgekeerde t-liggers, ook wel bekend als *Railbalken*, of *railbalkliggers*, zijn liggers van voorgespannen prefab beton. Railbalkliggers worden naast elkaar gelegd in het werk en voorzien van een druklaag en vormen zo een dekconstructie met diverse doeleinden. Railbalkliggers worden in het algemeen toegepast voor bruggen met een lagere verkeersklasse en waar constructiehoogte geen beperking is. Prefab railbalkliggers hebben een typische overspanning van 10 tot 50 meter en een gemiddelde liggerhoogte tussen de 500 en 2000 mm.

Prefab railbalk liggers zijn gewapend met Y1860S7 voorspanstaal en B500B betonstaal. Tabel 2 geeft een overzicht van de dimensies en afmetingen uitgewerkt voor een prefab railbalk ligger van 18m1 overspanning. De liggerbreedte en overspanningslengte zijn gemiddelde waarden genomen voor railbalk liggers van 18 m1. De totale liggerlengte kan variëren tussen een extra lengte van minimaal 500 mm en maximaal 1500 mm per kant ten opzichte van het hart van oplegging. De extra lengte op de overspanningslengte is gemiddeld gezien echter 800 mm (400 mm aan weerszijde). De input voor de LCI is afkomstig uit eerdere studies gedaan naar prefab beton liggers bij Royal HaskoningDHV en uitgangspunten van expert betontechnoloog bij Royal HaskoningDHV – Rob Vergoossen.

Tabel 2. Prefab railbalkligger (omgekeerde t-ligger) van 18 m1 overspanning

Overspanning (m1)	Totale liggerlengte (m1)	Liggerbreedte (m1)	Liggerhoogte (m1)	Oppervlakte (m2) doorsnede	Inhoud (m3)
18,00	18,59	1,20	0,70	0,39	7,23

3.1 Productiefase (A1-A3)

Voor de productiefase van de railbalkliggers zijn diverse uitgangspunten gehanteerd. Tabel 3 geeft een overzicht van het betonmortel dat is toegepast voor de prefab ligger. Het betreft een mengsel met sterkteklasse C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A Hoogovencement 52.5 en 50% CEM I Portlandcement 52.5) met een soortelijk gewicht van 2363 kg / m3.

Tabel 3. Samenstelling betonmortel C60/75 voor Prefab liggers

Samenstelling betonmortel	Gewicht (kg)	Referentieproces NMD processendatabase (A1)
Hoogovencement CEM III / A	230 kg	0349-fab&Cement, CEMIII/A (o.b.v. CEM III/A 52,5 N)
Portlandcement CEM I	230 kg	0172-fab&Cement, CEM I (o.b.v. CEM I 52.5 R)
Waterbehoefte	150 kg	Tap water {RER} market group for Cut-off, U
Superplastificeerder (hulpstof)	3,0 kg	Plasticiser, for concrete, based on sulfonated melamine formaldehyde {GLO} market for Cut-off, U
Grind 4/16	900 kg	0193-fab&Grind (o.b.v. Gravel, round {RoW}) market for gravel, round Cut-off, U
Zand 0/4	850 kg	0168-fab&Zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand (o.b.v. Sand {GLO}) market for Cut-off, U
Totaal	2363 kg	0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363 kg / m3

In de opbouw van het betonmortel worden diverse processen toegepast waarvan de meeste (*market for*) al transport toegekend hebben voor fase A2 (transport tussen producenten). Voor de cementprocessen moeten nog transportbewegingen worden toegevoegd. Tabel 4 weergeeft de toegepaste transport processen voor de cementprocessen.

Tabel 4. Transport naar producent (A2), voor cement

Materiaal	Transportafstand (km)	Tonkilometer (tkm)	Uitgangspunt afstand	Referentieproces NMD processendatabase (A2)
Hoogovencement CEM III / A 52.5	100	23 (0,23*100)	Hoogovens, Nederland	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U)
Portlandcement CEM I 52.5	300	69 (0,23*300)	Gemiddelde, Duitsland (o.b.v. bekende productielocaties zoals Heidelberg, Geseke & Lengerich)	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U)

Tabel 5 weergeeft welke energie- en brandstof input nodig is voor het produceren van het betonmortel. De hoeveelheden genoemd in tabel 5 zijn per m3 beton.

Tabel 5. Productie betonmortel (A3) per m3 beton

Proces	Hoeveelheid / m3 beton	Eenheid	Referentieproces NMD processendatabase (A3)
Elektriciteit	3,63	kWh	Electricity, medium voltage {NL} market for Cut-off, U
Diesel	4,43	MJ	Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U
Aardgas	4,96	MJ	Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} market for heat, district or industrial, natural gas Cut-off, U

Data en uitgangspunten voor tabel 4 en 5 zijn gebaseerd op de volgende bron: SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018, en aangepast op basis van de context van deze studie.

Voor het voorspanstaal van de ligger wordt gerekend met 80 kg / m3 beton, voor het wapeningstaal B500B met 100 kg / m3 beton. Voor het wapening- en voorspanstaal wordt uitgegaan van het volgende proces: 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO}) | market for | Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair).

Voor hergebruikte liggers zal fase A1-A3 '0' bedragen ofwel, het materiaal komt 'vrij van impact' het systeem in.

3.2 Transport naar de bouwplaats (A4)

Voor het transport van de prefab ligger naar de bouwplaats wordt rekening gehouden met 150 km transport op basis van de forfaitaire waarde van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (NMD, Maart 2022).

Voor de hergebruikte liggers bij Brug Oling 5 is sprake van een totale transportafstand van 25 kilometer.

3.3 Constructiefase: aanleg, bouw- en installatieproces (A5)

Voor het plaatsen van de prefab railbalk liggers wordt een hydraulische kraan gebruikt. Het dieselverbruik voor de kraan is gebaseerd op data uit een eerder uitgewerkt LCA rapport van SGS Search voor het plaatsen van prefab liggers (SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018). Het verbruik van de hydraulische kraan wordt vastgesteld op 3 liter diesel per m3 beton. Het NMD proces dat gehanteerd wordt voor de verbranding van diesel is 0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}| processing | Cut-off, U). Voor de prefab liggers wordt volgens de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.1 (Maart 2022) standaard 3% installatieverlies gerekend.

3.4 Gebruik en onderhoud (B1-B7)

Niet meegenomen

3.5 Sloopfase (C1)

Niet meegenomen

3.6 Transport naar afvalverwerking (C2)

Niet meegenomen

3.7 Einde levensduur (C3, C4 en D)

Niet meegenomen



Kwaliteitsonderzoek

Levensduur

De prefab railbalk ligger heeft een levensduur van 100 jaar.

Tabel 6 bevat een volledige decompositie van een prefab railbalk ligger ingevuld met overspanning 18m1. In hoofdstuk 4 Resultaten, wordt de totale CO₂ uitstoot berekend van het cumulatief van alle processen vermenigvuldigd met de aangewezen hoeveelheden per levenscyclusfase.

Tabel 6. Decompositie van prefab beton liggers: Railbalk, per ligger – overspanning 18 meter.

Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productiefase– Beton ligger	A1-A3	0483-fab&Betonmortel C60/75 (o.b.v. 50% CEM III/A 52.5 en 50% CEM I 52.5), 2363 kg / m3	NMD 3.5	7,230	m3	Profiel voor C60/75 opgesteld door RHDHV o.b.v. expert input R.Vergoossen, 2021 en data uit de volgende bron: SGS Search Consultancy, Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems, 2018. Zie tabel 3, 4 en 5.
Productiefase– Voorspanstaal ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.5	0,578	ton	Voorspanstaal Y1860S7 80 kg / m3 betonmortel
Productiefase– Wapeningstaal Ligger	A1-A3	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.5	0,723	ton	Wapeningstaal B500B 100 kg / m3 betonmortel
Hergebruikte ligger (alternatief)	A1-A3	'Vrij van impact' uit hergebruik Viaduct Europaweg	-	7,230	m3	100% hergebruikt
Transport naar bouwplaats - ligger	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD 3.5	2758,88	tkm	150km
Hergebruikte ligger (alternatief)	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U) (NMD 3.0).	NMD3.5	459,65	tkm	25 km
Constructie – Hydraulische kraan (ligger)	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	NMD 3.5	21,69	Liter	3 L diesel / m3 beton

4 Levenscyclusanalyse (LCA)

Op basis van de geïnventariseerde profielen is een berekening gemaakt van de totale CO₂-uitstoot van een railbalkligger uit nieuwe materialen en een railbalkligger 100% hergebruikt. In deze berekeningen zijn de volgende procedures toegepast:

- De berekeningen in deze zijn gemaakt volgens de eisen en richtlijnen van NEN-EN 15804 en de Bepalingsmethode Milieuprestaties Bouwwerken.
- De CO₂ uitstoot is berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804, namelijk de karakterisatiefactoren uit de CML-rekenmethode
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro 9.4
- Ecoinvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
- Ecoinvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (>100 jaar) emissies.

4.1 Resultaten

Tabel 7 weergeeft de totale CO₂ uitstoot van een standaard railbalkligger met overspanning 18m1, een hergebruikte railbalkligger met overspanning 18m1 en wat het totale verschil is per ligger. Vervolgens wordt de totale CO₂ uitstoot en besparing berekend van het project *Brug Oling 5*.

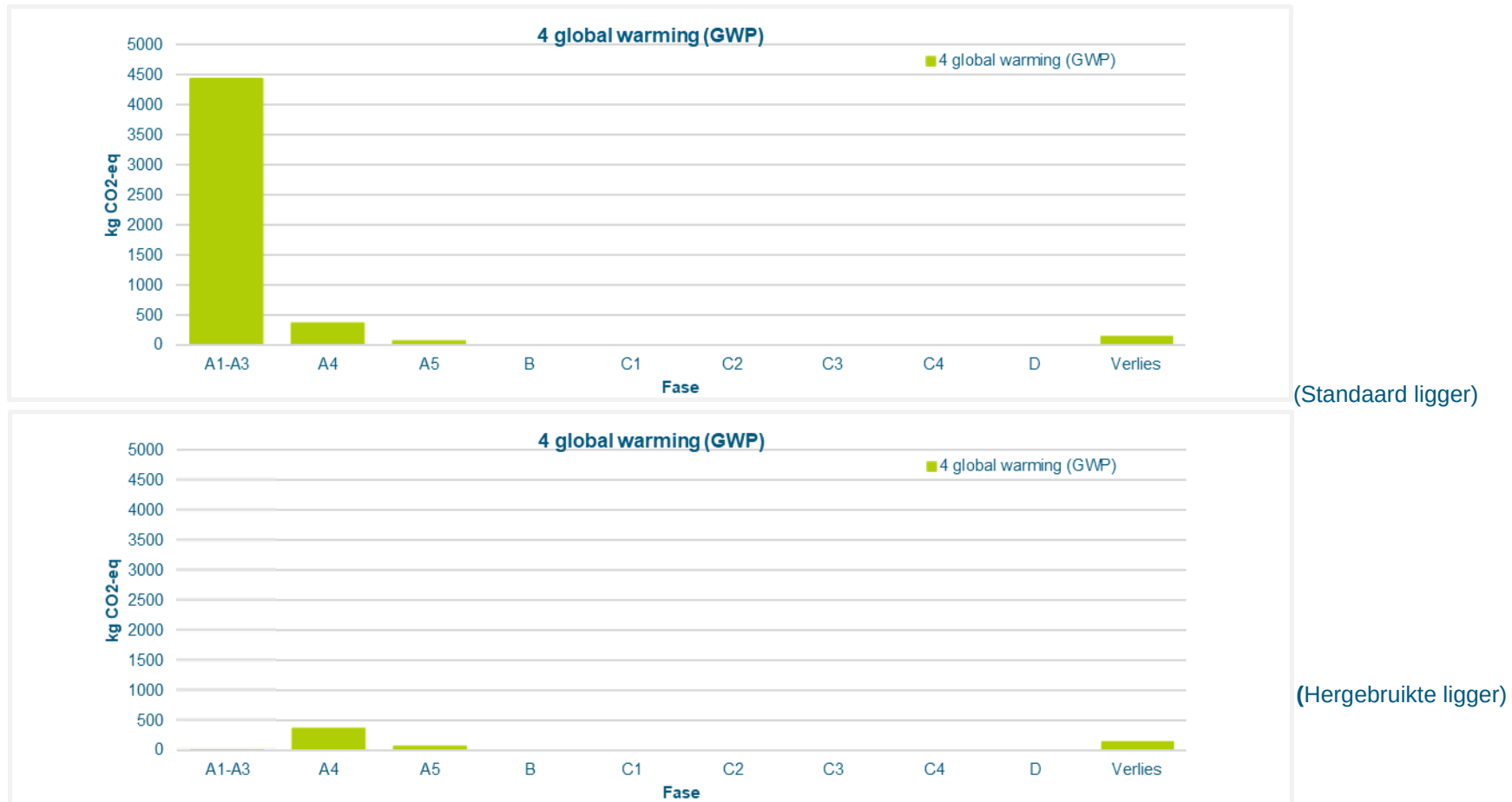
Tabel 7. Totale CO₂ uitstoot per ligger, standaard en hergebruikt, overspanning 18m1.

Milieueffecten	Railbalkligger, Standaard Overspanning (m1), 1 stuk	Railbalkligger, Hergebruikt Overspanning (m1), 1 stuk	Besparing per stuk	
Impact categorie	18 m1	18 m1	%	Eenheid
Klimaatverandering (Global Warming Potential)	5013	267	95%	kg CO2 eq

Met 7 hergebruikte liggers is **de totale CO₂ besparing** van de liggers voor het Brug Oling 5 project:

$$\rightarrow 7 * (5013 - 267) = \mathbf{33,22 \text{ ton CO}_{2eq} \text{ in fase A1-A5.}}$$

De impact bij hergebruikte liggers zit in het transporteren en aanbrengen van de liggers en is in totaal 267 kg CO₂-eq. De besparing komt doordat bij hergebruik geen nieuw beton en wapeningstaal nodig is – wat normaliter voor 95% van de totale klimaatimpact van prefab beton liggers zorgt. Ter vergelijking 33 ton CO₂ bedraagt <1% van de totale CO₂ uitstoot van RHDHV in 2022 (~13.000 ton CO₂).



Figuur 1. CO₂ uitstoot per levenscyclusfase van een standaard ligger en hergebruikte ligger

De impact van omgekeerde t-liggers ligt geconcentreerd in fase A1-A3, winning van materialen en productie tot object.

5 Conclusie

Op basis van de resultaten uit paragraaf 4 kan geconcludeerd worden dat hergebruik van grote betonobjecten zoals prefab beton liggers voor grote CO₂ besparingen kan zorgen, namelijk 95% van de totale impact over fase A1-A5 bij omgekeerde t-liggers. De potentie voor CO₂ besparing bij brugprojecten in het algemeen en in de toekomst is van grote proportie. RHDHV heeft aangetoond dat hergebruik mogelijk is door de kwaliteit van de liggers vooraf te toetsen en adviseert gemeenten om vergelijkbare kansen te benutten om haar areaal uitstoot te verlagen en laag te houden.

In een vervolgstudie adviseert RHDHV om het gehele werk van een brugproject in de ontwerpfase al in totale hoeveelheden CO₂-uitstoot uit te drukken zodat voor elk aspect van het project over duurzame opties nagedacht kunnen worden. In een vervolgstudie kan ook nog de besparing van de hergebruikte oplegblokken, stootplaten, buispalen en damwanden berekend worden. Dit zal naar verwachting nog significant zijn op het totaal, maar relatief klein zijn vergeleken met de liggers (verwachting). Verder zal het verduurzamen van het brugdek nog een lastig vraagstuk kunnen vormen aangezien deze zeer specifiek is qua omvang en enkel in delen uit hergebruik van diverse projecten moet komen (verwachting, schatting). De totale uitstoot van de liggers in compleet perspectief met de druklaag biedt ook nog kans voor uitbreiding van de ketenanalyse.



Metingen aan geogoste betonliggers

6 Referenties

- Cat 3 LCA Betonconstructies, ongetoetst, Betonmortels v1.3, 2019, SGS Search.
- Cat 3 LCA Betonitems, ongetoetst, prefab omgekeerde T-liggers en druklaag, 2020, SGS Search.
- Expert input, Betontechnologen Royal HaskoningDHV, 2021.
- GWW Prijzenboeken, Royal HaskoningDHV, 2021.
- [Gronings viaduct krijgt nieuw leven in brug 25 kilometer verderop \(cobouw.nl\)](https://www.cobouw.nl/nieuws/2021/05/25/gronings-viaduct-krijgt-nieuw-leven-in-brug-25-kilometer-verderop)