

CO₂-PRESTATIELADDER

Ketenanalyse cementgebonden mengsels voor de wegenbouw

Organisatie:	Willemen Infra
Contactpersoon:	Joris De Kesel
Adviseur:	Franky Van den Berghe
Adviesbureau:	Willemen Groep
Publicatiedatum:	17/10/2023
Update:	

Inhoudsopgave

1	Inleiding en verantwoording	3
1.1	ACTIVITEITEN WILLEMEN INFRA	3
1.2	WAT IS EEN KETENANALYSE	3
1.3	DOEL VAN DE KETENANALYSE	3
1.4	VERKLARING AMBITIENIVEAU	3
1.5	LEESWIJZER	4
2	Scope 3 & keuze ketenanalyses	5
2.1	SELECTIE KETENS VOOR ANALYSE	5
2.2	SCOPE KETENANALYSE	6
2.3	PRIMAIRE & SECUNDAIRE DATA	6
2.4	ALLOCATIE DATA	6
3	Identificeren van schakels in de keten	7
3.1	KETENSTAPPEN	7
3.1.1	Productie van grondstoffen (A1)	9
3.1.2	Transport van grondstoffen (A2)	9
3.1.3	Betonproductie (A3)	10
3.1.4	Transport naar de werf (A4)	10
3.1.5	Constructie (A5)	11
3.1.6	Gebruik en onderhoud (B)	11
3.1.7	Einde-levens-fase: slopen, verwijdering, recycling (C)	12
3.1.8	Lasten en lusten buiten de systeemgrenzen (D)	12
3.2	KETENPARTNERS	13
4	Kwantificeren van emissies	15
4.1	HOOFDTYPES BETONMENGSELS	15
4.2	GRONDSTOFFEN (A1)	15
4.2.1	Steenlag	16
4.2.2	Zand	16
4.2.3	Cement	17
4.2.4	Water	17
4.2.5	Additieven	18
4.3	TRANSPORT VAN GRONDSTOFFEN (A2)	18
4.4	PRODUCTIE BETON (A3)	18
4.5	TRANSPORT BETON (A4)	19
4.6	CONSTRUCTIE (AANLEG) VAN DE WEG (A5)	20
4.7	GEbruik EN ONDERHOUD (B)	20
4.8	END OF LIFE INCLUSIEF RECYCLING (C)	21
4.9	HERGEBRUIK BUITEN DE SYSTEEMGRENZEN (D)	21
4.10	OVERZICHT CO ₂ UITSTOOT IN DE KETEN	22
5	Reductiemogelijkheden	23
5.1	SCENARIO'S VOOR 2030 EN 2050	23
5.2	BAU-SCENARIO	23
5.3	KLIMAATNEUTRAAL SCENARIO	24
5.4	REDUCTIEMAATREGELEN IN SCOPE 1 EN 2	24
5.5	NIEUWE TECHNOLOGIËN EN TOEPASSEN VAN INNOVATIES	25
5.6	TECHNOLOGY READINESS LEVEL EN ONTWIKKELINGEN NIEUWE TECHNOLOGIEËN	26
5.7	CO ₂ REDUCTIEDOELSTELLING	26
5.8	REDUCTIEMAATREGELEN IN SCOPE 3	27
6	Aanbevelingen	28
7	Bronvermelding	29
8	Verklaring opstellen ketenanalyse	30

1 Inleiding en verantwoording

In het kader van het behalen van niveau 5 op de CO₂-Prestatieladder voert Willemen Infra een analyse uit van een GHG (Green House Gas) genererende keten. Dit document beschrijft de ketenanalyse van het toepassen van beton voor projecten.

1.1 Activiteiten Willemen Infra

Willemen Infra is onderdeel van de Willemen Groep en is een aannemingsmaatschappij voor algemene infrastructuurwerken: asfalt-, wegenis-, grond-, riolerings-, water-, bestratings-, slem-, gietasfalt- en bestrijdingswerken. Bijkomend omvat dit ook de productie, ontwerp en ontwikkeling van asfalt, betonproducten en recyclinggranulaten, werken van burgerlijke bouwkunde, betonherstellingen en onderhoud en herstelling van wegebouwmaterieel.

Inzake het aandeel in het totale zakencijfer hebben de asfaltwerken de grootste bijdrage: ongeveer 40% van de omzet der werken van Willemen Infra wordt gegenereerd door asfaltwerken. Betonwerken hebben een bijdrage van 15%.

1.2 Wat is een ketenanalyse

Een ketenanalyse houdt in dat van een bepaald product of dienst de CO₂-uitstoot wordt berekend 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.

1.3 Doel van de ketenanalyse

De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van deze ketenanalyse is het identificeren van CO₂-reductiekansen, het definiëren van reductiedoelstellingen.

Op basis van het inzicht in alle emissies blootgelegd via de ketenanalyse wordt een reductiedoelstelling geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd wordt actief gestuurd op het reduceren van de energie-gerelateerde 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. Willemen Infra zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.

1.4 Verklaring ambitieniveau

Willemen Infra is onderdeel van de Willemen Groep en sinds eind 2021 in het bezit van een certificaat op de CO₂-Prestatieladder(niveau 4). Daarnaast is Willemen Infra en de Willemen Groep als geheel zich bewust van de noodzaak haar bedrijfsvoering te verbeteren en pakt daarom ook pilots met nieuwe systemen op.

Een pilot is een (geheel of gedeeltelijke) test van een voorgestelde oplossing die we op kleine schaal uitvoeren om zo de effecten van die oplossing beter te begrijpen. Bovendien kunnen we, door te leren van de pilot, de oplossing op grote schaal effectiever implementeren. Deze pilots gaan over het onderzoek naar het maximaal toepassen van recyclagemateriaal waardoor minder primaire grondstoffen nodig zijn, een pilot rond alternatieve bindmiddelen (cementtypes met lagere CO₂ of cementvervangers) tot het toepassen van alternatieve energiebronnen die minder CO₂-uitstoten. Een aantal van deze pilots volgen eerst een traject van onderzoek en ontwikkeling.

Willemen Infra ziet zichzelf als koploper in de sector.

1.5 Leeswijzer

In dit rapport presenteert Willemen Infra de ketenanalyse van cementgebonden mengsels voor wegenbouw

- Hoofdstuk 2: Scope 3 emissies & keuze ketenanalyse
- Hoofdstuk 3: Identificeren van schakels in de keten
- Hoofdstuk 4: Kwantificeren van de emissies
- Hoofdstuk 5: Reductiemogelijkheden
- Hoofdstuk 6: Bronvermelding

2 Scope 3 & keuze ketenanalyses

Voordat wordt bepaald welke ketenanalyse uitgevoerd wordt, maakt onderstaande lijst overzichtelijk welke de product-markt combinaties zijn waarop Willemen Infra de meeste invloed heeft om de CO₂-uitstoot te beperken.

- 1 Infrawerken overheid
- 2 Productie overheid
- 3 Infrawerken privaat
- 4 Infrawerken semi overheid
- 5 Productie privaat
- 6 Productie semi-overheid

De achterliggende berekeningen maken geen deel uit van deze ketenanalyse maar zijn terug te vinden in 4.A.1 Kwalitatieve Analyse van het CO₂ Managementsysteem van Willemen Infra, welke op aanvraag kan bekomen worden.

2.1 Selectie ketens voor analyse

Door middel van een kwalitatieve scope 3 analyse is bepaald welke product-markt combinaties voor Willemen Infra relevant zijn en waar mogelijkheden om invloed uit te oefenen en besparingen te realiseren kunnen liggen. Conform de voorschriften van de CO₂-Prestatieladder 3.1 zal uit de top 2 een combinatie gekozen moet worden en uit de top zes een tweede combinatie om een ketenanalyse over op te stellen.

Uit de analyse blijkt dat de productie van asfalt en cementgebonden mengsels voor wegebouw voor Willemen Infra in deze combinaties de belangrijkste activiteit zijn. De productie van dit materiaal kost zeer veel energie en veroorzaakt daardoor veel CO₂-uitstoot. De product-markt combinatie 'Infrawerken – privaat' is de interessantste combinatie, aangezien hier nog enige vrijheid in toe te passen materialen is, in tegenstelling tot de combinatie 'Infrawerken – Overheid', waar vanwege strikte besteisen geen mogelijkheden tot alternatieven gevonden kunnen worden.

Door Willemen Infra werd gekozen om één ketenanalyse te maken van een product uit de combinatie 'Infrawerken overheid'. Het onderwerp asfalt bevat zowel de inkoop van grondstoffen omvatten alsook de productie en transport, waardoor de belangrijkste activiteiten binnen de combinatie worden geanalyseerd.

Een tweede ketenanalyse is geschreven over het onderwerp gasolie diesel. Dit onderwerp is van toepassing op alle product-markt combinaties en gaat verder in op de leveranciers en het verbruik van onderaannemers en de potentiële reductie daarvan. Bij deze ketenanalyse werd in 2022 geen aantoonbare verbetering meer vastgesteld en waardoor we in 2023 een nieuwe analyse over een andere keten van emissies hebben opgemaakt.

Deze en derde ketenanalyse wordt geschreven over cementgebonden mengsels voor de wegebouw (toegepast in fundering, verharding, lineaire elementen). Dit onderwerp is van toepassing op alle product-markt combinaties en gaat ook verder in op de inkoop van grondstoffen en omvat de productie en transport en de verwerking, gebruik, sloop en afvalverwerking.

2.2 Scope ketenanalyse

In deze ketenanalyse wordt de productie en toepassing van cementgebonden mengsels voor wegenbouw beschreven. Daarbij is aan de hand van de hoeveelheid grondstoffen ingekocht en de productie door Willemen Infra in 2022 en werd een berekening gemaakt van de hoeveelheid CO₂ die hierbij in de keten is vrijgekomen. Daarbij zijn grotendeels ook gegevens van de leveranciers en onderaannemers gebruikt, met name voor transportafstanden. Voor de productie en plaatsing van cementgebonden mengsels voor wegenbouw zijn eigen data gebruikt uit de eigen scope 1 en 2 analyse.

2.3 Primaire & Secundaire data

In deze ketenanalyse wordt voornamelijk gebruik gemaakt van primaire data aangeleverd door Willemen Infra. Daarnaast is gebruik gemaakt van bepaalde secundaire data afkomstig van diverse literatuurbronnen en onderzoeken over betonproductie; deze worden telkens specifiek vermeld.

VERDELING PRIMAIRE EN SECUNDAIRE DATA	
Primaire data	Hoeveelheden vloeibaar en aardvochtig beton Eigen verbruiken gas, elektra, brandstoffen scope 1&2 Transport van grondstoffen Afstand vanaf centrales naar projecten (gemiddelde)
Secundaire data	Winning van grondstoffen en productie van cement Verwerking in project, verbruik van machines Breken van beton

Tabel 1: Verdeling primaire en secundaire data

2.4 Allocatie data

Er wordt geen gebruik gemaakt van allocatie van data.

3 Identificeren van schakels in de keten

De bedrijfsactiviteiten van Willemen Infra zijn onderdeel van een keten van activiteiten. Zo moeten materialen die worden ingekocht eerst geproduceerd worden (upstream) en gaat het transporteren, gebruik en verwerken van opgeleverde "producten" of "werken" ook gepaard met energiegebruik en emissies (downstream).

Cementgebonden mengsels in het algemeen en beton in het bijzonder bestaan in verschillende soorten en samenstellingen. Ze worden alle geproduceerd in de eigen "betoncentrales" (of aangekocht bij externe producenten). Bij Willemen Infra wordt een onderscheid gemaakt tussen volgende types beton:

- Vloeibare beton (met een hoge cementdosering) ook wel natte of "rijke" beton genoemd (TRA 50 en TRA 550)
- Aardvochtig beton (met een lage cementdosering) of "magere beton" genoemd (TRA 21 of op samenstelling)

Beide types beton worden door Willemen Infra hoofdzakelijk gebruikt voor wegenwerken en wordt hierdoor in deze analyse verder wegenisbeton genoemd.

De wapening of staal is niet inbegrepen in het product dat de betoncentrale verlaat, maar maakt wel onderdeel uit van de (uitgeharde) betonconstructie.

Deze wapening die in de verschillende toepassingen gebruikt wordt, is in deze ketenanalyse niet in detail meegenomen. Volgens de ketenanalyse beton bij Franki Construct bedraagt het aandeel van de **wapening 1.92 ton CO₂ per ton staal** of gewapend beton heeft een CO₂ emissie van **180 kg CO₂/ton beton of 385 kg CO₂/m³ beton**.

Het betontype (en ook de hoeveelheid) wordt doorgaans voorgeschreven door de opdrachtgever in het bestek. Er lijkt een trend zichtbaar te worden waarbij de aannemer meer ontwerprijheid krijgt. Ook is het aandeel hergebruikt materiaal vaak een specificatie van de opdrachtgever.

3.1 Ketenstappen

Om ketenscenario's te ontwikkelen, is het noodzakelijk om de verschillende componenten van materiaalketens te analyseren. Dit wordt gedaan aan de hand van de EN:NEN 15804 norm, (NBN EN 15804:2012+A2:2019, addendum: /AC:2021) zie Figuur 2. Deze norm is bedoeld om milieuproductverklaringen (EPD's) op te stellen op basis van een levenscyclusanalyse (LCA, cf. norm ISO 14040-serie). Dit overzicht geeft bij een materiaalketen stap voor stap weer in verschillende levenscyclus stadia (product, constructie, gebruikersfase en end-of-life) en modules of fases (A1, A2, ...). Hoewel het systeem van de CO₂-prestatieladder en de GHG-protocollen een andere indeling van de keten definiëren (o.a. met scopes en upstream/downstream) dan de EN 15804, is diens opdeling in modules wel een interessante kapstok om een ketenanalyse op te bouwen.

Life cycle stages	Product			Construction		Use stage							End-of-life				Benefits and loads beyond the system boundary	
	A1	A2	A3	A4	A5	Related to the building fabric					Related to the building operation		C1	C2	C3	C4		
						B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7						
Modules	Raw material supply	Transport	Manufacturing	Transport	Construction	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Demolition	Transport	Waste processing	Disposal	D	
	Scenarios																	
Type of EPD	Cradle to Gate ¹	M	M	M														Reuse / Recovery / Recycling potential
	Cradle to Gate with option(s) ^{2,4}	M	M	M	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	Cradle to Grave ^{3,4}	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	O
Key	M mandatory			O optional														
Notes	¹ for a declared unit ² for a declared unit or functional unit ³ for a functional unit ⁴ Reference Service Life to be included only if all scenarios are included																	

Figuur 2: gebruikte levenscyclus methode (NBN EN 15804)

In de keten van beton zijn een aantal verschillende stappen te onderscheiden. We gebruiken in deze ketenanalyse de structuur gebaseerd op de NBN EN 15804.

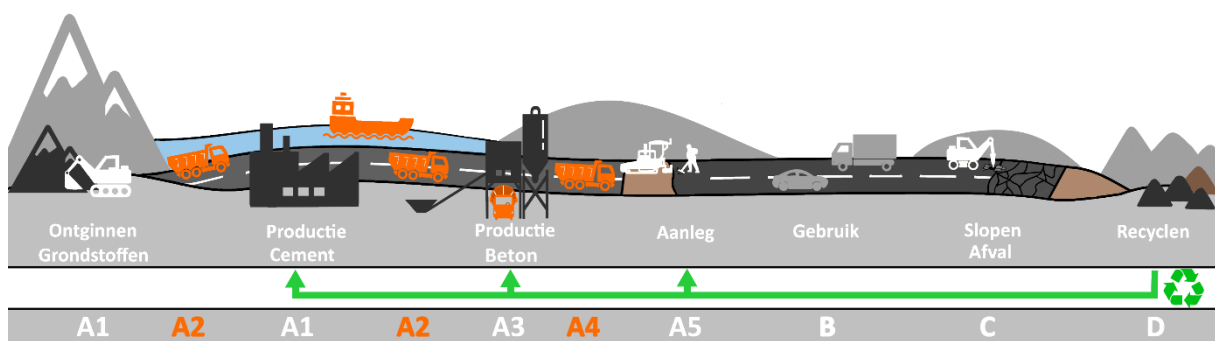
Willemen Infra is eigenaar van 4 betoncentrales: in Gent, Brugge, Schoten en Lummen. De keuze voor de centrale is afhankelijk van het type beton dat moet gebruikt worden (niet alle centrales maken alle typen of zijn BENOR gecertificeerd) en de locatie van waar het wegenisbeton dient te worden toegepast alsook de prijs.

De betoncentrales produceren vaak specifieke soorten beton, niet allemaal hetzelfde type. De betoncentrales werken meestal met vaste en lange termijncontracten voor grondstoffen.

Figuur 1 beschrijft de diverse fasen in de keten van wegenisbeton (de codes A1 ... D verwijzen naar de levensfasen in de LCA-methodiek).

Strikt gezien hoort module D niet bij het systeem, want het gaat om de "lasten en lusten buiten de systeemgrenzen" (EN 15804). Het recyclen van betonconstructies na de sloot tot betongranulaat is opgenomen in module C3.

Het betongranulaat dat vervolgens wordt gerecycleerd als een grondstof (ter vervanging van natuursteenslag) in een ander betonproduct (of in een fundering van wegen of in asfalt ...) geeft wel een voordeel maar die ligt bij een volgende levenscyclus (van een ander product), dus "buiten de systeemgrenzen".



Figuur 1: Ketenstappen wegenisbeton

1. De productie van grondstoffen: A1
2. De aanvoer van grondstoffen: A2
3. De productie van wegenisbeton in de centrale: A3
4. Transport naar projecten: A4
5. De aanleg (verwerking): A5
6. Gebruik tijdens de levensduur van betonwegen (onderhoud): B1-B7
7. Slopen en recycling van beton (afdanking) C1-C4 en D

3.1.1 Productie van grondstoffen (A1)

Wegenisbeton is een mengsel van zand, steenslag (inclusief eventueel recyclinggranulaat), cement en additieven. Cement zorgt voor de samenhang van het betonmengsel en bepaalt voor een groot deel de eigenschappen van het beton. Het zand en steenslag worden periodiek per schip of per as naar de betoncentrales aangevoerd. Bovendien wordt freesmateriaal ("oud" beton) gerecycled in nieuw beton. Gerecycleerd puin wordt daarom ook gezien als een belangrijke grondstof welke veelal per as vanaf de werklocatie naar de breekste of naar de betoncentrale wordt getransporteerd.

Voor de totale productie van cementgebonden mengsels voor de wegenbouw in de 4 centrales van Willemen Infra werden volgende grondstoffen (in massa-percentages) toegepast in 2022:

- Cement	8,5%
- Steenslag	15,9%
- Gerecycleerd puin	57,1%
- Zand	15,4%
- Water	3,0%
- Additieven	0,1%

De samenstelling van beton varieert afhankelijk van de specifieke toepassing en omgevingscondities waarvoor het wordt gebruikt. Typisch bestaat beton uit verschillende componenten, waaronder cement, grind, granulaten, zand, water en soms ook additieven. Het produceren van bepaalde componenten, vooral de productie van cement, vereist aanzienlijke hoeveelheden energie.

De invloed van grondstoffenproducenten op de uiteindelijke milieuprestaties van het beton dat ermee wordt geproduceerd is aanzienlijk. Zij hebben de mogelijkheid om de productielocatie (van de grondstoffen) te kiezen, hun energieverbruik te beheersen, verschillende energiebronnen te selecteren en te beslissen hoe grondstoffen en eventuele afvalstoffen worden getransporteerd en verwerkt. Bijvoorbeeld, cementproducenten kunnen ervoor kiezen om klinker te vervangen door alternatieve grondstoffen, restproducten of afvalstoffen in hun productieprocessen.

Dergelijke keuzes hebben een belangrijke impact op de duurzaamheid en milieuvriendelijkheid van betonproductie. Door innovatieve en milieuvriendelijke productiemethoden te omarmen, kunnen grondstoffenproducenten bijdragen aan het verminderen van de ecologische voetafdruk van beton en de bouwsector als geheel. Het streven naar duurzamere betonproductie is van groot belang om de milieu-impact te verminderen en een positieve bijdrage te leveren aan de transitie naar een meer milieuvriendelijke bouwsector.

3.1.2 Transport van grondstoffen (A2)

Grondstoffen worden meestal per schip, maar ook wel per as aangevoerd naar de betoncentrale. Transportbedrijven spelen een cruciale rol in de distributiefase, waarbij ze verantwoordelijk zijn voor het vervoeren van verschillende materialen tussen de betrokken

partijen. Dit omvat het transport van grondstoffen van de producent naar onze betoncentrales.

Binnenvaart maakt gebruik van schepen die efficiënter zijn in het vervoeren van grote hoeveelheden goederen, waardoor de uitstoot per eenheid getransporteerde lading lager kan zijn dan bij wegtransport. Bovendien kunnen binnenvaartschepen vaak grotere afstanden afleggen met minder brandstofverbruik, wat bijdraagt aan een vermindering van het totale energieverbruik.

3.1.3 Betonproductie (A3)

Willemen Infra heeft voor deze ketenanalyse gewerkt met data uit 2022.

Ze heeft 4 eigen vaste betoncentrales (Brugge, Gent, Schoten en Lummen). De 2 mobiele betoncentrales (Oudsbergen en Mechelen) en de centrale Recybo (Beveren) worden in deze ketenanalyse niet meegenomen. Mobiele centrales zijn werfgebonden en worden telkens tijdelijk en op een andere locatie opgebouwd, samengesteld en aangesloten. De exploitatie van Recybo ligt niet bij Willemen infra en wordt beschouwd als een externe centrale.

De fabricage van de beton gebeurt in een betoncentrale. Dit is de productie-eenheid waar met de aangevoerde materialen betonspecie wordt gemaakt. Bij de productie van wegenisbeton worden de minerale grondstoffen gemengd.

Dit zijn scope 1 en 2 emissies voor Willemen Infra en omvat de CO₂-footprint van de betoncentrales. Hiervoor zijn de verbruikscijfers voor de energiebronnen (diesel, gas en elektriciteit) gebruikt en vermenigvuldigd met de relevante conversiefactoren (afkomstig van de website: www.CO2emissiefactoren.be of www.CO2emissiefactoren.nl).



Figuur 3: Principe van de lay-out van een betoncentrale (<https://grabcad.com/library/concrete-batching-plant-3>)

3.1.4 Transport naar de werf (A4)

Afhankelijk van het type wegenisbeton: vloeibaar beton of aardvochtig beton wordt deze door een vrachtwagen naar de werf vervoerd. Bij vloeibaar beton zijn dit betonmixers en bij aardvochtig beton zijn dit open vrachtwagens.

Voor het transport van beide types zet Willemen Infra eigen vrachtwagens in of doen ze beroep op derden. Bij het selecteren van een externe transporteur is het van essentieel belang om aandacht te besteden aan hun inzet voor duurzame transportmethoden en milieuvriendelijke praktijken. Een focus op leveranciers met relevante certificeringen en een duidelijk duurzaamheidsbeleid kan bijdragen aan het verminderen van de milieupact van den deze keten. Bovendien is het opstellen van een goed doordachte planning cruciaal voor brandstofreductie.

De mobiele betoncentrales zijn geplaatst op of naast de werflocatie op de locatie waar het beton nodig is. Bovendien is de afstand van deze centrales naar de bouwplaatsen waar ze leveren minimaal. Hierdoor wordt de impact van het transport van beton van mobiele centrales naar de werf in deze ketenanalyse beschouwd als verwaarloosbaar.

3.1.5 Constructie (A5)

Het aanleggen van een betonweg omvat verschillende stappen en vereist een zorgvuldig proces om een duurzame en goed functionerende weg te creëren. Hier zijn de typische stappen die betrokken zijn bij het aanleggen van een betonweg:

1. Voorbereiding van de ondergrond: De eerste stap is het voorbereiden van de ondergrond waarop het beton zal worden geplaatst. De ondergrond moet stabiel en stevig zijn om de duurzaamheid van de weg te waarborgen. Eventuele zwakke plekken moeten worden gecorrigeerd en het oppervlak moet worden geëgaliseerd.
2. Bekisting plaatsen: Om het beton in de gewenste vorm te houden, worden houten of metalen bekistingen rond de perimeter van de weg geplaatst. Deze bekisting fungeert als een mal en helpt het beton in de juiste vorm te houden terwijl het uithardt.
3. Wapening: In sommige gevallen wordt er wapeningsstaal in de betonmix geplaatst om de sterkte van de weg te vergroten. Het wapeningsstaal helpt scheuren in het beton te voorkomen en verbetert de algemene structurele integriteit van de weg.
4. Beton storten: Nadat de voorbereiding is voltooid, wordt het beton in de bekisting gestort. Het beton wordt zorgvuldig genivelleerd en gelijkmatig verdeeld over het oppervlak van de weg.
5. Uitvlakken en afwerken: Het beton wordt met behulp van speciale gereedschappen gladgestreken en uitgevlakt om een gelijkmatig oppervlak te creëren. Eventuele oneffenheden worden gecorrigeerd, en eventueel kunnen reliëfpatronen of antislipstructuren worden aangebracht, afhankelijk van de vereisten.
6. Uitharden: Nadat het beton is gestort en geëgaliseerd, moet het uitharden. Dit is een cruciale fase waarin het beton zijn sterkte krijgt. Het uithardingsproces kan enkele dagen tot weken duren, afhankelijk van het type beton en de omgevingsomstandigheden.
7. Openstelling voor verkeer: Zodra het beton volledig is uitgehard en voldoet aan de vereiste sterkte-eisen, kan de betonweg worden opengesteld voor verkeer.

3.1.6 Gebruik en onderhoud (B)

Tijdens de gebruiksfase van de weg slijt het beton waardoor oppervlakkig dan wel structureel onderhoud en reparatiewerkzaamheden of zelfs heraanleg noodzakelijk zijn. De levensduur is afhankelijk van het type beton, de verkeersdruk op de weg en de mate van agressiviteit van het weer. Hierover zijn geen nadere gegevens bekend. Hiervoor zouden bepaalde scenario's kunnen gebruikt en doorgerekend worden, maar dit gaat verder dan in dit document bedoeld wordt.

Het gebruik van de weg door gemotoriseerd verkeer (lichte en zware voertuigen met verbrandingsmotoren op fossiele brandstoffen) veroorzaakt ook broeikasgasemissies zoals CO₂. Hoewel deze in grootteorde heel belangrijk kunnen zijn ten opzichte van de emissies veroorzaakt door de bouw en sloop van de weginfrastructuur, laten we ze hier buiten beschouwing, omdat ze sterk bepaald worden door lokale situaties en scenario's inzake gebruik.

Afhankelijk van het soort gebruik, de intensiteit van het verkeer, weersinvloeden etc. kan het voorkomen dat de toplaag gebreken gaat vertonen. In de regel gaat een betonweg 30 tot 50 jaar mee.

Bepalende factoren voor de levensduur zijn: vermoeiing (bezwijken door langdurige en/of grote belasting), stroefheid (remweg), stijfheid in relatie tot de belasting en rafeling (materiaalverlies).

Wanneer schade erg lokaal is maar wel dusdanig van invloed is op de verkeersveiligheid kan er besloten worden om het wegdek (lokaal) te repareren. Dit gebeurt door de betonverharding lokaal in te zagen en op te breken, al dan niet in combinatie met de opbraak van de onderliggende fundering en/of sandwichlaag asfalt ingeval deze ook beschadigd is en te vervangen door een nieuwe betonverharding (al dan niet met een nieuwe fundering en/of sandwichlaag). Het vrijgekomen beton, bij reparatie of bij vervanging, wordt voor vrijwel honderd procent gerecycled door het bij de centrale bij te mengen in nieuw beton of in asfalt of als onderfundering.

3.1.7 Einde-levens-fase: slopen, verwijdering, recycling (C)

Het slopen en verwijderen van een betonweg is een complex proces dat zorgvuldige planning en uitvoering vereist. Hier zijn de belangrijkste stappen die betrokken zijn bij het slopen en verwijderen van een betonweg:

1. Veiligheidsmaatregelen: Voordat het sloopproces begint, moeten de juiste veiligheidsmaatregelen worden genomen. Dit omvat het afzetten van de werfzone, het plaatsen van waarschuwborden en het treffen van voorzorgsmaatregelen om de veiligheid van werknemers en voorbijgangers te waarborgen.
2. Verwijdering van bovenste lagen: De bovenste laag van het beton kan worden verwijderd met behulp van verschillende technieken, zoals frezen, hakken, breken of zagen. Hierdoor wordt het toegankelijk voor het verdere sloopproces.
3. Breken en verwijderen van beton: Het beton wordt meestal gebroken met behulp van pneumatische hamers of hydraulische breekhamers. Het gebroken beton wordt vervolgens uit de werfzone verwijderd met behulp van graafmachines of ander geschikt materieel.
4. Sorteren en recyclen. Na het verwijderen van het beton wordt het gesorteerd op basis van de kwaliteit en het type puin. Bruikbaar betonpuin kan worden gerecycled tot betongranulaat.
5. Afvoer van afval: Niet-recycleerbaar betonpuin en ander bouwafval worden afgevoerd naar erkende stortplaatsen of verwerkingsfaciliteiten die voldoen aan de wettelijke voorschriften en milieunormen.
6. Herstel van de site: Na het verwijderen van het beton en de afvoer van het afval, kan de site worden hersteld om te voldoen aan de vereiste specificaties. Dit omvat het egaliseren en verdichten van de grond om de voorbereiding voor nieuwe constructies mogelijk te maken.

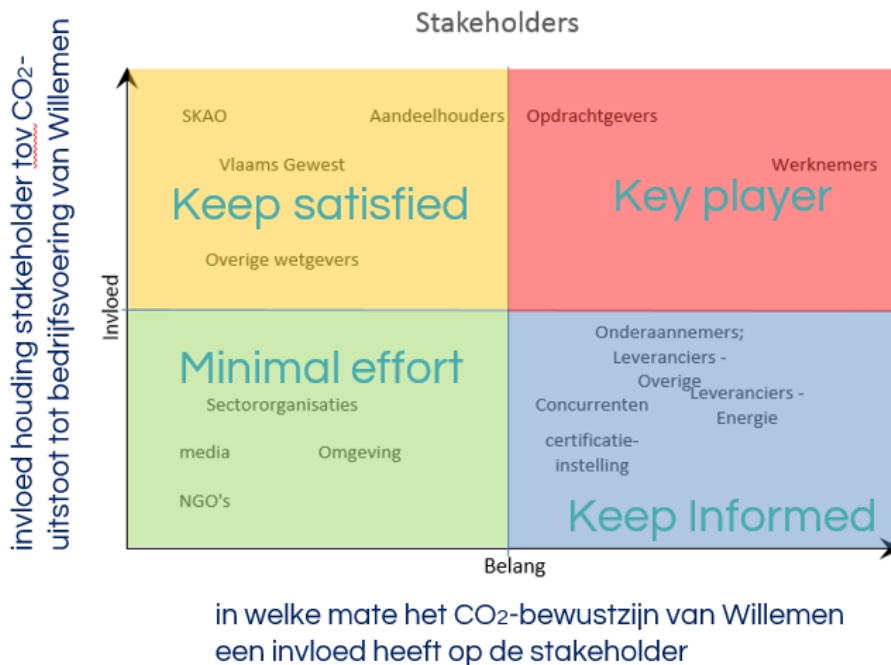
3.1.8 Lasten en lusten buiten de systeemgrenzen (D)

Bruikbaar betonpuin kan worden gerecycled tot (hoogwaardig) betongranulaat, en vervolgens hergebruikt als funderingsmateriaal voor nieuwe wegen (dit is dus in een ander product) of als granulaten voor betonproductie (dit is dus in een volgende "leven"). Het recyclen van betongranulaat in een nieuwe levenscyclus puin helpt de impact op het milieu te verminderen door het gebruik van nieuwe grondstoffen (die het vervangt) te vermijden.

Deze baten behoren echter niet meer tot de eigen levenscyclus van het beton maar bevinden zich in een volgende cyclus (de materialenkringloop wordt gesloten). Om die milieuwinst voor te stellen (die optreedt buiten het eigen systeem) wordt in een EPD-berekening (cf. EN 15804) dit voordeel weergegeven met een negatief cijfer (het is geen milieu-impact maar een milieuvoordeel). Dit cijfer is louter informatief, het mag niet meegerekend (afgetrokken) worden bij de andere modules.

3.2 Ketenpartners

De belangrijkste ketenpartners zijn de opdrachtgevers zoals de overheden, leveranciers van de grondstoffen, transporteurs, onderaannemers en sectororganisaties en gaat dus om meerdere partners van Willemen Infra. Deze uitgebreide lijst wordt in detail beschreven in het communicatieplan van Willemen Infra waarbij op basis van hun invloed en belang ook de frequentie, inhoud en vorm van de communicatie bepaald werd.



Figuur 4: Stakeholdersanalyse Willemen

Levenscyclusfase	Cat	Categorieën	Ketenpartners betonketen
Productie	A1	grondstoffen voor productie van beton	grondstofproducenten, wetgever
	A2	aanvoer van grondstoffen	transporteurs, wetgever
	A3	productie van wegenisbeton in de centrale	betoncentrales, wetgever
Constructie	A4	transport naar projecten	transporteurs van prefabstukken, stortklaar beton, wetgever
	A5	constructie of aanleg van de betonweg	aannemers, betonleverancier, wetgever
Gebruik	B1	gebruik	wegeigenaar, overheden, particulieren
	B2	onderhoud	wegeigenaar, overheden, particulieren
	B3	herstellingen	aannemers, wetgever
	B4	vervangingen	aannemers, wetgever
	B5	vernieuwingen	aannemers, wetgever
	B6	operationeel energieverbruik	energie-producenten; wegeigenaar, overheden, particulieren, wetgever
	B7	operationeel watergebruik	water-producenten; wegeigenaar, overheden, particulieren, wetgever
Einde levensfase	C1	afbraak	wegeigenaar, sloper, overheden
	C2	transport	aannemer, transporteurs, afvalophaler, wetgever
	C3	afval-behandeling	aannemer, afvalstoffenverwerker, wetgever
	C4	verwijdering	uitbater, afvalstoffenverwijderaar, wetgever
Buiten de systeemgrenzen	D	hergebruiks-, recuperatie-, recyclagepotentieel	aannemer, afvalstoffenverwerker, wetgever, beton- en of prefab producenten voor hergebruik recycleerde granulaten

Tabel 2 Overzicht ketenpartners per categorie

4 Kwantificeren van emissies

Op basis van de beschrijving van de keten zoals weergegeven in hoofdstuk 3 is per ketenstap bepaald hoeveel CO₂ wordt uitgestoten tijdens de diverse fasen van de keten. Elke paragraaf beschrijft een onderdeel van de keten en de bijbehorende CO₂-uitstoot.

4.1 Hoofdtypes betonmengsels

Willemen Infra past 2 verschillende betonmengsels toe (vloeibare en aardvochtige beton). Deze zijn verder op te splitsen in 4 types:

Aardvochtige mengsels (hydraulisch gebonden mengsels van korrelige materialen):

- Op samenstelling;
- TRA 21 hydraulisch gebonden mengsels voor wegfunderingen.

Vloeibare mengsels:

- TRA 50 wegenisbeton;
- TRA 550 stortklaar beton.

De declared unit is in volume (m³ beton). De gemiddelde dichtheid 2.14 kg/m³ komt van van de 2 grote betontypes x het marktaandeel. met rijk beton 2.350 kg/m³ en funderingsmengsels 2.000 kg/m³).

De productie van deze vloeibare en aardvochtige mengsels voor 2022 in de verschillende centrales zijn in tabel 2 hieronder weergegeven.

2022 centrale	Totale productie		per type			
	m ³	ton	aardvochtig (m ³)	vloeibaar beton (m ³)	aardvochtig (ton)	vloeibaar beton (ton)
Brugge	64504	138039	45659	18845	91318	44286
Lummen	32849	70298	11080	21770	22160	51158
Schoten	32104	68703	29537	2568	59074	6034
Gent	86481	185069	55681	30800	111362	72380
	215939	462109	141957	73982	283913	173858

Tabel 3: Productie cementgebonden mengsels in 2022

4.2 Grondstoffen (A1)

2022	Grondstoffen vaste betoncentrales						
	Brugge	Lummen	Schoten	Gent	Totaal	EF	Emissies
	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	(ton)	ton CO ₂ eq/ ton	(ton CO ₂ eq)
Cement	9.464	9.607	4.018	15.702	38.791		18.551
CEM I	24			52	76	0,770	59
CEM III A	9.440	9.607	4.018	15.083	38.148	0,480	18.311
CEM III B				567	567	0,320	181
Steenslag	15.602	24.799	2.446	29.804	72.651	0,0043	312
primaire steenslag	15.602	24.799	2.446	29.799	72.646		
secundaire steenslag (staalslak)				5	5		

Recycling-granulaten	90.608	19.386	51.394	99.592	260.980	0,0016	418
<i>betonggranulaat</i>	36.724	11.776	28.432	33.303	110.235		
<i>hoogwaardig betonggranulaat</i>	265			2.308	2.573		
<i>gerecycleerd zeefgranulaat</i>	18.389	7.610	19.200	15.055	60.254		
<i>asfaltgranulaat</i>	3.473		3.745	3.067	10.285		
<i>menggranulaat</i>	29.364		17	41.218	70.599		
<i>ander gerecycleerd puin</i>	2.393			4.641	7.034		
Zand	16.430	19.481	4.743	29.939	70.593	0,0027	191
<i>betonzand (zeezand)</i>	8.816			16.186	25.002		
<i>natuurzanden (rivierzand)</i>	7.614	19.481	4.719	13.741	45.555		
<i>primair breeksand (uit groeve)</i>				12	12		
<i>secundair zand (na bewerking zoals reiniging,...)</i>			24		24		
Water	3.712	2.905	1.313	5.649	13.579	0,0001	1
(Super)plast	58	55	6	103	222	1,53	340
Overige additieven	30	73	3	44	150	1,53	230
Totaal	135.904	76.306	63.923	180.833	456.966		19.122
Cement			40,60	kgCO ₂ /ton	86,88	kgCO ₂ /m ³	
Andere grondstoffen			1,25	kgCO ₂ /ton	2,67	kgCO ₂ /m ³	
Totaal grondstoffen			41,85	kgCO ₂ /ton	89,55	kgCO ₂ /m ³	

Tabel 4: Tonnage grondstoffen en emissies voor beton van eigen betoncentrales in grondstoffase

4.2.1 Steenslag

Deze centrales van Willemen Infra maken hoofdzakelijk gebruik van de steenslagsoorten zandsteen, kalksteen en graniet. Winning gebeurt met dynamiet waarna de stenen zoveel mogelijk op vrij verval naar de brekers worden gebracht waar het tot een grove fractie wordt gebroken. De steenslag wordt vanuit de groeves naar de betoncentrales getransporteerd. De gemiddelde emissiefactor voor steenslag (exclusief transport) komt neer op 4,35 kg CO₂/ton-steenslag (bron: rapport Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw – Federatie van groeves in België).

Naast nieuw gedolven steenslag wordt veel gebruik gemaakt van gerecycleerde steenslag of puin. Het effect van het gebruik hiervan is uiteraard meegenomen in de ketenanalyse. Recyclinggranulaat heeft een gemiddelde emissiefactor van 1,5 kg CO₂/ton (bron: rapport Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw - BA 32111/3558).

4.2.2 Zand

Het gebruikte zand in beton kan worden omschreven als een mineraal aggregaat met een korrelafmeting tussen de 2 mm en 0.063 mm (63 µm). In de centrales van Willemen Infra wordt voor de gebruikte mengsels gebruik gemaakt van zowel natuurlijk zand (baggeractiviteiten) als van brekerzand beide uit diverse locaties (zowel uit groeves in België als buitenland (bronnen: rapport Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw BA 32111/3558) en onderzoeksrapport van OCW met ref: BA33441/3489 alsook primaire gegevens ontvangen van de leverancier uit LCA studies. Voor de zandproductie komen we zo op een gemiddelde emissiefactor 2.7 kg CO₂/ton.

4.2.3 Cement

De voornaamste oorzaak van de milieu-impact van beton is het gebruik van cement, dat maar liefst 95% van de klimaatimpact van het betonmateriaal bepaalt. Cement is verkrijgbaar in verschillende soorten, zoals CEM I, CEM II, CEM III en CEM V, afhankelijk van de exacte samenstelling en toevoegingen. Welk type cement gebruikt, is o.a. afhankelijk van de technische vereisten van het betonmengsel en de omgevingsomstandigheden. De meest voorkomende typen cement die worden gebruikt bij de productie van wegenisbeton zijn:

- **Portlandcement:** Dit is type cement wordt vaak gebruikt in wegenisbeton. Het is een hydraulisch bindmiddel dat vooral bestaat uit Portlandcementklinker, die wordt geproduceerd door kalksteen en klei te vermalen en te verhitten tot hoge temperaturen in een cementoven. Portlandcement is verkrijgbaar in verschillende sterkteklassen aangeduid met een cijfer gerelateerd aan de druksterkte van een genormaliseerde betonmortel (32,5 / 42,5 / 52,5), afhankelijk van de exacte samenstelling en toevoegingen. Dit type cement biedt een goede duurzaamheid en sterkte voor de meeste toepassingen van wegenisbeton. Dit type cement heeft een korte bindings- en verhardingstijd, waardoor het vooral geschikt is voor toepassingen waar een snelle sterkte-ontwikkeling van belang is, zoals in prefabbetonproducten die om rendementsredenen snel moeten ontkist worden.
- **Hoogovenslakcement:** Bij dit type cement wordt een deel van de klinker vervangen door hoogovenslak (een restproduct uit de ijzer- en staalindustrie waar in een hoogoven ijzererts wordt gereduceerd met cokes). Hoogovenslakcement heeft een lagere CO₂-uitstoot dan Portlandcement, waardoor het een milieuvriendelijker alternatief is. Het wordt vaak gebruikt voor milieubewuste toepassingen en infrastructuurprojecten waar duurzaamheid belangrijk is. De bindings- en verhardingstijd is iets langzamer waardoor de tijdsspanne voor verwerking minder gehaast wordt.
- **Vliegascement:** Vliegascement wordt geproduceerd door fijngemalen vliegasc toe te voegen aan het Portlandcementmengsel. Vliegasc is een restproduct van de verbranding van steenkool in elektriciteitscentrales. Dit type cement verbetert de duurzaamheid en het uithardingsgedrag van het beton en vermindert het risico op scheuren.

De keuze voor het type cement hangt af van verschillende factoren, waaronder de technische vereisten van de wegenisbetonconstructie, de beschikbaarheid van cementtypes, milieuvriendelijke overwegingen en de regelgeving voor betontoepassingen in een specifieke regio. Het is belangrijk om het meest geschikte type cement te selecteren om een duurzame en hoogwaardige wegenisbetonconstructie te garanderen.

De gebruikte emissiefactoren komen uit de EPD's van CCB (A1-A3).

4.2.4 Water

Op de verharde terreinen wordt het regenwater opgevangen in een waterbuffer. Dit opgevangen water heeft als primaire bestemming en prioritair als aanmaakwater voor beton gebruikt.

We streven ernaar om het gebruik van water uit boorputten zoveel mogelijk te vermijden. Het spoelwater dat vrijkomt bij het reinigen van zowel de betoncentrale als bij de betonmixer vrachtwagens wordt zorgvuldig verzameld en vervolgens opnieuw ingezet in het productieproces, specifiek als aanmaakwater voor het beton. Een belangrijk aandachtspunt is dat er geen lozing van afvalwater plaatsvindt.

Uit het onderzoeksrapport van OCW met ref: BA33441/3489 werd aanbevolen om voor het gebruikte water te werken met een emissiefactor van 0,1 kg CO₂-equivalent per ton water.

4.2.5 Additieven

De volumefractie van additieven is minder dan 0,1% van het totale volume. Over additieven is zeer weinig milieu-informatie te vinden en worden hierdoor in deze analyse niet meegenomen. In de toekomst zouden we ons hierop wel willen focussen omwille van de gezondheidsrisico's en energie-intensieve productiemethodes.

4.3 Transport van grondstoffen (A2)

Stenslag komt per zeescheepvaart uit Noorwegen naar de Antwerpse haven waar het verder wordt gebroken tot fijne stenslag en wordt overgeslagen op een binnenvaartschip. Per binnenvaartschip komt het vervolgens aan in de centrales. Zand gewonnen in Nederland of België gaat direct per binnenvaart naar de centrales.

Additieven worden in België of buurlanden geproduceerd en worden per vrachtwagen getransporteerd.

Grondstof	Transportmiddel	gemiddelde transportafstand km (enkele rit)	Emissiefactor (kg CO ₂ eq per ton.km)	ton CO ₂
Cement	Vrachtwagen	83	0,088	284
Stenslag	Zeevaart	0	0,022	0
	Binnenvaart	51	0,031	115
	Vrachtwagen	57	0,088	364
Gerecycleerd puin	Zeevaart	0	0,022	0
	Binnenvaart	0	0,031	0
	Vrachtwagen	0	0,088	0
Zand	Zeevaart	0	0,022	0
	Binnenvaart	101	0,031	220
	Vrachtwagen	1	0,088	5
Water	geen	0	0	0
(Super)plast	Vrachtwagen	0	0,088	0
Overige additieven	Vrachtwagen	100	0,088	1
Totaal	2,14 kgCO ₂ /ton 4,58 kg CO₂/m³			989

Tabel 5: Uitstoot geassocieerd met de aanvoer van grondstoffen voor de productie van beton.

De transportafstanden (over water en over land) zijn in tabel 5 weergegeven. Er zijn geen praktijkgegevens beschikbaar over de gemiddelde beladinggraden dus zijn de emissiefactoren van de Ladder gebruikt. Voor afstand van recyclinggranulaten tot de centrale is uitgegaan van een gemiddelde transportafstand van 0 km gezien de recyclingcentra van Willemen infra op het zelfde terrein liggen als de betoncentrales. Transportafstanden van puin naar de recyclingcentra en emissies wegens andere onderdelen van de sloopfase worden behandeld in deel C1-C4.

Op basis van de hoeveelheden en de transportafstanden komt de gemiddelde CO₂ uitstoot door transport van grondstoffen voor een ton betonmengsel uit op 2,14 kg CO₂-equivalent; omgerekend naar kubieke meter beton komt dit in totaal gemiddeld uit op 2,14x2,14 = **4,58 kg CO₂/m³** beton.

4.4 Productie beton (A3)

Het productieproces vindt plaats in de betoncentrale. De CO₂-uitstoot van betonproductie is hoofdzakelijk afkomstig van het elektriciteitsverbruik van de betoncentrale en het dieselverbruik door het inzetten van machines zoals een mobiele kraan of wiellader.

Aangezien er in alle vaste betoncentrales groene Belgische stroom gebruikt wordt gecertificeerde "groene" Belgische stroom gebruikt wordt (uit hernieuwbare bronnen zoals via windturbines, zonnepanelen of waterkrachtcentrales), is deze emissiefactor ten gevolge van het elektriciteitsverbruik = 0.

Energie	Hoeveelheid in 2022	Eenheid	Emissie-factor (ton CO ₂ eq per eenheid)	Ton CO ₂ (ton CO ₂ eq)	
Elektriciteit	421.251	MWh	0	0	groene Belgische elektriciteit
Stookolie/diesel	116.194	liter	0,0033	383	wiellader, mobiele kraan
Totaal				383	= 1,65 kg CO₂/m³

Tabel 6: Overzicht energieverbruik betonproductie

Gemiddeld is bij Willemen Infra in 2022 de emissiefactor voor het productieproces 1,65 kg CO₂/m³ voor de cementgebonden mengsels.

4.5 Transport beton (A4)

Voor de CO₂ emissies ten gevolge van betontransport is aanvullend op de ketenanalyse gekeken naar het stationair draaien op het werk en bij centrale en de retourlogistiek. Daarbij zijn de specifieke transportafstanden voor de belangrijkste betonmengsels ook benaderd op basis van gegevens uit de praktijk.

Product	Gewicht (ton)	Transport-afstand (enkel) (km)	emissiefactor (ton km)	Totaal (ton CO ₂ eq)	
Aardvochtig beton, geproduceerd in de vaste betoncentrales	283.913	30	0,088	750	
Vloeibaar beton, geproduceerd in de vaste betoncentrales	173.858	20	0,256	890	
Totaal	457.771			1640	= 3,55 kgCO ₂ /ton

Tabel 7: Uitstoot geassocieerd met het transport van beton naar werven

In de tabel 7 is een overzicht opgenomen van de ingezette transportvoertuigen door de transporteur, het specifieke brandstofverbruik en de gemiddelde beladingsgraad. De specifieke emissiefactoren (kg CO₂/tkm) van de voor Willemen Infra ingezette mixers of vrachtwagens is berekend op basis van het brandstofverbruik (km/liter), de gemiddelde beladingsgraad (ton) en de emissiefactor voor diesel (3,2 kg CO₂/liter - <https://www.CO2emissiefactoren.be/>). Voor het brandstofgebruik en beladingsgraad per vrachtwagen hebben we ons gebaseerd op data van Vandamme Madoe, het transportbedrijf binnen de groep bij Willemen Infra.

Echter, omdat deze afstanden zeer afhankelijk zijn van de projectlocatie van dat moment is gekozen om een gemiddelde afstand van 30 km (enkele reis) aan te nemen voor aardvochtig beton en 20 km (enkele reis) voor stortbeton. Het is praktisch onmogelijk om daarbij ook het onderscheid van transportafstanden bij de verschillende centrales mee te nemen.

De gemiddelde specifieke belading per vrachtwagen rekenen we met 29,5 ton/wagen voor aardvochtig beton en vrachtwagen 10-20 ton voor stortbeton met betonmixer (bron: goederenvervoer op www.CO2emissiefactoren.be).

Op basis van de transportafstanden is de gemiddelde CO₂ uitstoot van het transport per m³ beton uitgerekend. Dit komt neer op **7,59 kg CO₂/m³** beton.

4.6 Constructie (aanleg) van de weg (A5)

Op basis van de opgegeven brandstofverbruikscijfers van de machines en voertuigen, gekoppeld aan een 9-urige werkdag, zijn onderstaande verbruikscijfers en CO₂-uitstoot per ploeg per dag bepaald.

aardvochtig beton	66%	kg CO ₂ /dag	m ³ /werkdag	kgCO ₂ /m ³
MACHINES	st			
kraan/bull	1	331		
wals	1	132		
Camionette 4+1	2	65		
		529	640	0,8

vloeibaar beton	34%	kg CO ₂ /dag	m ³ /werkdag	kgCO ₂ /m ³
MACHINES	st			
slipvorm	1	229		
Camionette 4+1	4	130		
		360	160	2,5

Specifieke CO₂-emissievoor aanleg: $0,8 \times 66\% + 2,5 \times 34\% = \mathbf{1,4 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3}$.

Deze waarde is exclusief graafwerken, fundering, plaatsen wapening, boordstenen en riolering.

4.7 Gebruik en onderhoud (B)

In de literatuur vinden we weinig of geen concrete gegevens terug over de gebruiks- en onderhoudsfase van een betonweg.

Beton vertoont vrijwel geen behoefte aan onderhoud gedurende de gebruiksfase, waardoor dit aspect als verwaarloosbaar wordt beschouwd bij het beoordelen van de totale milieupact. Tijdens de gebruiksfase van een betonweg wordt echter wel rekening gehouden met energieverbruik en emissies, voornamelijk veroorzaakt door verkeer en gerelateerde activiteiten.

Het is van belang op te merken dat het gebruik van beton invloed kan hebben op de gebruiksfase van bouwwerken, maar dat de emissies die worden gegenereerd door het gebruik van een weg niet volledig aan het beton kunnen worden toegeschreven. Dit komt

doordat betonnen wegconstructies bijvoorbeeld geen invloed hebben op de hoeveelheid verkeer die er gebruik van maakt, noch op de brandstofefficiëntie van de vervoersmiddelen die eroverheen rijden. Hierdoor wordt de CO₂-uitstoot van deze ketenfase buiten beschouwing gelaten.

Deze fase wordt later nog verder uitgewerkt met behulp van eigen data uit onderhoudsprojecten.

4.8 End of life inclusief recycling (C)

Het verwijderen van een betonweg gebeurt door "beuken" en "opbreken met de kraan". Afhankelijk van het project kunnen verschillende types sloopmaterieel worden ingezet. Deze activiteiten worden hoofdzakelijk door onderaannemers uitgevoerd.

Het frees-en afbraakmateriaal wordt afhankelijk van de situatie onmiddellijk afgevoerd naar de recyclingcentrale of tijdelijk opgeslagen op een project om nadien af te voeren naar de recyclingcentra voor hergebruik.

Voor de recyclingactiviteiten wordt het transport van het uitgebroken materiaal naar de recyclingcentrales in rekening gebracht, alsook het breken van het betonpuin naar de juiste kalibers voor het betongranulaat.

Voor de berekening van het aantal CO₂/m³ beton werd met literatuurgegevens gewerkt met 25,8 kg CO₂/m³ (bron: Belgische EPD-studie van Fedbeton over stortklaar beton (2021)).

module	omschrijving	kg CO ₂ -eq. /m ³ beton
C1	deconstructie en sloop	9,2
C2	transport van het sloopafval naar de puinbewerkingsinstallatie	12,5
C3	afvalverwerking tot recyclinggranulaat	3,3
C4	stortplaats	0,7
	Totaal C1-C4	25,8

Tabel 8: Overzicht C1-C4 uit Belgische EPD-studie van Fedbeton over stortklaar beton

Dit cijfer bevat ook het onderdeel dat verbonden is met het produceren van het betongranulaat (C1-C3), en hier moeten we erover waken dat dit niet dubbel geteld wordt, aangezien deze milieu-impact (CO₂-emissie) reeds is aangerekend in de module A1 voor het deel van de grondstoffen die bestaan uit betongranulaat. De hiervoor in deze ketenanalyse gebruikte emissiefactor (zie module A1, recyclinggranulaten) van 0,0016 ton CO₂eq/ton recyclinggranulaat of $0.0016 \times 2.14 = 3,42$ kg CO₂/m³ (ongeveer 95 % recycleerbaar) mag hier dus als negatieve waarde vanaf getrokken worden. Per kubieke meter beton gaat dit over ($57\% \text{ recyclinggranulaat} / \text{m}^3 \text{ beton} \times 95\% \text{ recycleerbaar} \times 3,42$ kg CO₂/m³ beton = 1.85 kgCO₂/ m³ beton.

Hiervoor komen we op een gecorrigeerde waarde voor C van $25.75 - 1,85 = \mathbf{23,9 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3}$

4.9 Hergebruik buiten de systeemgrenzen (D)

Het hergebruik buiten de systeemgrenzen wordt in deze ketenanalyse niet meegenomen gezien dit geen deel uitmaakt van deze ketenanalyse. Het voordeel maar die ligt bij een volgende levenscyclus (van een ander product) en wordt dus "buiten de systeemgrenzen" beschouwd.

4.10 Overzicht CO₂ uitstoot in de keten

Tabel 9 geeft een overzicht van de gemiddelde emissiefactoren per m³ beton in de verschillende fase van de levensduur van de betonweg.

CO ₂ -uitstoot betonketen per fase	Emissies (kg CO ₂ eq)/ m ³ beton	%	Scope
Grondstoffenfase (A1) cement	86,88	67,52%	scope 3
Grondstoffenfase (A1) (excl. cement)	2,67	2,08%	scope 3
Aanvoer grondstoffen (A2)	4,58	3,56%	scope 3
Productiefase (A3)	1,65	1,28%	scope 1 en 2
Distributie beton (A4)	7,59	5,90%	scope 1 en 3
Constructiefase (A5)	1,40	1,09%	scope 1, 2 en 3
Gebruiksfase (B)	0,00	0,00%	scope 3
Sloopfase en recycling (C)	23,90	18,57%	scope 1 en 3
Hergebruik buiten de systeemgrenzen (D)	NVT	NVT	scope 3
Totaal	128,67		

Tabel 9: Overzicht CO₂ uitstoot in de keten

De CO₂ conversiefactoren en specifieke aannames voor de resultaten zijn terug te vinden in het rekenblad ketenanalyse cementgebonden mengsels voor wegenbouw .

5 Reductiemogelijkheden

Het plan van aanpak omtrent reductiemaatregelen is samengesteld op basis van de input van medewerkers, opdrachtgevers, keteninitiatieven, energieaudits en andere belanghebbenden. De maatregelen hebben een (in)directe invloed op de energiestromen van Willemen Infra en daarmee op de CO₂-emissies. Daarnaast worden de analyseresultaten geëvalueerd door de verantwoordelijke voor de CO₂-prestatieladder binnen Willemen Infra. Tenslotte publiceert de SKAO ook ieder jaar een lijst met reductiemaatregelen, die vergelijkbare bedrijven reeds hebben geïmplementeerd, als hulpmiddel. Al deze input resulteert in het plan van aanpak, dat volgens Willemen Infra de potentie heeft om de jaarlijkse CO₂-doelstellingen te behalen. Mocht bij de jaarlijkse voortgangsrapportage blijken dat er bijsturing vereist is om de doelen te behalen, zal Willemen Infra het plan van aanpak aanpassen.

5.1 Scenario's voor 2030 en 2050

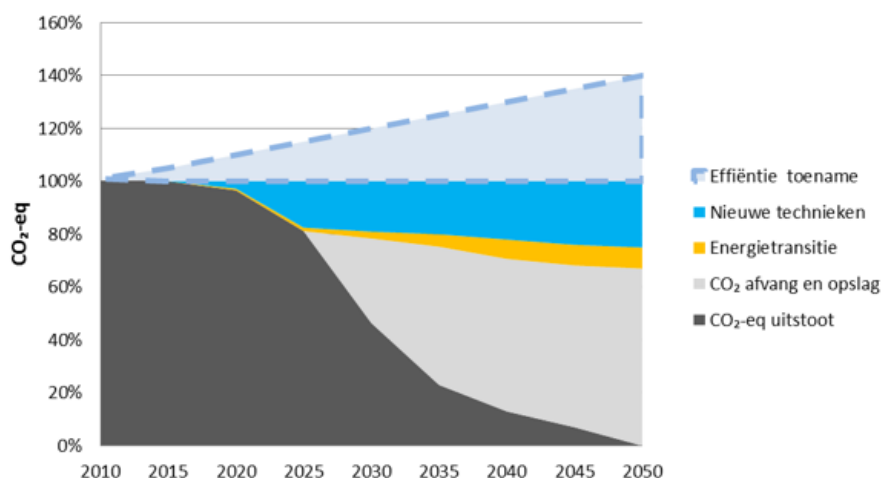
In dit scenario-onderzoek betekent de term "klimaatneutraal" netto geen CO₂-emissies. Er zal gewerkt worden volgens het Trias Energetica (TE) principe, waarbij gekeken wordt naar onderstaande volgorde (Korbee 1979):

1. Energiebesparing: Reduceer de energievraag voor een bepaalde service tot het minimum dat nodig is om die service van energie te voorzien.
2. Verduurzaming: Maak de energievoorziening zoveel mogelijk hernieuwbaar en, waar mogelijk, gebruik lokale bronnen als eerste
3. Schoon fossiel: Maak de resterende energievraag naar traditionele energiebronnen zo schoon mogelijk

Afvang en opslag of compensatie van CO₂ emissies wordt als 'last resort' gezien. In eerste instantie zal er worden gestreefd naar een 'low carbon' infrasector, door in eerste instantie zoveel mogelijk energie te besparen en de uitstoot van CO₂ te beperken (stap 1 van de TE) en daarbij ook zoveel mogelijk hernieuwbare energiebronnen te gebruiken (stap 2 van de TE).

5.2 BAU-scenario

Hierbij weerspiegelt het BAU-scenario de verwachtingen zoals die nu zijn in de Nederlandse bouw (Business As Usual scenario (bron: TU Delft, SKAO" Op weg naar een klimaatneutrale infrasector in Nederland, 2018)).

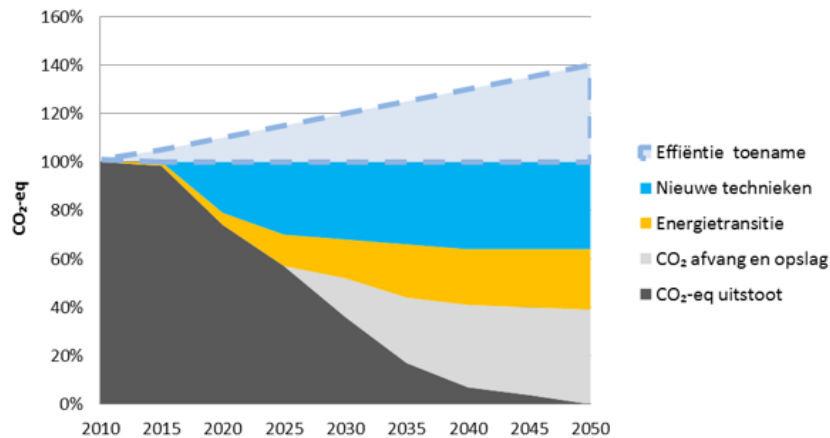


Figuur 6: BAU-scenario beton

Nieuwe technologieën kunnen in dit scenario leiden tot een 25% CO₂-reductie in 2050, met een aanzienlijke toename tussen 2022 en 2025. Duurzamere energie en elektriciteit kunnen de CO₂-uitstoot in de betonketen met 8% verminderen in 2050 t.o.v. 2010. De resterende emissies zullen moeten verminderd worden door ze op te slagen met (nog te ontwikkelen) CCS*-technieken, waardoor de betonketen mogelijk klimaatneutraal kan zijn in 2050 volgens het BAU-scenario.

5.3 Klimaatneutraal scenario

Het Klimaatneutraal scenario laat zien wat mogelijk is als er maximaal wordt ingezet op klimaatneutraliteit in de infrasector.



Figuur 7: Klimaatneutraal scenario beton

Figuur 7 toont een 35% CO₂-reductie in 2050 door de toepassing van nieuwe technologieën in dit scenario (zoveel CO₂-eq). Dankzij de aanname van een snellere technologische ontwikkeling is er al in 2023 aanzienlijke reductie mogelijk.

Het gebruik van duurzamere energie en elektriciteit kan leiden tot een 25% lagere CO₂-uitstoot in de betonketen in 2050 ten opzichte van 2010.

De overige emissies zullen in dit scenario in principe worden opgeslagen met meerdere soorten CCS* en CCU* technieken. Door deze combinatie van maatregelen kan de betonketen ook klimaatneutraal worden in 2050 volgens dit scenario.

*CCS staat voor "Carbon Capture and Storage" en CCU staat voor "Carbon Capture and Utilization." Beide (nog te ontwikkelen) technologieën die gericht zijn op het verminderen van CO₂-uitstoot en het beheersen van koolstofdioxide in de atmosfeer.

5.4 Reductiemaatregelen in scope 1 en 2

Willemen Infra zet in op CO₂ emissiereductie voor de GHG genererende ketenactiviteit beton, in de periode van 2023-2026. Om reductiemogelijkheden in deze keten te bepalen hebben we voor alle stappen de CO₂ uitstoot berekend. Voor diverse stappen hebben wij de reductiemogelijkheden beschreven en aan het einde van het hoofdstuk wordt de reductiedoelstelling beschreven.

De energiebesparingsmogelijkheden voor deze ketenanalyse werden hierbij afgetoetst aan de BBT studies (Beste Beschikbare Technieken) en aangevuld met eigen reductiemogelijkheden. Deze werden bekomen door eigen inzichten of aangevuld met relevante reductiemogelijkheden welke beschreven staan in andere ketenanalyses over beton welke op de website van SKAO gepubliceerd werden. Aan elke maatregel werd een specifieke termijn en verantwoordelijke gekoppeld conform het PDCA principe.

De energiebesparingsmogelijkheden specifiek voor een betoncentrale zoals bij Willemen Infra zijn:

1. Efficiënte mengprocessen: Het optimaliseren van het mengproces van beton door het gebruik van geavanceerde mixers en controlemechanismen kan het energieverbruik verminderen.
2. Gebruik van hernieuwbare energie: Het overgaan naar het gebruik van hernieuwbare energiebronnen, zoals zonnepanelen of windturbines, kan de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen verminderen en zo de CO₂-uitstoot verlagen.
3. Optimalisatie van logistiek: Het optimaliseren van het transport van grondstoffen en eindproducten kan het brandstofverbruik verminderen en de efficiëntie van de betoncentrale vergroten.
4. Energiebeheersystemen: Het gebruik van geavanceerde energiebeheersystemen kan helpen bij het monitoren en regelen van het energieverbruik in de betoncentrale.
5. Recyclage en hergebruik van water: Het hergebruiken van water in de betoncentrale kan het totale water- en energieverbruik verminderen.

Voor de betonwerven worden volgende CO₂ reducerende maatregelen toegepast:

1. Eco-driving stimuleren om brandstofverbruik en CO₂-uitstoot te verminderen.
2. Inzetten van hybride kranen en stroomgroepen voor energiebesparing in de betonketen.
3. Gebruik van milieuvriendelijkere brandstoffen, zoals biodiesel, HVO en waterstof, om de ecologische voetafdruk te verkleinen.
4. Beperken van stationair draaien van machines om onnodig brandstofverbruik te voorkomen.
5. Elektrificatie van klein materieel

Door deze energiebesparingsmogelijkheden te implementeren, kan Willemen Infra haar ecologische voetafdruk verminderen (scope 1 en 2) en zo bijdragen aan een meer duurzame betonproductie.

5.5 Nieuwe technologieën en toepassen van innovaties

Hieronder wordt een selectie van nieuwe technologieën en ontwikkelingen beschreven die kunnen bijdragen aan de reductie van CO₂:

Het grootste deel van de CO₂-uitstoot in de betonindustrie komt voornamelijk voort uit de cementproductie. Deze emissies ontstaan vooral door het verbranden van brandstoffen en het decarbonatieproces, dat in de cementoven plaatsvindt bij het produceren van klinker vanuit een mengsel van kalksteen, mergel, leem en ijzerhoudende grondstoffen. Het decarbonatieproces gebeurt in een oven die wordt verhit tot maar liefst 2000 graden Celsius, terwijl de sintering plaatsvindt bij 1450 graden Celsius. Vanwege de CO₂-uitstoot tijdens dit proces is het niet haalbaar om een klimaatneutrale cementproductie te bereiken door simpelweg over te schakelen naar hernieuwbare energiebronnen. Om de cementproductie echt klimaatneutraal te maken, is CO₂-afvang of -vastlegging de enige optie.

Het is uitdagend om de energiebehoefte van de cementovens volledig te vervangen door niet-fossiele brandstoffen. Hoewel biomassa al samen met fossiele brandstoffen wordt gebruikt, is het moeilijk om met alternatieve bronnen dezelfde energievraag te evenaren. Nieuwe technologieën om CO₂-uitstoot te verminderen in de cementproductie richten zich vooral op de ontwikkeling van nieuwe cementsoorten die bestaan uit andere

mineralen of afvalstoffen uit andere industrieën (zoals hoogovenslak uit de ijzer- en staalindustrie). Een uitdaging daarbij is echter dat niet alle benodigde (secundaire)grondstoffen en mineralen in voldoende grote hoeveelheden beschikbaar zijn. Hierdoor is de kans klein dat dergelijke nieuwe cementsoorten de volledige huidige stroom aan cement kunnen vervangen.

In de end-of-life fase van de betonketen liggen mogelijkheden om beton en cement weer terug te brengen in de betonketen. De moeilijkheid bij beton is echter dat beton als materiaal op zichzelf moeilijk te recyclen is. De opties die er zijn om beton terug te brengen in de keten hebben voor en nadelen:

- Chemische recycling van beton en het hergebruiken van het oude cement erin als nieuw cement, bevindt zich nog in de experimentele onderzoeksfase, en het is onduidelijk of het op grote schaal toegepast kan worden in de infrastructuursector. Daarom is het niet waarschijnlijk dat dit op korte termijn grootschalig zal worden ingezet.
- Mechanische recycling, waarbij beton wordt vermalen, wordt wel toegepast, maar het recycleaat kan slechts deels worden gebruikt als vulmiddel en er blijft nog steeds een aanzienlijke vraag naar nieuw cement. De focus van betonrecycling en circulair bouwen ligt momenteel op demontabel bouwen. Dit betekent dat betonnen onderdelen tijdens de afbraakfase uit een bouwwerk moeten worden gehaald en kunnen dienen als onderdelen voor een nieuw werk. Het nadeel hiervan is dat constructies hierdoor minder specialistisch kunnen worden ontworpen, en de milieu-impact van deze afweging is nog niet volledig duidelijk. Een ander nadeel is dat het op dit moment niet goed kan worden ingeschat of demontabel gebouwde stukken in de toekomst nuttig kunnen worden hergebruikt.
- Een lager niveau van recycling betreft het mechanisch vermalen van betonnen onderdelen die kunnen worden hergebruikt als toeslagmateriaal bij de productie van nieuw beton. Hoewel dit beton als toeslagmateriaal wordt hergebruikt, neemt de waarde ervan af. Hoewel het gebruik van gerecycled beton als toeslagmateriaal de behoefte aan nieuw toeslagmateriaal vermindert, is er nog steeds cement nodig, waardoor de besparing beperkt is.
- Alternatieven voor toeslagmateriaal die CO₂ uit de lucht kunnen halen, zoals Olivijn en mineraal CO₂, bieden de mogelijkheid van dubbele winst doordat ze CO₂ kunnen vastleggen tijdens hun levensduur.
- Levensduur verlengende technologieën zoals self-healing concrete dragen tijdens de constructiefase niet direct bij aan CO₂-reductie. Afhankelijk van de levensduur van een betonnen constructie kan self-healing concrete echter wel zorgen voor 20 % minder onderhoud en daardoor energie- en materiaalbesparingen opleveren. Bovendien gaan betonnen constructies met self-healing concrete langer mee dan standaard bouwwerken. De besparing die self-healing concrete kan opleveren is sterk afhankelijk van de levensduur van de constructie.

5.6 Technology Readiness Level en ontwikkelingen nieuwe technologieën

Nieuwe technologieën voor de betonketen zijn in ontwikkeling. De Technology Readiness Level (TRL) is gebaseerd op de verwachting dat een nabijgelegen hoger niveau wordt bereikt in gemiddeld twee jaar, wat kan helpen de transitie naar klimaatneutraal te versnellen.

5.7 CO₂ reductiedoelstelling

Willemen Infra zet in op een CO₂ emissiereductie bij de keten van beton:

- 20% voor scope 1 en 2 met als referentiejaar 2019 en in de periode van 2020-2028;
- 5% voor scope 3 met als referentiejaar 2022 en in de periode van 2023-2028;

voor de GHG genererende ketenactiviteit "betonproductie". Voor de voortgang in CO₂ reductie verwijzen wij u naar het rapport 'CO₂ Reductieplan' consulteerbaar op de website van Willemen Infra.

Deze reductie wil Willemen Infra enerzijds realiseren door meer duurzaam beton te produceren en reductie van het transport bij de aanvoer van grondstoffen.

Ketendoelstelling:

Om de globale scope 3 doelstelling te bereiken wil Willemen Infra tegen 2028 het aandeel secundaire grondstoffen in de productie van beton verhogen tot 65%.

5.8 Reductiemaatregelen in scope 3

Aan de hand van onderstaande acties gaat Willemen infra deze CO₂ reductiedoelstelling in de keten (scope 3) toepassen:

- Inzet van gerecycleerde zand- en steenslagfracties (van eigen projecten en van derden) : Recycling van granulaten heeft minder impact dan ontginning via mijnbouw, maar kwaliteit van gerecycleerde granulaten moet worden gewaarborgd.
- Alternatieve grondstoffen toepassen: Stinox, spoorballast,...
- Alternatieve cementtypes: Duurzaam beton kan CO₂-impact reduceren. Willemen Infra kan duurzaam beton opnemen in offertes of kiezen voor beton met lagere CO₂-emissies.
- Toepassen van innovaties: circulair cement in het stortmengsel en het gebruik van self-healing beton met bacteriën (verlenging levensduur) proberen ingang te vinden in de dagelijkse praktijk als verdere andere duurzame oplossingen.
- Optimaliseren ontwerp: Voor DBFM-projecten kan Willemen Infra betonconstructies ontwerpen die minder materiaal vereisen dan het referentieontwerp van de klant.
- Promoten van duurzaam beton: De aankoop- en transportdiensten kunnen duurzame betonsoorten en milieuvriendelijker transport promoten door samen te werken met leveranciers en transportbedrijven.
- Transport: Het reduceren van CO₂-impact tijdens transport kan worden bereikt door inzicht te krijgen en eisen te stellen aan brandstof- en voertuigtypen.

6 Aanbevelingen

De belangrijkste bron van CO₂-emissies in de betonindustrie is ongetwijfeld de productie van cement. Er zijn echter nieuwe technologieën beschikbaar die kunnen bijdragen aan het verminderen van CO₂-emissies tijdens de cementproductie. Deze technologieën omvatten voornamelijk cementmengsels die gebaseerd zijn op alternatieve mineralen.

Wat betreft de mogelijkheden voor het recyclen van beton en cement, zijn de huidige opties nog beperkt. Er wordt echter onderzoek gedaan naar manieren om beton efficiënter te recyclen en hergebruiken.

Een andere benadering om de levensduur van beton te verlengen, is het ontwerpen van demontabele betonstukken, waarbij de materialen na gebruik gemakkelijk kunnen worden gedemonteerd en hergebruikt. Daarnaast zijn er technologieën zoals zelfhelend beton die kunnen bijdragen aan het verlengen van de levensduur van betonconstructies door kleine scheurtjes automatisch te repareren.

Al deze inspanningen zijn van groot belang om de milieu-impact van beton te verminderen en de duurzaamheid van de bouwsector te verbeteren. Het bevorderen van innovaties en duurzame praktijken in de betonindustrie is essentieel om een positieve bijdrage te leveren aan de strijd tegen klimaatverandering en het behoud van natuurlijke hulpbronnen.

Onderwerpen waar Willemen Infra op dit moment geen doelstelling voor formuleert, maar waar zij zich nog verder in gaat verdiepen is het werken aan innovaties en door het verder betrekken van ketenpartners.

7 Bronvermelding

BRON / DOCUMENT	KENMERK
Handboek CO ₂ -prestatieladder 3.1, 22 juni 2020	Stichting Klimaatvriendelijk Aanbesteden & Ondernemen
Corporate Accounting & Reporting standard	GHG-protocol, 2004
Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard	GHG-protocol, 2010a
Product Accounting & Reporting Standard	GHG-protocol, 2010b
Nederlandse norm Environmental management – Life Cycle assessment – Requirements and guidelines	NEN-EN-ISO 14044
Sustainability of construction works – Environmental Product Declarations – Core rules for the product category of construction products	NBN EN 15804:2012+A2:2019, addendum: /AC:2021
www.CO₂emissiefactoren.nl en www.CO₂emissiefactoren.be	Emissiefactoren CO ₂
Belgische EPD-studie over stortklaar beton	Fedbeton – VITO (2021)
Emissiefactoren additieven	https://www.cugla.nl/epd/ EPD - Environmental Product Declaration Plastificeerder & Superplastificeerder
Ketenanalyses beton	Website SKAO
Ketenanalyses Franki Construct	De Duurzame Adviseurs
Korbee 1979	Trias Energetica (TE) principe
Persartikel over zelfherstellend beton	https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2017/08/30/zelfherstellend-beton-voor-het-eerst-gebruikt-op-belgische-werf/
rapport Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW)	BA 032111/3558 en BA-033411/3489
SmartTrackers	Primaire data Willemen Infra - emissiefactoren
CO ₂ -reductieplan	Willemen Infra
CO ₂ -Managementplan	Willemen Infra
TU Delft, SKAO	Op weg naar een klimaatneutrale infrasector in Nederland, 2018
Stubeco	https://www.stubeco.nl/9-beknopte-betontechnologie.html
Principe-layout betoncentrale	(https://grabcad.com/library/concrete-batching-plant-3)
BBT-rapport over de betoncentrales	https://emis.vito.be/nl/bbt
Rapport 'CO ₂ Reductieplan'	Willemen Infra

Tabel 10: Referentielijst voor ketenanalyse het toepassen van beton voor projecten

De opbouw van dit document is gebaseerd op de Corporate Value Chain (Scope 3) Standaard. Daarnaast is, waar nodig, de methodiek van de Product Accounting & Reporting Standard aangehouden (zie de onderstaande tabel).


CORPORATE VALUE CHAIN (SCOPE 3) STANDARD	PRODUCT ACCOUNTING & REPORTING STANDARD	KETENANALYSE
H3. Business goals & Inventory design	H3. Business Goals	Hoofdstuk 1
H4. Overview of Scope 3 emissions	-	Hoofdstuk 2
H5. Setting the Boundary	H7. Boundary Setting	Hoofdstuk 3
H6. Collecting Data	H9. Collecting Data & Assessing Data Quality	Hoofdstuk 4
H7. Allocating Emissions	H8. Allocation	Hoofdstuk 2
H8. Accounting for Supplier Emissions	-	Onderdeel van implementatie van CO ₂ -Prestatieladder niveau 4
H9. Setting a reduction target	-	Hoofdstuk 5

Tabel 11: Theoretische norm en onderbouwing ketenanalyse beton

8 Verklaring opstellen ketenanalyse

Deze ketenanalyse is opgesteld door Franky Van den Berghe. De ketenanalyse is daarnaast gecontroleerd door verschillende collega's van Willemen Infra en bijgewerkt door Luc De Bock van OCW. Luc De Bock werd verder niet betrokken bij het opstellen van het CO₂-reductiebeleid van Willemen Infra, wat zijn onafhankelijkheid ten opzichte van het opstellen van de ketenanalyse waarborgt.

Voor akkoord getekend:

 <p>Franky Van den Berghe Duurzaamheidsmanager</p>	
---	--

Disclaimer & Colofon

Uitsluiting van juridische aansprakelijkheid

Hoewel de informatie in dit rapport afkomstig is van betrouwbare bronnen en exceptionele zorgvuldigheid is betracht tijdens het samenstellen van deze rapportage kan Willemen geen juridische aansprakelijkheid aanvaarden voor fouten, onnauwkeurigheden, ongeacht de oorzaak daarvan en voor schade als gevolg daarvan. De borging en uitvoering van de opgestelde beoogde doelen en maatregelen aanwezig in dit rapport liggen bij de verantwoordelijkheid van de opdrachtgever. Voor het niet behalen van doelen en/of het onjuist aanleveren van data door de opdrachtgever, kan Willemen niet aansprakelijk worden gesteld.

In geen enkel geval is Willemen, haar eigenaren en/of medewerkers aansprakelijk ten aanzien van indirecte, immateriële of gevolgschade met inbegrip van gedeerde winst of inkomsten en verlies van contracten of orders.

Bescherming intellectueel eigendom

Het auteursrecht op dit document berust bij Willemen Infra.

Vermenigvuldiging in wat voor vorm dan ook is alleen toegestaan door voorafgaande toestemming door Willemen Infra.

Ondertekening

Auteur:	Franky Van den Berghe
Update:	01/09/2023
Kenmerk:	Ketenanalyse cementgebonden mengsels voor de wegenbouw
Datum:	17-10-2023
Versie:	1
Verantwoordelijke manager:	Joris De Kesel