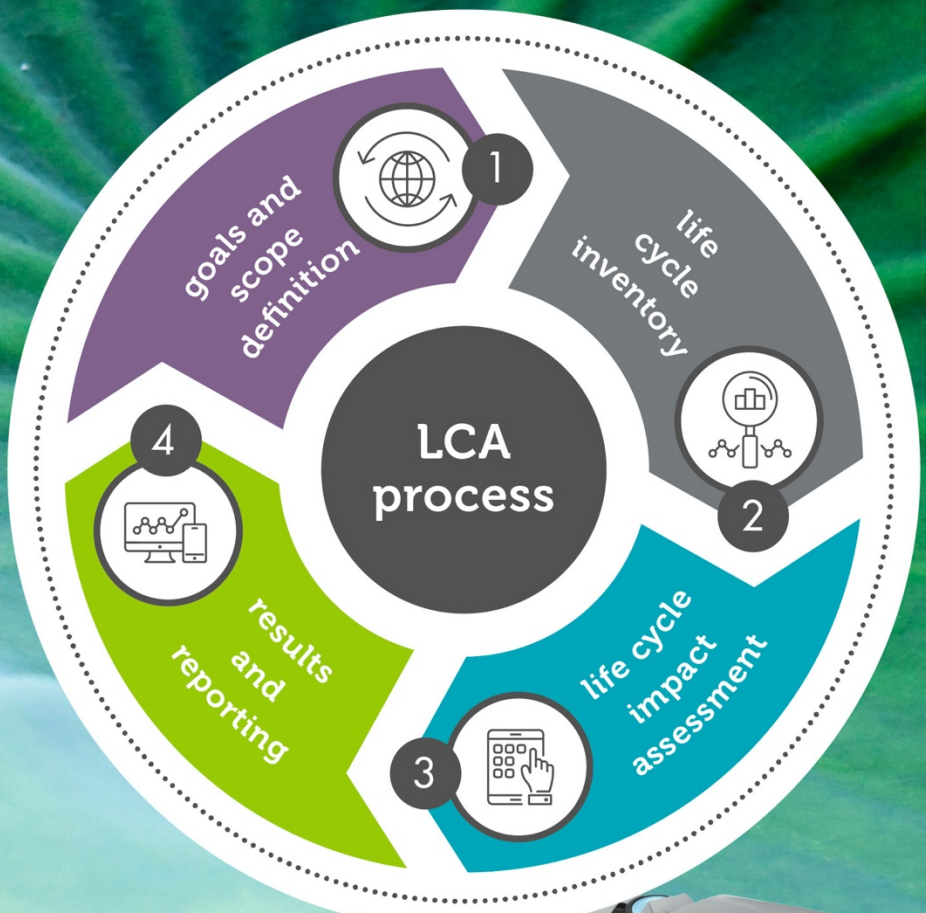
Firm of the Future

LCA: Asfaltverharding op de Pleijroute (2019)

Provincie Gelderland



Future Proof powered by Nature

Inhoudsopgave

..... 1

1. Introductie..... 4

1.1 CO_2-Prestatieladder 4

1.2 Doelstelling ketenanalyse 4

1.3 Leeswijzer.....5

2. Beschrijving van de keten 6

2.1 Bepaling relevante scope 3-emissiecategorieën 6

2.2 Keuze van het onderwerp 7

2.3 Projectbeschrijving.....7

2.4 Ketenmodel.....9

2.5 Scope ketenanalyse.....11

2.5.1 Uitsluitingen 12

2.6 Productbeschrijving.....12

2.6.1 Materiaal.....12

2.6.2 Materieel.....13

3. Ketenpartners 16

3.1 Definitie ketenpartner.....16

3.2 Ketenpartners 16

3.2.1 Provincie Gelderland.....17

3.2.2 De Jong Zuurmond & Dostal wegenbouw.....18

3.2.4 Dura Vermeer.....18

3.2.3 Van Gelder 18

3.3 Ketenpartners invloed per ketenfase 18

4. Kwantificering van emissies 20

4.1 Dataverzameling.....20

4.2 Primaire en secundaire data 20

4.3 Functionele eenheid.....21

4.4 Emissieberekeningen 21

4.4.1 Ketenfases A1 tot en met A3 plus C3 en C4: winning, transport en productie.....21

4.4.2 Ketenfase A4: transport van productielocatie naar projectlocatie.....22

4.4.3 Ketenfase A5: bouwfase: aanleggen nieuwe top-, tussen- en onderlaag.....22

4.4.4 Ketenfase C1: frezen oude top-, tussen- en onderlaag.....22

4.4.5 Ketenfase C2: transport gefreesd asfalt van projectlocatie naar verwerkingslocatie of productielocatie in geval van hergebruik.....23

4.4.6 Totaal 23

5. Resultaat 24

5.1 Totale emissie *24*

5.2 Transportemissie *25*

5.3 Reductiemogelijkheden *26*

5.4 Bio-geïnspireerde aanbevelingen *27*

5.4.1 Zelfhelend asfalt 27

5.4.2 Nanodeeltjes 27

5.4.3 Staalvezels & inductieverwarming 28

5.4.4 Het recyclen van het asfalt – met lage temperaturen 29

5.4.5 Olivijn 29

5.4.5 Lokaal betrokken en flexibel 29

6. Conclusie 30

6.1 Doel ketenanalyse *30*

6.2 Conclusie ketenanalyse *30*

Referenties 31

Bijlagen 32

Bijlage I. CO_2-uitstoot ketenfase A1-A3 per type asfalt *32*

Bijlage II. CO_2-uitstoot ketenfase A4 per asfaltcentrale *33*

Bijlage III. CO_2-uitstoot ketenfase A5 per type asfalt *34*

Bijlage IV. CO_2-uitstoot ketenfase C1 voor de 3 activiteiten, frezen, vegen en reinigen *35*

Bijlage V. CO_2-uitstoot ketenfase C2 per asfaltcentrale *36*

1. Introductie

De provincie Gelderland wil als organisatie in 2030 klimaatneutraal zijn. Een klimaatneutrale organisatie draagt actief bij aan het terugdringen van de opwarming van de aarde. Het uiteindelijke doel is het voorkomen van emissies die leiden tot een onaanvaardbaar niveau van broeikasgassen. De Omgevingsvisie Gaaf Gelderland is in 2018 opgesteld waarin de ambitie is opgenomen om in 2030 klimaatneutraal te zijn.

Als onderdeel van het duurzaamheidsbeleid wil de provincie Gelderland sturing geven aan het verminderen van CO_2-uitstoot. Uitgangspunt hierbij is om de komende jaren een aanzienlijke reductie (30% in 2030) te realiseren waardoor wordt bijgedragen aan het toekomstbeeld van een klimaatneutrale provincie.

De provincie Gelderland is een organisatie die veel werkt met aanbestedingen en daarbij gebruikmaakt van de CO_2-Prestatieladder. Bijvoorbeeld bij het uitbesteden van de aanleg van provinciale wegen. Sinds 2018 wordt de CO_2-uitstoot van de provincie in beeld gebracht en gerapporteerd volgens de CO_2-Prestatieladdermethodiek.

Aanleg- en onderhoudsprojecten hebben een bijzondere positie in het klimaatbeleid van de provincie. Aannemers en leveranciers zorgen bij de uitvoering van aanleg en onderhoud van infrastructuur voor een aanzienlijk deel van de CO_2-emissies. Daarom wordt beoogd de komende jaren een overkoepelende langetermijnstrategie ten aanzien van CO_2-reductie te realiseren. Een hulpmiddel daarbij is certificering op de CO_2-Prestatieladder.

1.1 CO_2-Prestatieladder

De provincie Gelderland streeft naar een certificering op niveau 5 van de CO_2-Prestatieladder in 2020 In het kader hiervan heeft Firm of the Future vanuit de provincie de opdracht gekregen om twee LCA's uit te werken: een LCA asfalt en een LCA maaien van bermen. LCA staat voor life cycle assessment, oftewel levenscyclusanalyse. In dit rapport komt de LCA asfalt aan bod. Een van de onderdelen van deze opdracht is het uitvoeren van ketenanalyses conform eis 4.A.1 uit het *Handboek CO2-Prestatieladder versie 3.1*.

De CO_2-Prestatieladder stelt dat de onderwerpen van de ketenanalyses gekozen moeten worden op basis van een rankschikking van de meest materiële scope 3-emissies van een bedrijf of organisatie. Met 'meest materieel' worden de *meest relevante emissies* bedoeld, waarvoor criteria zijn gegeven in de Scope 3 Standard van het GHG-Protocol. Deze criteria gaan over de omvang van de emissies, invloed van de organisatie op de emissies, risico's voor de organisatie, emissies van kritisch belang voor stakeholders, emissies die geoutsourcet zijn, emissies die door de sector zijn geïdentificeerd als significant/relevant en overige (*Handboek CO2-Prestatieladder versie 3.1*, juli 2020).

1.2 Doelstelling ketenanalyse

Het doel van de ketenanalyse is om inzicht te verkrijgen in de CO_2-uitstoot die ontstaat in de keten van een bepaald product of bepaalde dienst. In dit geval is dat asfalt. Deze ketenanalyse draagt bij aan de beschreven projectdoelstelling. In de analyse wordt enerzijds de CO_2-productieketen per ketenfase inzichtelijk gemaakt zodat duidelijk is in welke fases van de keten de grootste CO_2-uitstoot plaatsvindt. Anderzijds wordt de invloed beschreven die de provincie Gelderland heeft op de CO_2-emissies in de keten. Gecombineerd leiden kennis van de marktpositie van de provincie en kennis van de CO_2-uitstoot van de verschillende ketenfases tot een referentieproduct. Dit referentieproduct dient als basis voor het vaststellen van de CO_2-reductiemaatregelen. De ketenanalyse is zo transparant mogelijk uitgevoerd met het doel informatie te analyseren en een strategie te formuleren voor de CO_2-reductie binnen de keten.

De provincie Gelderland heeft de ambitie van duurzaam GWW ondertekend, hierin zijn al doelstellingen op het gebied van asfalt opgenomen.

1.3 Leeswijzer

In dit rapport over de ketenanalyse van asfalt wordt in hoofdstuk 2 een uitleg gegeven over de keten en het product. Daarna worden in hoofdstuk 3 alle ketenpartners behandeld en zijn in hoofdstuk 4 de dataverzameling en de berekening van de ketenanalyse omschreven. In hoofdstuk 5 zijn de resultaten en de reductiemogelijkheden opgenomen. Hoofdstuk 6 bevat de conclusie.

2. Beschrijving van de keten

De keuze voor de ketenanalyse asfalt is bepaald op basis van de meest materiële scope 3-emissiecategorieën. In deze ketenanalyse worden de onderdelen voor het aanleggen van een weg beschreven. Het project voor het vervangen van het asfalt op het traject A325/Pleijroute N325: knooppunt Ressen-Velperbroek is hierbij als referentie gebruikt.

Hieronder worden eerst de verschillende emissiecategorieën binnen scope 3 besproken. Vervolgens wordt de keuze voor het project toegelicht. Daarna volgt het volledige ketenmodel. Als laatste komt de beschrijving van het in het project gebruikte materiaal en materieel aan bod.

2.1 Bepaling relevante scope 3-emissiecategorieën

Voor het uitvoeren van een ketenanalyse is inzicht in de scope 3-emissies van de organisatie een vereiste. Op basis van dit inzicht worden de kwalitatief meest materiële scope 3-emissiecategorieën bepaald volgens de stappen zoals beschreven in de Corporate Value Chain (Scope 3) Standard van het GHG-Protocol, zichtbaar in het 'Rapport CO_2-Prestatieladder 2019 – Verantwoording CO_2-Prestatieladder' van de provincie Gelderland.

Voor het bepalen van de meest relevante scope 3-emissies is eerst een kwalitatieve gevolgd door een kwantitatieve analyse uitgevoerd van de upstream en downstream CO_2-emissies. Hieruit blijkt dat de grootste emissies van de provincie zich in de categorie 'upstream' bevinden. Asfalt komt naar voren als de kwalitatief meest relevante emissiecategorie van de provincie Gelderland.

De analyse product-marktcombinatie (PMC-analyse) is conform de CO_2-Prestatieladder uitgewerkt. In de PMC-analyse wordt de combinatie van producten (of diensten) en markten die relevant zijn voor de activiteiten van de provincie gewogen. De analyse is gekoppeld aan activiteiten waarbij CO_2 vrijkomt. Vervolgens zijn deze activiteiten gerangschikt op basis van onder andere de omvang van de CO_2-emissies en de mate waarin het mogelijk is deze CO_2-uitstoot te beïnvloeden door zowel de markt als de provincie Gelderland zelf.

Uit de inventarisatie van de scope 3-emissies komt naar voren dat de volgende categorieën de grootste CO_2-uitstoot veroorzaken:

1. **asfaltverharding;**
2. **grondwerk;**
3. **maaien;**
   beheer en vegen;
   funderingslagen;
6. **OV-concessies;**
7. bestrating;
   inkoop diensten;
   woon-werkverkeer;
10. brandstof gebruik infra;
    afval eigen organisatie;
    downstream distributie.

De ketenanalyses dienen zich te richten op de top 6 uit de rangorde, waarbij één ketenanalyse over een categorie uit de top 2 dient te worden gemaakt plus één andere ketenanalyse over een categorie uit de totale top 6. De provincie Gelderland heeft ervoor gekozen om over 2019 een ketenanalyse uit te voeren op het gebied van asfaltverharding, de nummer 1 uit de rangorde. Op dit onderwerp heeft de provincie Gelderland al initiatieven ondernomen en bovendien voldoende invloed om tot een reductie-aanpak te komen. Daarnaast is besloten om de tweede ketenanalyse te maken op het gebied van maaien. Maaien kwam naar voren als de grootste factor van CO_2-uitstoot bij de kwantitatieve scope 3-

emissie-inventarisatie (zie hoofdstuk 4) van de categorie beheer, onderhoud en wegen (BOW) en staat in de PMC-analyse op een gedeelde plek 3.

2.2 Keuze van het onderwerp

De provincie Gelderland heeft op basis van de gemaakte rangschikking het onderwerp asfaltverharding voor deze ketenanalyse geselecteerd. Er is gekozen voor een ketenanalyse op projectniveau en niet op portfolioniveau. Dit omdat er al een inschatting van de volledige CO_2-emissies voor asfalt beschikbaar is op basis van alle bestekken. Niet alle gegevens van elk gebruikt type asfalt zijn beschikbaar in DuboCalc. Voor deze types asfalt zijn schattingen gemaakt op basis van gemiddelden.

Voor het verder verfijnen van de analyse is veel verschillende data nodig. Bijvoorbeeld data over transportafstanden tussen de productielocatie en de werklocatie. Op projectniveau is deze data vaak wel te verkrijgen doordat veel informatie al door de provincie en de aannemers per project wordt vastgelegd. Daarom is gekozen voor een specifiek project.

Er zijn verschillende soorten wegenprojecten. Zo kan een weg worden aangelegd, maar ook worden gerepareerd, onderhouden en verbreed. Voor deze ketenanalyse is de keuze gemaakt voor het project 'onderhouden van een weg'. De reden hiervoor is tweeledig. Ten eerste is uit gesprekken met Beleidsmedewerker Strategie & Innovatie en met Vakspecialist Uitvoering Werken naar voren gekomen dat het compleet verwijderen en nieuw aanleggen van een weg niet veel voorkomt. Dit zijn vaak eenmalige werkzaamheden. Het is veel relevanter voor de toekomst om een analyse te hebben van het onderhouden van een weg, aangezien dit frequenter van toepassing is voor de provincie Gelderland. Ten tweede heeft de provincie een voorkeur voor het analyseren van een recent project.

Voor deze ketenanalyse is gekozen is voor het onderwerp 'onderhouden van een weg' en specifiek het project: A325/Pleijroute (N325): knooppunt Ressen-Velperbroek.

Deze keuze is onder meer gebaseerd op bovengenoemde redenen, samen met de volgende argumenten:

- De typen asfalt die zijn gebruikt in dit project zijn representatief voor de provincie. Veel verschillende soorten zijn gebruikt waaronder veelvoorkomende, maar ook niet veelvoorkomende typen asfalt.
- Dit project beslaat alle relevante stappen uit de keten (cradle-to-cradle (C2C)).
- Omdat het een recent afgerond project is, is er veel primaire data beschikbaar bij de provincie en aannemers.

2.3 Projectbeschrijving

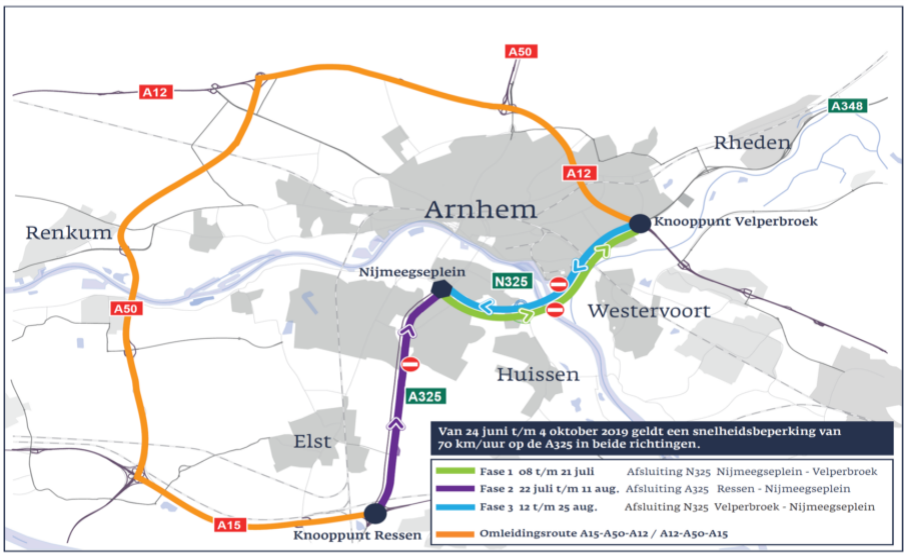
Op de Pleijroute, de drukste N-weg van Nederland, rijden dagelijks circa 75.000 voertuigen. Volgens de projectmanager was 'de dunne geluidsreducerende laag van de A325 gewoon op. Ook het dubbellaags zeer open asfaltbeton van de N325 was aan vervanging toe'.

Vanaf 8 juli tot en met 25 augustus 2019 werkte de provincie Gelderland aan het onderhoud van de Pleijroute (N325) en de A325 (figuur 1 & 2). De asfaltwerkzaamheden met rijbaanafsluitingen waren op 15 september 2019 afgerond. Het totale werk is op 4 oktober 2019 (week 40) opgeleverd. De asfaltlaag werd vervangen én de vangrail gerenoveerd. Aan de Pleijroute (N325) zijn vier nieuwe pechhavens gerealiseerd.

In de ketenanalyse wordt gefocust op het vervangen van het asfalt. Het vervangen van het asfalt op de A325 en N325, waar ook pechhavens langs de weg zijn gekomen, is in drie fases uitgevoerd (figuur 2). De eerste afsluiting van de Pleijroute was vanaf het Nijmeegseplein tot aan knooppunt Velperbroek, van 8 juli tot en met 21 juli. In de tweede fase is de A325 van 22 juli tot en met 11 augustus dicht geweest voor al het verkeer vanuit Nijmegen. De afsluiting was vanaf knooppunt Ressen tot aan het Nijmeegseplein bij stadion Gelredome. In de derde fase is één kant van de

Pleijroute opnieuw op slot gegaan, maar dan vanaf knooppunt Velperbroek tot aan het Nijmeegseplein. Dat is gebeurd in de periode van 12 augustus tot en met 25 augustus.

Figuur 1. De ligging van het traject in Nederland, A325 & N325.



Figuur 2. Het traject met omschreven data voor geplande wegwerkzaamheden.

De wegwerkzaamheden op de A325/Pleijroute (N325): knooppunt Ressen-Velperbroek. Foto gemaakt door Rob Kleering, provincie Gelderland.

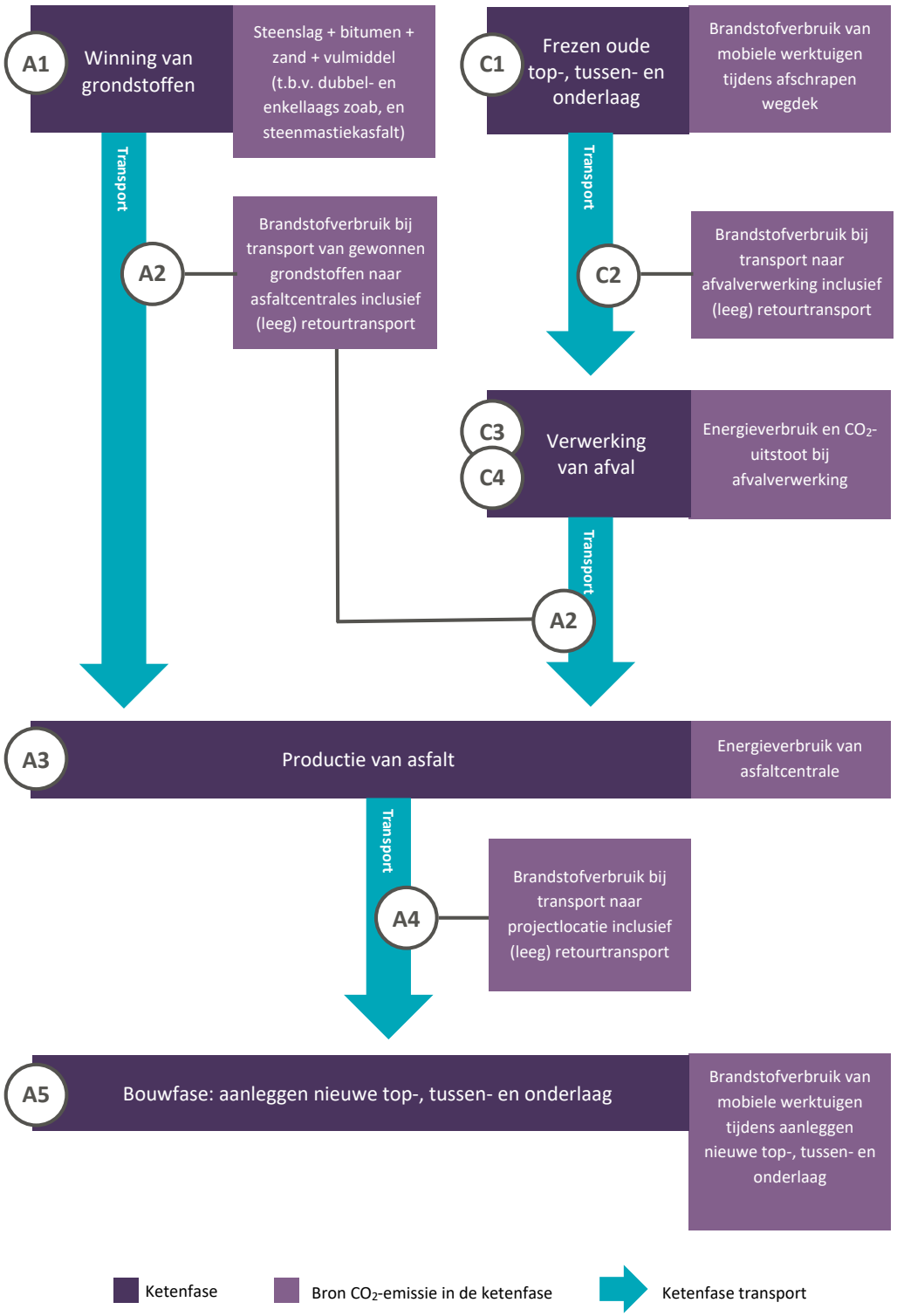
Op de N325 wordt het bestaande zeer open asfaltbeton (zoab) vervangen door nieuw zoab. De voordelen van zoab zijn minder spatwater en betere afvoer van regenwater en een vermindering van het bandengeluid. Op de kruispunten en bij verkeerslichten is steenmastiekasfaltbeton (SMA 011) verwerkt. Dit type asfalt is geschikt voor intensief gebruik door optrekkende en remmende voertuigen. Op de A325 is het bestaande geluidsreducerende asfalt vervangen door een nieuwe geluidsreducerende asfaltlaag genaamd SMA 8G+ (geluidsreducerend) en SMA 011 bij verkeerslichten en kruisingen. In totaal is 65.475 ton asfalt verwerkt op een wegvak van 15,69 km lengte tussen het knooppunt Ressen en het knooppunt Velperbroek.

2.4 Ketenmodel

In het ketenmodel zijn alle stappen zichtbaar die in de ketenanalyse van het project zijn doorlopen. De legenda is zichtbaar onder aan figuur 3. In de donkerpaarse vakken is de specifieke ketenfase omschreven, bijvoorbeeld A1: Winning van grondstoffen. In de lichtpaarse vakken is de bron van de emissie omschreven, verbonden aan de ketenfase. Als de ketenfase een transportbeweging is, dan wordt dit aangeduid met een blauwe pijl.

In onderstaand ketenmodel is de volledige ketenanalyse van het project A325/Pleijroute (N325) afgebeeld. Het begint bij A1: Winning van grondstoffen en volgt zo de volgorde van cijfers en letters die bij de verschillende ketenfases horen.

Ketenmodel asfalt



Figuur 3. Ketenmodel voor de wegvervanging van de A325/Pleijroute (N325): knooppunt Ressen-Velperbroek.

2.5 Scope ketenanalyse

In bovenstaande figuur is te zien dat de ketenanalyse bestaat uit verschillende fases. Deze fases zijn:

1. **Winning van grondstoffen (fase A1)**

In deze fase worden grondstoffen zoals bitumen, zand, steenslag, asfaltgranulaat en vulstof gewonnen. Bij het winnen van deze grondstoffen wordt CO_2 uitgestoten. De hoeveelheid is opgenomen in branchegemiddelde MKI-waardes (MKI = milieukostenindicator) van elk type asfalt dat is gebruikt in dit project.

2. **Transport van grondstofwinninglocatie naar productielocatie (fase A2)**

Deze fase behelst het transporteren van de gewonnen grondstoffen naar de productielocaties Dura Vermeer en Van Gelder. Bij het transporteren van de grondstoffen wordt CO_2 uitgestoten. De hoeveelheid is opgenomen in branchegemiddelde MKI-waardes van elk type asfalt dat is gebruikt in dit project.

3. **Productie van asfalt (fase A3)**

Deze fase omvat het produceren van het asfalt op de productielocaties in Eemnes (Van Gelder) en Nijmegen (Dura Vermeer). Het productieproces van asfalt bestaat uit de volgende hoofdonderdelen: drogen en verwarmen van het mineraalaggregaat en het mengen hiervan van in de juiste verhouding met een bepaalde hoeveelheid warme bitumen. De opslag van de grondstoffen vindt plaats in verwarmde tanks (bitumen), gesloten silo's (vulstof) en opslagvakken (steen, zand en asfaltgranulaat). De twee aannemers Dura Vermeer en Van Gelder stoten CO_2 uit bij het produceren van asfalt. Deze hoeveelheid is geschat door de branchegemiddelde MKI-waardes van elk type asfalt mee te nemen in deze ketenanalyse.

4. **Transport van productielocatie naar projectlocatie (fase A4)**

In deze fase wordt het asfalt vanuit Eemnes en Nijmegen getransporteerd naar de Pleijroute. Het transporteren omvat het rijden van de vrachtwagens met lading en zonder lading.

5. **Bouwfase: aanleggen nieuwe top-, tussen- en onderlaag (fase A5)**

Het aanleggen van het nieuwe asfalt wordt machinaal gedaan met een asfaltspreider en een walser. Dit werk is uitgevoerd in samenwerking met twee aannemers, De Jong Zuurmond en Dostal wegenbouw.

6. **Gebruik van de weg (B1)**

Gedurende de gebruiksfase van een asfaltweg wordt het asfalt gebruikt. Met gebruik wordt het rijden van de auto's op de weg bedoeld. De uitstoot van de auto's wordt mede bepaald door het asfalt waarop ze rijden. Wanneer er bijvoorbeeld asfalt ligt met lage weerstand, zullen de auto's minder brandstof verbruiken en zo minder CO_2 uitstoten. Deze fase is niet opgenomen in het ketenmodel (zie ook paragraaf 2.5.1)

7. **Frezen oude top-, tussen- en onderlaag (fase C1)**

Aan het einde van de levensduur van het asfalt wordt het vervangen door een nieuwe laag asfalt. Eerst wordt de oude laag verwijderd (gefreesd). Het frezen wordt machinaal gedaan met een veegmachine, een reiniger en een freesmachine.

8. **Transport gefreesd asfalt van projectlocatie naar verwerkingslocatie of productielocatie in geval van hergebruik (fase C2)**

In deze fase wordt het transport van de Pleijroute naar de productielocaties in Eemnes en Nijmegen, inclusief het retourtransport, uitgevoerd. Het gefreesde asfalt wordt terug getransporteerd naar de productielocatie om vervolgens voor een groot deel opnieuw te worden gebruikt.

9. **Verwerking van afval (fase C3-C4)**

Deze fase houdt in dat het product indien mogelijk wordt hergebruikt of behelst het stortproces indien een materiaal wordt gestort. In deze analyse is alleen het hergebruik meegenomen, dit zit in de berekening van de CO_2-uitstoot in de fases A1 tot en met A3.

2.5.1 Uitsluitingen

Voor deze ketenanalyse zijn de volgende uitsluitingen bepaald:

- Het gebruik van de weg door verkeer. Dit is eerder beschreven in ketenfase B1. De provincie Gelderland heeft aangegeven in dit project invloed te hebben op de bouw en het onderhoud van de weg. Daarom richt deze analyse zich enkel op het daadwerkelijke onderhoud van de weg. Het gebruik van de infrastructuur wordt apart met behulp van de CO_2-Prestatieladder berekend.
- Volledige sloop. Het komt slechts af en toe voor dat een weg volledig wordt verwijderd. Fundering en onderlagen blijven in bijna alle gevallen liggen en worden niet verwijderd. In deze ketenanalyse is het frezen van de dek- en tussenlagen onderdeel van het onderhoud. Er is geen sloop van de totale wegconstructie.
- Het aandeel vervoer met personenwagens en klein hulpmateriaal wordt verwaarloosbaar geacht door professionals van de provincie Gelderland. Om deze reden zijn deze processen niet meegenomen in de CO_2-berekeningen.
- Kunstwerken. Het project omvat naast de wegvervanging het aanleggen van kunstwerken. De werkzaamheden behorend bij de aanleg van deze kunstwerken zijn niet in deze ketenanalyse meegenomen, deze vallen buiten de scope.
- Uit de materialiteitsanalyse komt naar voren dat asfalt de grootste emissie heeft. Daarom zijn de aanleg van beton, het grondverzet, de aanleg van de fundering en de aanleg van de geleiderail buiten beschouwing gelaten. Er wordt puur gefocust op de asfaltverharding en bijkomende acties zoals beschreven in het ketenmodel hierboven.

2.6 Productbeschrijving

De producten die gebruikt zijn in het project zijn essentieel voor het kunnen berekenen van de totale CO_2-emissie. In onderstaande paragraaf zijn de producten beschreven.

2.6.1 Materiaal

Voor de wegvervanging van de N325, de Pleijroute, zijn meerdere soorten asfalt gebruikt. Hieronder een overzicht van de asfalttypes die gebruikt zijn bij het vervangen van de provinciale weg:

<u>Onderlagen:</u>

1. AC 22 base

<u>Tussenlagen:</u>

2. AC 16 bind
3. AC 22 bind

<u>Deklagen:</u>

4. PA 8G
5. ZOAB 5
6. ZOAB 16
7. SMA-NL 8G+
8. SMA-NL 11B

Toelichting materialen:
Zoab staat voor zeer open asfaltbeton. Het nummer achter ‘ZOAB’ staat voor het type.

SMA staat voor steenmastiekasfalt. Bij SMA-NL 8G+ is de samenstelling bitumen + zand + vulmiddel. 8 staat voor de steengrootte, G+ voor de mate van geluidsreductie. SMA 11B is een type steenmastiekasfalt dat wordt toegepast op de kruisingsvlakken en opstelstroken voor de verkeerslichten. Deze asfaltsoort is goed bestand tegen het remmen en optrekken van het verkeer. SMA is minder geluidsreducerend dan zoab, maar beter bestand tegen verkeersbelasting.

AC 22 base, AC 22 bind en AC 16 bind zijn steenslagasfaltbeton type 22 en type 16. Base is voor de onderlaag en bind voor de tussenlaag.

PA 8G is een zoab (zeer open asfaltbeton). De 8 staat voor een korrelgrootte van 8 mm. De G staat voor de mate van geluidsreductie.

2.6.2 Materieel

Hieronder staan de afbeeldingen met omschrijving van het tijdens het onderhoudsproject gebruikte materieel.

De asfaltspreidmachine, Dynapac SD2500CS, van De Jong Zuurmond (foto: De Jong Zuurmond bv).

De asfaltwals, Dynapac CG2300, van De Jong Zuurmond (foto: De Jong Zuurmond bv).

De Asfaltfreesmachine, Dynapac PL500, van De Jong Zuurmond (foto: Van der Spek bv Vianen).

De asfaltveger & -reiniger, MAN Beam S14000, van De Jong Zuurmond (foto: De Jong Zuurmond bv).

Vrachtwagen (MAN tgx) van de Jong Zuurmond voor het asfalttransport (foto: De Jong Zuurmond bv).

3. Ketenpartners

Het identificeren van de ketenpartners is een onderdeel van de ketenanalyse. Zo wordt duidelijk wat de rol is van deze ketenpartners en bij wie welke informatie kan worden opgevraagd ten behoeve van het bepalen van de CO_2-emissies in de keten.

Daarnaast is inzicht in de invloed op de emissie van de diverse partners van belang. Zo krijgt de provincie Gelderland meer zicht op welke ketenpartners belangrijk zijn om mee samen te werken zodat het CO_2-reductiedoel wordt bereikt.

Om te bepalen waar de provincie Gelderland de meeste invloed op de emissies heeft, is het van belang om te definiëren welke ketenpartners op welke manier betrokken zijn bij het project. Hier gaan onderstaande paragrafen op in. Eerst is de definitie van de term ketenpartner beschreven. Daarna worden de ketenpartners van het project benoemd en toegelicht.

3.1 Definitie ketenpartner

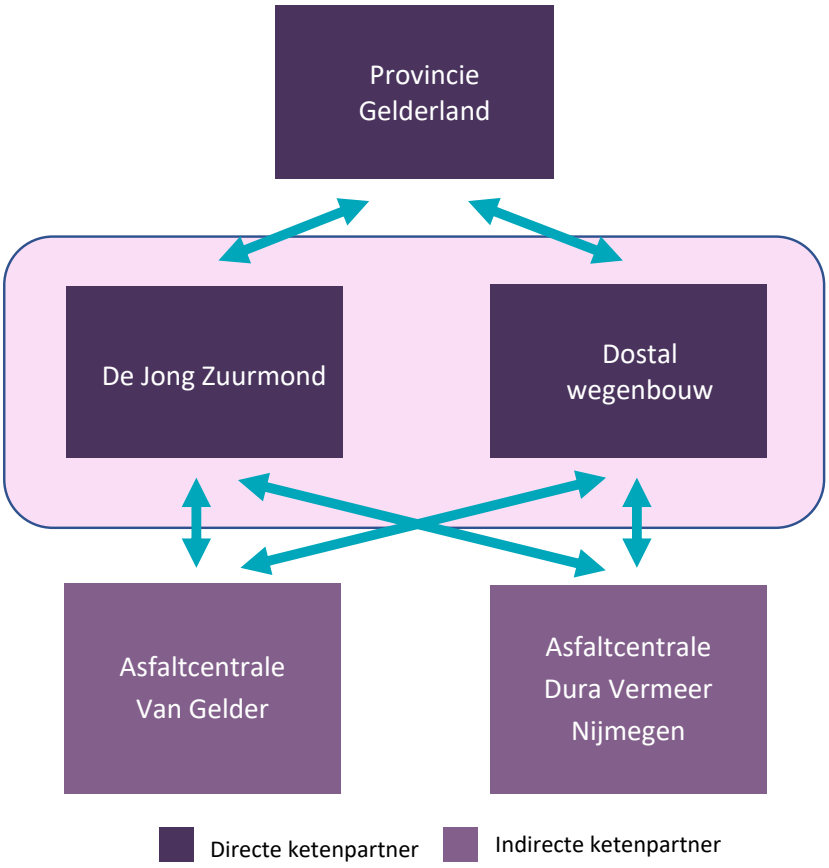
Ketenpartners zijn partijen (zowel upstream als downstream) waarmee wordt samenwerkt in de keten(s) van het bedrijf. Dit zijn bijvoorbeeld klanten, distributeurs, leveranciers en opdrachtgevers. Bij het identificeren van ketenpartners moet onderscheid worden gemaakt tussen directe ketenpartners en indirecte ketenpartners. Directe ketenpartners zijn partijen in de keten waar de provincie Gelderland een contractuele relatie mee heeft, zoals een aannemer. Indirecte ketenpartners zijn partijen waar de provincie geen directe (contractuele) relatie mee heeft, zoals leveranciers van de (onder)aannemers. Informatie over de CO_2-gegevens van indirecte ketenpartners zijn voor de provincie over het algemeen moeilijker te verkrijgen vanwege de indirecte relatie.

Volgens eis 5.A.3 in het *Handboek CO_2-Prestatieladder versie 3.1* dient de provincie Gelderland over specifieke emissiegegevens te beschikken afkomstig van ketenpartners. Deze gegevens komen van directe (en potentiële) ketenpartners die relevant zijn voor de uitvoering van de scope 3-reductiestrategie. Waar mogelijk dient de provincie ook van relevante indirecte ketenpartners emissiegegevens te verkrijgen.

3.2 Ketenpartners

In onderstaand figuur zijn de directe en indirecte ketenpartners voor de wegvervanging van de Pleijroute (N325) knooppunt Velperbroek-Nijmeegseplein in beeld gebracht.

Ketenpartners asfalt



Figuur 4. De indirecte en directe ketenpartners die betrokken zijn bij het project voor de wegvervanging van de Pleijroute (N325) knooppunt Velperbroek-Nijmeegseplein.

3.2.1 Provincie Gelderland

De provincie Gelderland is de opdrachtgever van het project. De provincie heeft geen directe CO_2-emissies bij dit project. Echter, de provincie oefent wel invloed uit op de CO_2-emissies van het project door middel van:

- Wegontwerp
  Bij asfaltmengsels met een hoog percentage hergebruik zijn de bijbehorende CO_2-emissies laag. Het stimuleren van meer hergebruik (binnen de kwaliteitsgrenzen van het product) in deklagen zorgt voor lagere CO_2-emissies. De provincie Gelderland schrijft voor aan welke eisen het asfalt moet voldoen. Zo kan de provincie het vereiste percentage gerecycled materiaal in het asfaltmengsel sturen. Dit mag echter geen uitsluiting van een groot deel van de marktpartijen veroorzaken. De provincie mag bijvoorbeeld niet één bepaald soort asfalt eisen dat enkel door één marktpartij wordt gemaakt.

- Contractvorming
  Bij de uitvraag van de aanbesteding tot het onderhouden van de Pleijroute (N325) vraagt de provincie Gelderland om MKI-scores gebaseerd op initiële berekeningen in DuboCalc. De aannemer berekent hierdoor de milieueffecten (waar mogelijk) van zijn uit te voeren activiteiten. Hoe lager de opgegeven MKI-scores, hoe beter hun score wordt op de gunningscriteria. Door aan te besteden met DuboCalc wordt het materiaal- en energieverbruik, gerelateerd aan de keten van asfalt, in zijn totaliteit meegewogen in de

uiteindelijke gunningsbeslissing. Doordat het gehele proces, van winning van grondstoffen tot en met sloop, onderdeel is van de DuboCalc-berekening, hebben aanbieders de vrijheid om zelf te bepalen waar zij zich met reductiemaatregelen op focussen. Door de markt mee te laten denken over CO_2-reductie (of milieubelasting) én deze hiervoor te belonen in de vorm van gunningsvoordeel, kan de provincie CO_2-reductie in haar projecten stimuleren.

3.2.2 De Jong Zuurmond & Dostal wegenbouw

De Jong Zuurmond (DJZ Groep) en Dostal wegenbouw zijn de twee aannemers die het project hebben uitgevoerd. De uitvoering van het project is een samenwerking van de twee bedrijven en deze moeten worden gezien als één combinatieaannemer van het project. Dostal wegenbouw heeft een eigen asfaltcentrale, maar die is niet ingezet voor de productie van asfaltmengsels voor dit project. De mengsels zijn ingekocht bij externe asfaltcentrales (indirecte ketenpartners), namelijk Van Gelder en Dura Vermeer. De Jong Zuurmond en Dostal wegenbouw hebben directe invloed op de ketenfases A4, A5, C1 en C2. Materieelgebruik en de eigen logistiek zijn hierbij van groot belang.

3.2.4 Dura Vermeer

Dura Vermeer is de leverancier van asfalt aan de combinatieaannemer DJZ Groep en Dostal wegenbouw. Dura Vermeer heeft ook een ketenanalyse van asfalt opgesteld. Deze analyse is op kosten gericht en minder op CO_2-besparing. Daarnaast heeft Dura Vermeer begin 2016 een onderzoek over CO_2-besparing in de asfaltketen van het bedrijf opgesteld. Deze documenten zijn te vinden op de website van het bedrijf: www.duravermeer.nl/rapportage/co2prestatieladder-documenten (login nodig)

Dura Vermeer heeft een asfaltcentrale die gelegen is in Nijmegen. Op voorhand was bepaald dat al het benodigde asfalt hier vandaan zou komen. Echter, de centrale ging voor een week dicht waardoor een alternatief moest worden gevonden. In het geval van dit project is dat de centrale van Van Gelder in Eemnes geworden. Dura Vermeer heeft directe invloed op de ketenfases A1 tot en met A3 en C3 en C4.

3.2.3 Van Gelder

Van Gelder is de asfaltleverancier waarnaar uitgeweken werd toen Dura Vermeer niet kon leveren. Deze leverancier heeft van asfalt een ketenanalyse beschikbaar. In deze analyse zijn echter geen specifieke productiegegevens van de eigen centrales gebruikt, maar is verwezen naar een emissiefactor uit een analyse van Ballast Nedam.

De asfaltcentrale van Van Gelder is gevestigd in Eemnes. Uiteindelijk is circa 10.000 ton asfalt bij deze centrale geproduceerd. De transportafstanden verschillen dermate dat het belangrijk is dit in de berekening mee te nemen. Van Gelder heeft directe invloed op de ketenfases A1 tot en met A3 en C3 en C4.

3.3 Ketenpartners invloed per ketenfase

In onderstaande tabel is per ketenfase uitgelegd welke activiteit wordt uitgevoerd en welke ketenpartner hierbij betrokken is. In het volgende hoofdstuk worden de ketenfases gekwantificeerd. Zo wordt inzichtelijk welke ketenpartners invloed hebben op de grootste emissies.

Ketenfase	Ketenactiviteit	Ketenpartner
A1 - Winning van grondstoffen	Delven van grondstoffen	Onderaannemers van Van Gelder & Dura Vermeer
A2 - Transport van grondstofwinning-locatie naar productielocatie	Transport	Onderaannemers van Van Gelder & Dura Vermeer
A3 - Productie van asfalt C3 + C4 - Verwerking van afval	Asfaltproductie in de asfalt-centrales en verwerking van gefreesd asfalt	Asfaltcentrale Dura Vermeer & asfaltcentrale Van Gelder
A4 - Transport van productielocatie naar projectlocatie	Transport	Dostal wegenbouw & De Jong Zuurmond
A5 - Bouwfase: aanleggen nieuwe top-, tussen- en onderlaag	Aanleg van asfalt	Dostal wegenbouw & De Jong Zuurmond
C1 - Frezen oude top-, tussen- en onderlaag	Frezen	Dostal wegenbouw & De Jong Zuurmond
C2 – Transport gefreesd asfalt van projectlocatie naar verwerkingslocatie of productielocatie in geval van hergebruik	Transport naar asfalt-centrales voor hergebruik	Dostal wegenbouw & De Jong Zuurmond

Tabel 1. Alle ketenpartners in relatie tot alle ketenfases.

4. Kwantificering van emissies

Dit hoofdstuk beschrijft de dataverzameling voor het berekenen van de emissies per ketenfase en de functionele eenheid (zie paragraaf 4.3) van de ketenanalyse die bij de berek ning is gebruikt. Daarnaast wordt de invloed die factoren op de CO_2-emissies per functionele eenheid hebben behandeld. Als laatste komen de uiteindelijk berekende CO_2-emissies aan bod.

4.1 Dataverzameling

In een ketenanalyse wordt onderscheid gemaakt tussen primaire en secundaire data. Primaire data is data die direct afkomstig is van de bron van emissies. In het geval van deze ketenanalyse is dat data van de directe ketenpartners: Dostal wegenbouw en De Jong Zuurmond. Ook de provincie Gelderland heeft als opdrachtgever veel primaire data in bezit. Secundaire data is afkomstig uit algemene databestanden en branchegemiddelden. Primaire data is altijd nauwkeuriger dan secundaire data.

Het GHG-Protocol stelt dat het voor een eerste versie van een ketenanalyse niet nodig is uitgebreid gegevens op te vragen bij alle leveranciers. Voor een eerste versie is het enkel nodig de cruciale data op te vragen. Wanneer primaire data niet beschikbaar is (bijvoorbeeld door onvoldoende medewerking), is het mogelijk secundaire data te gebruiken. Voor alle gebruikte secundaire data dient in een volgende versie van dezelfde ketenanalyse te worden gewerkt met primaire data, als verbetering van de kwaliteit van de data en de ketenanalyse.

Samen met Dostal wegenbouw en De Jong Zuurmond is gezocht naar de gegevens die nodig zijn voor het berekenen van de CO_2-emissies. Dostal wegenbouw en De Jong Zuurmond hebben gegevens aangeleverd over:

- de opbouw van de wegconstructie, inclusief gebruikte hoeveelheden;
- de transportafstand tussen de productielocaties en de projectlocatie;
- het ingezette materieel in de vorm van mobiele werktuigen en vrachtwagens plus inzicht in type brandstof en verbruik.

Ook stelden Dostal wegenbouw en De Jong Zuurmond de ketenanalyses beschikbaar met daarin de MKI-waardes van de gebruikte asfalttypes (dit beslaat de ketenfases A1 tot en met A3, C3 en C4).

Voor het berekenen van de CO_2-emissies van transport en het materieel is onder meer gebruikgemaakt van de emissiefactoren zoals vermeld op www.co2emissiefactoren.nl.

4.2 Primaire en secundaire data

In deze ketenanalyse wordt voornamelijk gebruikgemaakt van primaire data (zie onderstaande tabel). Deze data is afkomstig van de aannemers Dostal wegenbouw en De Jong Zuurmond. Ook de provincie Gelderland heeft als opdrachtgever veel primaire data in bezit. In onderstaande tabel is aangegeven welke data onder primaire data valt en welke data secundair is.

Primaire data	Secundaire data
Hoeveelheid asfalt, transportafstanden, brandstof, materieel, materiaal	MKI-waardes van de typen asfalt, brandstofverbruik materieel

Tabel 2. De verdeling van primaire en secundaire data.

4.3 Functionele eenheid

De functionele eenheid (FE) is de beschrijving van de kernfunctie van de ketenanalyse. In dit geval gaat het om asfaltverharding. Een FE is nodig om de verschillende wegvarianten en verschillende onderhoudsvormen per deel van de weg uit dit project met elkaar te kunnen vergelijken.

De functionele eenheid voor deze ketenanalyse is de CO_2-emissie per ton asfaltverharding.

4.4 Emissieberekeningen

In onderstaande tabel is de totale weergave van de CO_2-emissies voor de volledige ketenanalyse inzichtelijk gemaakt. Hierin staat de CO_2-uitstoot per ton asfalt per activiteit en de totale CO_2-uitstoot per ketenfase. De totale CO_2-uitstoot van het project A325/Pleijroute (N325) is 12.991.888 kg CO_2. In de volgende paragrafen wordt de berekening verder toegelicht.

Ketenfase	Partners	Activiteit	CO_2-uitstoot per ton asfalt (kg)	Totaal CO_2-uitstoot (kg)
A1. Winning van grondstoffen A2. Transport van	Van Gelder & Dura Vermeer	Productie AC 22 base	209,7	75.492
grondstofwinningslocatie naar productielocatie	Van Gelder & Dura Vermeer	Productie AC 16 bind	70,0	1.794.986
A3. Productie van asfalt C3-C4. Verwerking van afval	Van Gelder & Dura Vermeer	Productie AC 22 bind	51,8	256.052
	Van Gelder & Dura Vermeer	Productie PA 8G	345,8	383.448
	Van Gelder & Dura Vermeer	Productie ZOAB 5	418,1	1.599.765
	Van Gelder & Dura Vermeer	Productie ZOAB 16	418,1	3.660.728
	Van Gelder & Dura Vermeer	Productie SMA-NL 8G+	237,7	4.044.466
	Van Gelder & Dura Vermeer	Productie SMA-NL 11B	237,7	909.440
Subtotaal			**194,3**	**12.724.378**
A4. Transport van productielocatie naar projectlocatie	Van Gelder	Transporteren van asfalt	2,2	22.102
	Dura Vermeer	Transporteren van asfalt	0,5	30.399
Subtotaal			**0,8**	**52.501**
A5. Bouwfase: aanleggen nieuwe top-, tussen en onderlaag	De Jong Zuurmond & Dostal	Aanleggen van asfalt	0,9	61.225
Subtotaal			**0,9**	**61.225**
C1. Frezen oude top-, tussen en onderlaag	De Jong Zuurmond & Dostal	Frezen	0,7	43.226
	De Jong Zuurmond & Dostal	Vegen	0,6	37.468
	De Jong Zuurmond & Dostal	Reinigen	0,8	50.000
Subtotaal			**2,0**	**130.695**
C2. Transport gefreesd asfalt van projectlocatie naar	Van Gelder	Transport van gefreesd asfalt	1,6	9.720
verwerkingslocatie of productielocatie in geval van hergebruik	Dura Vermeer	Transport van gefreesd asfalt	0,4	13.370
Subtotaal			**0,6**	**23.090**
Totaal			**198,6**	**12.991.888**

Tabel 3. Totale weergave van de CO_2-uitstoot per ton asfalt per activiteit.

4.4.1 Ketenfases A1 tot en met A3 plus C3 en C4: winning, transport en productie

Voor het bepalen van de CO_2-uitstoot in de ketenfases A1 tot en met A3 (winning, transport en productie) zijn overeenkomende (branche-representatieve) asfalttypes gebruikt. Deze asfalttypes bevatten hetzelfde percentage gerecycled asfalt (ketenfases C3 en C4). Aangezien hier secundaire data wordt gebruikt die al deze verschillende ketenfases samenvoegt, wordt de CO_2-uitstoot van deze ketenfases vanaf nu als één emissie vermeld.

De totale hoeveelheid gebruikte asfaltverharding in het project is 65.475 ton. 85% hiervan is afkomstig uit de productiecentrale in Nijmegen. De overige 15% is afkomstig van de centrale in Eemnes (aanname door Dostal wegenbouw).

Aannemer	Locatie	Hoeveelheid asfalt (ton)
Dura Vermeer	Nijmegen	55.555
Van Gelder	Eemnes	9.920
Totaal		**65.475**

Tabel 4. Hoeveelheid asfalt.

4.4.2 Ketenfase A4: transport van productielocatie naar projectlocatie

De aannemers zijn efficiënt omgegaan met het transporteren van het nieuwe asfalt vanuit de asfaltcentrale en het wegbrengen van het gefreesde asfalt naar de asfaltcentrale. De vrachtwagenchauffeurs streven ernaar om nooit zonder lading de route af te leggen. In een vrachtwagen gaat een lading van 33 ton (frees)asfalt.

Bij ketenfase A4 is rekening gehouden met de afstand van en naar de productielocatie. De enkele transportafstand tussen de projectlocatie en de asfaltcentrale van Dura Vermeer in Nijmegen is 14 km. De enkele transportafstand tussen de projectlocatie en de asfaltcentrale van Van Gelder in Eemnes is 57 km. Dit is inzichtelijk gemaakt in onderstaande tabel.

Aannemer	Locatie	Transportafstand (km)
Dura Vermeer	Nijmegen	14
Van Gelder	Eemnes	57

Tabel 5. Transportafstanden.

Alle vrachtwagens die door de aannemers zijn ingezet in de ketenfases van het project hebben een Euro 6-kenmerk. Dit is op dit moment de hoogst beschikbare norm voor vrachtwagens. Voor de emissiefactor, het aantal kg CO_2-uitstoot per liter brandstof, is een gemiddelde genomen uit de database op co2emissiefactoren.nl.

4.4.3 Ketenfase A5: bouwfase: aanleggen nieuwe top-, tussen- en onderlaag

Tijdens het aanleggen van het asfalt komt CO_2 vrij. De CO_2-uitstoot van het materieel dat hiervoor is gebruikt door de aannemers, is niet bekend. Daarom wordt er gebruikgemaakt van een gemiddelde hoeveelheid literverbruik per ton asfalt. Dit gemiddelde is gebruikt voor de berekening van de CO_2-uitstoot in deze fase. Voor de emissiefactor, het aantal kg CO_2-uitstoot per liter brandstof, is een gemiddelde genomen uit de database op co2emissiefactoren.nl.

4.4.4 Ketenfase C1: frezen oude top-, tussen- en onderlaag

De totale hoeveelheid asfalt die is gefreesd, is 40.000 ton (aanname door Dostal wegenbouw). Dit is minder dan de hoeveelheid nieuwe asfaltverharding. De deklaag die wordt gefreesd, is 3,5 cm. Vervolgens wordt er een nieuwe stevige laag (7,5 cm) op geplaatst die bestaat uit een onderlaag en een deklaag.

Om de weg schoon te maken, is er een wegdekreinigerwagen gebruikt. Voor het frezen is een Wirtgen 210 frees gebruikt met daarachter een veeg-zuigwagen. Dit is een vrachtwagen, maar dan met een hogedrukreinigingsbalk aan de achterkant van het voertuig.

Voor een deel van de machines en vrachtwagens is diesel gemixt met 40% Hydro Vegetable Oil (HVO) gebruikt. De HVO werd alleen door De Jong Zuurmond toegevoegd en niet door Dostal wegenbouw. Dit betekent dat in de berekeningen de helft van de vloot is berekend met 40% HVO en de andere helft zonder. Er is uitgegaan van de helft van de totale vloot, aangezien het aantal ingezette machines gelijk is verdeeld over de twee aannemers.

Voor deze ketenfase geldt hetzelfde als hierboven beschreven bij A5. De CO_2-uitstoot van het materieel van de aannemers is nog niet inzichtelijk bij de aannemers. Daarom wordt er gebruikgemaakt van een gemiddelde hoeveelheid liter dieselverbruik per ton asfalt.

Tijdens het onderhoudsproject dat in dit rapport wordt geanalyseerd, is er een deklaag asfalt van circa 3,5 cm gefreesd. Hierbij zijn volgens de aannemer drie soorten machines gebruikt: een freesmachine, een reiniger en een veegmachine. Voor het berekenen van de CO_2-emissies van deze machines worden branchegemiddelden vanuit de TNO-rapportage ‘LCA-Achtergrondrapport voor Nederlandse Asfaltmengsels’ (8 maart 2018) gebruikt.

4.4.5 Ketenfase C2: transport gefreesd asfalt van projectlocatie naar verwerkingslocatie of productielocatie in geval van hergebruik

Zoals eerder vermeld, zijn de aannemers efficiënt omgegaan met het transporteren van het nieuwe asfalt vanuit de asfaltcentrale en het wegbrengen van het gefreesde asfalt naar de asfaltcentrale. De vrachtwagenchauffeurs streven ernaar om nooit zonder lading de route af te leggen. In een vrachtwagen gaat een lading van 33 ton (frees)asfalt. 40.000 ton nieuw asfalt is naar de projectlocatie vervoerd en gefreesd asfalt is mee teruggenomen. De overige 26.000 ton nieuwe asfalt is echter vervoerd vanaf de asfaltcentrale naar de projectlocatie zonder gefreesd asfalt retour te nemen. Deze 26.000 ton is afgerond 40% van de totale hoeveelheid asfalt die is getransporteerd. Daarom is voor 40% van het vervoerde asfalt gerekend met een dubbele transportafstand en voor 60% met een enkele transportafstand. Aangezien de werkelijke verdeling van lege transporten tussen de twee asfaltcentrales niet beschikbaar is, is de hoeveelheid lege transporten over beide asfaltcentrales evenredig verdeeld.

4.4.6 Totaal

In onderstaande tabel is de verdeling van de CO_2-uitstoot per (samengevoegde) ketenfase inzichtelijk gemaakt per ton aangelegd asfalt, inclusief het aandeel in procenten ten opzichte van het geheel aan CO_2-uitstoot.

Ketenfase	CO2-uitstoot per ton asfalt (kg)	Aandeel (%)
A1. Winning van grondstoffen A2. Transport van grondstofwinningslocatie naar productielocatie A3. Productie van asfalt C3-C4. Verwerking van afval	194,3	97,8
A4. Transport van productielocatie naar projectlocatie	0,8	0,4
A5. Bouwfase: aanleggen nieuwe top-, tussen en onderlaag	0,9	0,5
C1. Frezen oude top-, tussen en onderlaag	2,0	1,0
C2. Transport gefreesd asfalt van projectlocatie naar verwerkingslocatie of productielocatie in geval van hergebruik	0,6	0,3
Totaal	**198,6**	**100**

Tabel 6. CO_2-emissies per ketenfase per ton asfaltverharding en de percentages.

In onderstaande tabel is de CO_2-uitstoot per ketenpartner per ton asfalt inzichtelijk gemaakt. Daarnaast is de totale CO_2-uitstoot per partner weergegeven. Zo kan de provincie Gelderland direct zien waar de grootste emissies zich bevinden.

Ketenpartner	CO_2-uitstoot per ton asfalt (kg)	Totaal CO_2-uitstoot (kg)
Van Gelder	198	1.959.758
Dura Vermeer	195	10.840.211
De Jong Zuurmond	2,93	95.960
Dostal	2,93	95.960
Totaal	**198,43**	**12.991.888**

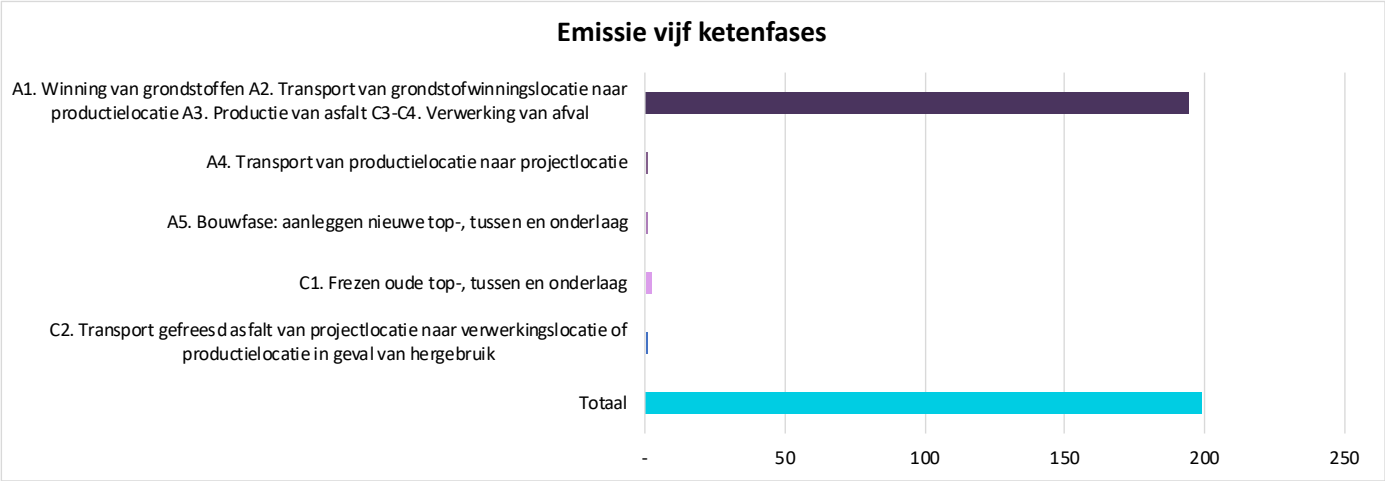
Tabel 7. CO_2-uitstoot per ketenpartner per ton asfalt en de totale CO_2-uitstoot per ketenpartner.

5. Resultaat

Hieronder is het resultaat van de ketenanalyse samengevat. Tevens zijn CO_2-reductiemogelijkheden geformuleerd. Aanvullend heeft Firm of the Future onderzocht of er bio-geïnspireerde maatregelen als reductiepotentieel kunnen worden aanbevolen.

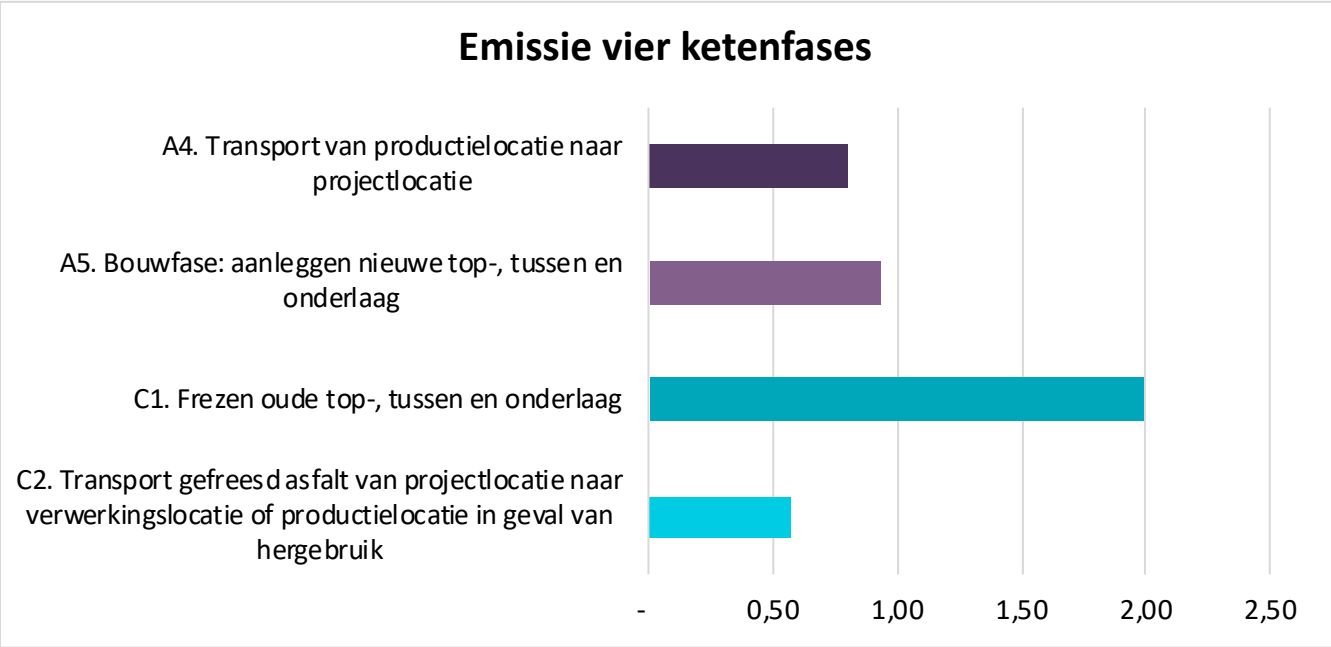
5.1 Totale emissie

Uit de berekening in hoofdstuk 4 volgt dat in de gehele keten 12.991.888 kg CO_2 is uitgestoten op het onderzochte project. Dat is 198,65 kg CO_2 per ton aangelegd asfalt. Onderstaande diagram geeft een weergave van de verdeling van de CO_2-uitstoot over vijf ketenfases. Hierin is te zien dat de keten A1 tot en met A3 plus C3 en C4 het grootste aandeel heeft in de totale CO_2-uitstoot.



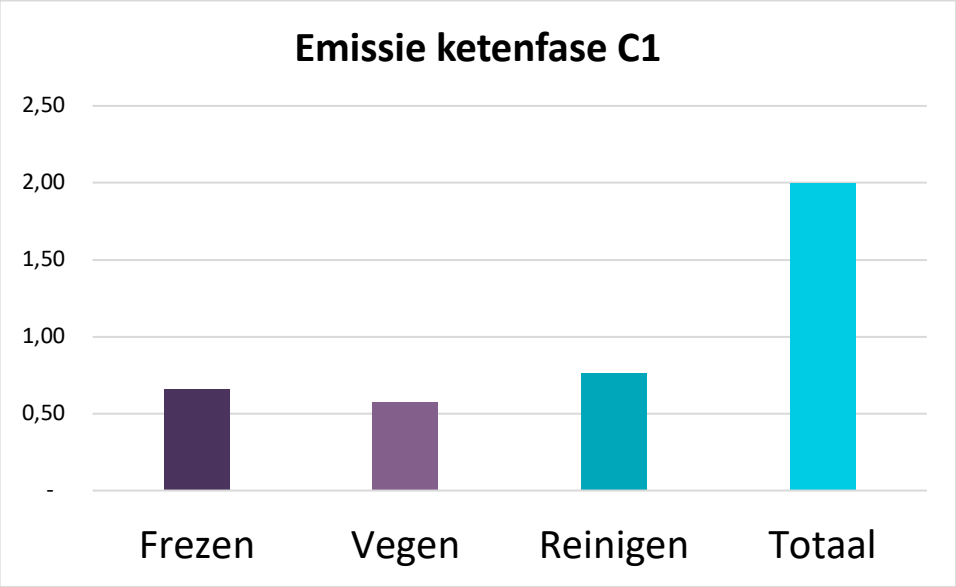
Figuur 5. De verdeling van CO_2-uitstoot (kg) per ton asfalt over vijf ketenfases.

Volgens de projectleider bij De Jong Zuurmond is voor hun de meeste winst in CO_2-reductie te behalen bij het transporteren, aanleggen en frezen van het asfalt. Niet in de asfaltproductie, aangezien de ontwikkelingen rond duurzaam asfalt al volop in gang zijn. In onderstaande figuur is de verdeling van de CO_2-uitstoot over de ketenfases A4, A5, C1 en C2 weergegeven.



Figuur 6. De verdeling van CO_2-uitstoot (kg) per ton asfalt over de vier ketenfases A4, A5, C1 en C2.

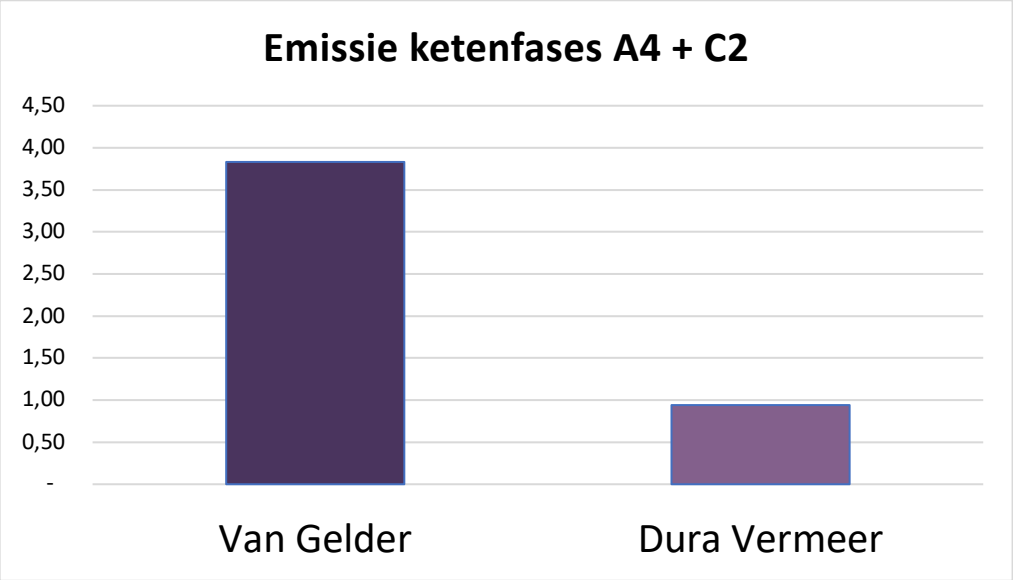
Uit bovenstaande figuur is op te maken dat de activiteit frezen de grootste CO_2-uitstoot genereert. In onderstaande grafiek is de verdeling van de CO_2-uitstoot over de activiteiten die vallen binnen de ketenfase C1. Alle CO_2-uitstoot veroorzaakt door de activiteiten is ongeveer gelijk.



Figuur 7. De verdeling van CO_2-uitstoot per activiteit per ton aangelegd asfalt binnen de ketenfase C1.

5.2 Transportemissie

Eerder in dit rapport is benoemd dat het plan was om de totale hoeveelheid asfalt voor het project bij Dura Vermeer in Nijmegen te halen. Deze asfaltcentrale was echter voor een korte periode gesloten. Daarom is een deel van het asfalt gehaald uit Eemnes bij Van Gelder. De afstand tussen Eemnes en de projectlocatie is groter dan die tussen Nijmegen en de projectlocatie. Dit is de reden dat de CO_2-uitstoot per ton asfalt voor het transporteren van het materiaal hoger is bij Van Gelder, namelijk vier keer zo hoog (zie ook paragraaf 4.4.2).



Figuur 8. Verdeling van de CO_2-uitstoot over Van Gelder en Dura Vermeer per ton asfalt voor het totale transport.

5.3 Reductiemogelijkheden

Met behulp van de gemaakte ketenanalyse kunnen de effectieve reductiemogelijkheden worden vastgesteld. Bij het bepalen van kansrijke mogelijkheden voor het reduceren van CO_2 zijn de volgende factoren belangrijk:

- de hoeveelheid CO_2 die kan worden bespaard;
- in welke mate de provincie Gelderland invloed heeft;
- de haalbaarheid van de mogelijkheid.

Volgens de projectleider bij De Jong Zuurmond is de meeste CO_2-reductie te behalen bij het transporteren, het aanleggen en het frezen van het asfalt. Echter zien we dat veruit de meeste CO_2 vrijkomt bij het produceren van asfalt (figuur 5). Hierbij heeft de provincie Gelderland verschillende mogelijkheden voor het reduceren van de CO_2-uitstoot:

- Het stimuleren van asfaltproductie met een zo laag mogelijke MKI-waarde is op dit moment al een gunningsfactor. Door deze MKI-waardes zwaarder te laten meewegen bij de aanbestedingen, kan op dit gebied nog meer CO_2-reductie worden gerealiseerd.
- De asfaltcentrale kiezen die zo dicht mogelijk bij de projectlocatie ligt in verband met transportemissies. Uit de ketenanalyse blijkt dat de afstand van de projectlocatie naar de asfaltcentrale per km verantwoordelijk is voor maar 0,05% van de CO_2-emissie van productie en transport tezamen. Hoewel een reductie eenvoudig te realiseren is, zal dit dus weinig bijdragen aan de reductie in de totale uitstoot van de keten.
- Asfalttypes met verbeterde levensduur aanleggen, waardoor er minder vaak onderhoud hoeft plaats te vinden. Hier zal rekening moeten worden gehouden met het rappe tempo van de ontwikkelingen in duurzaam asfalt. De ontwikkelingen gaan namelijk zo snel dat er een reële kans is dat al eerder nieuw asfalt neergelegd moet worden om aan wettelijke eisen te voldoen. Daarom wordt investeren in hoge kwaliteit asfalt met meer CO_2-uitstoot niet gezien als een relevante reductiemogelijkheid. Aangezien de toekomst van duurzaam asfalt moeilijk is in te schatten, is het ook lastig om te bepalen welke types asfalt het meest duurzaam zijn op lange termijn.
- Tijdens het aanleggen van asfalt rekening houden met de omstandigheden (zoals temperatuur en manier van walsen). Hiermee wordt de levensduur van het asfalt verlengd. Het is belangrijk om de levensduur van het asfalt mee te nemen in de afweging bij het aanleggen van nieuw asfalt. Uiteindelijk is dit heel bepalend voor de totale uitstoot over de volledige levensduur van de weg. Wanneer het asfalt tien jaar langer meegaat, zal de uitstoot per jaar minder zijn.
- De provincie Gelderland loopt vergeleken met de rest van Nederland voorop bij de geluidsreductie van wegen. Zij maakt de overweging voor het leggen van stil asfalt op doelmatigheid. Stil asfalt heeft echter vaker onderhoud nodig. Zo heeft niet-geluidsreducerend asfalt volgens de provincie een levensduur van vijftien tot twintig jaar. Stil asfalt heeft een levensduur van acht tot twaalf jaar. Omdat het stille asfalt vaker vervangen moet worden, neemt de provincie een actieve rol in het verder ontwikkelen van het verduurzamen van het proces wegverharding. Samen met partners is de asfaltsoort SMA-NL 8G+ ontwikkeld. Dit is stil asfalt dat minder kwetsbaar is en dus langer meegaat.

Kortom, het type asfalt wordt bepaald door de opdrachtgever en moet voldoen aan allerlei eisen met betrekking tot belasting, gebruik, levensduur en functie. De provincie Gelderland heeft hier direct invloed op. Duurzaam geproduceerd asfalt is duurder, maar de CO_2-uitstoot kan dan wel zo laag mogelijk worden gehouden.

Als we de ketenanalyse in beschouwing nemen bij de ketenfases met de grootste impact (A4, A5, C1 en C2) dan is de activiteit frezen de belangrijkste schakel. De verschillen zijn alleen niet dermate groot

om de rest buiten beschouwing te laten als het aankomt op CO_2-reductiemogelijkheden. Hieronder wordt nog een aantal opties voor reductiemaatregelen genoemd:

- Aanbesteden op korte transportafstanden. Het is belangrijk om rekening te houden met de locatie van de asfaltcentrales, zoals blijkt uit het verschil in transportafstand tussen de afvalcentrales van Van Gelder en Dura Vermeer.
- Niet alleen het reduceren van de transportafstanden vermindert de CO_2-uitstoot, ook schoner transport kan de CO_2-uitstoot reduceren. De Jong Zuurmond rijdt niet volledig met diesel. Dit bedrijf streeft naar een duurzamer transport door het mixen van HVO met diesel. Verder kan er nog gekeken worden naar andere transportmiddelen, zoals vervoer op waterstof of elektriciteit.
- Op dit moment wordt het asfalt geproduceerd in een asfaltcentrale. Er zijn al ontwikkelingen waarbij het asfalt op de projectlocatie kan worden gemaakt door gebruik te maken van het gefreesde asfalt als grondstof voor het nieuwe asfalt. De CO_2-uitstoot van het transport van asfalt kan dan met 67% procent worden gereduceerd en het transport van gefreesd asfalt kan met 100% worden gereduceerd.
- De uitstoot van frezen, vegen en reinigen kan worden verminderd door gebruik te maken van ander materieel. Nu wordt er gewerkt met materieel dat voornamelijk werkt op diesel. CO_2-neutraal materieel zal de CO_2-uitstoot verminderen.
- Hetzelfde geldt voor het aanleggen van asfalt. De CO_2-uitstoot hiervan wordt beïnvloed door het verbruik van diesel. Ook hier kan worden gekeken naar ander soort materieel dat zuiniger en/of CO_2-neutraal wordt aangedreven.

5.4 Bio-geïnspireerde aanbevelingen

Aanvullend op bovenstaande en bestaande (gepubliceerde) reductiemogelijkheden heeft Firm of the Future ook naar bio-geïnspireerde reductiemogelijkheden gekeken.

5.4.1 Zelfhelend asfalt

De natuur past de functie zelf helen toe om haar levensduur te verlengen. Een mooi voorbeeld is de huid van de mens. Wanneer de huid beschadigd raakt, bijvoorbeeld door een sneetje, zal deze na verloop van tijd vanzelf geheeld zijn. Dit komt omdat het bloed naar de beschadiging toe stroomt en de bloedplaatjes daar ophopen, deze vormen zo vanzelf met andere cellen een nieuwe huid.

Zelfhelend asfalt heeft een aantal voordelen: het vermindert het benodigde materiaal bij het onderhouden van het asfalt, de verkeersverhindering zal afnemen, de verkeersveiligheid zal toenemen en de CO_2-uitstoot door het onderhoud aan het asfalt zal verminderen. Afgezien van de bovengenoemde duurzame voordelen zal het ook kosten besparen (Tabaković & Schlangen, 2015).

Qiu et al. benoemt vijf essentiële voorwaarden voor het zelfherstel van asfaltverhardingen:

1. goede compatibiliteit met bitumen;
2. stabiliteit bij hoge temperatuur;
3. het vermogen om meng- en bouwomstandigheden te overleven;
4. een functionele temperatuur tussen -30 graden Celsius en 40 graden Celsius;
5. geschikt voor continu/meervoudig herstel.

Hieronder worden verschillende bio-geïnspireerde innovaties besproken die de levensduur van het asfalt kunnen verlengen en wellicht het onderhoud van asfalt kunnen elimineren.

5.4.2 Nanodeeltjes

Nanodeeltjes zijn deeltjes gemaakt van composiet met de kwaliteit van polymeren. Ze heten nanodeeltjes omdat ze gemaakt worden op nanoschaal. Deze nanodeeltjes kunnen in asfaltmengsels worden gebruikt om de veroudering tegen te gaan en de thermische eigenschappen te verbeteren (Fang et al., 2013). Verder hebben de deeltjes de potentie om het asfalt een zelfhelende eigenschap te geven

door het repareren van kleine scheurtjes. Door de hoge oppervlakte-energie, vanwege het gebruik van de weg, hebben de nanodeeltjes van nanoklei de neiging te bewegen naar het uiteinde van de scheur (Fang et al., 2013), vergelijkbaar met de primaire wondgenezing van een klein wondje in de huid: het proces van bloedcellen die stromen door het gaatje vanwege de natuurlijke bloeddruk in het lichaam. De bloedcellen die de huid weer repareren, komen op deze manier vanzelf op de juiste plaats. Als de wondranden niet te ver uit elkaar liggen, kan de wond binnen 24 uur genezen. (Gezondheidsuniversiteit Maastricht UMC, 2017).

De nanoklei-techniek is nog niet uitgebreid onderzocht. Het heeft de potentie om de levensduur van asfalt te verlengen en is daarom interessant voor toekomstig onderzoek.

5.4.3 Staalvezels & inductieverwarming

Het belangrijkste reparatiemechanisme van inductie-genezing is de capillaire stroming en de diffusie van het asfaltbindmiddel bitumen bij hoge temperaturen.

Capillariteit bestaat uit twee krachten: adhesie en cohesie. Adhesie is de aantrekkingskracht tussen de moleculen van de vloeistof en de wand. In dit geval zijn de bitumen de vloeistof en is het mineraalaggregaat de wand. Cohesie is de kracht tussen de vloeistofmoleculen aan het contactoppervlak met de lucht. Capillaire stroming komt ook voor in de natuur. De capillaire werking is een van de natuurlijke krachten waar planten gebruik van maken om hun water op te kunnen nemen uit de grond en te transporteren door hun vaten.

Diffusie is een ander natuurlijk proces dat ervoor zorgt dat deeltjes zich gelijkmatig verspreiden over de beschikbare ruimte. Doordat deeltjes zich willekeurig bewegen en tegen elkaar aanbotsen, zal een hoge concentratie zich gelijkmatig verplaatsen naar een lage concentratie. García (2012) heeft dit genezingsmechanisme geverifieerd met behulp van capillaire stromingstests bij bitumen.

Het inductieproces werkt door middel van een wisselend elektromagnetisch veld. Dit magnetische veld wordt opgewekt door het sturen van een wisselstroom door een spoel. Het toevoegen van staalvezels in het asfaltmengsel verhoogt het geleidingsvermogen van het asfalt na verharding. Wanneer de spoel met een alternerend elektromagnetisch veld boven het geleidende asfalt wordt gehouden, induceert dit elektromagnetische veld stromingen langs de geleidende staalvezels (García, 2012). Dit zorgt voor het verhogen van de temperatuur van het asfalt waardoor bitumen onderhevig worden aan de capillaire stroming en diffusie. Een ander voordeel van het toevoegen van staalvezels is het versterken van de mastiek van poreus asfaltbeton (Liu et al., 2010). Dit zorgt ervoor dat het asfalt minder snel gaat rafelen. Rafelen is een schadeverschijnsel van asfalt. Wanneer steentjes loslaten, zorgt dit voor het verminderen van de stevigheid van de omliggende steentjes. Als uiteindelijk ook bitumen de steentjes niet meer bij elkaar houden, laten de omliggende steentjes ook los, wat een kettingreactie oplevert. Dit proces wordt rafelen genoemd. Liu et al. (2010) hebben ook aangetoond dat de opname van staalvezels in asfaltmengsels de afvoer van bitumen van het oppervlak van het asfalt voorkomt.

In december 2010 hebben onderzoekers van de TU Delft in samenwerking met de Nederlandse overheid een weg (de A58 in Nederland) aangelegd met staalvezels van 1 cm in het asfaltmengsel (De Rooij et al., 2013). Het testen van het zelfherstellende proces op de snelweg A58 is momenteel aan de gang. Dit project is interessant om van op de hoogte te blijven vanwege vergelijkbare omstandigheden.

Vezel versterkt asfalt. Door staalvezels te integreren in het bindmiddel, bitumen, is het asfalt in staat om zichzelf te herstellen. De levensduur van het asfalt wordt verdubbeld door eens in de vier jaar met een speciale inductiemachine over het asfalt te gaan om het te verhitten en om de bitumenbinding tussen de granulen weer te herstellen (Musa et al., 2019 en Tabaković & Schlangen, 2015).

5.4.4 Het recyclen van het asfalt – met lage temperaturen

De natuur voert altijd haar chemische reacties uit bij omgevingstemperaturen, een voorbeeld hiervan is de zeeslak. Deze vormt zijn schelp van grondstoffen en gebruikt hierbij de omstandigheden uit zijn leefomgeving, zoals de temperatuur en de aanwezige druk op de zeebodem. Oguntona & Aigbavboa (2016) benoemen de zeeslak als een van de natuurlijke voorbeelden die wij kunnen gebruiken voor het duurzaam produceren van materialen.

De provincie kijkt naar ontwikkelingen in het recyclen van het asfalt. Ze probeert het percentage asfalt dat kan worden gerecycled te verhogen en de temperatuur waarin het proces wordt uitgevoerd te verlagen. Een van de strategieën is cold-inplace-recycling (CIR). Hierbij wordt asfalt dat aan vervanging toe is gerecycled op de locatie waar het asfalt gefreesd wordt onder lage temperaturen. Normaal gesproken wordt asfalt geproduceerd onder hoge temperaturen.

5.4.5 Olivijn

Naast het verlengen van de levensduur van asfalt kan er ook CO_2 gecompenseerd worden door middel van CO_2-opname bij gebruik van de weg. In deze ketenanalyse is het onderwerp zand/grondverzet niet behandeld vanwege eerder besproken redenen. Het is wel interessant om de mogelijkheden van het mineraal olivijn te benoemen. Dit is een mineraal dat zand kan vervangen bij het aanleggen van een weg. Ook kan het gebruikt worden als zandvervanger in de productie van asfalt. Dit zorgt ervoor dat bij het aanleggen van een weg de CO_2-uitstoot van het materiaal zand wordt gereduceerd. Ten tweede zal er zelfs CO_2 worden opgenomen: 1 ton olivijn neemt gemiddeld 1 ton CO_2 op. Olivijn is daardoor in staat CO_2-negatief te zijn.

Wanneer CO_2-reductie binnen het asfaltproces moeilijk is, kan er gekeken worden naar gerelateerde onderwerpen waar CO_2 mee gecompenseerd kan worden. Net als het proces naar CO_2-neutraliteit in elektriciteitsverbruik. Het bezuinigen op elektriciteit houdt een keer op, aangezien onze maatschappij elektriciteit nodig heeft om te functioneren. Een mogelijkheid is om groene elektriciteit in te kopen om de benodigde elektriciteit in ieder geval CO_2-neutraal op te kunnen wekken. Dit geldt ook voor asfalt. Er wordt gekeken hoe zo min mogelijk CO_2 wordt uitgestoten, maar met de huidige kennis zal het nog niet mogelijk zijn om compleet CO_2-neutraal te zijn op het gebied van asfalt.

Een manier voor de provincie Gelderland om haar CO_2-uitstoot van het onderhouden van wegen omlaag te brengen, is door invloed uit te oefenen op haar aannemers. De provincie kan via gunningsfactoren bepalen welke aannemer de aanbesteding krijgt. Bij toekomstige wegaanleg kan de provincie bijvoorbeeld het gebruik van olivijn in plaats van zand verplichten.

5.4.5 Lokaal betrokken en flexibel

Een van de natuurlijke principes is *be locally attuned and responsive*, oftewel: ben bewust van je omgeving en neem dit mee bij de inrichting van je proces. Door gebruik te maken van lokale grondstoffen en asfaltcentrales, asfalt ter plekke te recyclen en door te gebruiken wat beschikbaar is in de omgeving, kan op een eenvoudige manier CO_2 worden gereduceerd.

6. Conclusie

De conclusie van deze ketenanalyse is hieronder uitgewerkt.

6.1 Doel ketenanalyse

Het doel van deze ketenanalyse is om inzicht te verkrijgen in de CO_2-uitstoot die ontstaat in de keten asfaltverharding.

6.2 Conclusie ketenanalyse

De ketenanalyse van het project A325/Pleijroute (N325): knooppunt Ressen-Velperbroek heeft geleid tot het inzicht dat het overgrote deel van de CO_2-uitstoot wordt veroorzaakt in de ketenfases A1 tot en met A3 plus C3 en C4. Het gaat dan om de winning van grondstoffen, transporteren en het produceren van asfalt. Ook de recycling van het gefreesde materiaal is hierin meegenomen. Aangezien op dit onderwerp al veel onderzoek en verbetering gaande is, heeft de provincie gekozen om voornamelijk naar de overige ketenfases te kijken voor reductiemogelijkheden.

Uit de overige ketenfases (A4, A5, C1 en C2) komt frezen naar voren als grootste bron van CO_2-uitstoot. Frezen bestaat uit vegen, frezen en reinigen, waarbij alle activiteiten ongeveer een gelijke uitstoot produceren. Met dit inzicht kan de provincie inzetten op gepaste reductiemaatregelen.

Als laatste valt op dat de uitstoot van transport van de productielocatie naar de projectlocatie hoger is door het gebruik van de productielocatie in Eemnes in plaats van in Nijmegen. Door in te zetten op lokale productie van asfalt en niet uit te wijken naar andere (verder gelegen) locaties, kan uitstoot worden gereduceerd. Wel is belangrijk dat de provincie Gelderland in overweging neemt hoeveel invloed zij heeft op deze beslissingen. Zij heeft voornamelijk invloed op de directe ketenpartner(s) en de grootste invloed tijdens het formuleren van de aanbesteding.

Het doel om 30% CO_2-uitstoot te reduceren in 2030 is mogelijk indien de ontwikkelingen rondom lokaal hergebruiken, transporteren en CO_2-neutraal materieel worden opgevolgd. Vanuit bio-geïnspireerde mogelijkheden komen zelfhelend asfalt en het toepassen van olivijn als opties naar voren die verder moeten worden onderzocht.

Referenties

CO_2 emissiefactoren. (z.d.). *Lijst emissiefactoren*. Geraadpleegd op 7 augustus 2020, van www.co2emissiefactoren.nl

DuboCalc versie 5.1.1 bibliotheek nmd 2.3 - DuboCalc 6.0127092018.

Fang, C., Yu, R., Liu, S., & Li, Y. (2013). Nanomaterials applied in asphalt modification: a review. *Journal of Materials Science & Technology*, *29*(7), 589-594.

García, Á. (2012). Self-healing of open cracks in asphalt mastic. *Fuel*, *93*, 264-272.

Gezondheidsuniversiteit Maastricht UMC (2017). Informatieboekje reeks 10, Acute Geneeskunde.

Liu, Q., Schlangen, E., García, Á., & Van de Ven, M. (2010). Induction heating of electrically conductive porous asphalt concrete. *Construction and Building Materials*, *24*(7), 1207-1213.

Musa, N. F. A. A., Aman, M. Y., Shahadan, Z., Taher, M. N. M., & Noranai, Z. (2019). Utilization of synthetic reinforced fiber in asphalt concrete–a review. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, *10*(5), 678-694.

Oguntona, O. A., & Aigbavboa, C. O. (2016). Promoting biomimetic materials for a sustainable construction industry. *Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials*, *6*(3), 122-130.

Oguntona, O. A., & Aigbavboa, C. O. (2017). Biomimetic reinvention of the construction industry: energy management and sustainability. *Energy Procedia*, *142*, 2721-2727.

Qiu, J., Van de Ven, M. F. C., Wu, S., Yu, J., & Molenaar, A. A. A. (2009). Investigating the self-healing capability of bituminous binders. *Road Materials and Pavement Design*, *10*(sup1), 81-94.

De Rooij, M., Van Tittelboom, K., De Belie, N., & Schlangen, E. (Eds.) (2013). *Self-healing phenomena in cement-Based materials: state-of-the-art report of RILEM technical committee 221-SHC: self-healing phenomena in cement-based materials* (Vol. 11). Springer Science & Business Media.

Tabaković, A., & Schlangen, E. (2015). Self-healing technology for asphalt pavements. In *Self-healing Materials* (pp. 285-306). Springer, Cham.

TNO, *LCA-Achtergrondrapport voor Nederlandse asfaltmengsels* – Rapport voor opname van brancherepresentatieve asfaltmengsels in de nationale milieudatabase, versie 2.1, 8 maart 2018.

Bijlagen

Onderbouwing berekeningen:

Bijlage I. CO_2-uitstoot ketenfase A1-A3 per type asfalt

Type asfalt aannemer	type asfalt Bestek	Hoeveelheid ton	percentage tov totaal	kg CO2 per ton	kg CO2 totaal	km	kg CO2 per km	laag
AC 22 base	Steenslagasfaltbeton	360	0,55%	209,7	75.492,00	0,09	875.086,5	onderlaag
AC 16 bind	Steenslagasfaltbeton	25.639	39,16%	70,01	1.794.986,39	6,14	292.154,5	tussenlaag
AC 22 bind	Steenslagasfaltbeton	4.945	7,55%	51,78	256.052,10	1,18	216.080,0	tussenlaag
PA 8G	ZOAB	1.109	1,69%	345,76	383.447,84	0,27	1.442.870,4	deklaag
ZOAB 5	ZOAB 2-laags	3.826	5,84%	418,13	1.599.765,38	0,92	1.744.873,3	deklaag
ZOAB 16	ZOAB 2-laags	8.755	13,37%	418,13	3.660.728,15	2,10	1.744.873,3	deklaag
SMA-NL 8G+	SMA 0/11	17.015	25,99%	237,7	4.044.465,50	4,08	991.931,6	deklaag
SMA-NL 11B	SMA 0/11	3.826	5,84%	237,7	909.440,20	0,92	991.931,6	deklaag
totaal		65.475	100,00%	194,339482	12.724.377,56	15,69	810.986,5	

Bijlage II. CO_2-uitstoot ketenfase A4 per asfaltcentrale

	km naar projectlocatie	ton kg asfalt	ton kg asfalt retourtje	ton kg asfalt enkel ritje	ton kg asfalt per lading	km totaal	totaal verbruik L	totaal L diesel	totaal L HVO	diesel - Kg Co2/Liter	HVO - Kg Co2/Liter	totaal uitstoot diesel Kg Co2	totaal uitstoot HVO Kg Co2	totaal Kg Co2	Kg Co2 per ton asfalt
van Gelder - Eemnes	57	9.920,45	3.860	6.061	33	23.802,34	8.330,82	6.664,66	1.666,16	3,23	0,345	21.526,84	574,8	22.101,66	2,23
Dura Vermeer - Nijmegen	14	55.554,55	21.615	33.939	33	32.738,66	11.458,53	9.166,82	2.291,71	3,23	0,345	29.608,84	790,6	30.399,48	0,55
														52.501,15	0,80

Bijlage III. CO_2-uitstoot ketenfase A5 per type asfalt

		ton kg asfalt	liter diesel	diesel - Kg Co2/Liter	Kg CO2	kg CO2 uitstoot per ton kg asfalt
onderlaag	AC 22 base	360	104	3,23	337	0,935085
tussenlaag	AC 16 bind	25.639	7.422		23.975	0,935085
	AC 22 bind	4.945	1.432		4.624	0,935085
toplaag	PA 8G	1.109	321		1.037	0,935085
	ZOAB 5	3.826	1.108		3.578	0,935085
	ZOAB 16	8.755	2.535		8.187	0,935085
	SMA-NL 8G+	17.015	4.926		15.910	0,935085
	SMA-NL 11B	3.826	1.108		3.578	0,935085
		65.475	18.955		61.225	0,935085

Bijlage IV. CO_2-uitstoot ketenfase C1 voor de 3 activiteiten, frezen, vegen en reinigen

	ton gefreest	verbruik diesel L/ton	totaal L diesel	diesel - Kg Co2/Liter	totaal Kg Co2	Kg CO2 per ton kg aangelegd asfalt
frees	40.000	0,33457	13.383	3,23	43.226	0,6602
veeg	40.000	0,29	11.600		37.468	0,5722
reinigen	40.000	0,387	15.480		50.000	0,7637
totaal	40.000	1,01157	40.463		130.694,8	1,9961

Bijlage V. CO_2-uitstoot ketenfase C2 per asfaltcentrale

	km naar proj	ton asfalt	ton frees per lading	km totaal	totaal verbruik L	totaal L diesel	totaal L HVO	diesel - Kg Co2/Liter	HVO - Kg Co2/Liter	totaal uitstoot diesel Kg Co2	totaal uitstoot HVO Kg Co2	totaal Kg Co2	Kg Co2 per ton asfalt
van Gelder - Eemnes	57	6.061	33	10.468	3.664	2.931	733	3,23	0,345	9.468	253	9.720,4	1,603859091
Dura Vermeer - Nijmegen	14	33.939	33	14.399	5.039	4.032	1.008	3,23	0,345	13.022	348	13.369,8	0,393930303
												23.090,1	0,57725