



Scope 3 emissie Ketenanalyse

diesilverbruik Leveranciers

“CO² prestatieladder niveau 5”

Verantwoording



Titel : Keten analyse dieserverbruik leveranciers
Versie : 1

Auteur : Dhr. T van Mourik
E-mailadres : tvanmourik@fphploegmaker.nl
Datum : 29-8-2019

Contactgegevens FPH

Weerscheut 14a
5381 GV Vinkel
T 073-5321915
E info@fphploegmakers.nl
www.fphploegmakers.nl



Inhoud

1.	Inleiding	2
	Bedrijfsprofiel	2
	Wat is een ketenanalyse?	2
	Doelstelling van deze ketenanalyse	3
	Opbouw rapport	3
2.	Meest materiële scope 3 emissies	4
	PMC-matrix	4
	Inkoopkosten per emissiebron	5
	Uitstoot per emissiebron o.b.v. inkoopkosten	6
	Kwantitatieve inschatting scope 3 emissies.....	7
	Onderbouwing keuze ketenanalyse	8
	Primaire & secundaire data.....	8
4.	Identificeren van schakels in de keten	9
	De dieselketen	9
5.	Kwantificatie van de emissies.....	11
	Beton leverantie	11
	Brandstof leverantie	12
	Productie diesel	12
	Bestratingsmaterialen leverantie	13
	Reeds uitgevoerde ketenanalyses	14
	Onzekerheden	15
6.	Reductiemogelijkheden	16
	Reductiedoelstelling	16
	CO ² reductiemaatregelen en plan van aanpak	16
	Bibliografie	22

1. Inleiding

De CO₂-Prestatieladder kent een indeling van de uitstoot van een organisatie in verschillende scopes, conform het internationale 'Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) Initiative'. Deze indeling in scope 1, 2 en 3 biedt de mogelijkheid om gestructureerd de eigen CO₂-uitstoot af te pellen en er sturing op aan te brengen.

In de scope 3 analyse is de meest materiele emissie bepaald op basis van product-markt combinaties en belangrijkste productgroepen op basis van de inkoopkosten. Na toepassing van conversiefactoren is bepaald wat per productgroep de uitstoot van de betreffende productgroep is. De inkoop van brandstof blijkt de grootste scope 3 emissiebron te zijn voor FPH Ploegmakers.

Bedrijfsprofiel

F.P.H. Ploegmakers bestaat uit een jong en energiek team van +/- 40 personen. We zetten ons in voor diverse projecten op het gebied van grond- weg-, waterbouw-, groenvoorziening en cultuurtechnische projecten. Een bedrijf waarbij kwaliteit en klantgerichtheid hoog in het vaandel staan. Een bedrijf waarin we, door bewezen expertise, jarenlange ervaring en een nuchtere kijk, de werkzaamheden voor elkaar krijgen.

F.P.H. Ploegmakers heeft zich door de jaren heen ontwikkeld tot een moderne en professionele organisatie. Het materieel bestaat uit een modern machinepark, waaronder transportmiddelen, graafmachines, bulldozers en wielladers. Hierdoor draag F.P.H. Ploegmakers actief bij aan het terugdringen van de CO₂ uitstoot op haar projecten, waarbij ook steeds gezocht wordt naar energie efficiënte oplossingen.

Samen met alle medewerkers en een groot aantal onderaannemers, spannen we ons dagelijks in om de diverse projecten uit te voeren. We beheersen hierin alle disciplines om een project succesvol te kunnen afronden. Door de jaren heen hebben wij aan talloze opdrachtgevers bewezen een betrouwbare partner te zijn en kwaliteit te leveren binnen de gewenste doorlooptijd.

Wat is een ketenanalyse?

Een ketenanalyse is een gestructureerde wijze van onderzoek naar de informatie- en infrastructuur die noodzakelijk is voor een bepaalde ketensamenwerking, waarbij vervolgens ook wordt onderzocht of die haalbaar is. In de context van de CO₂ PL houdt deze ketenanalyse in: een analyse van CO₂ emissies in een van de gehele ketens waarin FPH Ploegmakers actief is. 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.



Doelstelling van deze ketenanalyse

De belangrijkste doelstelling voor het uitvoeren van deze ketenanalyse is het identificeren van CO²-reductiekansen, het definiëren van reductiedoelstellingen en het monitoren van de voortgang. Op basis van het inzicht in de scope 3 emissies en de ketenanalyse wordt er een reductiedoelstelling geformuleerd. Binnen het energiemanagementsysteem dat is ingevoerd, wordt actief gestuurd op het reduceren van o.a. scope 3 emissies.

Het verstrekken van informatie aan partners binnen de eigen keten en sectorgenoten die onderdeel zijn van een vergelijkbare keten van activiteiten is hier nadrukkelijk onderdeel van. FPH Ploegmakers zal op basis van deze ketenanalyse stappen ondernemen om partners binnen de eigen keten te betrekken bij het behalen van de reductiedoelstellingen.

Opbouw rapport

Volgens het GHG-protocol dient een Scope 3 ketenanalyse tenminste uit de volgende stappen te bestaan:

1. Bepalen van relevante scope 3 emissie categorieën
2. Beschrijving van de waardeketen
3. Identificeren van de partners binnen de waardeketen
4. Kwantificeren van de scope 3 emissies
5. Reductiemaatregelen

Naast eventueel bijkomende informatie betreffende scope 3 emissies zal in dit rapport bovenstaande methodiek worden aangehouden. Om een voorbeeld te geven, er komen stukken terug uit de scope 3 analyse ter verduidelijking van hetgeen in de ketenanalyse wordt gezegd.



2. Meest materiële scope 3 emissies

Bij certificering op niveau 4 of hoger dienen de belangrijkste emissies (“meest materieel”) in scope 3 kwalitatief geïnventariseerd te worden. Het gaat om emissies gerelateerd aan ketens waarin FPH Ploegmakers zich bevindt. In de tabel hier onder is de kwalitatieve inventarisatie van Scope 3 emissies weergegeven, conform eis 4.A.1. Opgenomen zijn de scope 3 categorieën volgens de GHG Scope 3 Standard.

PMC-matrix

Om een rangorde te bepalen is na de inventarisatie op relevantie van emissies, zoals hiervoor beschreven, de methode om de relatieve omvang kwalitatief te bepalen uit het handboek gebruikt. Binnen deze methode worden de scope 3 emissiebronnen en categorieën beoordeeld op: de grootte van relatief belang van CO² belasting, onderverdeeld in de sector en invloed van de activiteit, de potentiële invloed van het bedrijf op CO² uitstoot en de invloed van het bedrijf om CO² reducerende mogelijkheden door te voeren.

PMC's sectoren en activiteiten		CO2-genererende activiteiten	Relatief belang van de CO2-belasting van de sector en invloed van de activiteiten		Potentiële invloed FPH op CO2-uitstoot	Rangorde	
			Sector	Activiteiten			
Grond-, Weg- & Waterbouw (GWW)	Asfalt	- Winning en productie materiaal - Transport - End-of-life verwerking	3	3	2	18	5
	Beton (riool)	- Winning en productie materiaal - Transport - End-of-life verwerking	3	3	2	18	3
	Grondverzet droog	- Energieverbruik materieel	3	3	3	27	2
	Staal	- Winning en productie materiaal - Transport - End-of-life verwerking	3	2	1	6	8
	Funderingsmateriaal	- Winning en productie materiaal - Transport - End-of-life verwerking	3	1	2	6	9
	PVC/PE/PP materialen	- Winning en productie materiaal - Transport - End-of-life verwerking	3	3	2	18	4
	Overige materialen	- Winning en productie materiaal - Transport - End-of-life verwerking	3	3	2	18	6
	Brandstof	- Winning en productie materiaal - Transport	4	4	2	32	1
Mobiliteit	Personen- en goederenvervoer over de weg	- Energieverbruik materieel	3	2	2	12	7
kapitaalgoederen	Wagenpark & werktuigen	- Winning en productie materiaal - End-of-life verwerking	1	2	1	2	11
Productieafval	Afval van kantoor en projecten	- afvalverwerking	2	2	1	4	10

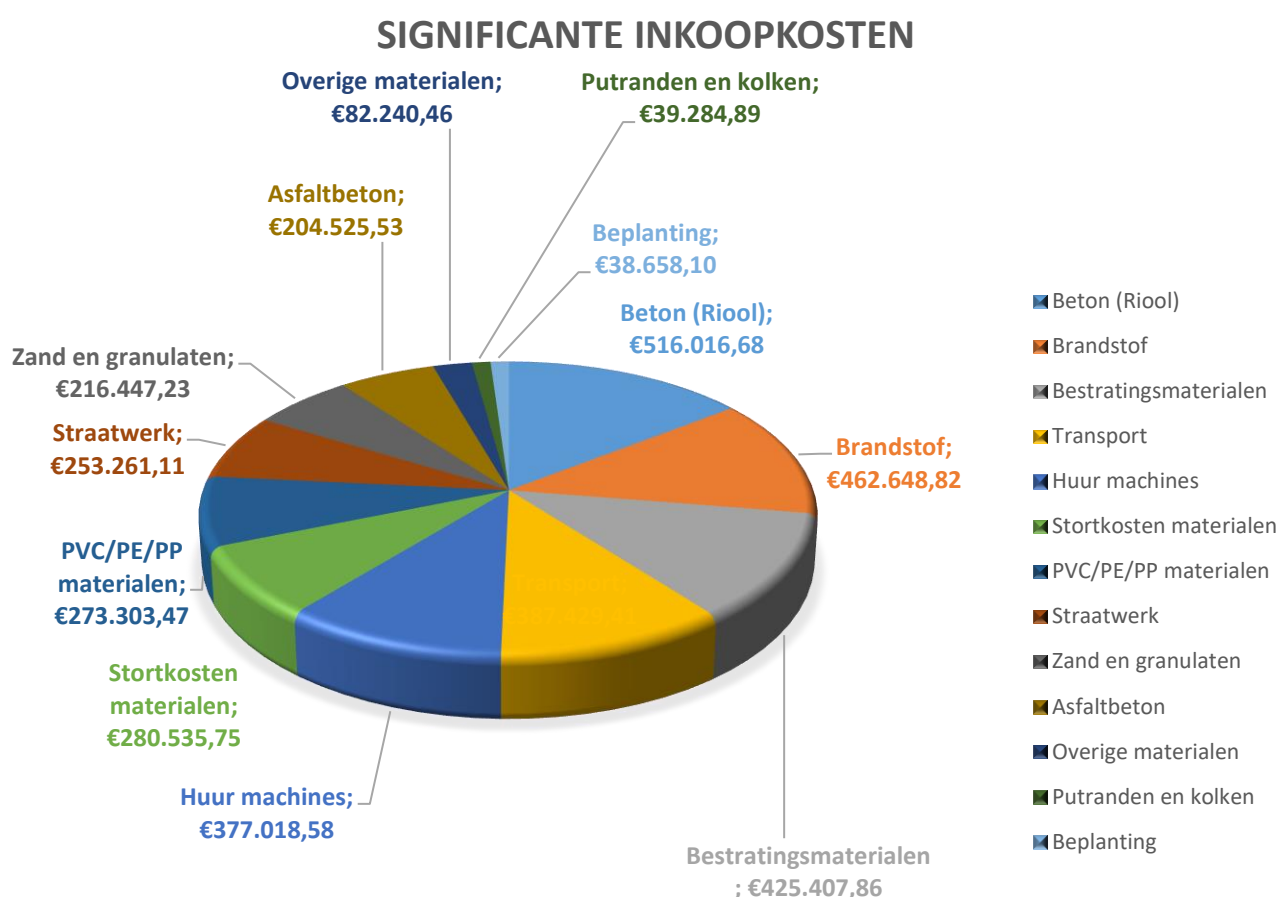
Tabel 1: Kwalitatieve scope 3 analyse a.d.h.v. PMC's.

Voor inschatting van het relatief belang binnen de sector en de invloed van de is een kwalitatieve schaal gebruikt, namelijk: zeer klein (1), klein(2), middelgroot (3) en groot (4).

Inkoopkosten per emissiebron

De meest relevante scope 3 emissie categorieën voor FPH Ploegmakers zijn de aankoop van goederen & diensten, productieafval én upstream transport & distributie. De scope 3 analyse omvat uiteindelijk vooral de CO² emissies van geleverde producten en diensten. Uit onderzoek bij andere bedrijven en uit eigen ervaring is gebleken dat in de meeste gevallen de financiële omvang van de emissie categorieën iets zegt over de hoogte van de CO² uitstoot. Oftewel, hoe hoger het inkoopbedrag, hoe hoger de CO² uitstoot naar verwachting zal zijn.

Alle categorieën upstream en downstream kostenposten (emissiebronnen) zijn administratief verwerkt binnen FPH Ploegmakers. Dit geeft de mogelijkheid een overzicht op te stellen van bijvoorbeeld alle leveranties, transport, inhuur van goederen/diensten en afvalverwerking. Het diagram hier onder geeft de top weer van grootste inkoopkostenposten.



Figuur 1: Inkoopkosten naar percentage van de omzet 2018.

Uitstoot per emissiebron o.b.v. inkoopkosten

Op basis van bedrijfsgegevens, inschattingen, de nodige deskresearch in de vorm van het bestuderen van Scope 3 analyse / ketenanalyse van concullega's én conversiefactoren uit literatuur is een berekening gemaakt van de grootte van scope 3 emissies van FPH Ploegmakers. De gebruikte gegevens en emissiewaarden per categorie zijn volgens de gebruikte bron de best mogelijke waardes die op dit moment beschikbaar zijn.

Emissiecategorie	Inkooppost / emissiebron	Inkoopkosten	Conversie-factor	Eenheid	CO ² E KG/CO ²	CO ² E Ton/co ²	Rangorde
Ingekochte goederen en diensten	Beton	€ 516.016,68	1,03	kg/€	531497,2	531,50 Ton/CO ²	2
	Bestratingsmaterialen	€ 425.407,86	1,03	kg/€	438170,1	438,17 Ton/CO ²	3
	Inhuur onderaannemers	€ 377.018,58	0,6	kg/€	226211,1	226,21 Ton/CO ²	7
	Pvc/pe/pp	€ 273.303,47	0,92	kg/€	251439,2	251,44 Ton/CO ²	6
	Straatwerk	€ 253.261,11	0,26	kg/€	65847,9	65,85 Ton/CO ²	11
	Zand en granulaten	€ 216.447,23	0,92	kg/€	199131,5	199,13 Ton/CO ²	9
	Asfaltbeton	€ 204.525,53	1,03	kg/€	210661,3	210,66 Ton/CO ²	8
	Putranden en kolken	€ 39.284,89	0,92	kg/€	36142,1	36,14 Ton/CO ²	12
	Beplanting	€ 38.658,10	0,92	kg/€	35565,5	35,57 Ton/CO ²	13
	Overige materialen	€ 82.240,46	0,92	kg/€	75.661,2	75,66 Ton/CO ²	10
	Brandstof	€ 462.648,82	3,23	Kg/L	1494355,7	1494,4 Ton/CO²	1
Transport en distributie	transport	€ 387.429,41	0,81	kg/€	313817,8	313,82 Ton/CO ²	5
Productieafval	stortkosten materialen	€ 280.535,75	1,21	kg/€	339448,3	339,45 Ton/CO ²	4

(Nikolas Hill, 2011)

Kwantitatieve inschatting scope 3 emissies

Deze kwantitatieve scope 3 analyse is gebaseerd op een inventarisatie van de emissiestromen van FPH Ploegmakers. Hierbij zijn de belangrijkste leveranciers / ketenpartners geanalyseerd evenals de sectoren en activiteiten in de keten. Uit deze analyse is gebleken dat het grootste deel van de omzet vanuit de “wegenbouw” komt. Binnen deze sector zijn de aankoop van brandstof en grondstoffen / bouwmaterialen emissiebron als het gaat om onze CO² uitstoot. Dit is dan ook terug te zien in de rangorde van de meest materiele scope 3 emissies van FPH Ploegmakers.

1. Ingekochte goederen en diensten
2. Productieafval
3. Transport en distributie (Upstream)

#	Upstream scope 3 emissies	Relevant?	Afgedekt in scope 1/2?	Project gerelateerd	Beïnvloedbaar	Rangorde	Omvang in CO ² /ton	Reductiemogelijkheden
1	Ingekochte goederen en diensten <i>Gegenereerde Co²-emissie bij de productie van materialen ingekocht door FPH Ploegmakers. (rioolbuizen, bestratingsmaterialen, beton etc)</i> Gegenereerde CO ² -emissie bij inhuur van onderaannemers. Het gaat om de diesel die zij verbruiken met hun machines waarvan FPH de brandstof niet heeft ingekocht.	Ja	Nee	Ja	Ja	1	3564,73 Ton/CO ²	Verminderen op deze uitstoot kan door te kiezen voor producten met een lange levensduur of producten van gerecyclede materiaal. Bij voorkeur kiezen voor een partner met een CO ² prestatieladder certificaat. Gebruik maken van lokale bedrijven. Bij voorkeur kiezen voor een partner met een CO ² prestatieladder certificaat.
2	Kapitaal goederen	Nee	-	-	-	-	-	-
3	Brandstof en energie gerelateerde activiteiten (niet scope 1 of 2)	Ja	Scope 1	-	Nee	-	-	-
4	Upstream transport en distributie <i>Alle CO² uitstoot veroorzaakt door transport en distributie van goederen diensten en werktuigen/machines bestemd voor FPH.</i>	Ja	Nee	Ja	Ja	3	313,82 Ton/CO ²	Stimuleren van leveranciers om te investeren in zuinige motoren (bijv. Tier 4 / EURO 6) Bij voorkeur kiezen voor een partner met een CO ² prestatieladder certificaat.
5	Productieafval <i>Gegenereerde CO² emissies ontstaan bij de verwerking van afval afkomstig van project- en kantoor locatie(s)</i>	ja	Nee	Ja	Ja	2	339,45 Ton/CO ²	Reductiemogelijkheden omtrent productieafval zijn bijvoorbeeld het beter scheiden van producten gerelateerd aan de grondstof en het zo min mogelijk printen etc.
6	Business travel	Nee	-	-	-	-	-	-
7	Woon-werkverkeer	Nee	-	-	-	-	-	-
8	Upstream geleasede activa	Nee	-	-	-	-	-	-
Downstream scope 3 emissies								
9	Downstream transport en distributie	Nee	-	-	-	-	-	-
10	Ver- of bewerken van verkochte producten	Nee	-	-	-	-	-	-
11	Gebruik van verkochte producten	-	-	-	-	-	-	-
12	End-of-life verwerking van verkochte producten	Ja	Nee	Ja	Nee	4	Niet bekend levensduur > 50jaar	Verwerker van producten lokaal/dichtbij locatie van product zoeken/benaderen. Recyclen / hergebruiken van de materialen uit het product.
13	Downstream geleasede activa	Nee	-	-	-	-	-	-
14	Franchisehouders	Nee	-	-	-	-	-	-
15	Investerings	Nee	-	-	-	-	-	-

Tabel 2: Kwantitatieve scope 3 analyse.

Onderbouwing keuze ketenanalyse

Met de ambitie om onze niveau 5 certificering van de CO₂-prestatieladder te behouden en te laten zien dat wij ons actief bezig houden met onze CO₂ uitstoot hebben wij onze ketenanalyse ge-updatet. Volgens het CO₂ Prestatieladder handboek moeten wij tenminste één onderwerp uitkiezen voor een ketenanalyse. Het onderwerp is gekozen op basis van de materialiteit van de emissies, zoals bepaald in de voorgaande hoofdstukken (Rangorde meest materiele scope 3 emissies) op basis van de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol en bestaat uit de inkoop van goederen en diensten.

De gegenereerde CO₂ uitstoot door de aankoop van goederen en diensten blijkt voor FPH Ploegmakers veruit de meest significante categorie scope 3 emissies. Conform de voorschriften van de CO₂-prestatieladder 3.0 is een van de meest materiële emissiebronnen uit de top 3 gekozen als basis voor de ketenanalyse. De top 3 van meest materiele emissiebronnen ziet er als volgt uit.

1. Beton
2. Brandstof
3. Bestratingsmaterialen

De ketenanalyse zal gaan over diesilverbruik leveranciers, in de ketenanalyse zullen van deze leveranties (activiteiten) de absolute uitstoot worden berekend en met behulp van conversiefactoren de CO₂ emissie worden bepaald.

Primaire & secundaire data

Primaire data:

- Metacom; inkoopkosten- en leveranciersoverzichten.

Secundaire data:

- www.co2emissiefactoren.nl
- www.SKAO.nl
- 2011 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors
- Cement en beton centrum. (sd). *Cement, beton en CO₂ feiten en trends*.
- Dusseldorp ISM. (2018). *ketenanalyse straatstenen*.
- GHG-corporate value chain (Scope 3) Accounting and reporting standard.

4. Identificeren van schakels in de keten

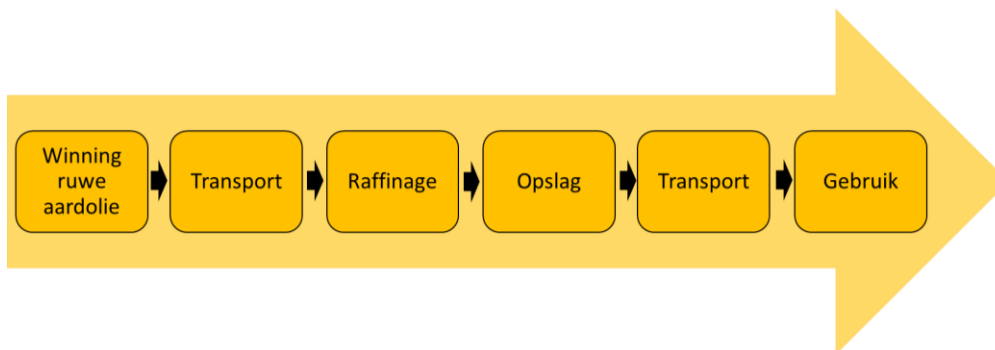
Bij de activiteiten die FPH Ploegmakers uitvoert worden grote hoeveelheden bouwstoffen en grond toegepast, is materieel benodigd en komen materialen vrij. Daarbij resulteert de spreiding van projecten erin dat de meest materiele scope 3 emissiebron de inkoop van brandstof blijkt te zijn.

De ketenanalyse richt zich uitsluitend op de ketenpartners in de 3 hoogste inkoopkostenposten. Het betreft de leverantie van beton (riool), brandstof en bestratingsmaterialen. Onderstaand schema geeft weer welke ketenpartners betrokken zijn bij de leverantie van de producten. Deze leveranciers representeren een groot deel van de inkoopkosten en kunnen daarnaast ook al enkele jaren als ketenpartners worden beschouwd. Er zijn dus mogelijk concrete afspraken te maken met betrekking tot het nemen van reductiemaatregelen.

#	Productgroep	Ketenpartner(s)
1	Beton (Riool)	Bouw Oort b.v. Kijlstra Riolerig LBN Betonproducten B.V. Martens Beton B.V. Nigtevecht Betonfabriek B.V. Steinzeug Keramo
2	Brandstof	Oliehandel van Hulst
3	Bestratingsmaterialen	Berk v.d. Gebr. Bevers Bouwmaterialen B.V. Kemenade van Bestratingen MBI B.V. Meulengraaf van de A. Betonfabriek Morssinkhof Groep B.V. Struyk Verwo Infra B.V. Swanenberg B.V. Vandersanden Nederland B.V.

De dieselketen

Onderstaand figuur geeft weer welke stappen er nodig zijn voordat diesel in de dieseltanks van onze machines zit, maar ook in die van onze leveranciers. Over het algemeen zal de diesel die leveranciers tanken dezelfde stappen hebben doorlopen zoals hier onder schematisch is weergegeven.



Winning

De winning van ruwe aardolie gebeurde vroeger met de wel bekende jaknikkers. Tegenwoordig gebruikt men voor de winning van ruwe aardolie hoog rendementspompen. Door stoom toe te voegen aan de olie in de ondergrond, wordt de olie meer vloeibaar waardoor de olie makkelijker op te pompen is. Ook worden boorplatforms op zee gebruikt voor de winning van ruwe aardolie.

Met de olie komt ook water uit de ondergrond mee naar boven. Net zoals de stoom die is toegevoegd. Op de olie-behandelingsinstallatie wordt de olie en het water van elkaar gescheiden. Het water gaat weer terug in de ondergrond en de olie wordt behouden.

Transport

De keten van aardolie omvat de winning, raffinage, opslag en gebruik. Tussen iedere stap dient het materiaal vervoerd te worden. Het transport van bron naar raffinaderij gebeurt wereldwijd voor ca. 40% per pijplijn en voor ca. 60% per schip.

Raffinage

Het raffinageproces bestaat uit twee stappen: destillatie en kraken. Destillatie is het scheiden van ruwe olie in verschillende kwaliteiten (gas, benzine, kerosine, diesel enz.). Het kraken is het chemisch omzetten van de organische aardoliemoleculen naar moleculen die betere eigenschappen hebben met betrekking tot de verbranding. Na het kraken worden de producten, afhankelijk van de bestemming, per pijplijn, schip of tankwagen naar de vervolgbestemming gebracht.

Opslag

Nadat de aardolie is verwerkt tot het gewenste eindproduct wordt het tijdelijk opgeslagen in speciale opslagtanks, waarna het vervolgens wordt geëxploiteerd naar verschillende afnemers.

Transport

Uiteindelijk worden de producten als laatste getransporteerd naar de gebruikers. De brandstofleveranciers distribueren naar de projectlocaties van FPH Ploegmakers evenals naar de werkplaats op de werf in Vinkel. De brandstof wordt uitsluitend over de weg vervoerd.

Gebruik

Eindstation van de brandstof zijn de brandstoftanks van de werktuigen van FPH Ploegmakers of de brandstoftanks van de door FPH Ploegmakers, via onderaannemers, ingehuurd machines en apparaten. Binnen de scope 3 emissies vallen ook het brandstofgebruik van leveranties van door FPH Ploegmakers aangekochte goederen en diensten.



5. Kwantificatie van de emissies

Middels de verzamelde informatie uit de administratie zijn in dit hoofdstuk de daadwerkelijke resultaten van de ketenanalyse weergegeven.

Op basis van de scope 3 analyse worden in deze paragraaf de afgelegde kilometers gekwantificeerd naar liters diesel en vervolgens naar CO₂-uitstoot. De transportafstanden zijn bekend door vermelding van projectlocaties (van > naar) op de facturen. Door de uitgebreide administratie en overleg met de ketenpartners is van iedere transportbeweging te achterhalen hoe deze heeft plaatsgevonden.

Beton leverantie

Leverancier	locatie	aantal leveringen	Km		Totaal	Verbruik in liters (1:3)	Conversiefactor (well to wheel)	CO ² emissie (Kg)	CO ² emissie (Ton)
Bouw Oort b.v.	Vinkel	2	15	30	60	20,00	3,23 Kg CO ² /liter	64,60	0,06
	Megen	2	11	22	44	14,67	3,23 Kg CO ² /liter	47,37	0,05
Kijlstra Riolering	Knegsel	8	82	656	1312	437,33	3,23 Kg CO ² /liter	1412,59	1,41
	Den bosch	6	48	288	576	192,00	3,23 Kg CO ² /liter	620,16	0,62
LBN Betonproducten B.V.	Den bosch	3	218	654	1308	436,00	3,23 Kg CO ² /liter	1408,28	1,41
Martens Beton B.V.	Nuenen	3	72	216	432	144,00	3,23 Kg CO ² /liter	465,12	0,47
	Veghel	39	72	2808	5616	1872,00	3,23 Kg CO ² /liter	6046,56	6,05
	Gerwen	11	72	792	1584	528,00	3,23 Kg CO ² /liter	1705,44	1,71
	Nuenen	9	72	648	1296	432,00	3,23 Kg CO ² /liter	1395,36	1,40
	Den bosch	8	41	328	656	218,67	3,23 Kg CO ² /liter	706,29	0,71
Nigtevecht Betonfabriek B.V.	Vinkel	8	90	720	1440	480,00	3,23 Kg CO ² /liter	1550,40	1,55
Steinzeug Keramo	Den bosch	2	103	206	412	137,33	3,23 Kg CO ² /liter	443,59	0,44
	Den bosch	7	103	721	1442	480,67	3,23 Kg CO ² /liter	1552,55	1,55
Totaal		108	999,00	8089,00	16178,00	5392,67		17418,31	17,42

Brandstof leverantie

Leverancier	locatie	aantal leveringen	Km	Totaal	Verbruik in liters (1:3)	Conversiefactor (well to wheel)	CO ² emissie (Kg)	CO ² emissie (Ton)	
Oliehandel Van Hulst V.O.F.	Vinkel	14	68	952	1904	634,67	3,23 Kg CO ² /liter	2049,97	2,05
	Berkel Enschoot	39	1	39	78	26,00	3,23 Kg CO ² /liter	83,98	0,08
	Nederasselt	27	1	27	54	18,00	3,23 Kg CO ² /liter	58,14	0,06
	Veghel	30	4	120	240	80,00	3,23 Kg CO ² /liter	258,40	0,26
	Den Bosch	21	17	357	714	238,00	3,23 Kg CO ² /liter	768,74	0,77
	Gerwen	53	2	106	212	70,67	3,23 Kg CO ² /liter	228,25	0,23
	weert	84	20	1680	3360	1120,00	3,23 Kg CO ² /liter	3617,60	3,62
	Nuenen	52	2	104	208	69,33	3,23 Kg CO ² /liter	223,95	0,22
	Den Bosch	21	3	63	126	42,00	3,23 Kg CO ² /liter	135,66	0,14
	Knegsel	60	3	180	360	120,00	3,23 Kg CO ² /liter	387,60	0,39
	Nuenen	52	2	104	208	69,33	3,23 Kg CO ² /liter	223,95	0,22
	Berkel Enschoot	39	1	39	78	26,00	3,23 Kg CO ² /liter	83,98	0,08
	Oss	7	1	7	14	4,67	3,23 Kg CO ² /liter	15,07	0,02
	Nuenen	52	2	104	208	69,33	3,23 Kg CO ² /liter	223,95	0,22
	Veghel	30	23	690	1380	460,00	3,23 Kg CO ² /liter	1485,80	1,49
	Den Bosch	21	3	63	126	42,00	3,23 Kg CO ² /liter	135,66	0,14
	Gerwen	53	6	318	636	212,00	3,23 Kg CO ² /liter	684,76	0,68
	Weert	84	10	840	1680	560,00	3,23 Kg CO ² /liter	1808,80	1,81
Totaal			169	5793	11586	3862,00		12474,26	12,47

Bestringsmaterialen leverantie

Leverancier	locatie	aantal leveringen	Km		Totaal	Verbruik in liters (1:3)	Conversiefactor (well to wheel)	CO ² emissie (Kg)	CO ² emissie (Ton)
Berk v.d. Gebr.	Nuenen	1	2	2	4	1,33	3,23 Kg CO ² /liter	4,31	0,00
Bevers Bouwmaterialen B.V.	Bergen	1	50	50	100	33,33	3,23 Kg CO ² /liter	107,67	0,11
	Gerwen	1	37	37	74	24,67	3,23 Kg CO ² /liter	79,67	0,08
	Veghel	1	17	17	34	11,33	3,23 Kg CO ² /liter	36,61	0,04
Kemenade van Bestratingen	Nuenen	1	5	5	10	3,33	3,23 Kg CO ² /liter	10,77	0,01
MBI B.V.	Oss	1	29	29	58	19,33	3,23 Kg CO ² /liter	62,45	0,06
	Zaltbommel	38	35	1330	2660	886,67	3,23 Kg CO ² /liter	2863,93	2,86
	Den bosch	73	22	1606	3212	1070,67	3,23 Kg CO ² /liter	3458,25	3,46
	Gerwen	5	22	110	220	73,33	3,23 Kg CO ² /liter	236,87	0,24
	Nuenen	26	24	624	1248	416,00	3,23 Kg CO ² /liter	1343,68	1,34
	Megen	9	33	297	594	198,00	3,23 Kg CO ² /liter	639,54	0,64
	Knegsel	7	34	238	476	158,67	3,23 Kg CO ² /liter	512,49	0,51
Meulengraaf A. Betonfabriek	Knegsel	2	29	58	116	38,67	3,23 Kg CO ² /liter	124,89	0,12
Morssinkhof Groep B.V.	Venray	1	2	2	4	1,33	3,23 Kg CO ² /liter	4,31	0,00
Struyk Verwo Infra B.V.	Raamsdonk	4	58	232	464	154,67	3,23 Kg CO ² /liter	499,57	0,50
	Berkel enschot	28	61	1708	3416	1138,67	3,23 Kg CO ² /liter	3677,89	3,68
	Vinkel	5	52	260	520	173,33	3,23 Kg CO ² /liter	559,87	0,56
	Zaltbommel	3	29	87	174	58,00	3,23 Kg CO ² /liter	187,34	0,19
	knegsel	1	81	81	162	54,00	3,23 Kg CO ² /liter	174,42	0,17
	Den bosch	67	41	2747	5494	1831,33	3,23 Kg CO ² /liter	5915,21	5,92
	Nuenen	1	78	78	156	52,00	3,23 Kg CO ² /liter	167,96	0,17
	Nuenen	4	78	312	624	208,00	3,23 Kg CO ² /liter	671,84	0,67
	Nuenen	8	78	624	1248	416,00	3,23 Kg CO ² /liter	1343,68	1,34
	Megen	4	23	92	184	61,33	3,23 Kg CO ² /liter	198,11	0,20
	Knegsel	41	81	3321	6642	2214,00	3,23 Kg CO ² /liter	7151,22	7,15
	Den bosch	4	41	164	328	109,33	3,23 Kg CO ² /liter	353,15	0,35
Swanenberg Handelsonderneming B.V.	Berkel enschot	25	28	700	1400	466,67	3,23 Kg CO ² /liter	1507,33	1,51
	Zaltbommel	15	18	270	540	180,00	3,23 Kg CO ² /liter	581,40	0,58
	Den bosch	18	1	18	36	12,00	3,23 Kg CO ² /liter	38,76	0,04
Vandersanden Nederland B.V.	Knegsel	1	68	68	136	45,33	3,23 Kg CO ² /liter	146,43	0,15
	Nuenen	10	53	530	1060	353,33	3,23 Kg CO ² /liter	1141,27	1,14
Totaal			1210	15697	31394	10464,67		33800,87	33,80

6. Datacollectie en datakwaliteit

De CO²-uitstoot van scope 3 emissies is in deze ketenanalyse gebaseerd op het brandstofverbruik van de transportvoertuigen in liters. Hiervoor zijn verschillende inputgegevens benodigd, hiervoor is alle data geanalyseerd behorend bij het transport van materieel, bouwstoffen en grond en brandstoffen uit het jaar 2018. Deze analyse is gebaseerd op facturen van leveranciers en de verwerking van gegevens in het administratiesysteem van F.P.H. Ploegmakers. Daarbij is de volgende informatie beschikbaar:

1. Projectlocaties (van > naar)
2. Vrachtgegevens per transportbeweging
 - a. Soort voertuig
 - b. Soort lading
3. Gehuurd materieel per verhuurder
 - a. Soort voertuig
 - b. Soort materieel

Het verbruikte aantal liters om de CO²-emissie te berekenen is niet op te maken uit de voorhanden zijnde informatie. Daarom is nader onderzoek verricht en in overleg met de leveranciers het verbruik per soort voertuig bepaald. De waarden zijn gebaseerd op het daadwerkelijk afgelezen verbruik van de boordcomputer in de vrachtwagens en de administratie van de leveranciers.

Een ander belangrijk aspect is de afgelegde weg om de afstand te bepalen. De locaties (van > naar) zijn administratief goed verwerkt. Echter, het leveren van brandstof en materieel wordt veelal getransporteerd via een route met meerdere locaties. In overleg met leveranciers zijn de routes bepaald om deze logisch te reconstrueren.

Voor het vaststellen van de uitstoot tijdens deze transporten is gebruik gemaakt van conversiefactoren uit de CO²-Prestatieladder. Deze gegevens bieden voor het doel van deze ketenanalyse voldoende inzicht om relevante conclusies te trekken.

Reeds uitgevoerde ketenanalyses

Over het onderwerp inkoop van goederen en diensten zijn al meerdere ketenanalyses gemaakt. Om te borgen dat deze analyse een aanvulling is op de bestaande kennis, is nagegaan welke bruikbare input de reeds uitgevoerde ketenanalyses kunnen leveren voor F.P.H. Ploegmakers, en welke aanvullende informatie nodig is om tot reductieopties te komen die voor F.P.H. Ploegmakers relevant zijn.

Uit de inventarisatie van reeds uitgevoerde analyses is het volgende naar voren genomen:

- Veel uitgevoerde analyses richten zich op een ander kernproces, type project of vervoerd materiaal/object dan F.P.H. Ploegmakers, en zijn hierdoor zeer beperkt bruikbaar.
- De meest relevante analyses, die zich richten op transport in GWW-projecten, richten zich op één transportstroom (bijvoorbeeld grondstoffen).

Op basis van deze twee overwegingen is daarom gekozen om de brede emissie-categorie 'Brandstofreductie leveranciers' te analyseren.

Onzekerheden

De ketenanalyse 'Brandstofverbruik leveranciers' bevat de volgende onzekerheden:

- De exacte transportafstanden zijn vastgesteld op basis onderbouwde benaderingen.
- De exacte massa van het materieel is vastgesteld op basis van goed onderbouwde benaderingen.
- De massa's van de getransporteerde grondstoffen zijn vastgesteld op basis van transportlijsten.

6. Reductiemogelijkheden

De belangrijkste energieverbruikers, zoals bepaald in de scope 3 analyse en uitgewerkt in deze ketenanalyse, zijn gebruikt om de reductiedoelstelling vorm te geven.

De ketenstappen van de ingekochte goederen, beton, bestratingsmateriaal en brandstoffen, zijn gezamenlijk in één doelstelling geformuleerd. Bij de bepaling van de reductiemaatregelen worden de ketenstappen bij iedere maatregel afzonderlijk beschouwd.

Een CO²-reductie van ca. 5% in 2023 ten opzichte van 2015 gerelateerd aan het brandstofverbruik van leveranciers van door FPH Ploegmakers aangekochte goederen en diensten.

De reductiedoelstelling is gerelateerd aan de inkoopwaarde van de ingekochte goederen zodat er periodiek (halfjaarlijks) een verband zichtbaar wordt. Mocht in de toekomst blijken dat het verband grote afwijkingen vertoont, zonder inbreng van het reductiepercentage, wordt er een andere meetmethode gezocht. Het percentage van de reductiedoelstelling is onderbouwd volgens de cumulatieve percentage van de reductiemaatregelen.

CO² reductiemaatregelen en plan van aanpak

Goede communicatie met de ketenpartners is essentieel om de reductiemaatregelen te bewerkstelligen en uiteindelijk de reductiedoelstelling te behalen. In overleg met de ketenpartners en op basis van de gestelde reductiedoelstelling zijn daarom over het referentiejaar verschillende maatregelen opgesteld die moeten leiden tot CO²-reductie. Jaarlijks wordt de voortgang van de CO²-reductie gereflecteerd aan de doelstellingen. Wanneer een maatregel niet haalbaar blijkt worden er aanpassingen verricht volgens het laatste inzicht. Het geheel aan maatregelen vormt tevens het plan van aanpak, verdeeld in korte- en lange termijn maatregelen.

Om de CO²-uitstoot te reduceren dienen er creatieve maatregelen te worden bedacht die redelijk uitvoerbaar zijn door de ketenpartners. Door voorgaand onderzoek is het duidelijk dat de oorzaak ligt bij het transport van goederen. De oplossingen dienen te worden gezocht in het verlagen van het brandstofverbruik, efficiëntere transportroutes en waar mogelijk alternatieven.

Korte termijn maatregelen ten behoeve van CO² reductie:

1. Reisafstand weegt mee in selectieprocedure voor onderaannemers en/of leveranciers.
2. Controle juiste bandenspanning.
3. Stimuleren zuinig rijden door Het Nieuwe Rijden.
4. Het nieuwe stallen.
5. Vervanging huidige brandstoftank op de werf door een grotere variant. (Minder leveranties → minder uitstoot brandstofleverancier)

Lange termijn maatregelen ten behoeve van CO² reductie:

1. Vervanging vrachtwagens met =< Euro 4 motoren door voertuigen met zuinigere motoren.
2. Vervanging bedrijfsauto's, vrachtwagens en grondverzetmaterieel door voertuigen met zuinigere motoren.
3. Overstap van gewone diesel naar Traxx diesel.
4. Monitoring individueel brandstofverbruik.

1 Brandstofbesparing <u>alle</u> transporten		
<i>Banden van de vrachtwagens op de juiste spanning: vermindering weerstand tussen wegdek en band.</i>		
Termijn	Kort (< 12 maanden)	Uiterlijk: maart 2016
Verantwoordelijke	CO ² -verantwoordelijke F.P.H. Ploegmakers / Directie	
Uitvoerende	Contactpersoon ketenpartner (directie / bedrijfsleider)	
Monitoren & bijsturing	Iedere 6 maanden in overleg met contactpersoon ketenpartner en iedere 12 maanden een evaluatie in de directiebeoordeling in combinatie met ISO-9001/VCA**	
Huidige CO² uitstoot	52,3 ton CO ²	Totaal dieselverbruik van ingehuurd transport ketenpartners in 2014, conversiefactor 3135 g CO ² / liter diesel
Te verwachten CO² uitstoot	51,2 ton CO ²	Verwachte reductie van 2%. ¹ Bandenspanning wordt momenteel 1 á 2 keer per jaar gecontroleerd tijdens onderhoudsbeurt, dus maximale besparing van 5% is niet haalbaar.
Reductie totaal	1,1 ton CO ² / 2%	Totale uitstoot in 2014 is 52,3 ton CO ² , een besparing van 1,1 ton CO ² = 2%
Toelichting	Deze maatregel is bij F.P.H. Ploegmakers reeds doorgevoerd en goed ontvangen. Daarom wordt dezelfde werkwijze geadviseerd: Er wordt een inventarisatie opgesteld van alle voertuigen en de optimale bandenspanning. Omdat voertuigen vaak goederen vervoeren wordt de beladen adviesspanning + 10% aangehouden. Wanneer deze gegevens niet vermeld staan in de voertuigen wordt er een sticker op een logische plek geplakt. Minimaal iedere drie maanden dient de bandenspanning gecontroleerd te worden. Implementatie geschied door instructie aan de chauffeurs en onderhoudsmonteur: • De bandenspanning wordt in koude toestand gecontroleerd. • Tijdens onderhoudsbeurten (monteur) wordt de administratie verricht via conventionele onderhoudsformulieren. • Overige meetmomenten zijn de chauffeurs verantwoordelijk. Via toolboxmeetings worden ze hieraan herinnert.	
Budgetindicatie	Opstellen inventarisatie en instructie, verrichten instructie: 5 uur á €40,- <i>Totale kosten maatregel: € 200,-</i>	

¹ (SKAO, 2014a)

2 Brandstofbesparing <u>alle</u> transporten		
<i>Motoren uit tijdens pauzes en wachttijden voor alle voertuigen en overig materieel: toepassen Het Nieuwe Rijden (HNR).</i>		
Termijn	Kort (< 12 maanden)	Uiterlijk: maart 2016
Verantwoordelijke	CO ² -verantwoordelijke F.P.H. Ploegmakers / Directie	
Uitvoerende	Contactpersoon ketenpartner (directie / bedrijfsleider)	
Monitoren & bijsturing	Iedere 6 maanden in overleg met contactpersoon ketenpartner en iedere 12 maanden een evaluatie in de directiebeoordeling in combinatie met ISO-9001/VCA**	
Huidige CO² uitstoot	52,3 ton CO ²	Totaal dieselvebruik van ingehuurd transport ketenpartners in 2014, conversiefactor 3135 g CO ² / liter diesel
Te verwachten CO² uitstoot	48,6 ton CO ²	Verwachte reductie van 7%. ^{2, 3, 4} In overleg met de ketenpartner is bepaald dat enkele chauffeurs al letten op zuinig werken/rijden. Maximale gemiddelde besparing van 10-15% is daarom niet haalbaar.
Reductie totaal	3,7 ton CO ² / 7%	Totale uitstoot in 2014 is 52,3 ton CO ² , een besparing van 3,7 ton CO ² = 7%
Toelichting	Vrachtwagenchauffeurs gaan de cursus HNR volgen om brandstof besparend te rijden. Omdat de cursus ook bij F.P.H. Ploegmakers wordt verricht is het aan te raden een dag te reserveren en alle chauffeurs tegelijkertijd deel te laten nemen.	
Budgetindicatie	Totale kosten maatregel: €300	

² (HNR, 2014)³ (HND, 2014)⁴ (SKAO, 2014b)

3 Brandstofbesparing <u>oude</u> vrachtwagens		
<i>Vervanging vrachtwagens met < Euro 4 motoren door voertuigen met zuinigere motoren.</i>		
Termijn	middellang (>12 mnd.)	Uiterlijk: 2020
Verantwoordelijke	CO ² -verantwoordelijke F.P.H. Ploegmakers / Directie	
Uitvoerende	Contactpersoon ketenpartner (directie / bedrijfsleider)	
Monitoren & bijsturing	Iedere 6 maanden in overleg met contactpersoon ketenpartner en iedere 12 maanden een evaluatie in de directiebeoordeling in combinatie met ISO-9001/VCA**	
Huidige CO² uitstoot	8,8 ton CO ²	Diesilverbruik van drie vrachtwagens met < Euro 4 motoren. Brandstof wordt geleverd door één vrachtwagen (6 ton CO ²). Bouwstoffen en grond worden getransporteerd door 2 Euro 3 vrachtwagens, welke circa de helft van de vrachten worden ingezet (2,8 ton CO ²).
Te verwachten CO² uitstoot	7,7 ton CO ²	Verwachte reductie van 12%. ^{5, 6} Het voornemen is om binnen vier jaar deze voertuigen te vervangen. De voorkeur van aanschaf gaat daarbij naar Euro 6 motoren. De verwachting is door zuinigere motoren en andere samenstelling van diesel over langere termijn een reductie van 12% te kunnen realiseren.
Reductie totaal	1,1 ton CO ² / 2,1%	Totale uitstoot in 2014 is 52,3 ton CO ² , een besparing van 1,1 ton CO ² = 2,1%
Toelichting	Deze maatregel vraagt een significante investering. Het is daarom van belang dat hier extra aandacht wordt besteed aan een goede afstemming met de ketenpartners. De voordelen t.a.v. lager verbruik dienen De reductie zal vooral te halen zijn uit verfijning van de diesel door de brandstoffabrikanten. Voor het bedrijf is het zaak te investeren in nieuwe machines om daarmee een reductie te realiseren. Lange termijn maatregel omdat het een aanzienlijke investering betreft welke over jaren verdeeld zal gaan worden.	
Budgetindicatie	Hiervan is het mogelijk een schatting te maken op basis van afgelopen jaren en kijkend naar de toekomst. Een jaarlijks investeringsbedrag, excl. Inruil, van € 150.000 tot € 200.000 is reëel.	

⁵ (SKAO, 2014f)⁶ (SKAO, 2014g)

4 Brandstofbesparing voertuigen		
<i>Vervanging bedrijfsauto's, vrachtwagens en grondverzetmaterieel door voertuigen met zuinigere motoren.</i>		
Termijn	lang (>12 maanden)	Uiterlijk: 2023
Verantwoordelijke	CO ² -verantwoordelijke F.P.H. Ploegmakers / Directie	
Uitvoerende	Contactpersoon ketenpartner (directie / bedrijfsleider)	
Monitoren & bijsturing	Iedere 6 maanden in overleg met contactpersoon ketenpartner en iedere 12 maanden een evaluatie in de directiebeoordeling in combinatie met ISO-9001/VCA**	
Huidige CO² uitstoot	52,3 ton CO ²	Totaal dieselverbruik van ingehuurd transport ketenpartners in 2014, conversiefactor 3135 g CO ² / liter diesel.
Te verwachten CO² uitstoot	48,1 ton CO ²	Verwachte reductie van 8%. ^{7, 8} Het voornemen is om binnen tien jaar deze voertuigen te vervangen. De voorkeur van aanschaf gaat daarbij naar Euro 6 motoren, dan wel de opvolger daarvan. De verwachting is door zuinigere motoren en andere samenstelling van diesel over langere termijn een reductie van 8% te kunnen realiseren.
Reductie totaal	4,2 ton CO ² / 8%	Totale uitstoot in 2014 is 52,3 ton CO ² , een besparing van 4,2 ton CO ² = 8%
Toelichting	De reductie zal vooral te halen zijn uit nieuwe technieken van machines (hybride) en verfijning van de diesel door de brandstoffabrikanten. Voor het bedrijf is het zaak te investeren in nieuwe machines om daarmee een reductie te realiseren. Lange termijn maatregel omdat het een aanzienlijke investering betreft welke over jaren verdeeld zal gaan worden.	
Budgetindicatie	Hiervan is het mogelijk een schatting te maken op basis van afgelopen jaren en kijkend naar de toekomst. Een jaarlijks investeringsbedrag, excl. Inruil, van € 150.000 tot € 200.000 is reëel.	

⁷ (SKAO, 2014f)⁸ (SKAO, 2014g)

5 Brandstofbesparing transport brandstofleverantie		
<i>Vervanging huidige brandstoftank op de werf door een grotere variant: minder transport voor brandstofleverantie.</i>		
Termijn	lang (>12 maanden)	Uiterlijk: 2023
Verantwoordelijke	CO ² -verantwoordelijke F.P.H. Ploegmakers / Directie	
Uitvoerende	Contactpersoon ketenpartner (directie / bedrijfsleider)	
Monitoren & bijsturing	Iedere 6 maanden in overleg met contactpersoon ketenpartner en iedere 12 maanden een evaluatie in de directiebeoordeling in combinatie met ISO-9001/VCA**	
Huidige CO² uitstoot	6,0 ton CO ²	Dieserverbruik brandstofleverantie in 2014, conversiefactor 3135 g CO ² / liter diesel.
Te verwachten CO² uitstoot	5,5 ton CO ²	Vaak gecombineerde vrachten... 40 x 10km omrijdkilometers. Reductie van factor 3. 0,5 ton CO ² -reductie
Reductie totaal	0,5 ton CO ² / 1%	Totale uitstoot in 2014 is 52,3 ton CO ² , een besparing van 0,5 ton CO ² = 1%
Toelichting	Tijdens de bouw van het nieuwe kantoorpand/werkplaats is het eenvoudig een nieuwe brandstoftank van ca. 10.000 liter te plaatsen i.p.v. ca. 3.000 liter die nu in gebruik is.	
Budgetindicatie		

Bibliografie

- Cement en beton centrum. (sd). *Cement, beton en CO2 feiten en trends*.
- Dusseldorp ISM. (2018). *ketenanalyse straatstenen*.
- HND. (2014, november 3). *Waarom Het Nieuwe Draaien?* Opgehaald van Het Nieuwe Draaien:
<http://www.hetnieuwedraaien.com/waarom-hnd/>
- HNR. (2014, november 3). *Het Nieuwe Rijden levert u veel op*. Opgehaald van Het Nieuwe Rijden:
<http://www.hetnieuwerijden.nl/wat-kunt-u-doen/rijstijltips/restyle-je-rijstijl-volg-de-tips-van-hnr/>
- Kuiken Groep B.V. (2013). *Jaarverslag Kuiken Groep B.V. 2012*. Emmeloord: Kuiken Groep B.V.
- Nikolas Hill, H. W. (2011). *2011 Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors*. London: Department for Environment, Food and Rural Affairs.
- Ruud Verbeek, S. v. (2019, 11 15). *factsheets brandstoffen wegverkeer juni 2014*. Opgehaald van binnenlandsbestuur: <https://www.binnenlandsbestuur.nl/Uploads/2017/6/Factsheets-brandstoffen-wegverkeer-juni-2014.pdf>
- SKAO. (2014a, november 3). *Band op spanning*. Opgehaald van CO2-Prestatieladder:
<http://www.skao.nl/index.php?ID=79&IDtip=607&idtheme=&title=>
- SKAO. (2014b, november 3). *Energiezuinige rijstijl (Het Nieuwe Rijden)*. Opgehaald van CO2-prestatieladder: <http://www.skao.nl/index.php?ID=79&IDtip=386&idtheme=&title=>
- SKAO. (2014c, november 3). *Vervang conventionele TL-verlichting*. Opgehaald van CO2-Prestatieladder: <http://skao.nl/index.php?ID=79&IDtip=591&idtheme=&title=>
- SKAO. (2014d, November 3). *Ruimte leeg: licht uit door sensor*. Opgehaald van CO2-Prestatieladder:
<http://skao.nl/index.php?ID=79&IDtip=431&idtheme=&title=>
- SKAO. (2014e, november 3). *Daglichtafhankelijke regeling van verlichting*. Opgehaald van CO2-Prestatieladder: <http://skao.nl/index.php?ID=79&IDtip=433&idtheme=7&title=Elektriciteit>
- SKAO. (2014f, november 3). *Schone en zuinige mobiele werktuigen*. Opgehaald van CO2-Prestatieladder: <http://skao.nl/index.php?ID=79&IDtip=595&idtheme=18&title=Mobiele werktuigen>
- SKAO. (2014g, november 3). *Schone en zuinige bestelauto's*. Opgehaald van CO2-Prestatieladder:
<http://skao.nl/index.php?ID=79&IDtip=606&idtheme=15&title=Zakelijk verkeer>
- SKAO. (2014h, november 6). *Start - Stop - Systeem voor mobiele werktuigen*. Opgehaald van CO2-Prestatieladder:
<http://www.skao.nl/index.php?ID=79&IDtip=613&idtheme=18&title=Mobiele werktuigen>
- TNO, A. B. (2014, november 3). *warmte-koude-opslag*. Opgehaald van Joostdevree.nl:
<http://www.joostdevree.nl/shtmls/warmte-koude-opslag.shtml>