

0828 Ketenanalyse en plan van aanpak scope 3 (4A1 en 4B1)

Ketenanalyse Reduton®

in het werk van Broekema Wegenbouw

Incl. Plan van Aanpak CO₂-reductie scope 3

Scope 3, eis 4.A.1 CO₂-Prestatieladder

Broekema Wegenbouw

Contactpersoon:

Naam: Koos Bakker

mail: bakker@Broekemawegenbouw.nl

adres: Peizerweg 148a, 9727AR Groningen

Naam: Bart Beks

mail: b.beks@broekemawegenbouw.nl

adres: Peizerweg 148a, 9727AR Groningen

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	4
1.1	Onderwerp ketenanalyse	4
1.2	Doel	4
1.3	Professionele ondersteuning	4
2	Methode	5
2.1	Ketenanalyse	5
2.2	Dataverzameling	5
2.3	Berekening	5
2.4	Afbakening	5
3	Reduton®	6
4	Broekema en de keten	7
4.1	Broekema	7
4.2	V.d. Bosch beton	7
4.3	Opdrachtgevers	7
5	berekening co ₂ emissie Reduton®	8
5.1	De keten en ketenpartners	8
5.2	Processen in de keten	9
5.3	Kwantificeren van CO ₂ -emissie	9

6	Plan van Aanpak	12
6.1	Reductiedoel	12
6.2	Reductiemaatregelen	12
7	Bronvermelding	13

1 Inleiding

In het kader van het behalen van niveau 5 van de CO₂-Prestatieladder onderzoekt Broekema Wegenbouw (vanaf nu te noemen Broekema) door middel van een ketenanalyse de mogelijkheden voor CO₂-reductie in de keten.

Op niveau 4 is onder andere een inventarisatie van de scope 3-emissies nodig en een ketenanalyse van één van de meest materiële scope 3-emissies Broekema. In de 'Rapportage rangorde scope 3 Broekema' zijn de meest materiële scope 3-emissies beschreven. Op basis van de rangorde is het onderwerp gekozen voor deze ketenanalyse.

1.1 Onderwerp ketenanalyse

Uit de rangorde van de scope 3-emissies is gebleken dat categorie 1a, inkoop van materialen voor de projecten de belangrijkste scope 3-emissies van Broekema is. Als onderwerp voor de ketenanalyse is gekozen voor de toepassing van Reduton® in het werk van Broekema.

Voorliggend rapport betreft de CO₂-ketenanalyse van Reduton®.

Verklaring voor de keuze van Reduton®:

- Relevantie: Groot

Reduton® is cementloos beton en maakt gebruik van een geopolymeer waardoor de CO₂-uitstoot van het materiaal aanzienlijk lager is dan cementbeton. Door Reduton® te gebruiken in plaats van cementbetonproducten kan Broekema de CO₂-uitstoot gerelateerd aan categorie 1a (inkoop van materialen voor projecten) verlagen.

- Impact op de keten: Gemiddeld/groot

Reduton® zorgt voor 25%-85% CO₂-reductie, afhankelijk van het type Reduton® product. Broekema maakt redelijk veel gebruik van beton waardoor het reductiepotentieel gemiddeld/groot is.

- Invloed van Broekema: Klein/gemiddeld.

Broekema werkt met bestekken waarin de materiaalkeuze vaak vaststaat. In dat opzicht is de invloed van Broekema klein. Aan de andere kant kan Broekema wel pleiten voor het gebruik van Reduton® bij de grootste opdrachtgevers, zodat het materiaal in volgende bestekken wel wordt voorgeschreven.

1.2 Doel

Het doel van de ketenanalyse is het in kaart brengen van de CO₂-reductie bij toepassing van Reduton® in projecten van Broekema. In hoofdstuk 6, het Plan van Aanpak, wordt uiteen gezet wat Broekema ten doel stelt om de toepassing van Reduton® in haar projecten te vergroten. Op basis van de ketenanalyse wordt een actieplan met reductiedoelen voor de komende 5 jaar bepaald, waar Broekema en haar ketenpartner(s) mee aan de slag gaan.

De ketenanalyse is een aanvulling op bestaande (gepubliceerde) kennis en inzichten over dit onderwerp. Het draagt daarom bij aan het voortschrijdend maatschappelijk inzicht. De rapportage van de ketenanalyse wordt openbaar, zodat de verbetermogelijkheden ook door andere partijen kunnen worden toegepast.

1.3 Professionele ondersteuning

De ketenanalyse is professioneel ondersteund door adviseurs van Stichting Stimular. Stimular is een onafhankelijk kennisinstituut dat in 1990 is gestart door de Erasmus Universiteit, Syntens en de gemeente Rotterdam. De adviseurs van Stimular hebben gedegen kennis en ervaring met begeleiding van bedrijven rondom certificering voor de CO₂-Prestatieladder, inclusief het opstellen van ketenanalyses en Levenscyclusanalyses.

2 Methode

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgangspunten van de ketenanalyse en geeft kort de gebruikte methode weer.

2.1 Ketenanalyse

De ketenanalyse is uitgevoerd volgens eis 4.A.1 van het Handboek CO₂-Prestatieladder 3.1 en de Corporate Value Chain (scope 3) Accounting and Reporting Standard van het Greenhouse Gas Protocol. Deze berekening sluit aan op de SBK bepalingmethode Milieuprestatie gebouwen en GWW-werken.

2.2 Dataverzameling

Voor het opstellen van de ketenanalyse zijn gegevens verzameld over de activiteiten in de keten van Reduton® waarbij broeikasgassen vrijkomen. De keten bestaat uit: winning van grondstoffen, productie, transport, verwerking, gebruik en verwijdering (einde levensduur) van Reduton®.

Informatie is verzameld door middel van:

- Interview met Koos Bakker kwaliteitsmanager bij Broekema
- Interview met Han Bonte afdeling verkoop van de Bosch beton; producent Reduton®
- Literatuurstudie:
 - Nationale Milieudatabase 2.1
 - Rapportages over Reduton® opgesteld door SGS Intron:
 - Milieuhygiënische en materiaaltechnische kwaliteit bij meervoudig hergebruik van geopolymerbeton vervaardigd met SQAPE alkalisch geactiveerd bindmiddel in vergelijking met Portlandcementbeton (20-02-2018)
 - Geschiktheid SQAPE technologie voor de inzet in betonwaren, agrarische betonproducten en betonverhardingen (14-11-2017)
- Gezondheidsbeoordeling geopolymer in vergelijking met cementbeton, in de gebruiksfase (06-09-2017)

2.3 Berekening

De berekening van de CO₂-uitstoot is zoveel mogelijk gebaseerd op primaire data.

Met behulp van de verzamelde gegevens en de conversiefactoren van de website www.CO2emissiefactoren.nl en uit databases eco-invent (3.3) en de Nationale MilieuDatabase (2.1) is de CO₂-emissie in de keten berekend.

Rekeneenheid

Deze rapportage beschrijft de CO₂-footprint van Reduton® toegepast door Broekema. De functionele eenheid is: het bestraten van een vierkante meter met Reduton® betonstraatstenen in een gemiddeld project van Broekema.

2.4 Afbakening

Vanuit de eisen van de CO₂-Prestatieladder ligt in de ketenanalyse de focus op de indicator *global warming*, uitgedrukt in CO₂-emissie. Andere milieu-indicatoren kunnen in een vervolgstudie worden onderzocht.

Eerder onderzoek richt zich voornamelijk op de productie van het materiaal Reduton®. Het betreft "cradle to factory gate" analyse. Dit is het proces van winning van grondstoffen tot het verlaten van de fabriekspoort van de betonfabrikant. Het betreft winning van grondstoffen, het transport van grondstoffen naar de betonfabriek en de productie van de betontegels.

In deze ketenanalyse wordt het effect van het gebruik van Reduton® in een project gemeten. Het project is in dit geval het bestraten van een vierkante meter met Reduton® betonstraatstenen. Hierin nemen we de volgende fases mee: de productie van het materiaal (cradle to factory gate), het transport naar het project van Broekema, de verwerking, het onderhoud, einde levensduur/afvalverwerking. De analyse schetst een beeld van de CO₂-uitstoot van het werk van Broekema, en vergelijkt hierin het gebruik van Reduton® met cementbeton.

3 Reduton®

Materiaal

Reduton® is beton met een cementvervanger. Cement is verantwoordelijk voor het grootste deel van de CO₂-uitstoot in de productie van beton. In Reduton® is het cement vervangen door een geopolymer met een relatief lage CO₂-impact.

CO₂ en milieu

De CO₂-footprint van de productie van Reduton® is aanzienlijk lager is dan bij cementbeton (25%-85% afhankelijk van de toepassing). Voor bijvoorbeeld straatstenen is het nog niet mogelijk om het product voor 100% uit Reduton® te laten bestaan. Het aanzicht van het materiaal kan dan niet gegarandeerd worden. Bij grasbetonproducten aan de andere kant is dit niet zo belangrijk waardoor dit type betonproduct wel voor 100% uit Reduton® kan bestaan. Bij betonstraatstenen kan er echter door innovatie nog veel gewonnen worden op CO₂-besparingsgebied.

De totale MilieuKostenIndicator (MKI) van de productie van Reduton® is ongeveer een factor 3 lager dan bij cementbeton. In deze MilieuKostenIndicator wordt naast het broeikas effect (CO₂-eq) ook rekening gehouden met overige milieu-indicatoren zoals uitputting van grondstoffen, verzuring, vermisting en ecotoxicologische effecten.

Bron: Nibe, ecochain, milieuprofiel Reduton®

Hergebruik

Reduton® heeft dezelfde recyclemogelijkheden als cementbeton en kan in de vorm van granulaat worden hergebruikt. Granulaat verkregen na breken van cementbeton en geopolymerbeton kan gezamenlijk worden toegepast, zonder dat er sprake zal zijn van vervuiling van de keten.

Bron: SGS Intron, Milieuhygiënische en materiaaltechnische kwaliteit bij meervoudig hergebruik van geopolymerbeton vervaardigd met SQAPE alkalisch geactiveerd bindmiddel in vergelijking met Portlandcementbeton (20-02-2018)

Gezondheid

De alkaliteit van geopolymer is geen probleem in de gebruiksfase. In geopolymer zien we ten opzichte van cementbeton een geringe emissie van verzadigde alifatische koolwaterstoffen. Deze emissie is veel lager dan maximale waarden uit diverse regelgevingen. Het vrijkomende respirabel stof bij boren is gelijk bij geopolymer en bij cementbeton. De pH van boorgruis van geopolymer is vergelijkbaar en zelfs lager dan die van boorgruis van cementbeton.

Bron: SGS Intron, Gezondheidsbeoordeling geopolymer in vergelijking met cementbeton, in de gebruiksfase (06-09-2017)

Toepassingsmogelijkheden

Reduton® wordt geproduceerd in allerlei uitgangsvormen. De meest toegepaste zijn de volgende:

- straatstenen
- betontegels
- banden
- grasbeton

4 Broekema en de keten

Dit hoofdstuk beschrijft de rol van Broekema en ketenpartners met betrekking tot de toepassing van Reduton® in projecten van Broekema.

4.1 Broekema

De werkzaamheden van Broekema betreffen in grote lijnen:

Aanleg en onderhoud van verhardingen, rioleringen en grondwerken voor overheden, instellingen en bedrijven.

Bij een deel van deze verhardingen en grondwerken wordt beton gebruikt. Reduton® wordt nog niet veel gebruikt in projecten van Broekema. Broekema gebruikt veel beton, de hoeveelheden verschillen sterk per jaar en zijn lastig in te schatten. Door het cementbeton door Reduton® te vervangen zal er een flinke besparing plaats vinden in de meest materiële scope-3 emissie van Broekema (categorie 1a: inkoop van materialen voor projecten).

4.2 V.d. Bosch beton

opsluitbanden, trottoirbanden en grasbeton. v.d. Bosch Beton heeft in samenwerking met SQAPE het cement in cementbeton vervangen met behulp van de SQAPE geopolymeer technologie. Het cementloze beton heet Reduton®. V.d. Bosch beton vergroot de bekendheid van hun CO₂-arme product en heeft hiervoor een MKI laten maken met behulp van Ecochain.

V.d. Bosch beton is leverancier van betonproducten aan Broekema. Dit betreft cementbetonproducten en voor een klein deel Reduton® producten.

V.d. Bosch beton spreekt met veel opdrachtgevers, met name overheden over Reduton® en de CO₂-reductiemogelijkheden die dit product biedt.

4.3 Opdrachtgevers

Opdrachtgevers spelen een belangrijke rol in de toepassing van materialen in projecten van Broekema. Zij schrijven de bestekken en zijn degene die de keuze voor een bepaald materiaal maken. Het vergroten van het aandeel Reduton® in projecten van Broekema is dus afhankelijk van de welwillendheid van opdrachtgevers. Ook Broekema kan hier een rol pakken door opdrachtgevers in te lichten over de voordelen van bepaalde materialen.

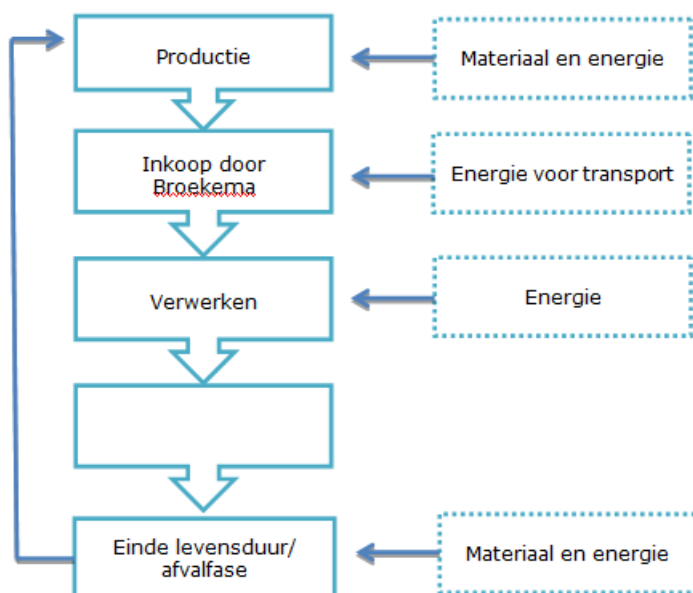
De belangrijkste opdrachtgever van Broekema is de gemeente Groningen. Naast de gemeente Groningen werkt Broekema ook voor andere (decentrale) overheden, instellingen en bedrijven.

5 berekening co2 emissie Reduton®

Dit hoofdstuk beschrijft de keten van toepassing van Reduton® en kwantificeert de CO₂-reductie die dit teweegbrengt.

5.1 De keten en ketenpartners

De keten van toepassing van **Reduton®** bestaat uit de volgende stappen:



Figuur 3: Schema ketenstappen Reduton®

Ketenpartners

- Producent Reduton®
- Transporteurs
- Opdrachtgevers: gemeenten, instellingen en bedrijven
- Afvalverwerker (recycling)

5.2 Processen in de keten

(corresponderend met figuur 3)

Productie

V.d. Bosch beton heeft onderzoek laten doen naar de milieuscore (waaronder CO₂-uitstoot) van Reduton® t.o.v. cementbeton. Hierin is rekening gehouden met de winning van grondstoffen, transport naar de fabriek en de productie van Reduton® producten.

Inkoop door Broekema

Vanuit de fabriek worden de Reduton® en cementbetonproducten per vrachtwagen getransporteerd naar de projectlocaties. Doorgaans rondom de stad Groningen.

Verwerking

Het aanleggen van de weg gebeurt machinaal, vervolgens wordt de weg afgetrild. De machines verbruiken diesel.

Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase wordt er door de betonproducten geen energie gebruikt.

Einde levensduur, afvalfase

Aan het eind van de levensduur moet de weg worden afgebroken. Reduton® en cementbeton worden getransporteerd naar de afvalverwerker en gebroken tot granaalaat, waarna het gerecycled kan worden.

5.3 Kwantificeren van CO₂-emissie

Uitgangspunten:

Functionele eenheid:

het bestraten van een vierkante meter weg met Reduton® betonstraatstenen, vergeleken met cementbetonstraatstenen, in een gemiddeld project van Broekema.

Afmeting beide stenen: 10,5 * 21 cm = 0.022 m²

Beide stenen wegen 4 kg.

1 m² met betonstraatstenen weegt 180 kg.

De CO₂-emissie is berekend met de onderstaande emissiefactoren.

proces	Bron		
dieselgebruik	www.CO2emissiefactoren.nl	2,657	Kg CO ₂ / liter
Transport met vrachtwagen > 20 ton	www.CO2emissiefactoren.nl	0,08	Kg CO ₂ / tonkm

proces	Bron Nationale MilieuDatabase		
Transport naar afvalverwerking betonstraatsteen	Betonstraatsteen BSS 8cm KOMO Grijs - TRANSPORT naar AFVALVERWERKING, 2015, c1	2,41	Kg CO ₂ / m ²
Afvalverwerking betonstraatsteen	Betonstraatsteen BSS 8cm KOMO Grijs - AFVAL,2015, c1	0,22	Kg CO ₂ / m ²

Stap 1 : Productie

V.d. Bosch beton heeft de MKI waarde en CO₂-uitstoot laten bepalen van een aantal Reduton® producten. De uitstoot per m² product is vergeleken met die van de cementbetonnen tegenhanger. De analyse betreft een cradle to factory gate analyse. Dat wil zeggen dat de uitstoot van onderstaande processen is meegenomen:

- Winning van grondstoffen
- Transport naar fabriek v.d. Bosch beton
- Productie van Reduton® product in beton fabriek

Product (m ²)	CO ₂ -emissie (kg CO ₂)
Reduton® betonstraatstenen	9,21
cementbetonstraatstenen	12,42

Stap 2 : Inkoop door Broekema (transport naar projectlocatie)

Reduton® komt uit Almelo, dat is 120 km tot Groningen. Cementbeton komt van verschillende leveranciers, deze hebben een gem. afstand 100 km tot Groningen.

Reduton®

Processtap	Materieel	Hoeveelheid per m ² Reduton®	Onderbouwing	CO ₂ -emissie (kg CO ₂)
Transport Reduton® naar projectlocatie met vrachtauto	Euro 5 trailer 30 ton	0,180 ton x 120 km = 21,6 tonkm	Enkeltje Almelo Groningen is 120 km. Leegrijden is meegenomen in het emissiegetal.	1,73

Cementbeton

Processtap	Materieel	Hoeveelheid per m ² cementbeton	Onderbouwing	CO ₂ -emissie (kg CO ₂)
------------	-----------	--	--------------	--

Transport cementbeton naar projectlocatie met vrachtauto	Euro 5 trailer 30 ton	0,180 ton x 100 km = 18 tonkm	Enkeltje Groningen is 75 km. Leegrijden is meegenomen in het emissiegetal.	1,44
--	--------------------------	-------------------------------	---	------

Stap 3: Verwerking

Gebaseerd op 1 dag bestraten waarin 150 m² bestrating wordt aangelegd. Hiervoor wordt 20 liter diesel door een knikmops en 1 liter diesel door een trilplaat gebruikt.

Processtap	Materieel	Hoeveelheid per m ² Reduton®	CO ₂ -emissie (kg CO ₂)
Bestraten	Knikmops type 130	0,1333 liter diesel	0,35
Aftrillen	Trilplaat	0,0067 liter diesel	0,02
		Subtotaal	0,37

Deze CO₂-emissie is gelijk voor Reduton® en cementbeton.

Stap 4: Gebruiksfase

Tijdens de gebruiksfase is er geen energieverbruik en dus ook geen CO₂-uitstoot, zowel bij cementbeton als bij Reduton®.

Stap 5: Einde levensduur, afvalfase

Aan het einde van de levensduur worden de betonstraatstenen afgevoerd naar de afvalverwerker en in een puinbreker gebroken tot granulaat. De processen komen uit de nationale milieudatabase en zijn weergegeven per m² betonstraatstenen.

Processtap	Proces uit Nationale MilieuDatabase	CO ₂ -emissie (kg CO ₂)
Transport	Transport naar afvalverwerking betonstraatsteen	2,41
Afvalverwerking	Afvalverwerking betonstraatsteen	0,22
	Subtotaal	2,63

Deze CO₂-emissie is gelijk voor Reduton® en cementbeton.

Totaal

Op basis van bovenstaande berekeningen kan de CO₂-uitstoot van een vierkante meter bestrating worden berekend. De vergelijking wordt gemaakt tussen Reduton® en cementbeton. De resultaten zijn in onderstaande tabel opgenomen.

Fase	Reduton® betonstraatstenen	Cementbetonstraatstenen
Productie	9,21	12,42
Transport	1,77	1,44
Verwerking	0,37	0,37
Gebruiksfase	-	-
Einde levensduur	2,63	2,63
Totaal 1 m²	13,98 kg CO₂	16,86 kg CO₂
Totaal 500 m ²	6,99 ton CO ₂	8,43 ton CO ₂
Totaal 1.000 m ²	13,98 ton CO ₂	16,86 ton CO ₂

Conclusie

De emissie van een weg gelegd met Reduton® betonstraatstenen is beduidend **lager** dan van een weg waarvoor cementbetonstraatstenen worden gebruikt.

Het betonwerk van Broekema bestaat voor 99% uit het bestraten met betonstraatstenen. Dit een substantieel besparingspotentieel voor het betonwerk van Broekema als er voor 100% gebruik wordt gemaakt van Reduton®. Door innovatie in de Reduton® straatstenen zou dit in de toekomst nog wat hoger uit kunnen vallen.

Wat opvalt is dat transport een relatief belangrijke rol speelt in de CO₂-uitstoot van een betonstraatstenen project. Zowel bij het aanleveren van de stenen als bij de afvalverwerking. In de portefeuille brede analyse zijn er op dit thema ook maatregelen geformuleerd.

6 Plan van Aanpak

Dit hoofdstuk beschrijft de doelen en maatregelen van Broekema in de keten van toepassing van Reduton® voor de komende 5 jaar. Betrokkenen bij deze aanpak zijn de opdrachtgevers van Broekema en de leverancier van Reduton®.

6.1 Reductiedoel

Broekema is geen producent van Reduton® en de opdrachtgevers schrijven vaak de materiaalkeuze voor. Het is daarom niet reëel om doelen te stellen in de trant van x aantal ton Reduton® gebruiken in projecten.

De rol van Broekema is het bij opdrachtgevers onder de aandacht brengen van Reduton® en het reductiepotentieel dat toepassing van dit materiaal in bestratingsprojecten biedt. Broekema wil door middel van communicatie met opdrachtgevers het aandeel Reduton® in haar werken vergroten. Het doel van de inspanningen van Broekema is dat opdrachtgevers Reduton® of andere betonproducten met een lage MKI-waarde in de bestekken voorschrijven.

Broekema stelt een doel ten aanzien van communicatie met opdrachtgevers over Reduton® of andere betonproducten met een lage MKI-waarde:

- Minimaal 5 keer per half jaar het besparingspotentieel van CO₂-besparende betonproducten onder de aandacht brengen bij opdrachtgevers.
- In de komende 5 jaar levert dit minimaal 50 momenten op waarop betonproducten met een lage MKI-waarde onder de aandacht zijn gebracht.

Broekema zal Jaarlijks het percentage toegepast Reduton® berekenen (halfjaarlijks als mogelijk) om te zien welk effect de maatregelen hebben.

6.2 Reductiemaatregelen

Op basis van de CO₂-ketenanalyse zijn maatregelen bepaald voor het onder de aandacht brengen van Reduton® bij opdrachtgevers van Broekema. Dit zijn maatregelen voor de komende 5 jaar waarmee Broekema, in samenwerking met ketenpartners, de keten kan verduurzamen.

Maatregel 1: Een brief over de resultaten van deze ketenanalyse sturen naar bekende en potentiële opdrachtgevers

Broekema kan bijdragen aan de bekendheid van Reduton® bij opdrachtgevers en zal deze ketenanalyse gebruiken ter ondersteuning van de boodschap.

Maatregel 2: In gesprek met de producent v.d. Bosch beton over promotie van Reduton®

Broekema zal in contact gaan met de producent, v.d. Bosch beton, om gezamenlijk betonproducten met een lage MKI score onder de aandacht te brengen bij relevante opdrachtgevers. V.d. Bosch beton kan ook helpen bij het instrueren van het eigen personeel over de reductiemogelijkheden van Reduton® , maatregelen 3.

Maatregel 3: Instrueren van eigen personeel over reductiemogelijkheden Reduton®

Het eigen personeel, met name de verkoopmedewerkers en uitvoerders, worden geïnstrueerd over het besparingspotentieel van Reduton®. Zodra alle relevante medewerkers bij Broekema op de hoogte zijn van de besparingsmogelijkheden van Reduton® kan Broekema als bedrijf de boodschap uitdragen.

Maatregel 4: Voortgang van gebruik van Reduton® meenemen in het uitvoerders- en managementoverleg

Bij Broekema vindt wekelijks het [uitvoerders- en managementoverleg](#) plaats. In dit overleg wordt de promotie van Reduton® structureel besproken waardoor de voortgang wordt gemonitord en wordt voorkomen dat dit onderwerp naar de achtergrond verdwijnt.

Maatregel 5: Aansluiting zoeken bij betonketen Groningen

Er zijn allerlei regionale initiatieven ter verduurzaming van de betonketen. Zo is er een initiatief in Groningen opgestart: betonketen Groningen. Broekema is aangehaakt bij dit platform en grijpt de mogelijkheden om meer draagvlak te creëren voor Reduton® aan.

Maatregel 6: breed draagvlak creëren voor het gebruik van Reduton®

Broekema zal via eigen communicatie opdrachtgevers op de hoogte stellen van CO₂-besparende betonsoort. Dit zal gebeuren door informatie te plaatsen op de eigen website, in folders en via mondelinge communicatie op (informele) bijeenkomsten.

7 Bronvermelding

Bronnen achtergrondinformatie

- Nibe, ecochain, milieuprofiel Reduton®
- Rapportages over Reduton® opgesteld door SGS Intron:
 - Milieuhygiënische en materiaaltechnische kwaliteit bij meervoudig hergebruik van geopolymerbeton vervaardigd met SQAPE alkalisch geactiveerd bindmiddel in vergelijking met Portlandcementbeton (20-02-2018)
 - Geschiktheid SQAPE technologie voor de inzet in betonwaren, agrarische betonproducten en betonverhardingen (14-11-2017)
 - Gezondheidsbeoordeling geopolymer in vergelijking met cementbeton, in de gebruiksfase (06-09-2017)

Bronnen data ketenanalyse

- Interview met Koos Bakker kwaliteitsmanager bij Broekema
- Interview met Han Bonte afdeling verkoop van de Bosch beton; producent Reduton®
- Nationale Milieudatabase 2.1