

Earth, Life & Social SciencesPrincetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrechtwww.tno.nl

T +31 88 866 42 56

TNO-rapport**TNO 2016 R11155****CO₂ footprint breuksteen**

Datum	8 september 2016
Auteur(s)	Ing. B.I. (Bart) Jansen, Drs. S.E. (Suzanne) de Vos
Aantal pagina's	25 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Martens en van Oord
Projectnaam	CO ₂ footprint breuksteen
Projectnummer	060.17743

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2016 TNO

Inhoudsopgave

1	Goal & scope	3
1.1	Inleiding	3
1.2	Initiatiefnemer	3
1.3	Doel en doelgroep	3
1.4	Aanpak.....	3
1.5	Berekeningsprocedures.....	4
1.6	Uitvoering en begeleiding	4
1.7	Opzet van de rapportage	4
2	Onderwerp van de studie	5
2.1	Productbeschrijving	5
2.2	Rekeneenheid.....	5
2.3	Levenscyclus en systeemgrenzen.....	5
2.4	Aannames en input/- outputgegevens.....	8
3	Resultaten	15
3.1	Berekening CO ₂ footprint breuksteen	15
3.2	Berekening CO ₂ emissie verbetermaatregelen	15
4	CO₂ emissiefactoren voor project specifieke berekeningen	20
5	Referenties	21
6	Ondertekening	22
A.	Appendix I: Forfaitaire standaardwaarden afvalscenario's	23
B.	Appendix II: Forfaitaire standaardwaarden transport	25

1 Goal & scope

1.1 Inleiding

Deze rapportage is opgesteld in opdracht van Martens en van Oord, ten behoeve van (her)certificatie voor de CO₂ prestatieladder. Breuksteen is één van de bouwstoffen die door Martens en van Oord verwerkt wordt. Martens en van Oord wenst te beschikken over een CO₂ analyse op scope 3: van winning van breuksteen in een groeve tot en met verwerking van breuksteen aan het einde van de levensduur.

Transport is een belangrijke factor in de CO₂ footprint van breuksteen en verschilt van project tot project. Transport hangt af van het soort breuksteen en de winlocatie voor dat type breuksteen alsmede van de toegankelijkheid van het bouwproject. In overleg met Martens en van Oord is ingeschat welke transport van breuksteen het meest representatief is voor het werk dat Martens en van Oord uitvoert. Verder zijn de CO₂ emissies voor een aantal verbetermaatregelen doorgerekend, waarmee Martens en van Oord kan bepalen welke CO₂ reductie gerealiseerd is. Martens en van Oord heeft aangegeven dat er projecten kunnen zijn waarbij het transport van breuksteen onder minder ideale omstandigheden moet worden uitgevoerd; de doorvoer voor schepen bijvoorbeeld beperkt zijn waardoor kleinere schepen moeten worden ingezet, of het transport voor een deel over de weg moet worden afgelegd. Dit rapport levert een aantal additionele CO₂ emissie factoren per ton.km transport om voor specifieke projecten de CO₂ footprint van breuksteen te kunnen bepalen.

1.2 Initiatiefnemer

Initiatiefnemer voor het bepalen van CO₂ footprint van breuksteen is

Martens en van Oord
Postbus 326
4900 AH Oosterhout

Martens en van Oord is actief in de GWW sector, nat en droog, en werkt onder andere aan dijken, sluizen, en natuurontwikkeling, voornamelijk in Nederland. Breuksteen is vooral relevant voor de natte GWW werken.

1.3 Doel en doelgroep

Dit rapport behelst het bepalen van CO₂ footprint van breuksteen ten behoeve van (her)certificatie voor de CO₂ prestatieladder.

1.4 Aanpak

De CO₂ footprint van breuksteen is grotendeels gebaseerd op een eerder uitgevoerde LCA van breuksteen op basis van de SBK Bepalingsmethode. Die LCA was opgesteld in opdracht van het consortium dat een aanbidding deed voor de Beatrixsluis, en Martens en van Oord was een van de consortium partners.

Voor deze analyse zijn de Beatrixsluis specifieke gegevens vervangen door gegevens die representatief zijn voor Martens en van Oord. Een LCA op basis van de SBK bepalingmethode is een analyse over de hele levenscyclus en daarmee te vergelijken met een CO₂ footprint analyse op scope 3. Bovendien wordt zo gebruik gemaakt van achtergrondgegevens die in de bouw geaccepteerd zijn voor het gebruik in LCA berekeningen.

1.5 Berekeningsprocedures

De berekeningsprocedures van deze studie zijn gebaseerd op SBK Bepalingmethode, en daarmee indirect op de NEN-EN 15804:2012 +A1 (2013). Expliciet zijn de volgende procedures gehanteerd:

- De milieu-impacts zijn gekarakteriseerd met de methoden die beschreven zijn in de NEN-EN 15804:2012 +A1 (2013); afwijkingen hierbij zijn in deze rapportage beargumenteerd in de inleiding en in dit hoofdstuk.
- Bij de berekening van energiestromen is rekening gehouden met de gebruikte brandstoffen en elektriciteitsbronnen, winning en transport van brandstoffen, omzettingsrendement en verdeling van energiestromen.
- Conform de SBK Bepalingmethode zijn lange termijnemissies niet meegenomen. Infrastructuurprocessen (kapitaalgoederen) zijn wel meegenomen in de berekeningen.
- Voor alle achtergrondprocessen is, zoals voorgeschreven door de SBK Bepalingmethode, database Ecoinvent 2.2 gebruikt.

Deze rapportage beperkt zich tot de emissies die relevant zijn voor een CO₂ footprint; het resultaat is uitgedrukt in CO₂-equivalenten.

1.6 Uitvoering en begeleiding

De CO₂ footprint is berekend door LCA experts van TNO, gebruik makend van expertise over materialen en processen zoals beschikbaar in TNO en met input van Martens en van Oord.

1.7 Opzet van de rapportage

De huidige rapportage is als volgt opgebouwd: in hoofdstuk 2 wordt een productbeschrijving van breuksteen gegeven en worden per levenscyclusfase de input- en outputgegevens beschreven, en aangegeven welke verbetermaatregelen en risicofactoren er zijn per levenscyclusfase.

Hoofdstuk 3 geeft de CO₂ footprint van breuksteen voor Martens en van Oord, en de doorrekening van een aantal verbetermaatregelen - aangedragen door Martens en van Oord. In Hoofdstuk 4 worden de CO₂ emissiefactoren per ton.km gegeven waarmee voor specifieke projecten de CO₂ footprint van breuksteen bepaald kan worden.

Appendix A en B geven respectievelijk een overzicht van de door de SBK Bepalingmethode beschreven afvalscenario's en forfaitaire waarden.

Deze rapportage is opgesteld in lijn met de SBK Bepalingmethode en daarmee dus ook de NEN-EN 15804:012 +A1(2013), afgezien van de afwijkingen zoals toegelicht in deze introductie en in het volgende hoofdstuk.

2 Onderwerp van de studie

2.1 Productbeschrijving

Breksteen is gebroken natuursteen van onregelmatige vorm, afkomstig uit een steengroeve. Het wordt in Nederland voornamelijk in natte GWW werken toegepast, bijvoorbeeld bij dijken, strekdammen of in sluisen. Breksteen is een bouwstof die lang meegaat. Het onderhoud bestaat uit een inspectie of het breksteen nog op zijn plaats ligt. Als het wat is verschoven, dan kan er gedurende de gebruiksduur extra breksteen worden aangebracht. De gebruiksduur van breksteen in een GWW werk wordt vooral bepaald door wensen van de opdrachtgever voor het in stand laten of aanpassen van een GWW werk. Bij aanpassingen, als het breksteen niet langer nodig is, dan wordt het verwijderd. Breksteen kan hergebruikt worden in andere bouwprojecten. De levenscyclus van breksteen wordt uitgebreider omschreven in paragraaf 2.4.

2.2 Rekeneenheid

Deze rapportage beschrijft de CO₂ footprint van breksteen zoals toegepast door Martens en van Oord. De functionele eenheid is: *het produceren, aanleggen, onderhouden en uiteindelijk slopen van 1000 kg breksteen uit groeve zoals toegepast in het (Nederlandse) bouwprojecten*.

Deze rekeneenheid sluit aan op de SBK bepalingmethode, en op eisen zoals RWS die stelt aan milieuberekeningen in aanbestedingen van GWW werken (levensduur van 100 jaar).

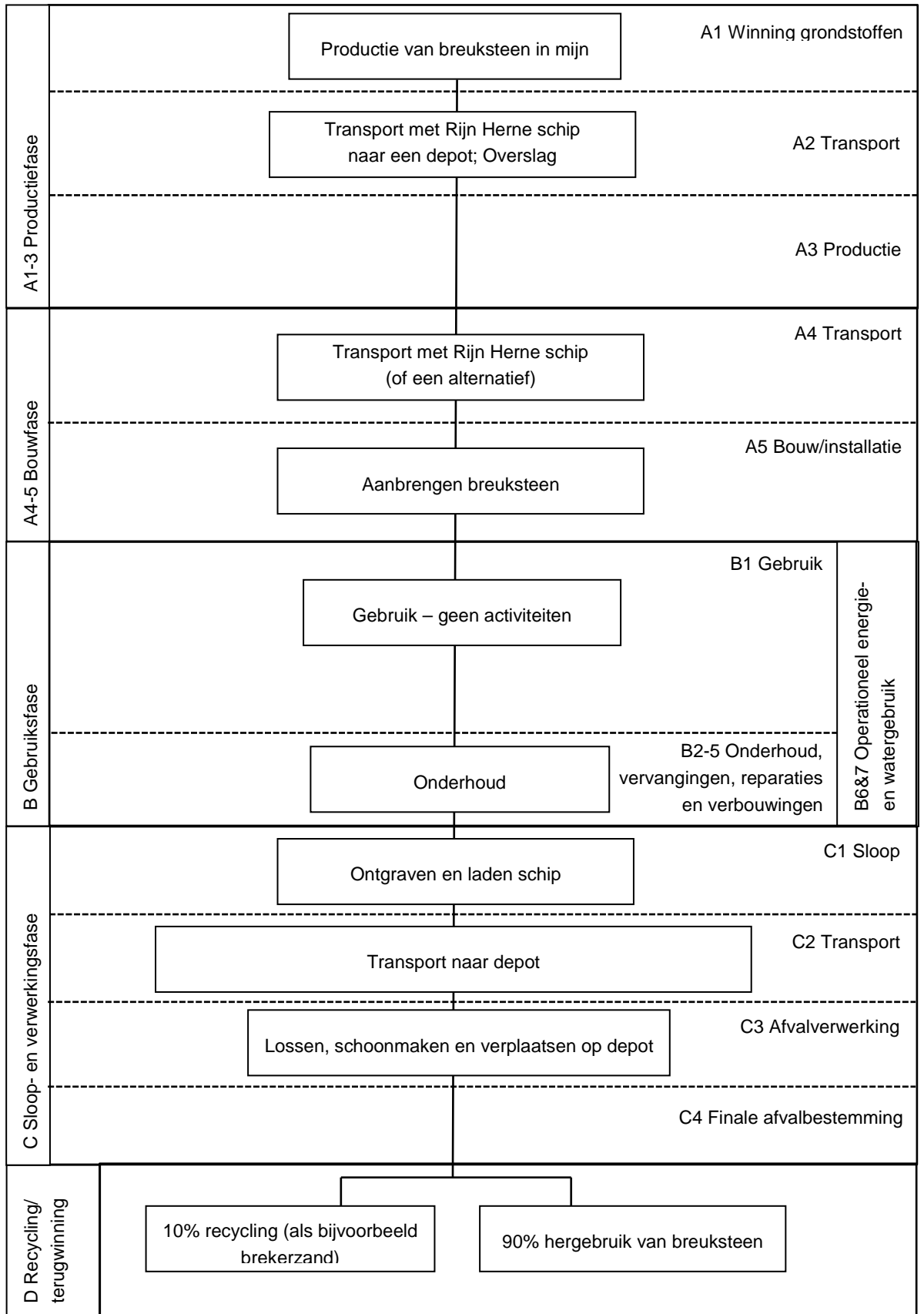
2.3 Levenscyclus en systeemgrenzen

De SBK Bepalingmethode schrijft voor om de levenscyclusfasen te benaderen volgens de door de NEN-EN 15804:2012 +A1 (2013) beschreven indeling. Deze indeling is weergegeven in Figuur 1, met daarin de keten van het te analyseren product. De volgende levenscyclusfasen worden door de SBK Bepalingmethode genoemd:

- A1-3: productiefase, inclusief:
 - A1: winning en verwerking grondstoffen, verwerking secundaire materiaal input (product van recycling processen)
 - A2: transport naar de producent
 - A3: productie
- A4-5: bouwfase, inclusief:
 - A4: transport naar de bouwlocatie
 - A5: installatie van het product in het beoogde object
- B: gebruiksfase, inclusief:
 - B1: gebruik van het geïnstalleerde product
 - B2: onderhoud van het geïnstalleerde product
 - B3: reparatie aan het geïnstalleerde product
 - B4: vervanging van het geïnstalleerde product
 - B5: renovatie van het geïnstalleerde product
- C: sloop- en verwerkingsfase (end of life), inclusief:
 - C1: sloop, de-installatie

- C2: transport naar afvalverwerking
- C3: Afvalverwerking voor hergebruik, terugwinning en/of recycling
- C4: afdanking/ finale afvalverwerking
- D: hergebruik, terugwinst en/of recycling potentieel en voordelen/lasten welke buiten het systeem vallen.

Voor deze CO₂ footprint van breuksteen is dezelfde indeling gehanteerd, omdat deze inzicht geeft in de bijdrage van de verschillende levensfasen van het product aan de totale CO₂ footprint van Breuksteen. Zo kan Martens en van Oord prioriteren in welke levensfasen en bijbehorende processen de meeste potentiële reductie te halen is.



Figuur 1 Levensfasen voor breuksteen zoals onderscheiden door de SBK Bepalingsmethode.

2.4 Aannames en input/- outputgegevens

2.4.1 A1 Productiefase – winning van grondstoffen

Breksteen wordt gewonnen in steengroeven in onder meer België, Duitsland, Finland en Noorwegen. Afhankelijk van de beoogde toepassing en de herkomst/groeve kan breksteen bestaan uit verschillende type gesteenten. De winning van breksteen is niet als zodanig opgenomen in Ecoinvent. Als proxy is hiervoor de productie van gravel uit een mijn genomen.

Tabel 1 Inventarisatie van de A1 productiefase – winning van grondstoffen.

Materiaal/ Proces	Hoeveelheid [kg]	Onderbouwing
Productie van gravel, crushed at mine	1000	Ecoinvent proces voor productie van gravel (betreft een winningsproces zonder gebruik van explosieven*).

*) bij gebruik van explosieven zal het milieu-profiel afwijken.

Breksteen kan hergebruikt worden, waardoor winning van breksteen in een groeve wordt uitgespaard, en het breksteen niet uit het buitenland hoeft te worden gehaald. Het verschil in CO₂ emissies is berekend onder bij verbetermaatregel 4 in hoofdstuk 3.

2.4.2 A2 Productiefase – transport

Als de breksteen gewonnen is, dan wordt deze verscheept naar een depot, bijvoorbeeld in de haven van Rotterdam. De lengte en vervoersmiddel voor dit transport hangen sterk af van de winlocatie. Breksteen uit Noorwegen wordt bijvoorbeeld met een zeeschip vervoerd, breksteen uit België of Duitsland met een binnenvaart schip.

Martens en van Oord geeft aan het meeste breksteen dat zij verwerken afkomstig is uit België (afstand 250 km) en Duitsland (afstand 600km). De referentie situatie is berekend voor een gemiddelde afstand België/ Duitsland (425 km) met een klasse 4 schip (Rijn-Herne) met een snelheid van 16 km/uur, en een belading van 1250 ton (~70%). Rijn-Herne schepen kunnen veel worden ingezet omdat ze een relatief groot vaarbereik hebben. De belading is gekozen met kennis van de Belgische en Duitse vaarwegen; Rijn Herne schepen kunnen niet overal met een volle belading varen i.v.m. de diepgang. Bij 16 km/uur en met 1250 ton belading verbruikt een klasse 4 schip (Rijn-Herne) 8 kg diesel per km. In Tabel 3 wordt het diesel verbruik per ton breksteen weergegeven.

Tabel 2 Inventarisatie van de A2 productie – transport.

Materiaal/ Proces	Hoeveelheid [kg diesel]	Onderbouwing
Transport met Rijn-Herne schip	5,47 kg diesel/ ton breuksteen	425 km, 1250 ton belading, 16 km/uur, leeg retour.
Inzet materieel voor overslag	0,74 kg diesel/ ton breuksteen	Gelijk verondersteld aan dieselvebruik bij aanbrengen op het werk (fase A5)

Als de groeve en het depot aan de Rijn liggen dan kunnen grotere schepen worden gebruikt die zwaarder kunnen worden beladen (verbetermaatregel 1 is een klasse 5 schip). 16 km/uur kan gezien worden als de maximale vaarsnelheid. In de huidige markt met een krapte aan binnenvaartschepen wordt er vaak voor gekozen om zo snel mogelijk te varen en zo veel mogelijk vrachten te vervoeren.

Als schepen langzamer varen ligt het dieselvebruik lager (verbetermaatregel 2 is 20% snelheidsreductie) .

Bij aankomst bij het depot wordt de breuksteen overgeslagen. In de CO₂ footprint berekening is aangenomen dat het schip leeg terug vaart naar de groeve voor de volgende lading breuksteen (verbetermaatregel 3 is nuttig retourtransport).

Bij sommige projecten wordt het breuksteen direct naar het werk vervoerd – en niet overgeslagen op een depot. Met de CO₂ emissiefactoren in hoofdstuk 4 kan project- specifiek berekend worden wat de CO₂ emissie is van projecten zonder depot overslag.

2.4.3 A3 Productiefase – productie

Deze fase is niet relevant voor breuksteen uit de groeve, omdat breuksteen verder niet wordt bewerkt.

2.4.4 A4 Bouwfase – transport

In deze fase wordt het breuksteen van het depot naar het bouwproject vervoerd. De exacte afstand wordt bepaald door de depot locatie en de locatie van het bouwproject. Bezien vanuit Rotterdam, waar Martens en van Oord vaak een depot voor breuksteen heeft, is de maximale afstand naar bouwprojecten in Nederland circa 200 km. 100 km wordt gezien als een goede inschatting van de gemiddelde afstand.

Breuksteen wordt doorgaans toegepast in natte werken en kan dan ook vaak per schip van het bouwdepot naar de projectlocatie worden vervoerd. Voor de referentieberekening is uitgegaan van 100 km transport met een klasse 4 schip (Rijn Herne) met een snelheid van 16 km/uur, en een belading van 1250 ton (70%) waarbij het schip leeg terugvaart.

Het dieselvebruik voor transport van breuksteen naar het werk is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Inventarisatie van de A4 bouwfase – transport.

Materiaal/ Proces	Hoeveelheid [kg diesel]	Onderbouwing
Transport met Rijn-Herne schip van het depot naar een bouwproject in Nederland	1,29 kg diesel/ton breuksteen	100 km, 1250 ton, leeg retour, 16 km/uur

Als het depot en het bouwproject aan de Rijn liggen dan kunnen grotere schepen worden gebruikt die zwaarder kunnen worden beladen (verbetermaatregel 1 is een klasse 5 schip). 16 km/uur kan gezien worden als de maximale vaarsnelheid. In de huidige markt met een krapte aan binnenvaartschepen wordt er vaak voor gekozen om zo snel mogelijk te varen en zo veel mogelijk vrachten te vervoeren. Als schepen langzamer varen ligt het dieselverbruik lager (verbetermaatregel 2 is 20% snelheidsreductie) .

Bij aankomst bij het depot wordt de breuksteen overgeslagen. In de CO₂ footprint berekening is aangenomen dat het schip leeg terugvaart naar het depot voor de volgende lading breuksteen (verbetermaatregel 3 is nuttig retourtransport).

Bij sommige bouwlocaties is het niet mogelijk om die te bereiken met een klasse 4 schip. Dan worden kleinere schepen ingezet (klasse 3) of (een deel van) het transport wordt over de weg afgelegd. Met de CO₂ emissiefactoren in hoofdstuk 4 kan voor dergelijke projecten de CO₂ emissie worden bepaald.

2.4.5 A5 Bouwfase – bouw- en installatieproces, aanleg

Het aanbrengen van breuksteen vindt plaats met een kraanschip dat het breuksteen uit het binnenvaartschip schept en aanbrengt op het werk. Vaak wordt er aanvullend materieel ingezet voor de verwerking van het breuksteen op de bouwlocatie, zoals een hulpschip, hydraulische graafmachines of een mobiele kraan. Het opgegeven materieel en de bijbehorende brandstofverbruiken zijn ingeschat voor de werkzaamheden bij de Beatrixsluis en worden representatief verondersteld voor de verwerking van breuksteen op andere bouwlocaties. Omdat deze fase beperkt bijdraagt aan de CO₂ footprint van breuksteen is hier geen verdere dataverzameling voor andere projecten uitgevoerd. Op basis van deze rapportage kan Martens en van Oord, indien nodig, voor uitgevoerde projecten een specifieke berekening van de CO₂ footprint maken, op basis van de ingezette modaliteiten, transportafstanden, snelheden, dieselverbruik in bouwmachines en het verwerkte tonnage breuksteen.

Tabel 4 Inventarisatie van het A5 bouw- en installatieproces - aanleg.

Materiaal/ Proces	Hoeveelheid diesel [kg/ton]	Onderbouwing
Hydraulische graafmachine	0,290	Verbruik diesel per ton verwerkt breuksteen. Opgave door Martens en van Oord.
Kraanschip	0,275	Verbruik diesel per ton verwerkt breuksteen. Opgave door Martens en van Oord.
Hulpschip	0,083	Verbruik diesel per ton verwerkt breuksteen. Opgave door Martens en van Oord..
Mobiel kraantje	0,092	Verbruik diesel per ton verwerkt breuksteen. Opgave door Martens en van Oord..

2.4.6 *Gebruiksfase*

In onderhoudscontracten wordt gedurende de gebruiksfase door Martens en van Oord geïnspecteerd of het breuksteen nog op zijn plaats ligt. Indien nodig wordt er extra breuksteen aangebracht. Hoeveel breuksteen aangebracht wordt bij onderhoud valt vooraf niet in te schatten en verschilt sterk van project tot project. De CO₂ emissie van het aanbrengen van extra breuksteen kan berekend worden op basis van de CO₂ emissie per ton breuksteen. De bijdrage van de CO₂ emissie van het inspectieschip is naar inschatting verwaarloosbaar klein, en wordt dan ook niet berekend.

2.4.7 *C1 Sloop- en verwerkingsfase – sloop*

Fase C1 vindt plaats na een lange gebruiksduur, van soms honderden jaren. Als het breuksteen niet meer nodig is omdat het GWW-werk wordt aangepast, dan wordt het breuksteen met een kraanschip ontgraven. In de huidige projecten, waarbij Martens en van Oord betrokken is, bij de einde levensduurfase (aanpassing van GWW werken) – wordt het verwijderde breuksteen altijd hergebruikt. Dat kan zijn hergebruik in het project waar het breuksteen ook verwijderd wordt (werk met werk maken) of in een ander project. Voor de referentie berekening gaan we ervan uit dat het breuksteen in een ander project hergebruikt wordt. Het breuksteen wordt met het kraanschip in een schip geladen en naar een verwerkingslocatie met depot vervoerd (fase C2), waar het eventueel wordt verwerkt voor hergebruik (fase C3).

Het dieselvebruik voor de verwijderingsprocessen is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 Inventarisatie van de C sloop- en verwerkingsfase - sloop.

Materiaal/ Proces	Hoeveelheid diesel [kg/ton]	Onderbouwing
Kraanschip	0,233	Verbruik diesel per ton verwerkt breuksteen. Opgave door opdrachtgever. Diesel dichtheid van 0,832kg/liter.

2.4.8 C2 Sloop- en verwerkingsfase – transport

Het verwijderde breuksteen wordt per schip naar het depot vervoerd, waar het wordt verwerkt voor hergebruik (C3). Voor het transport is 100 km gehanteerd als aanname, net als voor fase A4 transport van depot naar bouwproject.

In Tabel 6 staat aangegeven welke processen hiervoor gemodelleerd zijn.

Tabel 6 Inventarisatie van de C sloop- en verwerkingsfase – transport.

Materiaal/ Proces	Hoeveelheid (kg diesel)	Onderbouwing
Transport met Rijn Herne schip	1,29	1000 kg getransporteerd over 100km naar depot, Rijn-Herne schip, 70% belading (1250 ton), leeg heen, 16 km/uur

2.4.9 C3 Sloop- en verwerkingsfase – afvalverwerking

Soms wordt het breuksteen voor hergebruik gewassen en gezeefd. Dat kan op het werk zijn waar het breuksteen wordt verwijderd (C1) of bij een verwerkingslocatie (zoals bijvoorbeeld in Moerdijk). In Moerdijk kan het breuksteen worden geklasseerd en is een depot voor tijdelijke opslag – tot het breuksteen naar een ander bouwproject vervoerd wordt. De bewerking bestaat uit uitrieken; eventuele grove verontreinigingen worden verwijderd. Vervolgens wordt het breuksteen door een zeefmachine geleid om eventuele kleinere verontreinigingen te verwijderen. Voor het uitrieken is een hydraulische graafmachine nodig en de zeef wordt aangedreven door een diesel generator.

Het breuksteen wordt met dumpers en hydraulische graafmachines naar een depot gebracht. Klasseren is voor deze berekening buiten beschouwing gelaten; Martens en van Oord geeft aan dat het niet altijd wordt toegepast voor breuksteen hergebruik. De klasseerinstallatie werkt op elektriciteit en is inbegrepen in de scope 1 CO₂ analyse van Martens en van Oord.

Volgens de forfaitaire afvalscenario's van de SBK Bepalingsmethode (zie Appendix A) wordt 10% van het breuksteen gestort en wordt 90% van het breuksteen hergebruikt. Martens en van Oord geeft aan nooit breuksteen te storten. De gebroken fractie die te klein is voor hergebruik als breuksteen wordt op een andere manier gerecycled. Het wordt bijvoorbeeld gebroken door een breker tot industriezand. In aansluiting op de SBK bepalingmethode wordt 90% van het breuksteen als breuksteen hergebruikt en 10% op een andere manier gerecycled. In Tabel 7 worden de brandstofverbruiken voor verwerking weergegeven.

Tabel 7 Inventarisatie van de C sloop- en verwerkingsfase – afvalverwerking.

Materiaal/ Proces	Hoeveelheid (kg)	Onderbouwing
Kraanschip	0,233	Ontladen van het schip bij de verwerkingslocatie. Verbruik diesel per ton verwerkt breuksteen. Opgave door opdrachtgever. Diesel dichtheid van 0,832kg/liter.
Hydraulische graafmachine	0,15	Diesel verbruik per ton verwerkt breuksteen. Opgave door opdrachtgever.
Diesel Generator zeef	0,0832	Diesel verbruik per ton verwerkt breuksteen. Opgave door opdrachtgever.
Hydraulische graafmachine	0,166	Verbruik diesel per ton verwerkt breuksteen. Opgave door opdrachtgever. Diesel dichtheid van 0,832kg/liter.
Dumper	0,275	Verbruik diesel per ton verwerkt breuksteen. Opgave door opdrachtgever. Diesel dichtheid van 0,832kg/liter.

2.4.10 C4 Sloop- en verwerkingsfase – finale afvalbestemming

Alle breuksteen wordt hergebruikt of gerecycled, er is geen stort of andere finale afvalverwerking.

2.4.11 D Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling

Verondersteld is dat de breuksteen in een volgend project hergebruikt kan worden in een zelfde functie of bijvoorbeeld als funderingsmateriaal en dat daarmee de winning van nieuwe breuksteen uitgespaard wordt. Dit is meegenomen als vermeden product.

Hergebruik in fase C vindt pas plaats over 100 jaar of meer. Martens en van Oord verwerkt nu echter ook al breuksteen. Hergebruik van breuksteen in plaats van breuksteen uit een groeve is verbetermaatregel 4.

Voor de fractie die niet als breuksteen hergebruikt kan worden (conform opgave 10%) is aangenomen dat de processen om het materiaal te bewerken voor recycling opwegen tegen de uitsparing door recycling. Het resultaat is CO₂ neutraal: geen bonus door uitsparing maar ook geen CO₂ emissie door de verwerkingsprocessen.

In Tabel 8 staat beschreven hoe deze recyclingproces gemodelleerd is.

Tabel 8 Inventarisatie van fase D mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling.

Materiaal/ Proces	Hoeveelheid (kg)	Onderbouwing
Uitgespaarde productie van gravel, crushed at mine, door hergebruik van breuksteen	900	90% (conform forfaitaire afvalscenario's in SBK Bepalingsmethode) van 1000 kg = 900 kg uitsparing van breuksteen uit een groeve
Andere recycling	100	10% (conform opgave Martens van Oord 100 kg hergebruik in andere toepassing. Geen milieubelasting/ geen milieuwinst

3 Resultaten

3.1 Berekening CO₂ footprint breuksteen

In Tabel 9 zijn de CO₂ emissie equivalenten weergegeven per levenscyclusfase. Het transport van breuksteen uit België/Duitsland naar een depot in Nederland (450km, A2) draagt meer dan de helft bij aan de CO₂ footprint van breuksteen. Ook het transport naar de bouwplaats (A4) draagt relatief veel bij, evenals het transport einde levensduur (C2) na verwijdering van de breuksteen. De overige emissies zijn vooral gerelateerd aan de inzet van (bouw) machines, voor bijvoorbeeld de winning van breuksteen, de overslag en de verwerking van breuksteen.

Tabel 9 Milieueffecten per levenscyclusfase.

Levensfase	kg CO ₂ -eq	%
A1 Winning breuksteen	4,4	8,7%
A2 Transport -> depot	29,6	58,7%
A3 productie	0	0%
A4 Transport depot -> bouwplaats	6,3	12,5%
A5 Bouw/installatie	3,1	6,2%
C1 Sloop	1,0	2,0%
C2 Transport bouwplaats -> depot	6,3	12,5%
C3 Afvalverwerking	3,7	7,3%
C4 Finale afvalbestemming	0	0%
D Recycling/ Hergebruik	-3,9	-7,7%
Totaal	50,4	100%

3.2 Berekening CO₂ emissie verbetermaatregelen

Transport van breuksteen (fase A2 en A4 en C2) draagt het meeste bij aan de CO₂ footprint van breuksteen. Transport C2 is aan het einde van de gebruiksduur, dus voor bouwprojecten die nu worden uitgevoerd pas over honderd jaar of meer. Omdat het transport na verwijdering nu nog niet te beïnvloeden is door Martens en van Oord worden deze transporten buiten beschouwing gelaten voor de verbetermaatregelen. De verbetermaatregelen zijn gericht op transport van breuksteen van de groeve naar het depot en/of de bouwplaats en aangedragen door Martens en van Oord. Het betreft de inzet van grotere binnenvaartschepen (1), snelheidsreductie (2), nuttig retourtransport (3) en hergebruik van breuksteen (4). Deze verbetermaatregelen kunnen nu al geïmplementeerd worden. In de toekomst zouden aanvullende verbetermaatregelen verkend kunnen worden, zoals transport over zee, of inzet van alternatieve brandstoffen zoals LNG.

3.2.1 *Verbetermaatregel 1: klasse 5 schip in plaats van klasse 4*

Als de groeve en het depot aan de Rijn of aan zee liggen dan kunnen grotere schepen worden gebruikt die zwaarder kunnen worden beladen. Verbetermaatregel 1 is een klasse 5 schip met een belading van 2050 ton (~65%) breuksteen in plaats van een klasse 4 schip met 70% belading (1250 ton).

Als het depot en het bouwproject beide aan de Rijn liggen, dan is deze verbetermaatregel ook van toepassing.

Als groeve en het bouwproject beide aan de Rijn liggen, dan is deze maatregel van toepassing, en is het onwaarschijnlijk dat de breuksteen wordt overgeslagen op een depot in Rotterdam (aanpassing transportafstand). Voor die projecten kan met de emissiefactoren in hoofdstuk 4 een specifieke berekening worden gemaakt. Bij projecten aan zee kunnen zeeschepen ingezet worden. Het CO₂ emissieprofiel van zeeschepen is anders dan dat van klasse 5 schepen, en is voor deze rapportage buiten beschouwing gelaten.

Tabel 10 CO₂ emissies voor de referentie levenscyclus en verbetermaatregel 1

Levensfase / kg CO ₂ -eq.	Referentie Klasse 4 schip (A2&A4)	Verbetermaatregel 1 Klasse 5 schip (A2&A4)
A1 Winning breuksteen	4,4	4,4
A2 Transport -> depot	29,6	25,7
A3 productie	0	0
A4 Transport depot -> bouwplaats	6,3	5,3
A5 Bouw/installatie	3,1	3,1
C1 Sloop	1,0	1,0
C2 Transport bouwplaats -> depot	6,3	6,3
C3 Afvalverwerking	3,7	3,7
C4 Finale afvalbestemming	0	0
D Recycling/ Hergebruik	-3,9	-3,9
Totaal	50,4	45,4

De procentuele verbetering door deze maatregel bedraagt 15% voor de emissie van het schip. Als de maatregel toegepast wordt in de transportfase A2 en A4 bedraagt de reductie over de hele levenscyclus 10%. Als de verbetering alleen van toepassing is op transport van de groeve naar het depot (A2), dan bedraagt de verbetering op de totale CO₂ footprint 8%.

3.2.2 *Verbetermaatregel 2: 20% snelheidsreductie*

16 km/uur kan gezien worden als de maximale vaarsnelheid. In de huidige markt met een krapte aan binnenvaartschepen wordt er vaak voor gekozen om zo snel mogelijk te varen en zo veel mogelijk vrachten te vervoeren. Als schepen langzamer varen ligt het dieselverbruik lager. Verbetermaatregel 2 is 20% snelheidsreductie, ofwel zo'n 13 km/uur in plaats van 16 km/uur. Het dieselverbruik per km daalt van zo'n 8 kg diesel/uur bij 16 km/uur naar 5,1 kg diesel bij 13 km/uur.

Tabel 11 CO₂ emissies voor de referentie levenscyclus en verbetermaatregel 2.

Levensfase / kg CO ₂ -eq.	Referentie Klasse 4 schip 100% snelheid	Verbetermaatregel 1 Klasse 4 schip 80% snelheid (A2&A4)
A1 Winning breuksteen	4,4	4,4
A2 Transport -> depot	29,6	19,9
A3 productie	0	0
A4 Transport depot -> bouwplaats	6,3	4,0
A5 Bouw/installatie	3,1	3,1
C1 Sloop	1,0	1,0
C2 Transport bouwplaats -> depot	6,3	6,3
C3 Afvalverwerking	3,7	3,7
C4 Finale afvalbestemming	0	0
D Recycling/ Hergebruik	-3,9	-3,9
Totaal	50,4	38,4

De procentuele verbetering door deze maatregel bedraagt in de transport fase A2 en/of A4 37% op de emissies van het schip. Als de maatregel op beide transporten wordt toegepast (van groeve naar depot, en van depot naar bouwproject), dan bedraagt de CO₂ reductie op de totale footprint 24%.

3.2.3 *Verbetermaatregel 3: nuttig retourtransport*

In de CO₂ referentie berekening is aangenomen dat schepen leeg terugvaren naar de groeve of naar het depot voor de volgende lading breuksteen.

Verbetermaatregel 3 is nuttig retourtransport. Aangenomen is dat daarmee de helft van de gevaren km voor het retourtransport gealloceerd kunnen worden aan een ander transport. Het brandstofverbruik per gevaren kilometer gaat met deze maatregel omhoog, echter worden de kilometers niet twee keer toegekend (heen en terug), maar slechts anderhalf keer.

Tabel 12 CO₂ emissies voor de referentie levenscyclus en verbetermaatregel 3.

Levensfase / kg CO ₂ -eq.	Referentie Klasse 4 schip geen retourvracht	Verbetermaatregel 3 Retourvracht benutten (A2&A4)
A1 Winning breuksteen	4,4	4,4
A2 Transport -> depot	29,6	27,2
A3 productie	0	0
A4 Transport depot -> bouwplaats	6,3	6,2
A5 Bouw/installatie	3,1	3,1
C1 Sloop	1,0	1,0
C2 Transport bouwplaats -> depot	6,3	6,3
C3 Afvalverwerking	3,7	3,7
C4 Finale afvalbestemming	0	0
D Recycling/ Hergebruik	-3,9	-3,9
Totaal	50,4	47,8

De procentuele verbetering door deze maatregel bedraagt 9% voor de emissie van het schip. Als de maatregel toegepast wordt in de transport fase A2 en A4, dan bedraagt de verbetering op de totale CO₂ footprint 5%.

3.2.4 *Verbetermaatregel 4: hergebruik van breuksteen*

Hergebruik van breuksteen in plaats van breuksteen uit een groeve is verbetermaatregel 4. Soms wordt het breuksteen direct in het werk hergebruikt, anders wordt het breuksteen in een ander project hergebruikt. Daarbij kan het breuksteen direct naar het andere werk worden vervoerd, of eerst tijdelijk worden opgeslagen in een depot.

Soms wordt het breuksteen bewerkt voor hergebruik; het breuksteen wordt gewassen en de eventueel aanwezige verontreinigingen worden eruit gezeefd. De CO₂ emissies van deze bewerkingsprocessen zijn in de referentie levenscyclus berekend in fase C3 – en vormen voor deze verbetermaatregel de emissies voor de productie van de breuksteen (A3). Een ander verschil tussen nieuw en hergebruikt breuksteen is het transport; nieuw breuksteen komt uit bijvoorbeeld Duitsland of België, terwijl het hergebruikte breuksteen van een project uit Nederland komt. Voor de transportafstand in Nederland is 100 km genomen (net als bij de berekening van de milieu-impact van fase C2 transport van breuksteen aan het einde van de levensduur). Aan het einde van de levenscyclus van het hergebruikte breuksteen, kan breuksteen opnieuw hergebruikt worden. Voor de CO₂ berekening is een efficiency van 90% gehanteerd (net als in de referentie levenscyclus), op de uitsparing van hergebruikt breuksteen (D).

Tabel 13 CO₂ emissies voor de referentie levenscyclus en verbetermaatregel 4.

Levensfase / kg CO ₂ -eq.	Referentie Breuksteen uit groeve (A1, A2)	Verbetermaatregel 4 Hergebruikt breuksteen
A1 Winning breuksteen	4,4	0
A2 Transport -> depot	29,6	9,3
A3 productie	0	3,7
A4 Transport depot -> bouwplaats	6,3	6,3
A5 Bouw/installatie	3,1	3,1
C1 Sloop	1,0	1,0
C2 Transport bouwplaats -> depot	6,3	6,3
C3 Afvalverwerking	3,7	3,7
C4 Finale afvalbestemming	0	0
D Recycling/ Hergebruik	-3,9	-3,4
Totaal	50,4	30,0

Het hergebruik van breuksteen levert een verbetering op de totale CO₂ footprint van 40%.

4 CO₂ emissiefactoren voor project specifieke berekeningen

Met de emissie factoren in dit hoofdstuk kan Martens en van Oord de CO₂ emissies voor specifieke projecten bepalen, rekening houdend het tonnage breuksteen van het project, de project specifieke transport afstanden, en de ingezette modaliteiten. Zo kunnen zowel verbetermaatregelen als risicofactoren worden doorgerekend.

Bij sommige projecten wordt het breuksteen direct naar het werk vervoerd – en niet overgeslagen op een depot. Met de CO₂ emissiefactoren in hoofdstuk 4 kan project- specifiek berekend worden wat de CO₂ emissie is van projecten zonder depot overslag, door de CO₂ emissies van fase A2 buiten beschouwing te laten en de transportafstand aan te passen in fase A4.

Bij sommige bouwlocaties is het niet mogelijk om die te bereiken met een klasse 4 schip. Dan worden kleinere schepen ingezet (klasse 3) of (een deel van) het transport wordt over de weg afgelegd. Met de CO₂ emissiefactoren in hoofdstuk 4 kan voor dergelijke projecten de CO₂ emissie worden bepaald.

In Tabel 14 worden de CO₂ emissiefactoren weergegeven voor verschillende modaliteiten per ton.km. De CO₂ emissie kan berekend worden door het tonnage te vermenigvuldigen met de totale transportafstand (heen en terug) en de emissiefactor. De emissiefactor per kg diesel is van toepassing op stage IIIb bouwmachines en kan gebruikt worden om de CO₂ emissies bij afwijkingen in de inzet van materieel/dieselverbruik t.o.v. de referentie levenscyclus te berekenen.

Tabel 14 CO₂ emissiefactoren voor verschillende modaliteiten en voor diesel.

Modaliteit	Hoeveelheid (gram CO ₂)	Eenheid
Schip klasse 4	31,1	Per ton.km
Schip klasse 3	38,2	Per ton.km
Schip klasse 5	26,3	Per ton.km
Schip klasse 4 (80% snelheid ~12km/uur)	19,8	Per ton.km
Schip klasse 4 (beladen retour)	37,8	Per ton.km
Vrachtwagen	107	Per ton.km
Machines	4130	Per kg diesel

5 Referenties

- Stichting Bouwkwaliiteit (november 2014). Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken. Versie 2.0 definitief.
- NEN (2014). NEN-EN 15804:2012 + A1(2013). Duurzaamheid van bouwwerken – Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten.

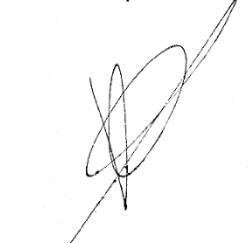
6 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever
Martens en van Oord
T.a.v. mevrouw M. Schenk
Damweg 50
4905 BS Oosterhout

Naam en functies van de medewerkers
Ing. B.I. (Bart) Jansen

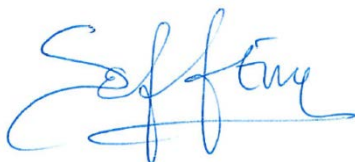
Periode waarin het onderzoek plaatsvond
Augustus 2016- September 2016

Naam en paraaf tweede lezer



Ing. W.W.R. Koch

Ondertekening Autorisatie vrijgave



Drs. S.E. (Suzanne) de Vos
Projectleider



Ir. R.A.W. Albers MPA
Research Manager

A. Appendix I: Forfaitaire standaardwaarden afvalscenario's

Tabel 10 toon de standaardwaarden voor afvalscenario's volgens SBK Bepalingmethode en conform NEN-EN 15804:2012 +A1 (2013).

Tabel 15 Standaardwaarden voor afvalscenario's.

Stroom	Specificatie	Verdeling over fracties %				
		Laten zitten	Stort	AVI	Recycling	Product-hergebruik
afwerkingen	verkleefd aan hout, kunststof, metaal	0	0	100	0	0
afwerkingen	verkleefd aan puin	0	100	0	0	0
aluminium uit gebouwen	o.a. profielen, platen, leidingen	0	3	3	94	0
aluminium GWW		0	5	0	95	0
asfalt		0	1	0	99	0
asfaltgranulaatcement (agrac)		0	1	0	99	0
beton, ook gewapend beton	o.a. elementen, metselwerk	0	1	0	99	0
bitumen	o.a. dakbedekkingen	0	5	90	5	0
cellenbeton	o.a. elementen, blokken	0	1	0	99	0
coating op staal GWW	via gritstralen	0	90	10	0	0
elastomeren (o.a. epdm)	o.a. dakbedekkingen, folies	0	10	85	5	0
eps	isolatie	0	5	90	5	0
eps GWW		0	0	100	0	0
fijnkeramisch	o.a. sanitair	0	15	0	80	5
geen afval	leeg scenario	0	0	0	0	0
gips	o.a. blokken, platen	0	95	0	5	0
glas	o.a. vlakglas	0	30	0	70	0
glasschuim	isolatie	0	85	5	10	0
glaswol	isolatie	0	85	5	10	0
grind	ballast, verharding	0	10	0	0	90
grofkeramisch	o.a. metselwerk, pannen	0	1	0	99	0
hout, 'schoon'	o.a. balken, planken	0	5	80	10	5
hout, 'schoon'	via restmateriaal	0	10	85	5	0
hout, verontreinigd	o.a. geschilderd, verduurzaamd	0	5	95	0	0
hout, verontreinigd	via restmateriaal	0	10	90	0	0
hout GWW		0	10	90	0	0
kalkzandsteen	o.a. elementen, metselwerk	0	1	0	99	0
koper	elektriciteitsleidingen	0	10	5	85	0
koper	o.a. platen, leidingen	0	5	0	95	0
kunststoffen, overig	o.a. profielen, platen, leidingen	0	10	85	5	0
kunststoffen	via restmateriaal	0	20	80	0	0
lood	o.a. slabben	0	5	0	95	0
metalen, overig	o.a. bevestiging, hulpstukken	0	5	5	90	0
metalen	via restmateriaal	0	5	5	90	0
metalen GWW		0	5	0	95	0
organisch, overig	o.a. isolatie	0	5	95	0	0
organisch	via restmateriaal	0	15	85	0	0
plaatmateriaal, 'schoon'	grote delen, o.a. bekleding	0	5	85	10	0
plaatmateriaal, verontreinigd	grote delen, o.a. bekleding	0	5	95	0	0
polyolefinen (o.a. pe, pp)	o.a. leidingen, folies	0	10	85	5	0

Stroom	Specificatie	Verdeling over fracties %				
		Laten zitten	Stort	AVI	Recycling	Product-hergebruik
puin	via restmateriaal	0	90	10	0	0
pvc, kozijnprofielen		0	10	10	80	0
pvc, leidingen		0	10	20	70	0
pvc	o.a. dakbedekkingen, folies	0	10	85	5	0
schelpen	grondwerk	0	10	0	90	0
staal GWW		0	5	0	95	0
staal, licht	o.a. profielen, platen, leidingen	0	1	0	87	12
staal, zwaar	o.a. balken	0	0	0	51	49
steenachtig GWW		0	1	0	99	0
steenwol	isolatie	0	85	5	10	0
volkern	bekleding	0	5	75	20	0
xps	isolatie	0	5	90	5	0
zand, grond		0	1	0	0	99
zink / verzinkt staal	o.a. profielen, platen, zinklagen	0	5	0	95	0

B. Appendix II: Forfaitaire standaardwaarden transport

Volgens de SBK Bepalingsmethode zijn de volgende forfaitaire standaardwaarden van toepassing en relevant voor de huidige studie:

- Transportafstand enkele reis naar de bouwplaats indien het bouwproduct in Nederland wordt geproduceerd: voor bulkmateriaal **50 km**, voor overige materialen, producten en elementen **150 km**.
- Locatie om transportafstand van materialen uit het buitenland naar en van de bouwplaats of afnemer te bepalen: **Utrecht**. Indien een materiaal uit het buitenland komt en de gemiddelde afstand naar de Nederlandse markt niet bekend is, wordt de afstand tussen de productielocatie en Utrecht gehanteerd.
- Afvalscenario's volgens de tabel uit Appendix A.
- Transportafstand enkele reis van slooplocatie naar sorteer- en/of breekinstallatie: **50 km**.
- Transportafstand enkele reis afvoer grond: **50 km**.
- Transportafstand enkele reis van sloop- of sorteerlocatie naar stortlocatie: **50 km**.
- Transportafstand enkele reis brandbaar materiaal van sloop- of sorteerlocatie naar afvalenergiecentrale (AEC): **100 km**.