

## **Ongetoetst Categorie 3 LCA rapport voor betonmortel**

**Opgesteld door SGS Search Consultancy in opdracht van Rijkswaterstaat**

## Colofon Rapportage

### Onderzoeksgegevens

Naam onderzoek LCA-rapport voor betonmortel  
 Project N.V.T.  
 Soort onderzoek Levenscyclusanalyse (LCA)  
 Projectnummer 26.18.00414  
 Looptijd project November 2018 – Maart 2025

### Opdrachtgever

Organisatie Rijkswaterstaat  
 Contactpersoon Mevrouw. V. Diemel  
 Adres Postbus 2232  
 Postcode en plaats 3500 GE Utrecht  
 E-mail valerie.diemel@rws.nl

### Uitvoerende organisatie

Organisatie SGS Search Consultancy  
 Contactpersoon Gert-Jan Vroege (per 01-02-2022 Harry van Ewijk)  
 Adres Petroleumhavenweg 8  
 Postcode en plaats 1041 AC Amsterdam  
 E-mail Harry.vanEwijk@sgs.com

### Versie

Tabel 1: Overzicht versies rapport.

#	Datum	Omschrijving
1	09 september 2019	Versie 1
2	5 november 2019	Aanpassingen na review betonhuis
3	06 augustus 2020	Aanpassingen na review NIBE
4	19 november 2023	Wijzigingen en toevoeging mortels EcoReview
5	19 december 2024	Update conform PCR & NMD 3.9 EcoReview
6	21 maart 2025	Update nieuwe betonmortels EcoReview (PCR & NMD 3.10)
7	16 mei 2025	Update hoge sterkte betonmortels EcoReview (PCR & NMD 3.10)

## INHOUD

INHOUD	2
1. INLEIDING	3
1.1. Algemeen	3
1.2. Doelstelling van het onderzoek	3
1.3. Doelgroep	4
1.4. Team	4
1.5. Reikwijdte van de studie	4
2. LEVENSCYCLUS-INVENTARISATIE	6
2.1. Productomschrijving	6
2.2. Dataverzameling	9
2.3. A1 Grondstoffen	10
2.4. A2 Transport naar producent	12
2.5. A3 Productie	15
2.6. A4 Transport naar bouwplaats	15
2.7. A5 Aanleg (bouw- en installatieproces)	17
2.8. B1-7 Gebruik en onderhoud	17
2.9. C1 Sloop	17
2.10. C2 Transport naar afvalverwerker	18
2.11. C3 Afvalbewerking	20
2.12. C4 Finale afvalverwerking	20
2.13. D Lasten en baten buiten de systeemgrens	20
2.14. Datavalidatie	21
3. LEVENSCYCLUS-EFFECTBEOORDELING	22
3.1. Procedures, berekeningen en resultaten	22
3.2. Milieueffect wegen	22
4. LEVENSCYCLUS-INTERPRETATIE	24
4.1. Aanpak interpretatie	24
4.2. Zwaartepuntanalyse	24
4.3. Gevoeligheidsanalyse	24
4.4. Verschil in resultaten met eerdere versies	24
5. BRONVERMELDING	25

# 1. INLEIDING

## 1.1. Algemeen

Deze levenscyclusanalyse (LCA) is opgesteld in opdracht van Rijkswaterstaat. In deze studie zijn betonmortels opgenomen die veel in de infrastructuur worden toegepast. Het betreft een met het Betonhuis afgestemde studie, welke is bedoeld voor toepassing in de Nationale Milieudatabase (hierna “NMD”).

Het rapport is opgesteld in overeenkomst met de eisen gesteld in ISO 14040 [1], ISO 14044<sup>1</sup> [2], ISO 14025 [3], NEN-EN 15804 [3] en de NMD Bepalingsmethode Milieuprestatie gebouwen en GWW werken v3.0 (januari 2019) (NMD Bepalingsmethode Milieuprestatie Versie 1.2 (2024)). De LCA-berekening is opgesteld met SimaPro 9.6.0.1 software. In de studie zijn de volgende databases en karakterisatiefactoren gebruikt:

Databases:

- NMD-processendatabase versie 3.10.
- EcoInvent database versie 3.6.

Karakterisatiefactoren:

- Bepalingsmethode 'set 1', 'set2' & param (NMD 3.4) V1.00 / MKI-SBK single-score

De LCA is opgesteld door SGS Search Consultancy (hierna SGS) & EcoReview. Het betreft een ongetoetste LCA-rapportage. De uitkomsten van de rapportage zullen worden aangeboden aan de NMD processendatabase als categorie 3 data.

### Update rapport 2024:

Dit rapport is in meerdere fasen tot stand gekomen en wordt regelmatig geactualiseerd. Dit kan tot gevolg hebben dat er verschillende versies van de basisprocessen database NMD en EcoInvent gebruikt zijn in het rapport. Het overzicht van de verschillende productkaarten en de daarvoor gebruikte database versies zijn te vinden in Tabel 4. Dit kan ook tot gevolg hebben dat de MKI-waarden in rekensoftware afwijken van de MKI-waarden in het rapport. De overige informatie is echter steeds actueel.

De vernieuwingen toegepast in deze versie van de rapportage zijn uitgevoerd door Roel van Oosterhout van EcoReview in opdracht van de NMD in het kader van NMD-database update, fase 7 perceel 2. De gebruikte databases zijn NMD 3.10 en Ecoinvent 3.6. De vernieuwde versie is opgesteld in overeenkomst met de eisen gesteld in ISO 14040 [1], ISO 14044<sup>2</sup> [2], ISO 14025 [3], NEN-EN 15804 [3] en de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken v1.2 (maart 2022) (NMD Bepalingsmethode Milieuprestatie Versie 1.2 (2024)). De LCA-berekening is opgesteld met SimaPro 9.6.0.1. software.

## 1.2. Doelstelling van het onderzoek

De categorie 3 LCA's die in de Nationale Milieudatabase (NMD) staan, worden door opdrachtgevers gebruikt in het aanbestedingsproces. Voor aanbestedingen worden referentieberekeningen van het infrastructurele werk gemaakt. De referentieberekening kan daarbij het ijkpunt zijn voor het bepalen van een fictief kortingssysteem. Het is vanwege het gebruik in aanbestedingen van belang dat de categorie 3 LCA's up to date blijven. Om deze redenen kan een update van de betonitems benodigd zijn:

- Het is een lange tijd geleden dat de LCA-betonitems onderhouden zijn;
- Introductie van de nieuwe versie van de NMD-bepalingsmethode.
- Er is een nieuwe versie van EcoInvent beschikbaar.
- Er is een nieuwe versie van NMD-processendatabase beschikbaar.

<sup>1</sup> Als uitzondering op de bepalingen in ISO14044 wordt weging van de milieu-impact resultaten naar een “single point” (weging) toegepast.

<sup>2</sup> Als uitzondering op de bepalingen in ISO14044 wordt weging van de milieu-impact resultaten naar een “single point” (weging) toegepast.

De studie is met de branche afgestemd en zal niet getoetst worden

### 1.3. Doelgroep

De doelgroep voor deze LCA's zijn alle gebruikers van de Nationale Milieudatabase GWW deel en gerelateerde rekentools zoals DuboCalc.

### 1.4. Team

#### Versie 1-3:

Valerie Diemel	Rijkswaterstaat
Gert-Jan Vroege	SGS Search Consultancy
Martijn van Hövell	SGS Search Consultancy

#### Versie 4:

Ruben van Gaalen	EcoReview
------------------	-----------

#### Versie 5:

Roel van Oosterhout	EcoReview
Ilja Lieshout	EcoReview

#### Versie 6 & 7:

Roel van Oosterhout	EcoReview
---------------------	-----------

### 1.5. Reikwijdte van de studie

#### Functionele eenheid

De functionele eenheid betreft één kubieke meter (1 m<sup>3</sup>) in het werk gestorte betonmortel toegepast in GWW werken. De levensduur van de betonmortels is afhankelijk van de toepassing. 100 jaar is aangenomen voor gangbare toepassingen, echter is de werkelijke levensduur afhankelijk van het ontwerp en de omgeving waarin het beton wordt toegepast.

#### NEN-EN 15804 modules

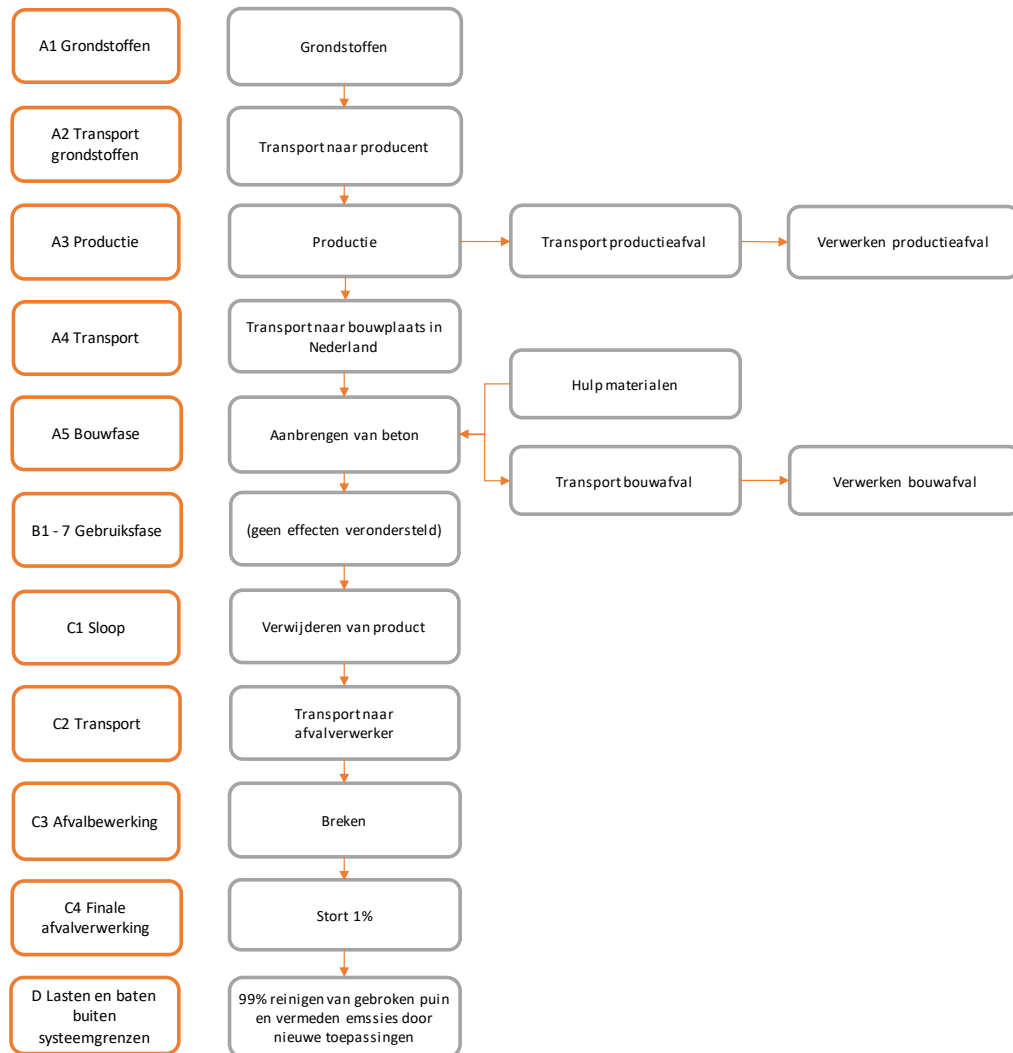
Tabel 2 geeft de modules weer van NEN-EN 15804 LCA-norm en de modules die van toepassing zijn voor deze LCA. De modules B4-7 zijn buitenbeschouwing gelaten.

Tabel 2: Scope van LCA-studie

A1	A2	A3	A4	A5	B1-3	C1	C2	C3	C4	D
Declared	Declared	Declared	Declared	Declared	Declared	Declared	Declared	Declared	Declared	Declared

## Systemegrenzen

De procesboom omvat de belangrijkste processen, die nodig zijn voor de producteenheid of om de functie uit de functionele eenheid te kunnen vervullen. Alle systeem inputs, outputs en kwantitatieve gegevens worden onder het hoofdstuk levenscyclusinventarisatie nader uiteengezet. De procesboom is onderverdeeld in modules conform NEN-EN 15804 [3]. Zie figuur 1.



Figuur 1: Procesboom van de productie van betonmortel

## Cut-off criteria voor inputs en outputs

Er zijn geen vermoedens dat er relevante inputs of outputs zijn weggelaten naast productieafval dat ontstaat bij het maken van de natte betonmortel (bijv. wat achterblijft in de trommel). Hierbij is de definitie van relevante input van par. 2.6.3.5. van de bepalingsmethode aangehouden. Daarnaast zijn de criteria voor in- en output aangehouden conform de bepalingsmethode, paragraaf 2.6.3.6. en de NEN-EN 15804, paragraaf 6.2.

In de gebruikte achtergrondprocessen zijn ten minste de volgende ingrepen meegenomen in de analyse:

- Emissies naar de lucht bij het gebruik van thermische energie van CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> (N<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>x</sub> en fijn stof (PM10 deeltjes < 10 µm);
- Emissies naar water van CVZ, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM10: deeltjes < 10 µm);
- Emissies naar bodem van PAK en zware metalen

## 2. LEVENSCYCLUS-INVENTARISATIE

### 2.1. Productomschrijving

De geanalyseerde mortels betreffen betonmortels in verschillende sterkteklassen voor toepassing in infrastructurele werken. Elke mortel heeft een specifieke mengverhoudingen van de standaard grondstoffen zoals grind, zand, water, cement en hulpstoffen. Daarnaast wordt er onderscheid gemaakt tussen de type cement CEM I en CEM III. Het betreffen mortelsamenstellingen die in de praktijk veel toegepast worden en vallen in de milieuklasse XC1 tot en met XC4.

Alle betonmortels die in de huidige versie van DuboCalc staan, zijn beoordeeld op relevantie. Een groot aantal items is behouden, een aantal items zijn gewijzigd, verwijderd of toegevoegd. Hiermee is een lijst ontstaan met betonmortels die het meest relevant zijn voor infrastructurele werken. Deze selectie en uitbreiding heeft in samenwerking met Het Betonhuis plaatsgevonden.

In Tabel 3 is het complete overzicht weergegeven. In versie 4 van dit rapport zijn er een groot aantal nieuwe mengsels opgenomen en in het kader van consistentie is ervoor gekozen om de bestaande mortelsamenstellingen aan te passen. Het overzicht van de nieuwe en aangepaste mengsels zijn weergegeven in Tabel 4. In versie 5 zijn deze in lijn gebracht met de PCR Cement. In versie 6 zijn een aantal betonmortels toegevoegd, welke zijn weergegeven in Tabel 3. Aanvullend zal vanaf versie 6 onderscheid gemaakt worden tussen normale betonmortel (A), hoge sterkte betonmortel (B) en geopolymeer beton (C). Onderscheid heeft te maken met materialisatie en met sterkteklassen. Hoge sterkte betonmortels zijn in versie 6 van het rapport niet opgenomen, omdat de inventarisatie omtrent deze betonmortels nog in proces was tijdens het opleveren van het rapport.

Verder zijn een aantal kaarten niet geactualiseerd. Deze zijn om deze reden vanaf versie 5 uit het rapport verwijderd. Het gaat om te volgende kaarten:

- C30/37 CEM I 325 kg/m<sup>3</sup>
- C30/37 CEM III 375 kg/m<sup>3</sup>
- C35/45 CEM I + CEM III (50-50%)

Tabel 3: Wijzigen/toevoegen van nieuwe kaarten in versie 6 & 7.

Betonsamenstelling	Item in NMD 3.10	Status
<b>C20/25 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)</b>	0004-fab&Betonmortel C20/25 (o.b.v. 75% CEM III en 25% CEM I)	Update
<b>C20/25 CEM I – 30% betongranulaat</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C20/25 CEM III/B – 30% betongranulaat</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C30/37 CEM I – 30% betongranulaat</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C30/37 CEM III/B – 30% betongranulaat</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C35/45 CEM I – 30% betongranulaat</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C35/45 CEM I + PP-vezels 2 kg/m<sup>3</sup></b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C35/45 CEM III/B – 30% betongranulaat</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C55/67 CEM I</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C55/67 CEM III/A</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C55/67 CEM III/B</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C70/85 CEM I</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C70/85 CEM III/A</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C70/85 CEM III/B</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C80/95 CEM I</b>	0599-fab&Betonmortel C80/95 (o.b.v. CEM I), 2472,2 kg/m <sup>3</sup>	Update
<b>C80/95 CEM III/A</b>	0600-fab&Betonmortel C80/95 (o.b.v. CEM III/A), 2472,2 kg/m <sup>3</sup>	Update

<b>C80/95 CEM III/B</b>	0601-fab&Betonmortel C80/95 (o.b.v. CEM III/B), 2472,2 kg/m <sup>3</sup>	Update
<b>C90/105 CEM I</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C90/105 CEM III/A</b>	Niet aanwezig	Nieuw
<b>C90/105 CEM III/B</b>	Niet aanwezig	Nieuw

Tabel 4A: Overzicht betonrecepturen.

Betonsamenstelling	NMD	Ecolinvent	Datum	Wijziging
<b>C12/15 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C12/15 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C12/15 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C12/15 CEM III/C</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C20/25 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C20/25 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C20/25 CEM I – 30% betongranulaat</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C20/25 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C20/25 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C20/25 CEM III/B – 30% betongranulaat</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C20/25 CEM III/C</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C25/30 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C25/30 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C25/30 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C30/37 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C30/37 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C30/37 CEM I – 30% betongranulaat</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C30/37 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C30/37 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C30/37 CEM III/B – 30% betongranulaat</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C30/37 CEM III/C</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C35/45 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C35/45 CEM I – 30% betongranulaat</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C35/45 CEM I + PP-vezels 2 kg/m<sup>3</sup></b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C35/45 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C35/45 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C35/45 CEM III/B – 30% betongranulaat</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C40/50 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C40/50 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C40/50 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C45/55 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5

<b>C45/55 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C45/55 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C45/55 CEM III/C</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C50/60 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C50/60 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C50/60 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C55/67 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C55/67 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C55/67 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C55/67 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 6
<b>C60/76 CEM I</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C60/76 CEM III/A</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5
<b>C60/76 CEM III/B</b>	3.10	3.6	21-03-2025	Versie 5

Tabel 4B: Overzicht hoge sterkte betonmortelrecepturen.

Betonsamentelling	NMD	Ecolnvent	Datum	Wijziging
<b>C70/85 CEM I</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7
<b>C70/85 CEM III/A</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7
<b>C70/85 CEM III/B</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7
<b>C80/95 CEM I</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7
<b>C80/95 CEM III/A</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7
<b>C80/95 CEM III/B</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7
<b>C90/105 CEM I</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7
<b>C90/105 CEM III/A</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7
<b>C90/105 CEM III/B</b>	3.10	3.6	16-05-2025	Versie 7

Tabel 4C: Overzicht geopolymeer recepturen.

Betonsamentelling	NMD	Ecolnvent	Datum	Wijziging
<b>C30/37 Geopolymeer</b>	3.10	3.6	18-3-2025	Versie 6

CEM III/C kan ook worden omschreven als langzaam uithardend beton. Voor geopolymeer is op moment van opstellen van deze rapportage sterkteklasse C30/37 de enige reële uitvoering.

Belietcement is beschouwd en onderzocht indien gereed voor opname in de vernieuwde versie van dit rapport. Echter is er nog te veel onbekend en blijkt er momenteel nog geen business case te zijn voor belietcement, zoals gesteld in het betonakkoord [10]. Voor toekomstige vervolgstudies wordt aangeraden de laatste ontwikkelingen omtrent Belietcement te bestuderen.

## 2.2. Dataverzameling

Data is afkomstig van uit overleg met de branche via het Betonhuis [5]. De gegevens zijn vergeleken met data uit betonmortel LCA's die SGS voor andere projecten heeft opgesteld. Tevens zijn de gegevens vergeleken met de huidige DuboCalc mortels. In de gebruikte data zijn geen onregelmatigheden gevonden en er zijn geen aanwijzingen dat de gebruikte data incorrect of onvolledig is.

Per module zullen bronnen en de belangrijkste aannames beschreven worden. Verder wordt per materiaal en proces vermeld wat als referentieproces gebruikt is. De gebruikte referentieprocessen zijn afkomstig uit de Nationale Milieu(processen)database 3.10 en EcoInvent 3.6.

Bij de update van deze rapportage naar versie 4 & 6 en 7 is de hulp ingeschakeld van betontechnoloog Jan Smit van Nieuwton. De samenstellingen zoals verwerkt in de volgende paragraaf zijn door Jan Smit opgesteld en geverifieerd door Sonja Fennis van Rijkswaterstaat (enkel bij versie 4). De samenstelling van het geopolymerbeton is aangedragen door Sonja Fennis en vergeleken met publicatie 'Cement and Concrete Composites' [11]. De worst-case benadering voor de referenties betreffende de samenstelling komen overeen met rapport 'Milieuprofiel activatoren geopolymerbeton' [12]. Er is echter een referentie (0526) beschikbaar gekomen voor Waterglas in NMD 3.6, welke niet gebaseerd is op worst case. Conform rapport Milieuprofiel activatoren geopolymerbeton is onderstaande referentie voor waterglas aangehouden.

### 2.3. A1 Grondstoffen

Onderstaande tabel (Tabel 5) laat zien welke milieuprofielen zijn geselecteerd voor de verschillende milieuprofielen. Opvolgende tabel (Tabel 6A en B) laat de materialen en hoeveelheden zien die gebruikt zijn in de verschillende betonmortels.

Tabel 5: Geselecteerde milieuprofielen per type materiaal.

Materiaal	Milieuprofiel	Database
Grind	0193-fab&Grind (o.b.v. Gravel, round {RoW}) market for gravel, round   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6
Betonggranulaat	0157-fab&Betonggranulaat (= 0-waarden want 'vrij van milieulast')	NMD 3.10 / EI 3.6
Zand	0168-fab&Zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand (o.b.v. Sand {RoW}) market for sand   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6
Cement CEM I	0172-fab&Cement, CEM I [NL-PCR Cement]	NMD 3.10 / EI 3.6
Cement CEM III/A	0349-fab&Cement, CEM III/A [NL-PCR Cement]	NMD 3.10 / EI 3.6
Cement CEM III/B	0350-fab&Cement, CEM III/B [NL-PCR Cement]	NMD 3.10 / EI 3.6
Cement CEM III/C	0603-fab&Cement, CEM III/C [NL-PCR Cement]	NMD 3.10 / EI 3.6
Hulpstof	0382-fab&Plastificeerder, t.b.v beton (o.b.v. Plasticiser, for concrete, based on sulfonated melamine formaldehyde {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6
Water	0289-fab&Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER}) market group for   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6
PP Vezels	0223-fab&Polypropeen, PP, vezels, toepassing in beton (o.b.v. Polypropylene, granulate {GLO}) market for   Cut-off, U + Extrusion, plastic film {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6
Bindtijdregelaar	XXXX Anhydriet, ongehydrateerd gips, calciumsulfaat, voor o.a. gietvloeren (o.b.v. Anhydrite {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6
Vliegas	0629-fab&Poederkoolvliegas, (allocatiefactor 0,7349%; PCR-Cement)	NMD 3.10 / EI 3.6
Hoogovenslak	0694-fab&Gemalen gegranuleerde hoogovenslak, met 1% allocatie ruwijzer productie (volgens PCR-cement)	NMD 3.10 / EI 3.6
Natronloog	Sodium hydroxide, without water, in 50% solution state {GLO}) market for   Cut-off, U)	EI 3.6
Waterglas	0526-fab&Waterglas, natrium metasilicaat (o.b.v. Sodium metasilicate pentahydrate, 58% active substance, powder {RER}) market for sodium metasilicate pentahydrate, 58% active substance, powder   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6
Graniet*	Basalt {RER}) quarry operation   Cut-off, U)	EI 3.6

\*In overleg met NMD vastgesteld dat Basalt de meest representatieve keuze is voor graniet, gezien bestaande graniet referenties een gepolijste natuurstenen plaat vertegenwoordigd (NMD 0232). Basalt en graniet zijn beide hard stollingsgesteente.

Tabel 6A: Hoeveelheden per m3 beton en referentieprocessen (A1) – Standaard Betonmortels

Beton-samentelling	Grind (kg)	Beton granulaat (kg)	Zand (kg)	CEM I (kg)	CEM III/A (kg)	CEM III/B (kg)	CEM III/C (kg)	Hulp stof (kg)	Water (kg)	PP Vezels (kg)	Totaal (kg/m3)
C12/15 CEM I	1173	0	782	260	0	0	0	0,5	169	0	2384,50
C12/15 CEM III/A	1133	0	756	0	280	0	0	0,5	182	0	2351,50
C12/15 CEM III/B	1133	0	756	0	0	280	0	0,5	182	0	2351,50
C12/15 CEM III/C	1133	0	756	0	0	0	280	0,5	182	0	2351,50
C20/25 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	1045	0	850	70	0	210	0	0,5	165	0	2340,50
C20/25 CEM I	1162	0	774	290	0	0	0	0,5	161	0	2387,50
C20/25 CEM I – 30% betongranulaat	725	320	825	280	0	0	0	0,5	182	0	2332,50
C20/25 CEM III/A	1162	0	774	0	300	0	0	0,5	161	0	2397,50
C20/25 CEM III/B	1162	0	774	0	0	300	0	0,5	161	0	2397,50
C20/25 CEM III/B – 30% betongranulaat	745	325	825	0	0	290	0	0,5	190	0	2375,50

<b>C20/25 CEM III/C</b>	1162	0	774	0	0	0	300	0,5	161	0	2397,50
<b>C25/30 CEM I</b>	1160	0	773	310	0	0	0	0,5	156	0	2399,52
<b>C25/30 CEM III/A</b>	1160	0	773	0	320	0	0	0,5	156	0	2409,52
<b>C25/30 CEM III/B</b>	1160	0	773	0	0	320	0	0,5	156	0	2409,52
<b>C30/37 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)</b>	1241	0	639	80	0	248	0	0,5	165	0	2373,03
<b>C30/37 CEM I</b>	1241	0	639	320	0	0	0	0,5	165	0	2365,53
<b>C30/37 CEM I – 30% betongranulaat</b>	735	310	805	285	0	0	0	0,5	175	0	2310,50
<b>C30/37 CEM III/A</b>	1241	0	639	0	330	0	0	0,5	165	0	2375,53
<b>C30/37 CEM III/B</b>	1241	0	639	0	0	330	0	0,5	165	0	2375,53
<b>C30/37 CEM III/B – 30% betongranulaat</b>	760	330	810	0	0	320	0	0,5	170	0	2390,50
<b>C30/37 CEM III/C</b>	1241	0	639	0	0	0	330	0,5	165	0	2375,53
<b>C35/45 CEM I</b>	1050	0	785	340	0	0	0	0,6	160	0	2335,60
<b>C35/45 CEM I – 30% betongranulaat</b>	735	325	785	325	0	0	0	0,6	170	0	2340,60
<b>C35/45 CEM I + PP-vezels 2 kg/m3</b>	1000	0	785	380	0	0	0	1,2	185	2	2353,20
<b>C35/45 CEM III/A</b>	1108	0	810	0	360	0	0	0,7	160	0	2438,70
<b>C35/45 CEM III/B</b>	1108	0	810	0	0	360	0	0,7	160	0	2438,70
<b>C35/45 CEM III/B – 30% betongranulaat</b>	730	320	780	0	0	390	0	0,7	165	0	2385,70
<b>C40/50 CEM I</b>	1050	0	793	350	0	0	0	1,2	158	0	2351,20
<b>C40/50 CEM III/A</b>	1067	0	810	0	365	0	0	1,0	158	0	2400,00
<b>C40/50 CEM III/B</b>	1067	0	785	0	0	365	0	1,0	158	0	2375,00
<b>C45/55 CEM I</b>	1050	0	800	360	0	0	0	1,8	155	0	2366,80
<b>C45/55 CEM III/A</b>	1025	0	810	0	370	0	0	1,3	155	0	2361,30
<b>C45/55 CEM III/B</b>	1025	0	760	0	0	370	0	1,3	155	0	2311,30
<b>C45/55 CEM III/C</b>	1025	0	760	0	0	0	370	1,3	155	0	2311,30
<b>C50/60 CEM I</b>	995	0	750	410	0	0	0	2,0	155	0	2312,00
<b>C50/60 CEM III/A</b>	995	0	750	0	420	0	0	2,0	155	0	2322,00
<b>C50/60 CEM III/B</b>	995	0	750	0	0	420	0	2,0	155	0	2322,00
<b>C55/67 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)</b>	988	0	750	101	0	336	0	2,0	159	0	2335,59
<b>C55/67 CEM I</b>	1015	0	800	380	0	0	0	2,0	165	0	2362,00
<b>C55/67 CEM III/A</b>	1000	0	800	0	410	0	0	2,2	160	0	2372,20
<b>C55/67 CEM III/B</b>	1000	0	800	0	0	420	0	2,2	160	0	2382,20
<b>C60/76 CEM I</b>	980	0	750	400	0	0	0	2,0	155	0	2287,00
<b>C60/76 CEM III/A</b>	980	0	750	0	420	0	0	2,0	155	0	2307,00
<b>C60/76 CEM III/B</b>	980	0	750	0	0	475	0	2,0	166	0	2373,25

Voor samenstelling C40/50 is een middeling van C35/45 en C45/55 gekozen. De verwachting is dat deze sterkteklasse binnenkort zal komen te vervallen. Er is in deze versie gekozen om deze sterkteklasse nog wel mee te nemen.

Onderstaand staat de samenstelling voor de hoge betonmortels weergegeven.

Tabel 6B: Hoeveelheden per m3 beton en referentieprocessen (A1) – Hoge Sterkte Beton.

Betonsamenstelling	CEM I	CEM III/A	CEM III/B	Zand	Graniet (0-16 mm)	Vliegas	Superplastificeerder	Water	Totaal (kg/m3)
C70/85 CEM I	435	0	0	588	1032	125	8	165	2353
C70/85 CEM III/A	0	465	0	588	1032	95	8	165	2353
C70/85 CEM III/B	50	0	425	588	1032	85	8	165	2353
C80/95 CEM I	455	0	0	579	1020	145	10	165	2374
C80/95 CEM III/A	245	240	0	579	1020	115	10	165	2374
C80/95 CEM III/B	350	0	140	579	1020	110	10	165	2374
C90/105 CEM I	455	0	0	563	993	195	12	165	2383
C90/105 CEM III/A	255	230	0	563	993	170	12	165	2388
C90/105 CEM III/B	400	0	100	563	993	170	12	165	2403

Onderstaand is de samenstelling voor geopolymeer weergegeven.

Tabel 6C: Hoeveelheden per m3 beton en referentieprocessen (A1) – Geopolymeer

Betonsamenstelling	Grind (kg)	Zand (kg)	Water (kg)	Waterglas (kg)	Natronoog (kg)	Bindtijdregelaar (kg)	Vliegas (kg)	Hoogovenslak (kg)	Totaal (kg/m3)
C30/37 Geopolymeer	920	700	150	18,5	11,5	10	133	267	2210

## 2.4. A2 Transport naar producent

Tabel 7A laat voor standaard betonmortels het transport van materialen naar de producent zien in ton\*kilometers. Voor zand, grind en hulpstoffen is al transport opgenomen in de NMD-processen, aangezien deze gebaseerd zijn op EcoInvent 'market for' processen. Voor cement is 300 km transport aangehouden omdat bekend is dat veel cement uit Duitsland afkomstig is. De transportafstand voor betongranulaat is aangenomen 50 km te zijn, gezien de grote beschikbaarheid van dit materiaal. In beide gevallen is aangenomen dat het transport per as betreft, dit is gemodelleerd met het volgende NMD-proces: 0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} | market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U) (NMD 3.10).

Het water dat gebruikt wordt is leiding- of oppervlaktewater, vandaar dat hier geen transport voor gerekend is.

Tabel 7A Transport naar producent per m3 beton (A2)

Betonsamenstelling	Cementen (tkm)	Betongranulaat (tkm)	Totaal (tkm)
C12/15 CEM I	78,00	0,00	78,00
C12/15 CEM III/A	84,00	0,00	84,00
C12/15 CEM III/B	84,00	0,00	84,00
C12/15 CEM III/C	84,00	0,00	84,00
C20/25 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	84,00	0,00	84,00
C20/25 CEM I	87,00	0,00	87,00
C20/25 CEM I – 30% betongranulaat	84,00	16,00	100,00

C20/25 CEM III/A	90,00	0,00	90,00
C20/25 CEM III/B	90,00	0,00	90,00
C20/25 CEM III/B – 30% betongranulaat	87,00	16,25	103,25
C20/25 CEM III/C	90,00	0,00	90,00
C25/30 CEM I	93,00	0,00	93,00
C25/30 CEM III/A	96,00	0,00	96,00
C25/30 CEM III/B	96,00	0,00	96,00
C30/37 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	98,25	0,00	98,25
C30/37 CEM I	96,00	0,00	96,00
C30/37 CEM I – 30% betongranulaat	85,50	15,50	101,00
C30/37 CEM III/A	99,00	0,00	99,00
C30/37 CEM III/B	99,00	0,00	99,00
C30/37 CEM III/B – 30% betongranulaat	96,00	16,50	112,50
C30/37 CEM III/C	99,00	0,00	99,00
C35/45 CEM I	102,00	0,00	102,00
C35/45 CEM I – 30% betongranulaat	97,50	16,25	113,75
C35/45 CEM I + PP-vezels 2 kg/m3	114,00	0,00	114,00
C35/45 CEM III/A	108,00	0,00	108,00
C35/45 CEM III/B	108,00	0,00	108,00
C35/45 CEM III/B – 30% betongranulaat	117,00	16,00	133,00
C40/50 CEM I	105,00	0,00	105,00
C40/50 CEM III/A	109,50	0,00	109,50
C40/50 CEM III/B	109,50	0,00	109,50
C45/55 CEM I	108,00	0,00	108,00
C45/55 CEM III/A	111,00	0,00	111,00
C45/55 CEM III/B	111,00	0,00	111,00
C45/55 CEM III/C	111,00	0,00	111,00
C50/60 CEM I	123,00	0,00	123,00
C50/60 CEM III/A	126,00	0,00	126,00
C50/60 CEM III/B	126,00	0,00	126,00
C55/67 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	131,06	0,00	131,06
C55/67 CEM I	114,00	0,00	114,00
C55/67 CEM III/A	123,00	0,00	123,00
C55/67 CEM III/B	126,00	0,00	126,00
C60/76 CEM I	120,00	0,00	120,00
C60/76 CEM III/A	126,00	0,00	126,00
C60/76 CEM III/B	142,50	0,00	142,50
C80/95 CEM I	180,00	0,00	180,00

<b>C80/95 CEM III/A</b>	180,00	0,00	180,00
<b>C80/95 CEM III/B</b>	180,00	0,00	180,00

Tabel 7B laat voor hoge sterkte betonmortels het transport van materialen naar de producent zien in ton\*kilometers. Voor zand en hulpstoffen is al transport opgenomen in de NMD-processen, aangezien deze gebaseerd zijn op Ecolnvent 'market for' processen. Voor cement is 300 km transport aangehouden omdat bekend is dat veel cement uit Duitsland afkomstig is. Deze aanname is ook gedaan voor vliegass.

Aanvullend is voor de graniet input additioneel transport gemodelleerd. De aanname is gedaan dat het graniet vanuit een granietmijn in Halden, Noorwegen naar Utrecht wordt vervoerd. Hiervoor is 961 km zeetransport (Halden -> Rotterdam) en 62 km landtransport benodigd (Rotterdam -> Utrecht). Het stuk transport vanuit de granietmijn naar de haven is verwaarloosbaar.

Tabel 7B laat het transport naar producent hoge sterkte betonmortel zien. Gebruikt zijn:

- 0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified | Cut-off, U)
- 0404-tra&Transport, vrachtschip, bulk-droog, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, bulk carrier for dry goods {GLO}) market for transport, freight, sea, bulk carrier for dry goods | Cut-off, U)

Betonsamenstelling	CEM / Vliegass - Vrachtwagen (tkm)	Graniet - Vrachtwagen (tkm)	Graniet - Zeevracht (tkm)	Totaal (tkm)
<b>C70/85 CEM I</b>	168,00	63,98	991,75	1223,74
<b>C70/85 CEM III/A</b>	168,00	63,98	991,75	1223,74
<b>C70/85 CEM III/B</b>	168,00	63,98	991,75	1223,74
<b>C80/95 CEM I</b>	180,00	63,24	980,22	1223,46
<b>C80/95 CEM III/A</b>	180,00	63,24	980,22	1223,46
<b>C80/95 CEM III/B</b>	180,00	63,24	980,22	1223,46
<b>C90/105 CEM I</b>	195,00	61,57	954,27	1210,84
<b>C90/105 CEM III/A</b>	196,50	61,57	954,27	1212,34
<b>C90/105 CEM III/B</b>	201,00	61,57	954,27	1216,84

Voor het Geopolymeer betonmengsel is de aanname gemaakt dat hoogovenslak en poederkoolvliegass per oceaanschip en per binnenvaartschip geleverd wordt. De berekende afstanden zijn afkomstig van de zeven grootste staalproducenten in Europa. Zoals eerder vermeld zijn de overige referenties market for, wat betekent dat er al voor transport gerekend is.

Tabel 7C laat het transport naar producent voor C30/37 – Geopolymeer zien. Gebruikt zijn:

- 0290-tra&Transport, vrachtschip, container, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, container ship {GLO}) market for transport, freight, sea, container ship | Cut-off, U) &
- 0103-tra&Transport, vrachtschip, binnenvaart (o.b.v. Transport, freight, inland waterways, barge {GLO}) market group for transport, freight, inland waterways, barge | Cut-off, U).

Tabel 7C Transport naar producent per m3 geopolymeer (A2)

Transport Hoogovenslak en Poederkoolvliegass	Oceaan schip (tkm)	Binnenvaartschip (tkm)
<b>C30/37 Geopolymeer</b>	1500	68

## 2.5. A3 Productie

Tabel 8 laat het energiegebruik voor het mengen van één kubieke meter betonmortel zien. Dit onderdeel is berekend op basis van volume en is gelijk voor alle beschreven betonsamenstellingen. Het energieverbruik is bepaald aan de hand van het gewogen gemiddelde van gegevens van verschillende producenten uit 2018. Deze data is verkregen via het Betonhuis.

Het energieverbruik voor het mengen van het Geopolymeer is bij gebrek aan betere informatie, uitgegaan van dezelfde verbruiken als voor beton. Dit wordt geacht een worst-case benadering aangezien de volumieke massa (kg/m<sup>3</sup>) van geopolymeerbeton ruim 150 kg lager is dan de gemiddelde betonsamenstelling.

Tabel 8 Productie per m3 beton (A3)

Proces	Hoeveelheid	Referentie	Database
Elektriciteit	3,63 kWh	0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh	NMD 3.10 / EI 3.6
Diesel	4,43 MJ (=0,123 l)	0335-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	NMD 3.10 / EI 3.6
Aardgas	4,96 MJ (=0,141 m3)	0111-pro&Aardgas, verbrand, bij consument, per m3trial, natural gas   Cut-off, U	NMD 3.10 / EI 3.6

## 2.6. A4 Transport naar bouwplaats

Tabel 9 laat het transport van betonmortels naar de bouwplaats zien. Voor dit onderdeel is de forfaitaire afstand van 50 km voor bulkgoederen, zoals beschreven in de NMD-bepalingsmethode (versie 1.2), aangehouden. Omdat het gewicht per kubieke meter beton per samenstelling anders is, wordt in tabel 9 per samenstelling weergegeven wat de totale afstand in ton\*kilometers is.

Tabel 9A Transport naar bouwplaats per m3 beton (A4) voor normale betonmortel

Betonsamentelling	TKM (A4)
C12/15 CEM I	119,23
C12/15 CEM III/A	117,58
C12/15 CEM III/B	117,58
C12/15 CEM III/C	117,58
C20/25 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	117,03
C20/25 CEM I	119,38
C20/25 CEM I – 30% betongranulaat	116,63
C20/25 CEM III/A	119,88
C20/25 CEM III/B	119,88
C20/25 CEM III/B – 30% betongranulaat	118,78
C20/25 CEM III/C	119,88
C25/30 CEM I	119,98
C25/30 CEM III/A	120,48
C25/30 CEM III/B	120,48
C30/37 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	118,65
C30/37 CEM I	118,28
C30/37 CEM I – 30% betongranulaat	115,53
C30/37 CEM III/A	118,78

C30/37 CEM III/B	118,78
C30/37 CEM III/B – 30% betongranulaat	119,53
C30/37 CEM III/C	118,78
C35/45 CEM I	116,78
C35/45 CEM I – 30% betongranulaat	117,03
C35/45 CEM I + PP-vezels 2 kg/m3	117,66
C35/45 CEM III/A	121,94
C35/45 CEM III/B	121,94
C35/45 CEM III/B – 30% betongranulaat	119,29
C40/50 CEM I	117,56
C40/50 CEM III/A	120,00
C40/50 CEM III/B	118,75
C45/55 CEM I	118,34
C45/55 CEM III/A	118,07
C45/55 CEM III/B	115,57
C45/55 CEM III/C	115,57
C50/60 CEM I	115,60
C50/60 CEM III/A	116,10
C50/60 CEM III/B	116,10
C55/67 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	116,78
C55/67 CEM I	118,10
C55/67 CEM III/A	118,61
C55/67 CEM III/B	119,11
C60/76 CEM I	114,35
C60/76 CEM III/A	115,35
C60/76 CEM III/B	118,66

Tabel 9B Transport naar bouwplaats per m3 beton (A4) voor hoge sterkte betonmortel

Betonsamenstelling	TKM (A4)
C70/85 CEM I	117,65
C70/85 CEM III/A	117,65
C70/85 CEM III/B	117,65
C80/95 CEM I	118,70
C80/95 CEM III/A	118,70
C80/95 CEM III/B	118,70
C90/105 CEM I	119,15
C90/105 CEM III/A	119,40
C90/105 CEM III/B	120,15

Tabel 9C Transport naar bouwplaats per m3 beton (A4) voor geopolymer betonmortel

Betonsamenstelling	TKM (A4)
C30/37 Geopolymeer	110,50

## 2.7. A5 Aanleg (bouw- en installatieproces)

Tabel 10 hieronder geeft de processen weer die van toepassing zijn voor het plaatsen van betonmortel in een bouwwerk. Data is overgenomen uit DuboCalc gegevens voor betonmortels. Daarnaast is in deze module, in overeenstemming met de bepalingmethode, 5% bouwverlies gerekend. Dit is gedaan door in deze module 5% van de processen A1-4, C2-4 en D te berekenen. De baten van het recyclen van het installatieverlies worden geteld bij module D in plaats van A5.

Het energieverbruik benodigd voor het installeren van het Geopolymeer is bij gebrek aan betere informatie, uitgegaan van dezelfde verbruiken als voor beton. Dit wordt geacht een worst-case benadering aangezien de volumieke massa (kg/m<sup>3</sup>) van geopolymer beton ruim 150 kg lager is dan de gemiddelde betonsamenstelling.

Tabel 10 Aanleg, bouw- en installatieproces per m3 beton (A5)

Proces	Hoeveelheid	Referentie	Database
Betonpomp	1 m <sup>3</sup>	0099-pro&Betonpomp, incl. voertuig, per m <sup>3</sup> (o.b.v. data uit 1995; gemiddelde van giekpomp, leidingpomp en mixerpomp)	NMD 3.10 / EI 3.6
Graafmachine	0,64 l	0335-pro&Dieselverbruik, bouwmachine cat. IIIB, 75-130kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	NMD 3.10 / EI 3.6
Verdichten	2400 kg	0113-pro&Verdichten beton, trilnaald, per ton (o.b.v. 0,33 kWh/m <sup>3</sup> Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U; data uit 1995)	NMD 3.10 / EI 3.6

## 2.8. B1-7 Gebruik en onderhoud

Tijdens de levensduur van de betonmortels hoeven er geen onderdelen vervangen te worden en is er geen onderhoud noodzakelijk.

Betreffende de uitloging zal er op korte termijn in een c-PCR voor beton een forfaitaire uitloging set verplicht worden in de modellering. Tot die tijd is er overeengekomen dat er geen uitloging meegerekend dient te worden.

Conform de EN16757 c-PCR EU dient carbonatie (opname van CO<sub>2</sub>) meegerekend te worden in LCA-berekeningen. Echter is er voor deze versie van het categorie 3 rapport onvoldoende informatie beschikbaar om deze opname mee te nemen.

Voor uitloging en carbonatie dient in een volgende versie opnieuw geïnventariseerd te worden of er betere informatie beschikbaar is.

## 2.9. C1 Sloop

Het sloopp proces is weergegeven in Tabel 11. Deze module omvat enkel het afbreken van het object en het laden van puin voor transport. Data over energiegebruik voor het slopen van betonnen objecten is afkomstig uit LCA van betonitems, voor gebruik in combinatie met DuboCalc [7], dit rapport beschrijft o.a. het slopen van betonnen objecten met een kraan (60 ton) uitgerust met een breekhamer. Om deze data te verifiëren is het gemiddelde diesel verbruik van een kraan >60 ton van Volvo bekeken [8]. Daarnaast is een sloopbedrijf benaderd met de vraag hoeveel kubieke meter beton per uur gesloopt kan worden. Het rapport LCA van beton items een sloop capaciteit van 12,5 m<sup>3</sup> per uur en diesel verbruik van 65 liter per uur beschrijft. Volgens opgave van het sloopbedrijf is 10-12 m<sup>3</sup> per uur haalbaar en het dieselverbruik van een Volvo kraan >60 ton is 58,3 liter per uur. Op basis hiervan kan geconcludeerd worden dat de waardes realistisch zijn.

Voor het laden van puin is uitgegaan van informatie uit DuboCalc.

Het energieverbruik benodigd voor de sloop van het Geopolymeer is bij gebrek aan betere informatie, uitgegaan van dezelfde verbruiken als voor beton. Dit wordt geacht een worst-case benadering

aangezien de volumieke massa (kg/m<sup>3</sup>) van geopolymerbeton ruim 150 kg lager is dan de gemiddelde betonsamenstelling.

Tabel 11 Sloop per m<sup>3</sup> beton (C1)

Proces	Hoeveelheid	Referentie	Database
Slopen van beton	5,2 l	0335-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	NMD 3.10 / EI 3.6
Opladen van puin	0,96 l	0335-pro&Dieselverbruik, bouwmaschine cat. IIIB, 75-130kW, per l (diesel: 35,9 MJ/liter en 0,832 kg/liter)	NMD 3.10 / EI 3.6

## 2.10. C2 Transport naar afvalverwerker

Tabel 12 laat het transport van materialen van de gebruikslocatie naar de afvalbewerking zien. Transport afstanden zijn berekend op basis van forfaitaire waardes zoals beschreven in de Bepalingsmethode (versie 3.0). Voor transport naar de sorteer locatie is 50 km berekend en voor transport naar de stort plaats is ook 50 km berekend. In het afvalscenario voor beton wordt 1% gestort, voor het storten van afval wordt een afstand van 100 km berekend. Vandaar dat nog eens 50 km naar de stort plaats voor 1% van het totale gewicht berekend is.

Er zijn momenteel discussies gaande en momenteel is er nog weinig bekend over het einde leven van geopolymerbeton. Er is in deze studie vanuit gegaan dat dezelfde afvalscenario's worden doorlopen als cementgebonden beton. Echter is het bekend dat het gebroken materiaal van geopolymerbeton sterk alkalisch is en bij toepassing in nieuw cementgebonden beton kan zorgen voor alkali-silicareactie, hierdoor dient geopolymerbeton selectief gesloopt te worden en dienen deze stromen apart te worden verwerkt. In toekomstige versies van dit rapport dient dit verder te worden onderzocht.

Tabel 12A Transport naar afvalbewerking per m<sup>3</sup> normaal beton (C2)

Betonsamenstelling	TKM (C2)
C12/15 CEM I	120,42
C12/15 CEM III/A	118,75
C12/15 CEM III/B	118,75
C12/15 CEM III/C	118,75
C20/25 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	118,20
C20/25 CEM I	120,57
C20/25 CEM I – 30% betongranulaat	117,79
C20/25 CEM III/A	121,07
C20/25 CEM III/B	121,07
C20/25 CEM III/B – 30% betongranulaat	119,96
C20/25 CEM III/C	121,07
C25/30 CEM I	121,18
C25/30 CEM III/A	121,68
C25/30 CEM III/B	121,68
C30/37 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	119,84
C30/37 CEM I	119,46
C30/37 CEM I – 30% betongranulaat	116,68
C30/37 CEM III/A	119,96
C30/37 CEM III/B	119,96

C30/37 CEM III/B – 30% betongranulaat	120,72
C30/37 CEM III/C	119,96
C35/45 CEM I	117,95
C35/45 CEM I – 30% betongranulaat	118,20
C35/45 CEM I + PP-vezels 2 kg/m3	118,84
C35/45 CEM III/A	123,15
C35/45 CEM III/B	123,15
C35/45 CEM III/B – 30% betongranulaat	120,48
C40/50 CEM I	118,74
C40/50 CEM III/A	121,20
C40/50 CEM III/B	119,94
C45/55 CEM I	119,52
C45/55 CEM III/A	119,25
C45/55 CEM III/B	116,72
C45/55 CEM III/C	116,72
C50/60 CEM I	116,76
C50/60 CEM III/A	117,26
C50/60 CEM III/B	117,26
C55/67 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	117,95
C55/67 CEM I	119,28
C55/67 CEM III/A	119,80
C55/67 CEM III/B	120,30
C60/76 CEM I	115,49
C60/76 CEM III/A	116,50
C60/76 CEM III/B	119,85

Tabel 12B Transport naar afvalbewerking per m3 hogesterktebeton (C2)

Betonsamenstelling	TKM (C2)
C70/85 CEM I	118,83
C70/85 CEM III/A	118,83
C70/85 CEM III/B	118,83
C80/95 CEM I	119,89
C80/95 CEM III/A	119,89
C80/95 CEM III/B	119,89
C90/105 CEM I	120,34
C90/105 CEM III/A	120,59
C90/105 CEM III/B	121,35

Tabel 12C Transport naar afvalbewerking per m3 geopolymeer beton (C2)

Betonsamentelling	TKM (A4)
C30/37 Geopolymeer	111,61

### 2.11. C3 Afvalbewerking

Op basis van de forfaitaire waarde uit de bepalingsmethode is uitgegaan van 99% recycling en 1% stort. In deze module wordt het beton gebroken ter voorbereiding op recycling. Onderstaande Tabel 13 geeft weer hoe dit gemodelleerd is. Er is uitgegaan van het proces voor breken van beton uit de NMD-processendatabase.

Tabel 13 Afvalbewerking per kg beton (C3)

Proces	Hoeveelheid	Referentie	Database	Onderbouwing
Breken	1 kg	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD 3.10 / EI 3.6	Standaard NMD-proces voor het breken van beton

### 2.12. C4 Finale afvalverwerking

Processen die van toepassing zijn op het verwerken van afval zijn weergegeven in Tabel 14. Het stort proces is volledig gebaseerd op het NMD-proces voor storten van beton producten. 1% van het beton wordt gestort in deze module.

Tabel 14 Finale afvalverwerking per kg beton (C4)

Proces	Hoeveelheid	Referentie	Database	Onderbouwing
Stort	1 kg	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}   treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6	Standaard NMD-proces voor het storten van beton

### 2.13. D Lasten en baten buiten de systeemgrens

In Tabel 15 worden de lasten- en baten buiten de systeemgrenzen weergegeven. Het percentage materiaal dat gerecycled wordt is berekend aan de hand van forfaitaire waarden uit de NMD-bepalingsmethode (versie 1.2). In dit geval wordt 99% van het beton gerecycled. Ook de 5% aan installatieverlies wordt voor 99% gerecycled. Eventuele baten/lasten hiervan tellen ook mee in deze module.

Het betongranulaat dat in C3 geproduceerd wordt toegepast als funderingsmateriaal voor wegen en als toeslagmateriaal in beton. Het materiaal dat hier uitgespaard wordt is, ten minste, zand of grind. Hier is uitgegaan van grind. De NMD-processen voor zand en grind zijn overigens nagenoeg gelijk.

Verder wordt er in deze module een correctie gemaakt voor de hoeveelheid secundair materiaal (bijvoorbeeld betongranulaat) dat in A1 gebruikt wordt. Dit wordt niet meegerekend voor recycling aangezien hier in A1 geen lasten voor gerekend zijn. De correctie voor secundair materiaal wordt als volgt berekend: (hoeveelheid materiaal\* % recycling) - (hoeveelheid materiaal\* %secundair materiaal). Indien de netto output negatief zou zijn, was deze op 0 gezet, conform NMD Bepalingsmethode 1.2.

Tabel 15 Lasten en baten buiten de systeemgrens per kg gerecycled beton (D)

Materiaal	Hoeveelheid	Referentie	Database
Grind	1 kg	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW})   gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD 3.10 / EI 3.6

#### **2.14. Datavalidatie**

De LCA is alleen representatief indien gebruik wordt gemaakt van categorie 3 betonmortels.

### 3. LEVENSCYCLUS-EFFECTBEOORDELING

#### 3.1. Procedures, berekeningen en resultaten

De waarden van de effectcategorieën zijn berekend door milieu-ingrepen uit de inventarisatie toe te wijzen aan effectcategorieën. Conform NMD bepalingsmethode 1.2 zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

#### 3.2. Milieueffect wegen

Milieueffect wegen is een proces waarbij de resultaten van verschillende impactcategorieën worden omgezet op basis van de numerieke factoren op waarde keuzes. Er kan aggregatie van de milieueffectscores plaatsvinden. Om het doel van de studie te bereiken wordt in deze analyse gebruik gemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende impactcategorieën te wegen tot één eindpunt. MKI is indicatief en de waarde keuze en rechtvaardiging voor het gebruik ervan staat in het rapport "Toxiciteit heeft z'n prijs" van TNO 2004.

In onderstaande Tabel 16 staan de uitkomsten als MKI-waarde voor het onderwerp van de analyse weergegeven.

Tabel 16A MKI-waardes normale betonmortels (€/m<sup>3</sup>)

Betsamentelling	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D	Totaal
C12/15 CEM I	20,92	1,26	0,19	1,92	2,47	2,26	1,94	0,39	0,02	-1,31	30,07
C12/15 CEM III/A	17,48	1,35	0,19	1,90	2,30	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	26,52
C12/15 CEM III/B	14,63	1,35	0,19	1,90	2,16	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	23,53
C12/15 CEM III/C	12,72	1,35	0,19	1,90	2,06	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	21,52
C20/25 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	16,54	1,35	0,19	1,89	2,25	2,26	1,91	0,38	0,02	-1,28	25,51
C20/25 CEM I	22,97	1,40	0,19	1,93	2,58	2,26	1,94	0,39	0,02	-1,31	32,38
C20/25 CEM I – 30% betongranulaat	21,71	1,61	0,19	1,88	2,52	2,26	1,90	0,38	0,02	-1,10	31,39
C20/25 CEM III/A	18,59	1,45	0,19	1,93	2,37	2,26	1,95	0,39	0,02	-1,31	27,85
C20/25 CEM III/B	15,54	1,45	0,19	1,93	2,21	2,26	1,95	0,39	0,02	-1,31	24,64
C20/25 CEM III/B – 30% betongranulaat	14,59	1,67	0,19	1,92	2,18	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,12	24,02
C20/25 CEM III/C	13,49	1,45	0,19	1,93	2,11	2,26	1,95	0,39	0,02	-1,31	22,49
C25/30 CEM I	24,35	1,50	0,19	1,94	2,66	2,26	1,95	0,39	0,02	-1,32	33,94
C25/30 CEM III/A	19,63	1,55	0,19	1,94	2,42	2,26	1,96	0,40	0,02	-1,32	29,06
C25/30 CEM III/B	16,38	1,55	0,19	1,94	2,26	2,26	1,96	0,40	0,02	-1,32	25,64
C30/37 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	18,78	1,58	0,19	1,91	2,38	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	28,15
C30/37 CEM I	24,96	1,55	0,19	1,91	2,69	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	34,59
C30/37 CEM I – 30% betongranulaat	22,04	1,63	0,19	1,86	2,54	2,26	1,88	0,38	0,02	-1,09	31,71
C30/37 CEM III/A	20,08	1,60	0,19	1,92	2,45	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	29,53
C30/37 CEM III/B	16,72	1,60	0,19	1,92	2,28	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	26,01
C30/37 CEM III/B – 30% betongranulaat	15,85	1,81	0,19	1,93	2,25	2,26	1,95	0,39	0,02	-1,13	25,52
C30/37 CEM III/C	14,46	1,60	0,19	1,92	2,17	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	23,64
C35/45 CEM I	26,29	1,65	0,19	1,88	2,76	2,26	1,90	0,38	0,02	-1,28	36,05
C35/45 CEM I – 30% betongranulaat	24,80	1,83	0,19	1,89	2,69	2,26	1,91	0,38	0,02	-1,10	34,87

C35/45 CEM I + PP-vezels 2 kg/m3	29,63	1,84	0,19	1,90	2,93	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	39,79
C35/45 CEM III/A	21,73	1,74	0,19	1,97	2,54	2,26	1,99	0,40	0,02	-1,34	31,51
C35/45 CEM III/B	18,07	1,74	0,19	1,97	2,36	2,26	1,99	0,40	0,02	-1,34	27,66
C35/45 CEM III/B – 30% betongranulaat	18,74	2,15	0,19	1,92	2,41	2,26	1,94	0,39	0,02	-1,13	28,89
C40/50 CEM I	27,11	1,69	0,19	1,90	2,80	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	36,98
C40/50 CEM III/A	21,99	1,77	0,19	1,94	2,55	2,26	1,95	0,39	0,02	-1,32	31,75
C40/50 CEM III/B	18,24	1,77	0,19	1,92	2,36	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	27,78
C45/55 CEM I	27,93	1,74	0,19	1,91	2,84	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	37,91
C45/55 CEM III/A	22,25	1,79	0,19	1,90	2,56	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	32,00
C45/55 CEM III/B	18,41	1,79	0,19	1,86	2,37	2,26	1,88	0,38	0,02	-1,27	27,90
C45/55 CEM III/C	15,88	1,79	0,19	1,86	2,24	2,26	1,88	0,38	0,02	-1,27	25,24
C50/60 CEM I	31,26	1,98	0,19	1,86	3,02	2,26	1,88	0,38	0,02	-1,27	41,60
C50/60 CEM III/A	24,86	2,03	0,19	1,87	2,70	2,26	1,89	0,38	0,02	-1,27	34,94
C50/60 CEM III/B	20,59	2,03	0,19	1,87	2,49	2,26	1,89	0,38	0,02	-1,27	30,46
C55/67 (o.b.v. 75% CEM III/B en 25% CEM I)	24,03	2,11	0,19	1,88	2,67	2,26	1,90	0,38	0,02	-1,28	34,17
C55/67 CEM I	29,30	1,84	0,19	1,90	2,92	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	39,45
C55/67 CEM III/A	24,46	1,98	0,19	1,91	2,68	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	34,54
C55/67 CEM III/B	20,71	2,03	0,19	1,92	2,50	2,26	1,94	0,39	0,02	-1,31	30,66
C60/76 CEM I	30,55	1,94	0,19	1,84	2,98	2,26	1,86	0,38	0,02	-1,25	40,76
C60/76 CEM III/A	24,84	2,03	0,19	1,86	2,70	2,26	1,88	0,38	0,02	-1,26	34,90
C60/76 CEM III/B	22,88	2,30	0,19	1,91	2,62	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	33,21

Tabel 16B MKI-waardes hoge sterkte betonmortels (€/m3)

Betonsamentelling	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D	Totaal
C70/85 CEM I	35,35	5,21	0,19	1,90	3,56	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	49,50
C70/85 CEM III/A	29,12	5,21	0,19	1,90	3,25	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	42,95
C70/85 CEM III/B	26,01	5,21	0,19	1,90	3,09	2,26	1,92	0,39	0,02	-1,29	39,69
C80/95 CEM I	37,40	5,37	0,19	1,91	3,67	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	51,85
C80/95 CEM III/A	34,96	5,37	0,19	1,91	3,55	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	49,29
C80/95 CEM III/B	35,50	5,37	0,19	1,91	3,58	2,26	1,93	0,39	0,02	-1,30	49,85
C90/105 CEM I	38,49	5,55	0,19	1,92	3,74	2,26	1,94	0,39	0,02	-1,31	53,20
C90/105 CEM III/A	36,30	5,57	0,19	1,93	3,63	2,26	1,95	0,39	0,02	-1,31	50,93
C90/105 CEM III/B	38,52	5,64	0,19	1,94	3,74	2,26	1,96	0,40	0,02	-1,32	53,35

Tabel 16C MKI-waardes geopolymer betonmortels (€/m3)

Betonsamentelling	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D	Totaal
C30/37 Geopolymer	14,14	3,75	0,19	1,78	2,15	2,26	1,82	0,36	0,02	-1,21	25,26

## 4. LEVENSCYCLUS-INTERPRETATIE

### 4.1. Aanpak interpretatie

In dit hoofdstuk worden op twee manieren de resultaten uit het vorige hoofdstuk geïnterpreteerd. Ten eerste wordt gekeken naar de gewogen eindscore op basis van de MKI-waarde. Ten tweede wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op basis van de MKI-zwaartepunt analyse.

### 4.2. Zwaartepuntanalyse

Deze studie heeft tot doel categorie 3 data te bepalen. Een zwaartepuntanalyse heeft geen toegevoegde waarde voor deze studie.

### 4.3. Gevoeligheidsanalyse

Deze studie heeft tot doel categorie 3 data te bepalen. Er zijn geen onzekerheden in de input die een gevoeligheidsanalyse noodzakelijk maakt.

### 4.4. Verschil in resultaten met eerdere versies

In **versie 4** van dit rapport zijn de samenstellingen en daarmee het totale gewicht per m3 gewijzigd, dit heeft logischerwijs een impact op de MKI-scores. Daarnaast is er voor sommige mengsels meer, en andere weer minder cement opgenomen in de samenstelling. Het grootste verschil zit in de betonmortels C45/55 CEM I en C45/55 CEM III B. Deze mortels zijn nogmaals kritisch geanalyseerd met marktwaardes en geconstateerd dat het realistische verbeteringen betreffen.

In **versie 5** van dit rapport is een overschakeling geweest van de NMD 3.6 database naar de NMD 3.9 database. In de NMD 3.9 database zijn een aantal nieuwe referenties beschikbaar voor bijvoorbeeld cementen, vliegas en hoogovenslak. Deze referenties zijn opgesteld volgens de richtlijnen van de NL-PCR Cement.

In **versie 6** van dit rapport is een overschakeling geweest van de NMD 3.9 database naar de NMD 3.10 database. Ook zijn een aantal nieuwe betonmortels toegevoegd/geupdate zoals beschreven in tabel 3.

In **versie 7** van dit rapport zijn hoge sterkte betonmortels toegevoegd.

## 5. BRONVERMELDING

- Meijer, 2012. "MRPI van Betonmortel, LCA van betonmortel volgens de SBK bepalingmethode". INTRON rapport A863980/R20120166b, augustus 2012. (n.d.).
- ISO, 2000. "Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations", ISO/TR 14025:2000. (n.d.).
- ISO, 2006. "Environmental management. Life cycle assessment - Principles and framework". ISO 14040:2006. (n.d.).
- ISO, 2006. "Environmental management. Life cycle assessment – Requirements and Guidelines". ISO 14044:2006. (n.d.).
- EN 15804:2012+A1:2014 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. (n.d.).
- Input per email, mortel samenstellingen, de heer Heuveling, Betonhuis. (n.d.).
- Van Ewijk (2016) LCA van betonitems, voor gebruik in combinatie met DuboCalc, IVAM UvA b.v. (n.d.).
- Volvo CE (zd.) Fuel Efficiency Guarantee, <https://www.volvoce.com/united-states/en-us/services/promotions/fuel-efficiency->. (n.d.).
- NMD Bepalingmethode Milieuprestatie Versie 1.2 (2024). (n.d.).

[www.sgssearch.com](http://www.sgssearch.com)

### **ABOUT SGS**

SGS is the world's leading inspection, verification, testing and certification company and is recognized as the global benchmark for quality and integrity. With more than 85.000 employees, SGS operates a network of over 1.200 offices and laboratories around the world.

SGS Search Consultancy is een onderdeel van SGS Search Ingenieursbureau B.V.

**WHEN YOU NEED TO BE SURE**