

NOTITIE MILIEU-IMPACT EN CIRCULARITEIT ARCEN

PROJECT	Planuitwerking Arcen
PROJECTNUMMER	WAB019011
ONDERWERP	Notitie milieu-impact en circulariteit Arcen
AUTEUR	Sanne Lahaije
DATUM	25 augustus 2023

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	2
2	MILIEU-IMPACT (MKI)	2
2.1	MKI berekening grondverzet	3
2.1.1	Scope	3
2.1.2	Hoeveelheden	3
2.1.3	Uitgangspunten	5
2.1.4	Invoer dubocalc	6
2.1.5	Resultaten	7
2.1.6	MKI per object	7
2.1.7	MKI per fase van de levenscyclus	9
2.2	MKI-berekening stalen damwand	11
2.2.1	Uitgangspunten	11
2.2.2	Resultaten	11
2.2.3	MKI stalen damwand	11
2.2.4	MKI per fase van de levenscyclus	12
2.3	MKI-berekening Betonwerk	13
2.3.1	Resultaten	15
2.3.2	Resultaten per locatie en constructie	15
2.3.3	Resultaten per fase van de levenscyclus	16
3	CIRCULAIR PEIL INDEX (CPI)	17
4	CONCLUSIE	21
	BIJLAGEN	22
A.	Uitwerking dubocalc bouwblokken	22
B.	Details Zwaartepuntanalyse grondwerk	23
C.	Details zwaartepuntanalyse betonwerk	26

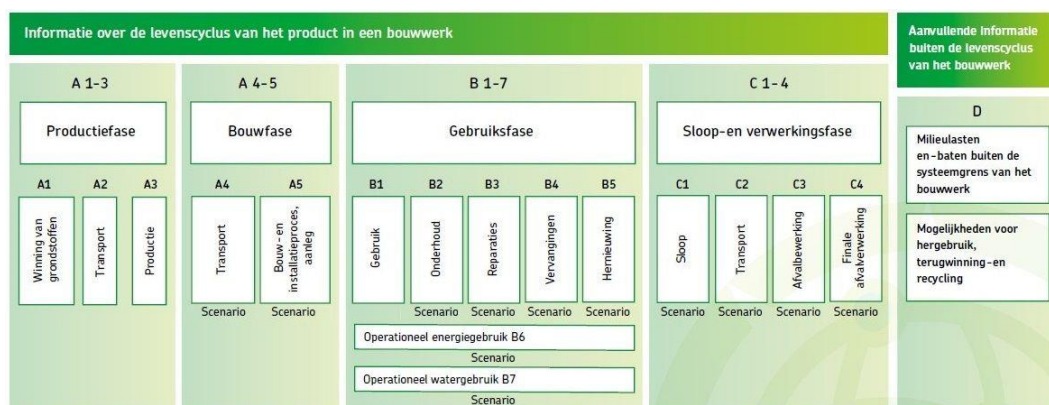
1 INLEIDING

Waterschap Limburg heeft de ambitie om duurzaamheid in de planuitwerkingsfase en realisatiefase van de dijkversterking en -verlegging in Arcen te waarborgen. Om inzicht te krijgen in de thema's circulariteit, energie en klimaat uit de Duurzaamheidsroos van het HWBP is met de softwaretool DuboCalc de milieu-impact van het grondverzet, de stalen damwand en het betonwerk uit het referentieontwerp van de planuitwerkingsfase in beeld gebracht. Daarnaast is het instrument de Circulaire Peiler toegepast om de toegepaste inspanningen op het gebied van circulariteit inzichtelijk te maken. In deze notitie worden de berekeningen en resultaten toegelicht. Het maakt op hoofdlijnen de milieu-impact van het project inzichtelijk en biedt handvatten om deze in de realisatiefase verder te reduceren.

2 MILIEU-IMPACT (MKI)

Om in beeld te brengen waar de grootste milieu-impact ligt van het materiaalgebruik en bijbehorende werkzaamheden voor het versterken en verleggen van de dijk bij Arcen zijn MKI-berekeningen uitgevoerd voor het referentieontwerp. Deze milieukostenindicator (MKI) is berekend voor het *grondverzet*, de *stalen damwand* en het *betonwerk*. Hiervoor is gebruik gemaakt van het programma Dubocalc versie 6.0. De MKI drukt de milieu-impact uit in euro's. Hoe lager de MKI, hoe lager de impact op het milieu. De MKI neemt 11 milieueffecten mee, waaronder ook de uitstoot van CO₂.

De MKI wordt berekend voor de gehele levenscyclus van de materialen, dat wil zeggen fase A1 tot en met fase D (zie Figuur 1). Dit betreft dus de milieu-impact gerelateerd aan de materialen zelf, zoals winning, productie en transport, maar ook de impact van bijbehorende werkzaamheden zoals het aanbrengen en het beheer en onderhoud van de materialen. Er wordt uitgegaan van een levensduur van 100 jaar. Deze notitie omschrijft de uitgangspunten die zijn genomen voor de referentie-berekening. Daarnaast worden de resultaten toegelicht en wordt een zwaartepunt-analyse uitgevoerd per object (materiaalgebruik en werkzaamheden) en per levenscyclusfase.



Figuur 1 - Fases in de levenscyclus van producten

In het programma DuboCalc is gebruik gemaakt van de door het HWBP gedeelde bouwblokken die zijn samengesteld uit de Nationale Milieudatabase: *HWBP Dijkversterking PU-fase*. Om een zo goed mogelijke weerspiegeling te creëren van de toegepaste materialen en werkzaamheden, zijn de elementen uit de HWBP-bouwblokken aangepast aan de uitgangspunten die zijn opgesteld voor deze referentieberekening. De volgende paragrafen lichten specifiek de uitgangspunten en berekeningen toe voor het *grondverzet* (zie paragraaf 2.1), de *stalen damwand* (zie paragraaf 2.2), en

het betonwerk (zie paragraaf 2.3). De invoer voor het grondverzet van het bestaand en toekomstig werk is weergegeven in Tabel 6 en Tabel 7. De invoer voor de stalen damwand is weergegeven in Tabel 9. De invoer voor het betonwerk is weergegeven in Tabel 11. Daarnaast geeft Bijlage A een gedetailleerder overzicht van de ingevoerde elementen uit DuboCalc.

2.1 MKI BEREKENING GRONDVERZET

Ten eerste wordt de MKI berekend voor het grondverzet. In deze paragraaf lichten we de scope en uitgangspunten toe.

2.1.1 SCOPE

De MKI-berekening van het grondverzet is onderverdeeld in werkzaamheden in de deeltrajecten Arcen-Noord, -Midden en -Zuid. De grondwerkzaamheden voor de maatwerklocatie Rooland, het Schanstorenplein, de kistdam en vispassage bij de watermolen en de keermuur langs de kasteeltuin Arcen zijn niet meegenomen in de scope van de berekeningen voor het grondverzet. De lengtes die zijn gehanteerd voor de trajecten, staan weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Lengtes dijktrajecten Noord, Midden en Zuid

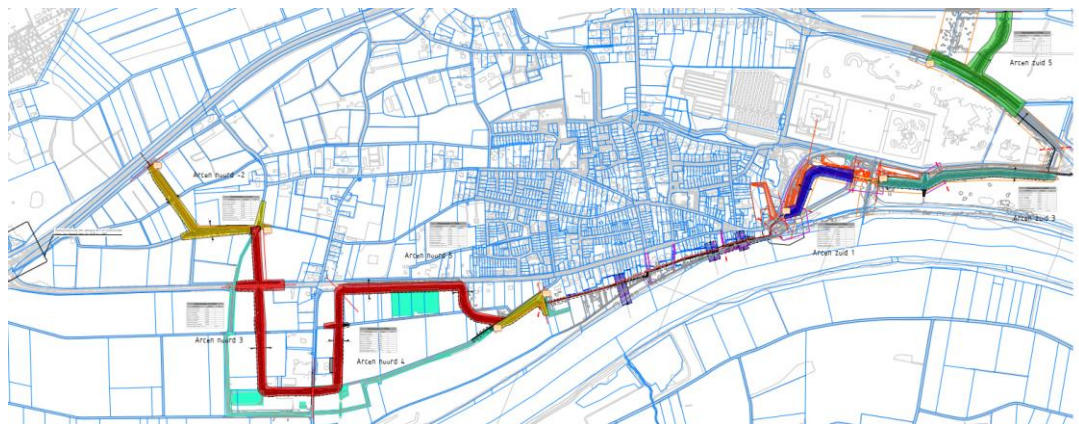
Trajecten	Lengtes (streckende meter)
Arcen-Noord	4.128
Arcen-Midden	936
Arcen-Zuid	1.560

2.1.2 HOEVEELHEDEN

De MKI-berekeningen voor het *grondverzet* in Arcen-Noord, Midden en -Zuid worden uitgevoerd voor materialen en werkzaamheden gerelateerd aan de bestaande kering (zie Figuur 2) en de toekomstige kering (zie Figuur 3).



Figuur 2 Fasering werk bestaand - grondverzet Arcen-Noord en -Zuid



Figuur 3 Fasering werk toekomstig – Arcen-Noord en -Zuid

Onderstaande tabellen geven weer met welke hoeveelheden is gerekend per traject (Noord, Midden en Zuid). Ten eerste worden voor het grondverzet de hoeveelheden en materialen gerelateerd aan de bestaande kering weergegeven in Tabel 2. Dit betreft onder andere het afgraven van aanwezige grond. In Arcen-Midden vindt geen grondverzet plaats voor de bestaande kering. Tabel 3 geeft ditzelfde weer voor het werk aan de toekomstige kering, zoals het aanbrengen van kernmateriaal en het aanbrengen van grond met passende (gebiedseigen) kwaliteit, zoals bijvoorbeeld voor het aanvullen van tuinen. Het afgraven en aanbrengen van halfverharding (onderhoudspad) is uit de scope gelaten, omdat, wegens de zeer kleine volumes ten opzichte van de andere materialen en de bijdrage aan de totale impact verwaarloosbaar is.

Tabel 2 Hoeveelheden grondverzet werk bestaand – Arcen-Noord, -Midden en -Zuid

Grondverzet	Noord (m3)	Midden (m3)	Zuid (m3)	Totaal
Teelaarde (dikte = 0,3m) afgraven	17.127	-	22.915	40.042
Kernmateriaal afgraven	28.501	-	8.240	36.741
Teelaarde (dikte = 0,3m) aanbrengen	5.266	-	1.272	6.538
Grond aanvullen	17.553	-	4.241	21.794
Totaal	48.186	-	56.929	105.115
<i>Verskil ten opzichte van Noord</i>	-	-	+ 8.743	

Tabel 3 Hoeveelheden grondverzet werk toekomstig – Arcen-Noord, -Midden en -Zuid

Grondverzet	Noord (m3)	Midden (m3)	Zuid (m3)	Totaal
Kernmateriaal aanbrengen	16.819	-	4.591	21.410
Klei aanbrengen	35.179	-	17.221	52.400
Ontgraving grond tbv kleikist	14.321	-	5.361	19.682
Teelaarde (dikte = 0,3m) aanbrengen	11.684	-	4.015	15.699
Grond aanbrengen	0	21.498	10.669	32.167
Totaal	78.003	21.498	41.857	141.358
<i>Verskil ten opzichte van Noord</i>	-	- 56.505	- 36.146	-

2.1.3 UITGANGSPUNTEN

Hergebruik

Voor de berekening is uitgegaan van het scenario waarbij de helft van de grond en de helft van de teelaarde die vrijkomt bij het verwijderen van de bestaande kering wordt hergebruikt en waarbij geen klei wordt hergebruikt. Dit is deels gebaseerd op de milieutechnische kwaliteit van de bestaande dijken maar ook op de fasering en efficiëntie die daarin gevonden kan worden. Dit betreft een uitgangspunt, maar is zeker geen eis. De ambitie is natuurlijk om zoveel mogelijk grond te hergebruiken.

Tabel 4 laat zien hoe het hergebruik van grond en teelaarde wordt toegepast. De grond die wordt hergebruikt dekt dus niet de volledige behoefte voor het project, waardoor alsnog grond en teelaarde zal moeten worden aangevoerd. Voor het aanbrengen van de grond in Arcen Midden wordt *geén* gebruik gemaakt van hergebruikte grond, wegens de kwaliteitseisen die aan deze grond worden gesteld. Tabel 5 geeft weer hoe de hergebruikte hoeveelheden zijn verdeeld over Arcen-Noord en -Zuid. De hoeveelheden die worden hergebruikt zijn op basis van procentuele verhouding verdeeld over Arcen-Noord en -Zuid. Ter voorbeeld: grond/zand aanvullen (bestaand werk) betreft 17.553 m³ in Arcen-Noord (81%), en 4.241 m³ in Arcen-Zuid (19%). Van de 7.701 m³ grond die wordt hergebruikt voor het aanvullen van grond/zand in het bestaand werk, zal daarom 81% (6.238 m³) worden toebedeeld aan Arcen-Noord, en 19% (1.463) aan Arcen-Zuid.

Tabel 4 Hoeveelheden hergebruik en aanvoer

	Ontgraven bestaande dijk	Hergebruiken	Nodig voor project	Extra aanvoer nodig
Grond	36.741 m ³	18.371 m ³ (50%)	53.873 m ³	35.503 m ³
Teelaarde	40.042 m ³	20.020 m ³ (50%)	22.237 m ³	2.217 m ³
Klei	19.682 m ³	0 (0%)	67.710 m ³	67.710 m ³

Tabel 5 Verdeling hergebruikte grond en teelaarde

Grondsoort	Hoeveelheid herbruikbaar	Werkzaamheden waarbij ingezet	Hoeveelheid hergebruikt materiaal ingezet (% van benodigd materiaal)
Grond (afgraven bestaande dijk)	18.371 m ³	Aanbrengen grond (toekomstig werk)	10.669 m ³ (100%)
		Grond/zand aanvullen (bestaand werk)	7.701 m ³ (35%)
Teelaarde (afgraven teelaarde bestaande dijk)	20.020 m ³	Leeflaag aanbrengen (toekomstig werk)	13.482 m ³ (86%)
		Aanbrengen teelaarde (bestaande dijk)	6.538 m ³ (100%)

Depotplaatsing

Er wordt uitgegaan van het in een depot plaatsen van de grond die wordt aangeleverd alvorens de grond naar het eindlocatie wordt gebracht voor verwerking in de dijk. Dit heeft betrekking op

zowel grond, teelaarde en klei. Klei wordt vanaf het schip naar het depot gebracht en vanaf het depot naar het project. Ook in het geval van hergebruik wordt uitgegaan van het plaatsen in een depot.

Transport

Voor het transporteren over de weg is uitgegaan van een Euro 5 vrachtwagen. Voor de afstand vanaf de winningslocatie naar het depot is 18 kilometer per as aangehouden. Voor de afstand van het depot naar de locatie van aanbrengen is 3 kilometer per as aangehouden. Voor het leveren van klei per binnenvaartschip is uitgegaan van levering vanuit België en daarmee een afstand van 100 kilometer en een afstand naar het depot van 3 kilometer. Deze afstanden zijn als uitgangspunt gekozen op basis van verwachte herkomst en gangbare locaties van depots en leveranciers.

2.1.4 INVOER DUBOCALC

Onderstaande Tabel 6 en Tabel 7 geven weer welke elementen uit de door het HWBP gedeelde bouwblokken in DuboCalc zijn ingevoerd voor het grondverzet. In de tabel is aangeven om hoeveel procent van de grond het gaat. Wanneer bijvoorbeeld (een deel van de) grond wordt hergebruikt, wordt minder of geen grond 'geleverd' van ver.

Tabel 6 Dubocalc invoer: grondverzet bestaand werk

Grondverzet	Invoer DuboCalc HWBP Dijkversterking PU-fase	
	Leveren/ontgraven	Afvoeren/aanbrengen
Teelaarde afgraven	Teelaarde ontgraven per as (100%)	Grond afvoeren per as (50%)
Kernmateriaal afgraven	Grond ontgraven per as (100%)	Grond afvoeren per as (50%)
Teelaarde aanbrengen	Leveren van grond per as (31%)	Grond aanbrengen per as (100%)
Grond aanvullen	Grond leveren per as (64%)	Grond aanbrengen per as (100%)

Tabel 7 Dubocalc invoer: grondverzet toekomstig werk

Grondverzet	Invoer materiaal	
	Leveren/ontgraven	Afvoeren/aanbrengen
Kernmateriaal aanbrengen	Grond leveren per as (100%)	Grond aanbrengen (100%)
Klei aanbrengen	Klei leveren per schip (100%)	Klei aanbrengen per as (x2-depot) (100%)
Ontgraving t.b.v kleikist	Grond ontgraven per as (100%)	Grond afvoeren per as (100%)
Teelaarde aanbrengen (*)	-	Aanbrengen grond per as (100%)
Grond aanbrengen (Arcen Noord en Zuid)	-	Grond aanbrengen per as (100%)
Grond aanbrengen (Arcen Midden)	Grond leveren per as (100%)	Grond aanbrengen per as (100%)

(*) Teelaarde afgraven en aanbrengen: Het aanbrengen van teelaarde is in DuboCalc ingevoerd als het "leveren van grond" in combinatie met het "aanbrengen van grond". Hierbij wordt namelijk uitgegaan van het leveren per as over 18 kilometer, en het aanbrengen van grond vanuit een depot. Er is niet gekozen voor het element "leveren van teelaarde" omdat dit een afstand van 50 kilometer betreft. De MKI van teelaarde en grond is nagenoeg gelijk.

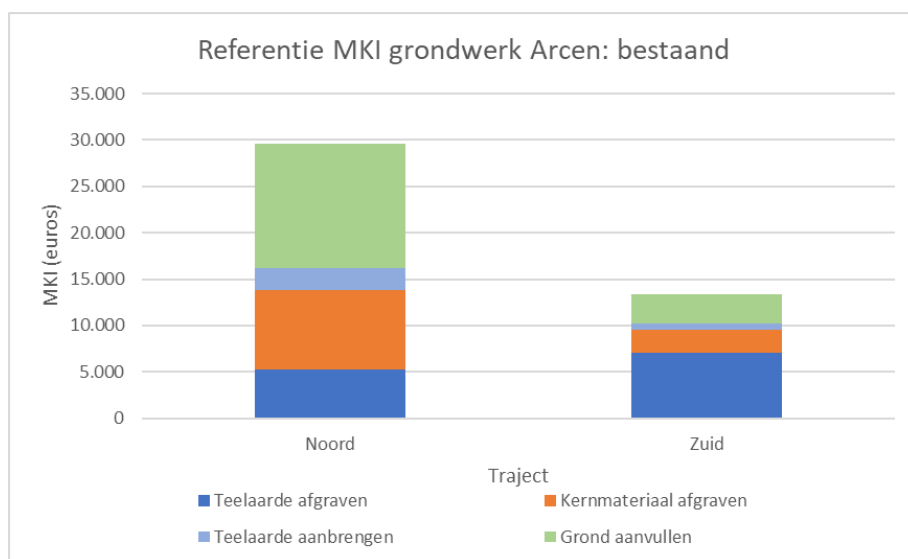
2.1.5 RESULTATEN

Deze paragraaf geeft de resultaten weer van de MKI-berekeningen voor het grondverzet in Arcen. Een zwaartepuntanalyse is uitgevoerd voor zowel de objecten (materialen en werkzaamheden) als de fases van de levenscyclus om inzicht te krijgen in waar de meeste impact ligt. Ook is in sommige gevallen een deel van de MKI toe te schrijven aan *MKI-toeslag*. Dit houdt in dat er materialen ingevoerd zijn waarvan de data niet gebaseerd is op een specifieke leverancier, maar op bijvoorbeeld een branchegemiddelde. Omdat dit een inschatting is, wordt een zogenoemde toeslag berekend om te compenseren voor deze onzekerheid. Deze toeslag is ook meegenomen in de resultaten, om een beeld te krijgen van de hoeveelheid MKI die verlaagd kan worden door het gebruik van specifiekere data. Paragraaf 2.1.6 geeft de resultaten weer per object. De kleuren in de staafgrafieken tonen de activiteiten. In paragraaf 2.1.7. worden de resultaten weergegeven per fase van de levenscyclus.

2.1.6 MKI PER OBJECT

Bestaande kering Noord: De milieu-impact die is berekend voor het werk aan de bestaande kering, wordt voornamelijk veroorzaakt door het *aanvullen van grond* en het *afgraven van het kernmateriaal* (zie oranje en lichtgroen in Figuur 4). Het afgraven van teelaarde draagt slechts weinig bij aan de totale MKI. De grote impact gerelateerd aan het afgraven van kernmateriaal, wordt voornamelijk veroorzaakt door het grote volume aan kernmateriaal (28.501 m³). Het afgraven van teelaarde draagt minder bij aan de totale MKI, doordat het totaal aantal m³ lager ligt (17.127 m³). De MKI-waardes per m³ voor het afgraven van kernmateriaal (0,1 voor het ontgraven en 0,4 voor het aanbrengen) en voor het afgraven van teelaarde (0,11 voor het ontgraven en 0,4 voor het afvoeren), liggen relatief dicht bij elkaar. Het *aanvullen van grond* heeft een relatief hoge MKI per m³ (0,95 voor het leveren, en 0,15 voor het aanbrengen).

Bestaande kering Zuid: De milieu-impact van het grondverzet voor de bestaande kering in Arcen-Zuid is beperkt ten opzichte van Arcen-Noord. Ook hier veroorzaken het *afgraven van kernmateriaal* (oranje) en het *aanvullen van grond* (lichtgroen) de hoogste impact, met name door het relatief grote volume. De impact gerelateerd aan afgraven teelaarde, en het aanbrengen van teelaarde is hier verwaarloosbaar.

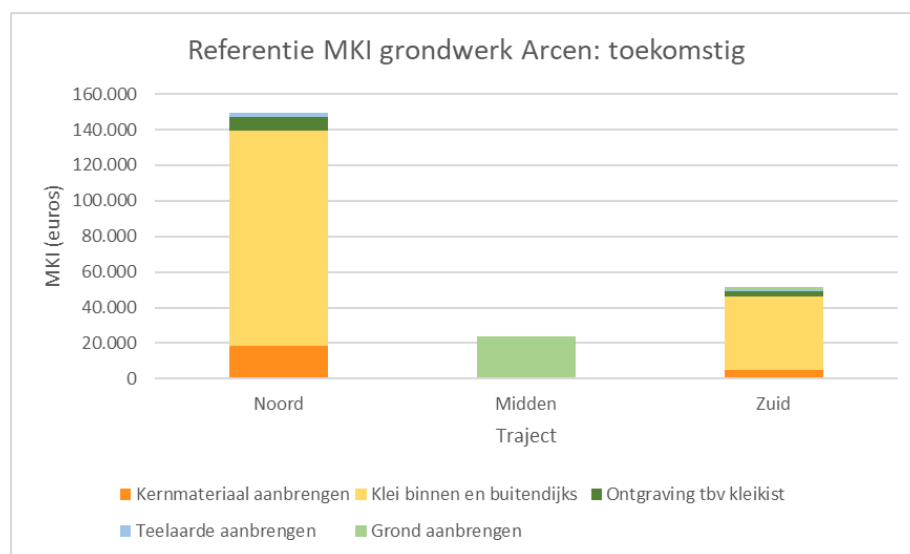


Figuur 4 Referentie MKI-berekening grondwerk bestaand, voor Arcen-Noord en -Zuid

Toekomstige kering Noord: Figuur 5 geeft de MKI-resultaten weer voor de werkzaamheden aan de toekomstige kering. Het aanbrengen van de klei binnen- en buitendijks (geel) veroorzaakt in Arcen-Noord de meeste impact. Deze impact valt voor een groot deel te wijten aan het grote volume klei dat aangebracht wordt. Daarnaast ligt ook de MKI voor het leveren van klei per schip relatief hoog (2,1). De MKI-waarden voor de activiteit die (op het klei aanbrengen na) de meeste impact veroorzaken, zoals het aanbrengen van kernmateriaal (0,95 voor leveren en 0,15 voor aanbrengen), en het aanbrengen van teelaarde (0,95 voor leveren en 0,15 voor aanbrengen), liggen lager.

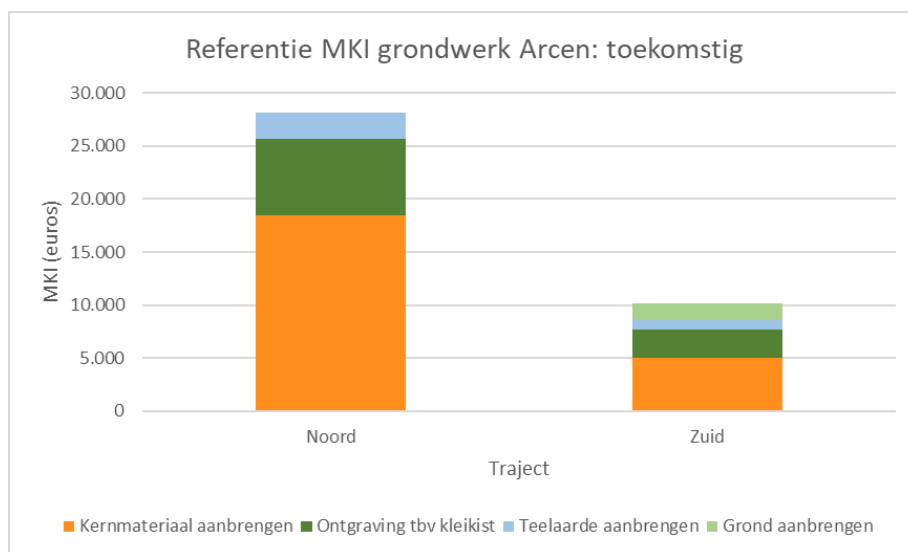
Toekomstige kering Midden: In Arcen-Midden wordt enkel grond aangebracht. Er vindt geen kleiwerk plaats. Arcen-Midden heeft daarom een relatief lage MKI-score ten opzichte van Arcen-Noord en -Zuid. De MKI voor het aanbrengen van deze grond wordt vooral veroorzaakt door het feit dat dit een relatief groot volume aan grond betreft ten opzichte van de grond in Arcen-Noord en -Zuid, en doordat is uitgegaan van *geen* hergebruik, maar leveren per as over 18 kilometer en plaatsing in depot.

Toekomstige kering Zuid: Ook in Arcen-Zuid wordt de meeste impact voor het werk aan de toekomstige kering veroorzaakt door het aanbrengen van klei binnen- en buitendijks. Deze impact is opnieuw toe te schrijven aan de relatief hoge MKI-waarde voor het leveren van klei (2,1 voor leveren per schip, 0,15 voor het aanbrengen, en 0,15 voor leveren per as).



Figuur 5 Referentie MKI berekening grondwerk toekomstig, voor Arcen-Noord, -Midden en -Zuid.

Om meer inzicht te krijgen in de impact van de overige objecten is in Figuur 6 het resultaat exclusief klei weergegeven. Hieruit blijkt dat voornamelijk het aanbrengen van kernmateriaal de meeste milieu-impact veroorzaakt. Echter is een groot deel van deze impact toe te schrijven aan de MKI-toeslag. Deze toeslag wordt gerekend op het binnenvaart transport. Wanneer we deze toeslag buiten beschouwing laten, ligt voornamelijk impact in de productie- en bouwphase van het kernmateriaal. Dit heeft betrekking tot het winnen en leveren en de installatie van het ophoogmateriaal.



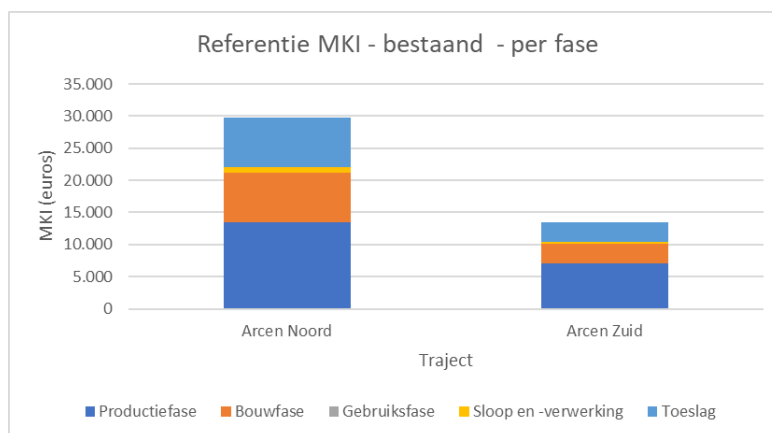
Figuur 6 Referentie MKI grondwerk toekomstig - exclusief klei

2.1.7 MKI PER FASE VAN DE LEVENSCYCLUS

Om een duidelijk beeld te krijgen van waar winst te behalen valt is een zwaartepuntanalyse uitgevoerd per fase van de levenscyclus. De milieu-impact per fase is weergegeven in Figuur 7 en Figuur 8 voor respectievelijk het grondwerk bestaand en toekomstig. De fases waar in het programma DuboCalc onderscheid tussen wordt gemaakt zijn de productiefase, de bouwphase, de gebruiksfase en sloop- en verwerkingsfase.

Bestaande kering Noord: Figuur 7 toont dat in de productiefase (donkerblauw) een groot deel van de impact wordt veroorzaakt (bijna 50%). Figuur 17 in bijlage B laat zien dat de impact in deze fase voornamelijk wordt veroorzaakt door het afgraven van kernmateriaal in Arcen-Noord. Zowel het totale volume aan kernmateriaal als de MKI-waarde voor de productiefase liggen hoog. De MKI voor de productiefase bestaat onder andere uit het transport per as (18 kilometer). Dit draagt in sterke mate bij aan de hoge MKI. De impact veroorzaakt in de bouwphase (oranje) wordt voornamelijk veroorzaakt door het aanvullen van grond. Hieronder valt het leveren van grond, waarbij in de bouwphase een hoge MKI wordt gerekend voor het installatieproces met een wiellaadschap.

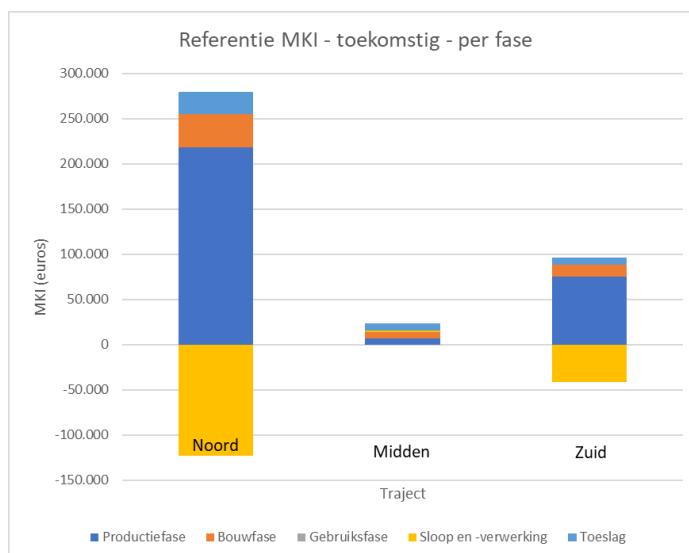
Bestaande kering Zuid: Ook in Arcen-Zuid wordt de meeste impact veroorzaakt door de productiefase (Figuur 7). De verhoudingen liggen hetzelfde als voor Arcen-Noord, omdat de procentuele bijdrage van elke fase voor de MKI-waardes gelijk is. Het transport per as voor het aanbrengen van het kernmateriaal draagt opnieuw het meeste bij aan de productiefase.



Figuur 7 Referentie MKI berekening grondwerk bestaand per traject, opgedeeld in fases

Toekomstige kering Noord: Ook voor het werk aan de toekomstige kering wordt de meeste uitstoot veroorzaakt in de productiefase. In Figuur 19 in bijlage B is weergegeven dat deze uitstoot opnieuw door het aanbrengen van klei wordt veroorzaakt. Echter wordt deze hoge MKI enigszins gecompenseerd met een 'negatieve' MKI in de sloop- en verwerkingsfase. Namelijk omdat het gebruik van klei mogelijkheden biedt voor hergebruik in de toekomst.

Toekomstige kering Zuid: Ook in Arcen-Zuid draagt de productiefase het meest bij aan de totale MKI-waarde en wordt een *negatieve* waarde meegenomen in de sloop- en verwerkingsfase van het kleiwerk. Vergeleken met het kleiwerk dragen de andere activiteiten slechts minimaal bij aan de totale MKI.



Figuur 8 Referentie MKI-berekening grondwerk toekomstig per traject, opgedeeld in fases

2.2 MKI-BEREKENING STALEN DAMWAND

Deze paragraaf omschrijft de scope, uitgangspunten en resultaten van de MKI-berekening voor de stalen damwand. De impact van de stalen damwand is berekend voor Arcen-Noord, -Midden en -Zuid. Tabel 8 geeft weer welke hoeveelheden zijn gehanteerd voor de stalen damwand en de bijbehorende werkzaamheden in Arcen-Midden. Deze hoeveelheden zijn een realistische schatting, enkele kleinere damwanden zijn hierin niet meegenomen.

Tabel 8 Hoeveelheden pipingmaatregelen - Stalen damwand Arcen Midden

Piping	Noord (m ²) - diepte 5,6m	Midden (m ²) - diepte 6,5m	Zuid (m ²) - diepte 5,8m
Stalen damwand aanbrengen	13.776	5.284	7.356

2.2.1 UITGANGSPUNTEN

Stalen damwand aanbrengen

Voor het aanbrengen van de stalen damwand is uitgegaan van heien en trillen volgens de bouwblokken van het HWBP (HWBP Dijkversterking PU-fase). Damwandankers zijn buiten beschouwing gelaten. De stalendamwand betreft een damwand van 0,136 ton/m². Tabel 9 geeft weer welke elementen zijn ingevoerd in Dubocalc om de MKI-waarde voor de stalen damwand te berekenen.

Tabel 9 DuboCalc invoer: stalen damwand

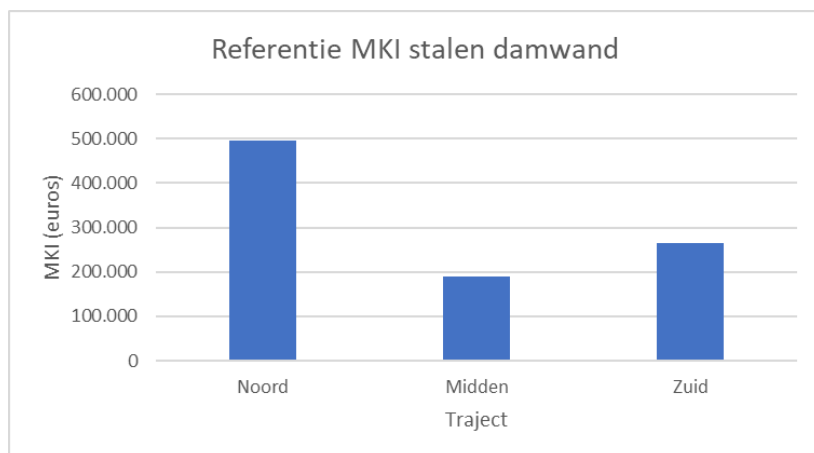
Stalen damwand	Invoer materiaal
Stalen damwand aanbrengen	Stalen damwanden van 12 meter diep, 0,136 ton/m ² , aanbrengen door middel van heien en trillen

2.2.2 RESULTATEN

De resultaten van de MKI-berekening voor de stalen damwand zijn op eenzelfde wijze weergegeven als voor het grondverzet: een zwaartepuntanalyse is uitgevoerd voor zowel de objecten (materialen en werkzaamheden) als de fases van de levenscyclus, om inzicht te krijgen in waar de meeste impact ligt. Ook is opnieuw een deel van de MKI toe te schrijven aan MKI-toeslag. Paragraaf 2.2.3 geeft de resultaten weer per object. De kleuren in de staafgrafiek tonen de activiteiten. In paragraaf 2.2.4 worden de resultaten weergegeven per fase van de levenscyclus.

2.2.3 MKI STALEN DAMWAND

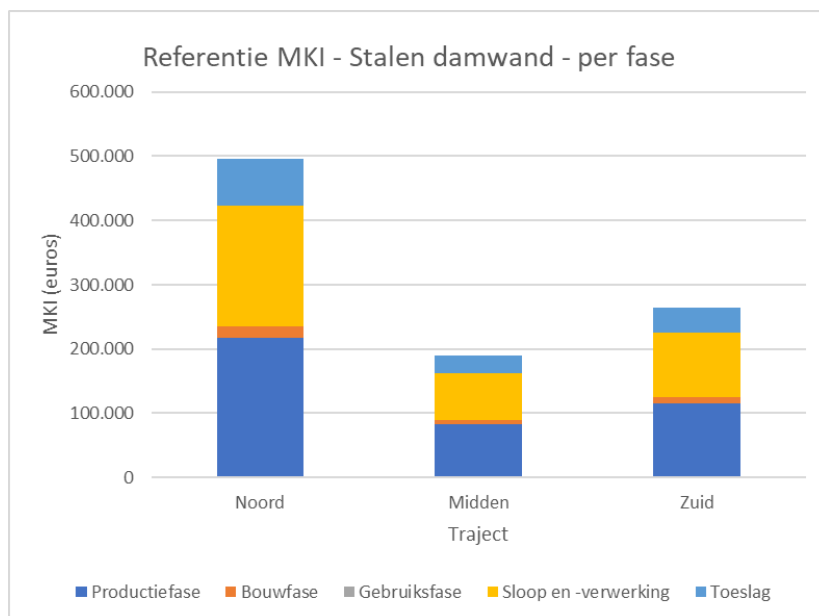
De grafiek in Figuur 9 geeft weer dat de impact van de stalen damwand het hoogst is in Arcen-Noord. Namelijk omdat in dit traject ook de grootste lengte aan damwand (kwelscherm) en dus het meeste staal, wordt toegepast. Om een beeld te krijgen van de impact veroorzaakt door de damwand, vergelijken we deze met de MKI-waardes voor het grondverzet. Het toepassen van de stalen damwand leidt tot een hoge MKI in alle trajecten ten opzichte van de MKI-waardes van het grondverzet (zie Figuur 9). De MKI-waarde per strekkende meter voor het toepassen van een stalen damwand ligt zeer hoog (35,95) ten opzichte van de MKI-waardes voor het grondverzet, zoals het aanbrengen van klei (2,1 voor leveren per schip, 0,15 voor aanbrengen en 0,15 voor leveren per as) en het aanbrengen van teelaarde (0,95 voor leveren en 0,15 voor aanbrengen). Daarnaast wordt over bijna het gehele dijktraject (Noord, Midden en Zuid) een damwand aangebracht en daarmee ook een groot oppervlak aan staal. De totale MKI is gerelateerd aan het aantal strekkende meter, waardoor de verschillen tussen Noord, Midden en Zuid voornamelijk toe te schrijven zijn aan het verschil in lengte van de trajecten.



Figuur 9 Referentie MKI Stalen damwand per traject

2.2.4 MKI PER FASE VAN DE LEVENSCYCLUS

Figuur 10 geeft de impact weer per fase van de levenscycli van de stalen damwand. Daaruit blijkt dat voornamelijk in de productiefase en de sloop- en verwerkingsfase van de damwand veel impact wordt veroorzaakt. In de productiefase zit deze impact vooral in het leveren, transporteren en fabriceren van het staal. In de sloop- en verwerkingsfase, ligt de grootste impact 'buiten de levenscyclus van de dijk'. Hiermee wordt verwezen naar de impact van de benodigde werkzaamheden gerelateerd aan het verwijderen, hergebruiken of recyclen van het staal.



Figuur 10 Referentie MKI Stalen damwand per traject, opgedeeld in fases van de levenscyclus

2.3 MKI-BEREKENING BETONWERK

In deze paragraaf worden de scope, uitgangspunten en resultaten van de MKI-berekening voor het betonwerk omschreven. Daarbij wordt de impact van het storten van beton berekend voor de locaties waar hier sprake van is. Dit geldt voor de zelfsluitende kering in Arcen-Midden, voor de coupure Kruisweg (brouwerijcluster) en Schans, voor de keermuur langs de kasteeltuin Arcen (KTA) en voor de vispassage. De hoeveelheden die hiervoor zijn gehanteerd staan weergegeven in Tabel 10.

Per locatie worden een aantal betonwerk constructies gerealiseerd. De betonvolumes van deze constructies zijn weergegeven in onderstaande tabel. Het betonwerk betreft de constructies waarbij beton wordt gestort. Daarbij worden ook de bijkomende materialen (o.a. staal ten behoeve van de wapening) meegerekend, om een eerlijke vergelijking te maken.

Tabel 10 Betonvolumes per locatie en constructie

Locatie	Constructies	m ³	m ²
Zelfsluitende kering	Storten beton funderingspalen	11.000	-
	Maken werkvloer	517	-
	Betonstorten vloeren	1208	-
	Betonstorten wanden	1.590	-
	Totaal	14.315	-
Coupure Kruisweg (brouwerijcluster) en Schans	Betonvloer storten	70	-
	Betonstorten wand	52	-
	Werkvloer (dikte 0,05 m)	-	150
	Totaal	122	-
Keermuur langs KTA	Funderingssloof	267	-
	Betonstort fundering	230	-
	Betonstort wanden	390	-
	Werkvloer	892	-
	Totaal	1.779	-
Vispassage	Aanbrengen werkvloer	2	-
	Beton storten vloer	12	-
	Beton storten opstort	3,6	-
	Totaal	17,6	-

Tabel 11 geeft weer welke elementen uit DuboCalc zijn toegepast om de MKI-waardes te berekenen voor de constructies uit Tabel 10.

Tabel 11 Invoer Dubocalc per constructie

Constructie	Element Dubocalc	Hoofdproducten in element	Transport
Funderingsvloer	Funderingsvloer, gewapend	Betonmortel C30/37 CEM III, 2386 kg/m3	50 km bulktransport naar werk 50 km transport voor einde-leven naar sorteerlocatie 100 km transport totaal voor einde-leven naar stort (vrachtwagen euro 5, diesel)
		Wapeningsstaal B500B	
Funderingssloof	Funderingsvloer, gewapend	Betonmortel C30/37 CEM III, 2386 kg/m3	50 km bulktransport naar werk 50 km transport voor einde-leven naar sorteerlocatie 100 km transport totaal voor einde-leven naar stort (vrachtwagen euro 5, diesel)
		Wapeningsstaal B500B	
Funderingspalen*	Funderingspalen, Beton; in het werk gestort, C2025; incl. wapening	Wapening 3,6 kg	
		In het werk gestort betonmortel, C2025 mix: 25% CEMI+75% CEMIII	
Wanden	Damwand – beton per m ²	Betonmortel, C45/55 CEM III, 2387 kg/m3	150 km transport naar werk 50 km transport voor einde-leven naar sorteerlocatie 100 km transport totaal voor einde-leven naar stort (vrachtwagen euro 5, diesel)
		Wapeningsstaal, B500B	
Werkvloer	Fundering op staal: Werkvloer	Betonmortel C20/25 CEM I, 2332 kg/m3)	50 km bulktransport naar werk (vrachtwagen euro 5, diesel)
Opstort	Fundering op staal: Werkvloer	Betonmortel C20/25 CEM I, 2332 kg/m3)	50 km bulktransport naar werk (vrachtwagen euro 5, diesel)

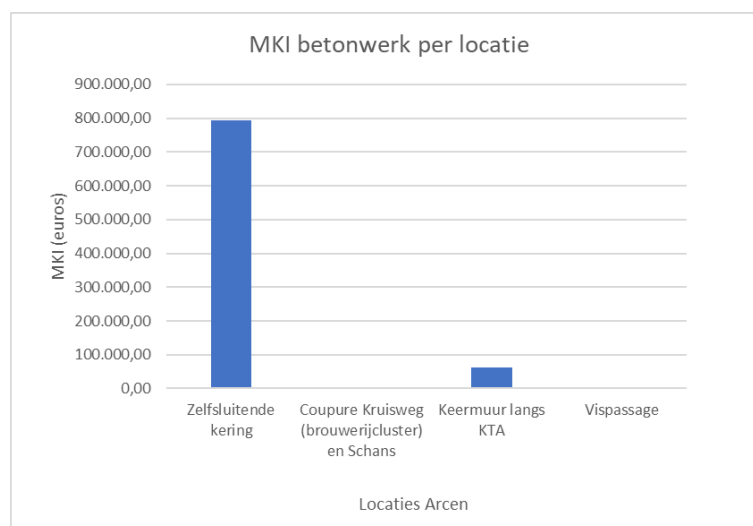
* Het element funderingspalen is geselecteerd uit de Nationale Milieudatabase. De precieze uitgangspunten m.b.t. transport zijn momenteel niet terug te vinden in productomschrijvingen vanuit de NMD. Deze vraag staat momenteel uit bij de NMD.

2.3.1 RESULTATEN

De resultaten van de MKI-berekening voor het betonwerk zijn op eenzelfde wijze weergegeven als voor het grondverzet en de stalen damwand. Een zwaartepuntanalyse is uitgevoerd voor zowel de constructies als de fases van de levenscyclus om inzicht te krijgen in waar de meeste impact ligt. Ook is opnieuw een deel van de MKI toe te schrijven aan *MKI-toeslag*. Paragraaf 2.3.2 geeft de resultaten weer per locatie en per constructie. De kleuren in de staafgrafiek tonen de constructies. In paragraaf 0 worden de resultaten weergegeven per fase van de levenscyclus.

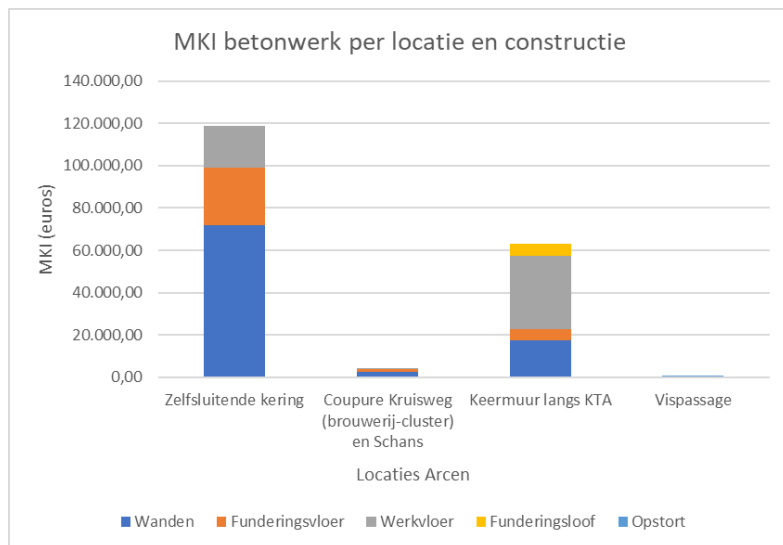
2.3.2 RESULTATEN PER LOCATIE EN CONSTRUCTIE

De grafiek in Figuur 11 geeft weer dat de milieu-impact van het betonwerk vooral wordt veroorzaakt door de zelfsluitende kering. Namelijk omdat hier de meeste kuub beton wordt toegepast. De MKI per kuub beton is 61,32, terwijl de MKI per kuub beton voor de funderingsvloer bijvoorbeeld 22,58 is. Dit verschil zit met namen in de productiefase. Het produceren van de relatief grote hoeveelheid staal in de funderingspalen, leidt tot een relatief grote milieu-impact. Namelijk 91% van de totale MKI van de funderingspalen.



Figuur 11 MKI betonwerk per locatie in euro's

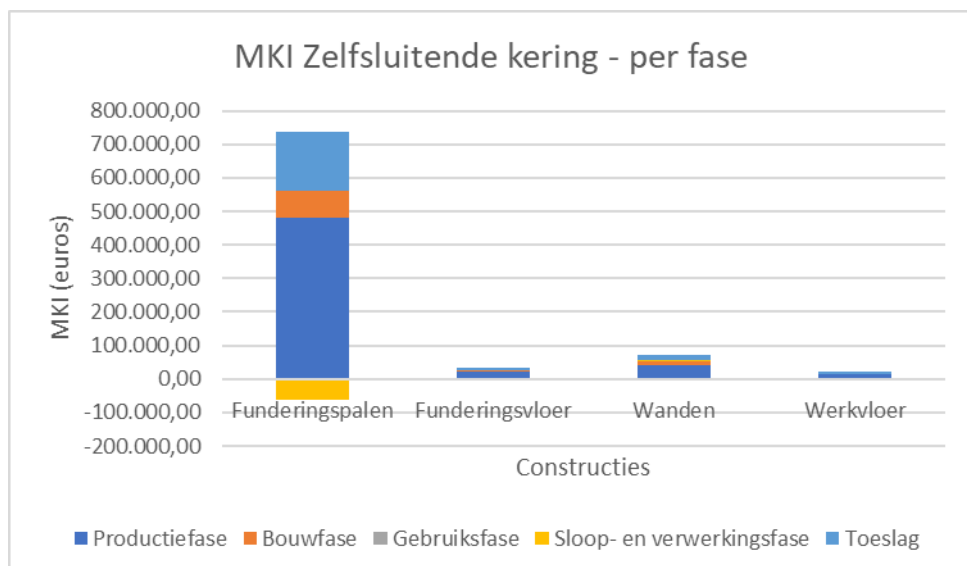
Om beter weer te geven wat de impact is van de andere constructies, is in Figuur 12 de impact weergegeven van de constructies, exclusief funderingspalen. Nog altijd draagt van alle locaties de zelfsluitende kering het meest bij aan de milieu-impact. Met name wegens relatief grote volumes aan benodigd beton. De wandconstructies dragen met uitzondering van de funderingspalen het meest bij aan de MKI-waarde voor de zelfsluitende kering.



Figuur 12 MKI zelfsluitende kering - per fase - exclusief funderingspalen

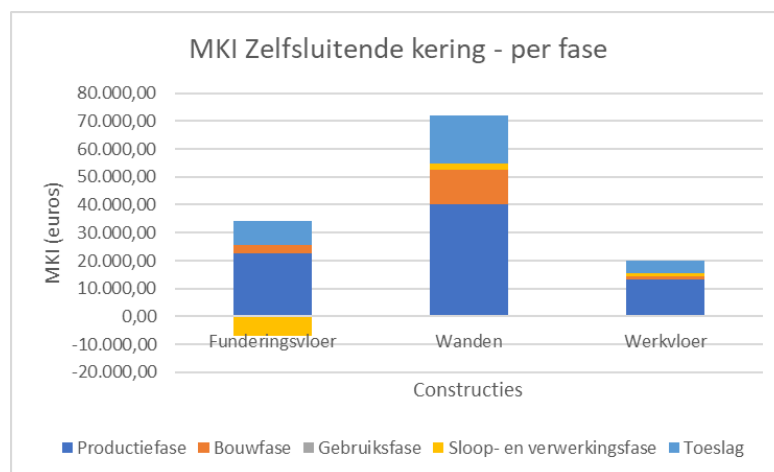
2.3.3 RESULTATEN PER FASE VAN DE LEVENSCYCLUS

Figuur 13 geeft de MKI-waardes weer per fase van de levenscyclus voor de zelfsluitende kering. In Bijlage C wordt deze ook weergegeven voor de andere locaties. In Figuur 13 is zichtbaar dat met name de productie van het benodigde materiaal voor de funderingspalen bijdraagt aan de totale MKI. Dit betreft de productie van het benodigde staal voor de wapening. De productie van het beton draagt relatief weinig bij.



Figuur 13 MKI Zelfsluitende kering - per fase

Figuur 14 biedt eenzelfde weergave voor de zelfsluitende kering (opgesplitst op basis van fase van de levenscyclus en constructieonderdelen), *exclusief* funderingspalen. Dit geeft duidelijker zicht op de milieu-impact van de andere materialen. De resultaten laten zien dat de milieu-impact veroorzaakt door de wanden, met name ontstaat door de productie van de benodigde materialen. Dit betreft het beton. Deze hoge milieu-impact ontstaat door de relatief grote volumes beton, maar ook door een relatief hoge MKI per m³ die wordt gehanteerd voor het produceren van beton voor de wanden. De MKI ligt 50% hoger dan voor bijvoorbeeld de funderingsvloer.



Figuur 14 MKI zelfsluitende kering - per fase - exclusief funderingspalen

Uit bovenstaande resultaten volgt dat de funderingspalen in sterke mate bijdragen aan de totale MKI. De meeste impact zit voor alle constructies en locaties in de productiefase. Dit betreft voornamelijk de productie van staal (wapening voor funderingspalen) en betonmortel.

3 CIRCULAIR PEIL INDEX (CPI)

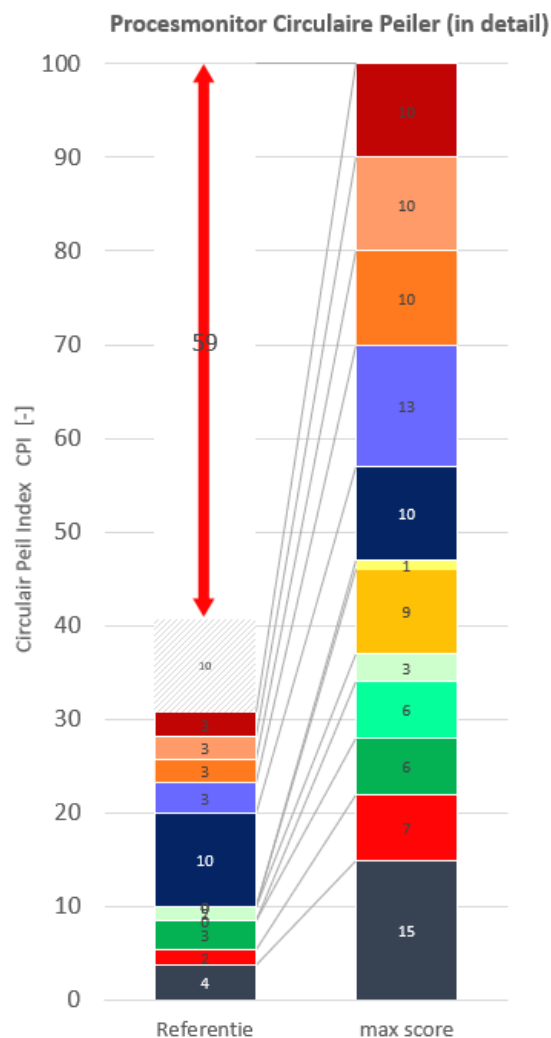
In samenwerking met projectteamleden van Waterschap Limburg, WSP en Kragten is op 10 februari 2023 de Circulaire Peiler ingevuld voor het dijkversterkingsproject bij Arcen. Dit instrument bepaalt aan de hand van acht circulaire ontwerpprincipes de CPI-score (Circulair Peil Index). Hoe hoger de CPI, hoe beter het project scoort op circulariteit, waarbij een score van 100 maximaal is.

Onderstaande Figuur 15 geeft de acht ontwerpprincipes van de Circulaire Peiler weer. Per ontwerpprincipe wordt aangegeven welke acties ondernomen zijn, zoals bijvoorbeeld het uitvoeren van MKI-berekeningen of het meenemen van bepaalde onderwerpen in de afweging. Op basis van deze invoer kent de Circulaire Peiler een bepaald aantal punten toe per ontwerpprincipe. De resultaten geven vervolgens weer binnen welke ontwerpprincipes al werk geleverd is en waar nog winst te behalen valt.

Tijdens een sessie op 10 februari is de Circulaire Peiler ingevuld samen met WL met als doel om een momentopname te maken en een beeld te krijgen van de ontwerpbeslissingen en stappen die tot nu toe genomen zijn met betrekking tot circulariteit. De resultaten staan weergegeven in Figuur 16. In Tabel 12 worden de ingevulde waardes onderbouwd en toegelicht. Ook wordt toegelicht welke ambities er zijn om op specifieke ontwerpprincipes beter te scoren.

Voorkómen: niet doen wat echt niet hoeft
Verleng de levensduur van bestaande objecten of componenten
Duurzaam gebruik van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen
Ontwerp voor meerdere levenscycli
Ontwerp toekomstbestendig
Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud
Duurzaam materiaalgebruik (hoeveel x milieubelasting)
Ontwerp voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg/gebruiksphase

Figuur 15 De acht Circulaire Ontwerpprincipes



Figuur 16 Circulair Peil Index (CPI) resultaat referentie ten opzichte van maximale score

Tabel 12 Toelichting ingevoerde waarde per ontwerpprincipe

Ontwerpprincipe 1:
Invoer: Opgave verkleining via efficiëntere oplossingen + meekoppelkansen onderzocht (verkenkend onderzoek; géén MKI-berekeningen) Toelichting: Op de maatwerklocatie bij Hotel Roeland is gekozen voor het ophogen van de asfaltweg met beperkte hoogte. Er is ingezet op een minimale investering om de veiligheid te handhaven. Het eventueel nemen van extra maatregelen ligt bij de eigenaren zelf. Daarnaast is op deze locatie de dijk verkort. Voornamelijk als systeemmaatregel (behoud winterbed), maar ook vanuit het oogpunt sober en doelmatig ontwerpen. Hierbij is bewust gekeken om de dijk zo kort mogelijk te houden, zonder aantasting van hoogwaterbescherming. Er zijn echter geen MKI-berekeningen uitgevoerd om te bepalen of alternatieven daadwerkelijk een lagere impact hebben op het milieu. Ook is gekozen om de parkeerplaats te laten liggen en is de kistdam in het noorden vervangen door grond omdat bleek dat het ruimtebeslag meeviel. Over de gehele dijk liggen nog kansen om de opgave scherp te krijgen en waar mogelijk te minimaliseren. Bijvoorbeeld door eventuele alternatieve materialen voor de schermen te onderzoeken.
Ontwerpprincipe 2:
Invoer: Levensduurverlenging is systematisch onderzocht (10-R); implementatie onzeker of <50% van de haalbare maatregelen Toelichting: Het hele tracé is onderzocht op hergebruik van bestaande objecten (Duiker, pompstelling, etc.). Ook is in de verkenningfase overwogen om de bestaande kering (bijvoorbeeld in het noorden) te behouden en te versterken. Echter zijn weinig haalbare maatregelen gevonden en is voor alle afwegingen besloten om deze niet toe te passen.
Ontwerpprincipe 3:
Invoer: Restwaarden in kaart gebracht (10-R); toepassingen in het project/gebied zijn onderzocht Toelichting: Voor het hergebruik van de schotbalken is onderzoek gedaan naar de kwaliteit van de balken. Daaruit bleek onzekerheid over de levensduur, en vervanging van de schotbalken op relatief korte termijn zou nodig kunnen zijn. Ook het hergebruik van grond is onderzocht. Dit is echter nog niet geïmplementeerd. Ook is onderzocht of asfalt dat wordt afgegraven herbruikbaar is of niet met behulp van een Quickscan. Er is (nog) geen aandacht geweest voor het gebruik van vrijkomende natuurelementen. Er liggen nog kansen om de levensduur van de hergebruikte materialen te bepalen.
Invoer: Raadpleging van één of meer materialen(data)banken is niet overwogen voor het project Toelichting: Er is geen materialen(data)bank geraadpleegd.
Invoer: Kansen voor inzet natuurlijke processen zijn onderzocht voor het project & gebied (omgeving) Toelichting: Bij de zuidelijke aansluiting van het project bij het Natura2000 gebied is gekozen voor bosherstel. Het voorland met bomen en ondergroei dient als golfremming. Echter heeft het niet geleid tot opgaveverkleining wegens de beoogde robuustheid van de dijk. Echter is wel aandacht geweest voor een alternatief tracé en het mogelijk verlagen van de dijk. Dit is bewust niet toegepast omdat dit alternatief over 50 jaar hoogstwaarschijnlijk moet worden aangepast/opgehoogd. Ook is in het gebied gekeken naar het toepassen van natuurprocessen, maar hier heeft nog geen afweging plaatsgevonden. Daarvoor dient eerst verder onderzoek plaats te vinden.
Ontwerpprincipe 4:
Invoer: Herbruikbaarheid van materialen, etc. na einde levensduur is niet onderzocht Toelichting: Op dit ontwerpprincipe is nog veel winst te behalen: hoewel bij het afwegen van materialen rekening is gehouden met herbruikbaarheid van het materiaal (klei) en het vermijden van lastig herbruikbare kunststoffen, is de waarde van de materialen aan het einde

van de levensduur nog niet onderzocht. Dit is nodig om goed onderbouwde afwegingen te maken.
Invoer: <i>Er is geen materialenpaspoort opgesteld voor toegepaste materialen in het project</i> Toelichting: Ook hier liggen nog kansen om met een materialenpaspoort de impact van materialen in kaart te brengen.
Ontwerpprincipe 5:
Invoer: <i>Gebiedsambities worden geïntegreerd; geanticipeerd wordt op mogelijke toekomstige sociale, ruimtelijke, klimatologische en natuurontwikkeling</i> Toelichting: In het algemeen is gekozen voor een dijk met een levensduur van 50 jaar, en constructies met een levensduur van 100 jaar. Echter is met het oog op adaptief bouwen de keuze gemaakt om een aantal constructies met een levensduur van 50 jaar te ontwerpen, zodat de mogelijkheid bestaat om de ligging van de kering na 50 jaar te kunnen uitbreiden. Hiermee is het eenvoudiger om de dijk te versterken, en is verwijderen niet nodig. Dit was een overweging en belangrijk aspect in de tracé keuze. Ook zijn de maatregelen voor bosherstel van toepassing in dit ontwerpprincipe.
Ontwerpprincipe 6:
Invoer: <i>Van het ontwerp is een berekening van de levensduurkosten (LCC) gemaakt.</i> Toelichting: Vanaf het begin is de waterschapbeheerder en watersysteembeheer betrokken geweest en afstemming met deze partij is nadrukkelijk geborgd. Echter zijn de levensduurkosten vooral bepaald aan de hand van deskundig oordeel, en zijn geen specifieke berekeningen uitgevoerd (zoals een LCC-berekening). Er is voornamelijk gebruik gemaakt van kennis en ervaring van de beheerder. Op deze manier heeft onderzoek plaatsgevonden naar beheer en onderhoudskosten. Hier ligt nog ruimte om ontwerp oplossingen te vergelijken, en om circulaire oplossingen te vergelijken met het conventionele. Ook is hier ruimte voor het onderzoeken van de toepassing van innovaties.
Ontwerpprincipe 7:
Invoer: <i>Beperkt onderzoek maar geen onderdeel afweging van materiaalarm construeren, schaarse grondstof, hergebruik materiaal, (her)gebruik hernieuwbare en sec.(grond)stoffen.</i> Toelichting: Er is aandacht geweest voor materiaalarm construeren (bijvoorbeeld het hergebruik van de bestaande dijk) maar dit was geen onderdeel van de afweging en meer aandacht op dit vlak is gewenst.
Invoer: <i>Beperkt onderzoek maar geen onderdeel afweging circulaire alternatieven per materiaalsoort (10-R model)(preventie, hergebruik, recycling, hernieuwbaar, etc)</i> Toelichting: Ook hier geldt dat er kansen liggen om voor materialen en alternatieven de impact (kwantitatief) in kaart te brengen, zodat goed onderbouwde afwegingen gemaakt kunnen worden.
Ontwerpprincipe 8:
Invoer: <i>Beperkt onderzoek maar geen onderdeel afweging beperking grondstof- en energiegebruik tijdens aanlegfase en van toekomstige gebruikers + opwekking hernieuwbare energie</i> Toelichting: Mogelijkheden voor het opwekken van hernieuwbare energie zijn onderzocht (zoals het realiseren van een parkeerdak met zonnepanelen bij de kasteeltuinen). Echter zijn deze mogelijkheden uitgesloten. Voor het ingraven van klei is aandacht besteed aan het beperken van de uitstoot van CO2. Hier zijn geen berekeningen voor uitgevoerd. Er is behoefte om (met behulp van constructieberekeningen) in kaart te brengen waar nog winst te behalen valt op energie- en grondstofverbruik. Bijvoorbeeld het reduceren van het benodigde staal door scherpere berekeningen.

4 CONCLUSIE

Deze rapportage geeft inzicht in de resultaten van de referentieberekeningen voor de MKI (milieukostenindicator van de materialen en werkzaamheden) en de CPI (circulariteitsscore) voor het dijkversterking en -verlegging bij Arcen. De milieu-impact van het grondverzet, de stalen damwand en het betonwerk is meegenomen in de scope. Het grondwerk is beschouwd voor Arcen-Noord, -Midden en -Zuid. De resultaten zijn samengevat in Tabel 13 en Tabel 14.

Uit de MKI-berekeningen blijkt dat de milieu-impact van het grondverzet voornamelijk wordt veroorzaakt door het aanbrengen van klei binnen- en buitendijks voor de toekomstige kering. Voor het werk aan de bestaande kering ligt de meeste impact bij het aanvullen van grond en het afgraven van kernmateriaal. Het aanbrengen van de stalen damwand heeft een hoge impact ten opzichte van het grondverzet. De meeste impact (voor zowel het bestaand als het toekomstig werk) vindt plaats in de productiefase, waarbij het transport relatief het grootste aandeel heeft in de MKI-waarde. Ook voor het betonwerk blijkt dat de grootste milieu-impact wordt veroorzaakt in de productiefase. De funderingspalen voor de zelfsluitende kering dragen veruit het meest bij aan de totale impact, voornamelijk door de productie van het staal voor de wapening. De benodigde productie van het beton voor de betonnen wanden, draagt naast de funderingspalen het meest bij.

Tabel 13 MKI resultaten grondverzet en stalen damwand

MKI waardes		Noord	Midden	Zuid	Totaal
Grondverzet		194.693	23.647	70.804	289.144
Bestaand		29.697	-	13.418	43.115
Toekomstig		164.996	23.647	57.386	246.029
Stalen damwand		495.247	189.978	246.448	931.673

Tabel 14 MKI Resultaten Betonwerk

Betonwerk	MKI
Zelfsluitende kering	793.524
Coupure Kruisweg en Schans	4.217
Keermuur langs KTA	63.257
Vispassage	487
Totaal	861.485

De MKI-waardes voor de verschillende materialen en werkzaamheden kunnen worden gereduceerd door kansen op het gebied van circulariteit te benutten. De resultaten uit de Circulaire Peiler geven weer waar deze kansen liggen en welke stappen al genomen zijn. Door bijvoorbeeld de impact en levensduur van specifieke materialen van verschillende herkomst te berekenen en vergelijken, kan een onderbouwde afweging worden gemaakt om de totale MKI te verlagen. Het hergebruik van materialen en het toepassen van innovaties dient te worden onderzocht om tot een lagere MKI en meer circulair ontwerp te komen.

Deze MKI-waardes kunnen worden gebruikt als referentie bij het inzichtelijk maken van de winst in het kader van duurzaamheid.

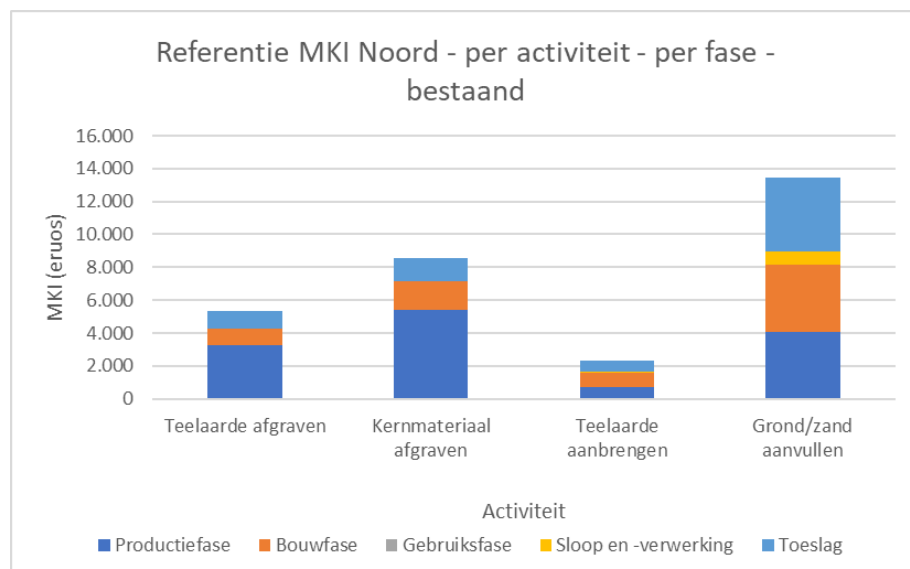
BIJLAGEN

A. UITWERKING DUBOCALC BOUWBLOKKEN

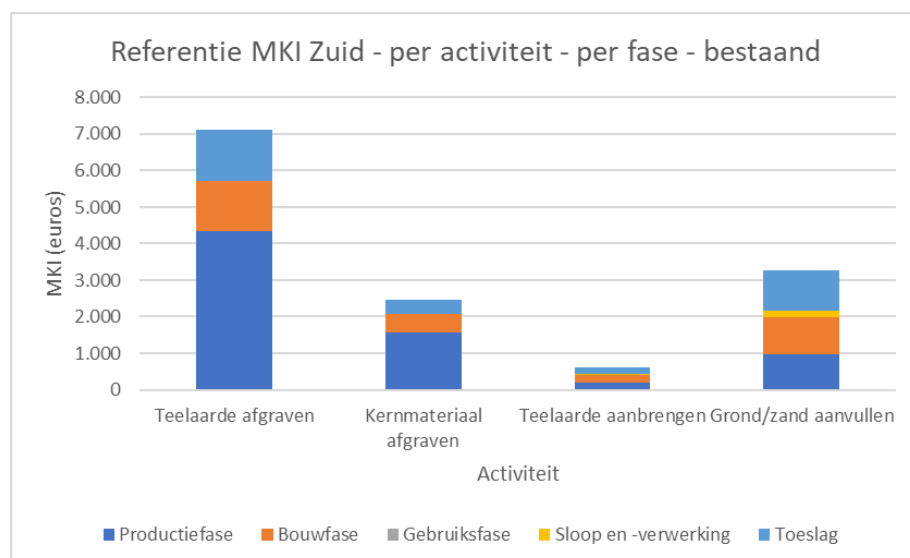
Onderstaande tabel geeft weer welke onderdelen zijn opgenomen in de elementen uit DuboCalc en wat de MKI waarde per m³ is voor deze elementen. In paragraaf 2.1.4 wordt weergegeven hoe deze DuboCalc elementen zijn samengevoegd tot bouwblokken.

Element DuboCalc	Onderdelen van element	Eenheid	MKI per m3
Teelaarde ontgraven per as	Transport met vrachtwagen, EURO 5 diesel	5,4 tkm	0,11
	Graafmachine, cat. IV, diesel	0,01 uur	
Grond ontgraven per as	Transport met vrachtwagen, EURO 5 diesel	4,88 tkm	0,1
	Graafmachine, cat. IV, diesel	0,01 uur	
Leveren van grond per as	Ophoogmateriaal, grond	1 m3	0,95
	Transport met vrachtwagen, EURO 5 diesel	29,25 tkm	
	Graafmachine, cat LV, diesel	0,01 uur	
Leveren van klei per schip	Ophoogmateriaal, klei	1 m3	2,1
	Graafmachine, cat LV, diesel	0,01 uur	
	Transport per binnenvaartschip	160 tkm	
Grond afvoeren per as	Transport met vrachtwagen, EURO 5 diesel	29,25 tkm	0,4
	Graafmachine, cat. IV, diesel	0,01 uur	
Grond aanbrengen per as	Transport met vrachtwagen, EURO 5 diesel	4,88 tkm	0,15
	Graafmachine, cat. IV, diesel	0,01 uur	
	Graafmachine, cat. IV, diesel	0,01 uur	
Klei aanbrengen per as	Transport met vrachtwagen, EURO 5 diesel	4,8 tkm	0,15
	Graafmachine, cat. IV, diesel	0,01 uur	
	Graafmachine, cat IV, diesel	0,01 uur	
Stalen damwand	Damwand, staal constructiestaal		35,95 per strekkende meter

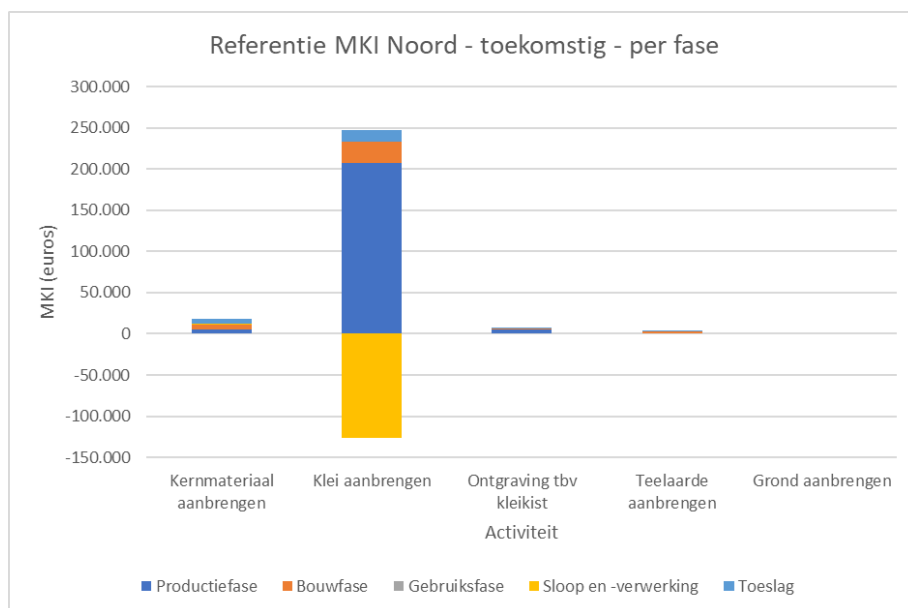
B. DETAILS ZWAARTEPUNTANALYSE GRONDWERK



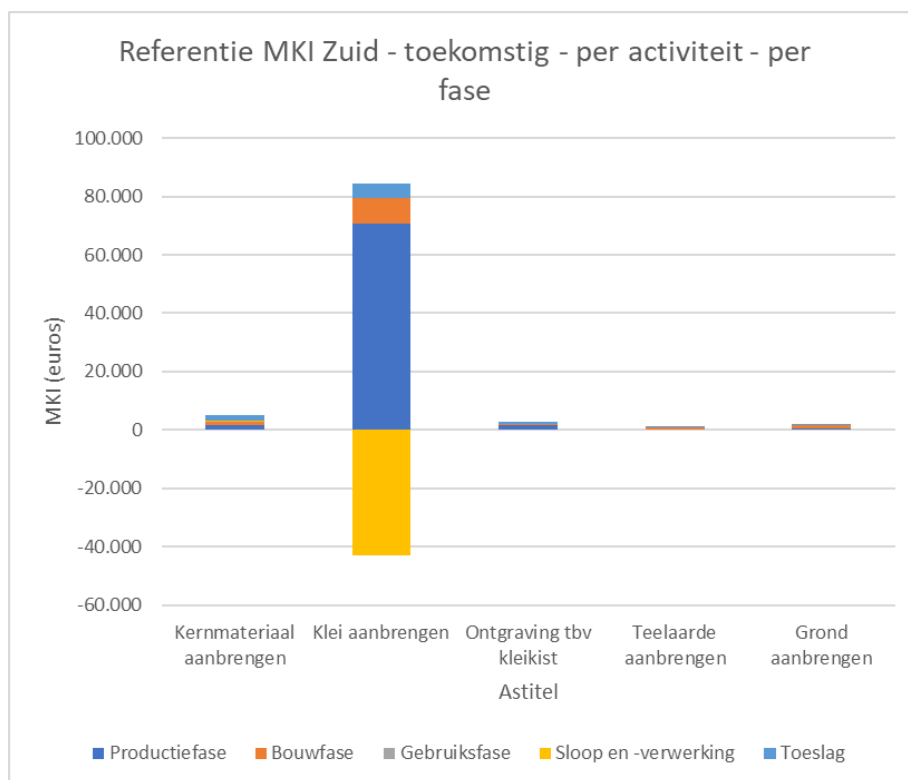
Figuur 17 Referentie MKI-berekening grondwerk Arcen-Noord, bestaand per activiteit, opgedeeld in fases van de levenscyclus



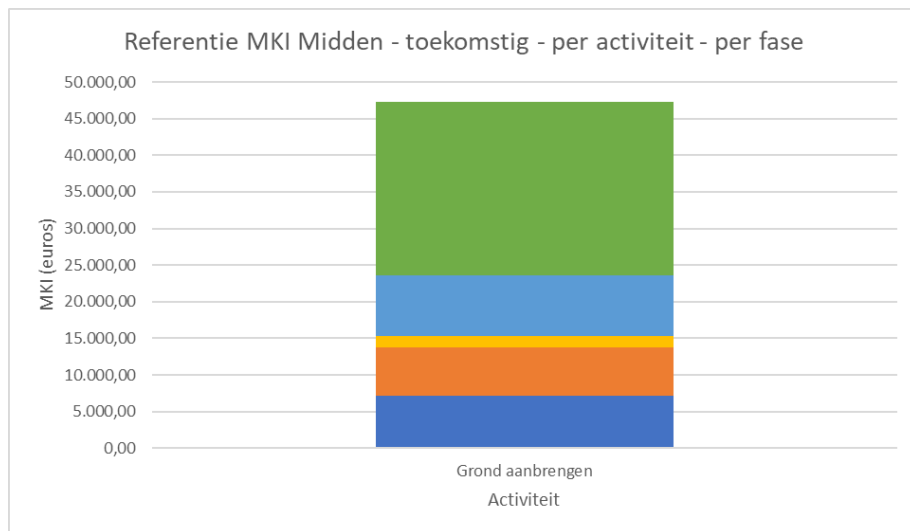
Figuur 18 Referentie MKI-berekening grondwerk bestaand Arcen-Zuid, per activiteit, opgedeeld in fases van de levenscyclus



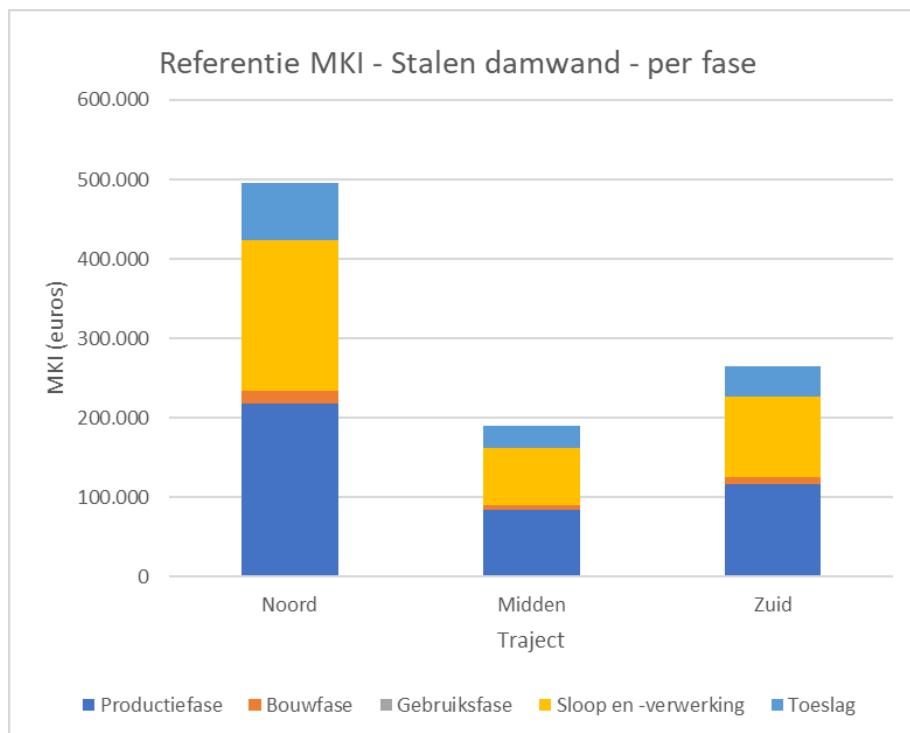
Figuur 19 Referentie MKI-berekening toekomstig Arcen-Noord, per activiteit, opgedeeld in de fases van de levenscyclus



Figuur 20 Referentie MKI-berekening toekomstig Arcen-Zuid, per activiteit, opgedeeld in de fases van de levenscyclus



Figuur 21 Referentie berekening Arcen-Midden, toekomstig, per activiteit, per fase



C. DETAILS ZWAARTEPUNTANALYSE BETONWERK

