



Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk

Duurzaamheidsrapportage Grebbedijk 2024

Waterschap Vallei en Veluwe

18 juli 2024

Project
Opdrachtgever

Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk
Waterschap Vallei en Veluwe

Document
Status
Datum
Referentie

Duurzaamheidsrapportage Grebbedijk 2024
Definitief
18 juli 2024
124281-2.9/24-010.637

Projectcode
Projectleider
Projectdirecteur

124281
Ir. H.J. van Strijp-Harms
Ing. A.J.P. Helder

Auteur(s)
Gecontroleerd door
Goedgekeurd door

F. Huinink MSc, S.A. van den Berg MSc, R. Looijenga MSc
Ing. M.G.M. Huijsmans, ir. R. Dijcker
Ir. H.J. van Strijp-Harms
(B/a ing. M.G.M. Huijsmans)

Paraaf



Adres

Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Leeuwenbrug 8
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INTRODUCTIE	5
1.1	Gebiedsontwikkeling Grebbedijk	5
1.2	Projectgebied	5
1.3	Projectdoel gebiedsontwikkeling Grebbedijk	6
1.4	Leeswijzer	7
2	DUURZAAMHEID BINNEN DE GEBIEDSONTWIKKELING GREBBEDIJK	8
2.1	Duurzaamheidsambities	8
2.2	Circulair schaduwontwerp	10
2.2.1	Duurzaamheid in ontwerpproces	11
2.2.2	Duurzaamheid als onderdeel van de contractvorming	12
3	VERGELIJKING ONTWERP 2022 EN 2024	13
3.1	Overzicht prestatieindicatoren bij start en afronding planuitwerking	13
3.2	Verschillen tussen de ontwerpen	14
3.3	Milieukostenindicator	15
3.3.1	Vergelijkingen met MKI	16
3.3.2	Vergelijking tussen ontwerphoeveelheden en materiaalkeuze	16
3.3.3	Vergelijking tussen bibliotheekversies	18
3.4	Materiaal circulariteitsindex en primair materiaalgebruik	20
3.5	Circulaire Peiler Index	24
3.6	Materiaalpaspoort	26
4	KANSEN DUURZAAMHEID IN CONTRACTVORMING EN AANBESTEDING	28
4.1	Kansen voor het verlagen van de MKI van grond	28
4.2	Kansen voor het verlagen van de MKI van damwanden	29
4.3	Kansen voor het verlagen van de MKI door het gebruik van elektrisch materieel	31
4.4	Combineren van kansen voor het verlagen van de MKI	32
4.5	Overige kansen voor het verlagen van de MKI	32

5	LEERERVARINGEN	33
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	36
	Laatste pagina	39
	Bijlage(n)	Aantal pagina's
I	MKI notitie ontwerp maart 2024	16

1

INTRODUCTIE

1.1 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk

De Grebbedijk beschermt de bewoners van de Gelderse Vallei tegen hoge waterstanden in de Nederrijn. Ook in de toekomst moet de dijk veiligheid bieden. Op dit moment voldoet de dijk niet aan de wettelijk voorgeschreven signaleringswaarde, een vastgestelde overstromingskans. Daarom gaat Waterschap Vallei en Veluwe de dijk versterken.

De verbetering van de dijk is een kans om tegelijk het omliggende gebied aan te pakken. De Grebbedijk, de Nederrijn en de uiterwaarden hebben een belangrijke functie voor planten en dieren, omdat het gebied de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe met elkaar verbindt. Daarnaast vindt hier veel recreatie plaats, zoals wandelen en fietsen.

In de plannen van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk staat waterveiligheid centraal. Daarnaast worden (zo mogelijk) de natuur en cultuur versterkt en wordt het gebied aantrekkelijker gemaakt voor recreatie. Acht partners werken in deze gebiedsontwikkeling samen: het waterschap Vallei en Veluwe, gemeenten Wageningen en Rhenen, provincies Gelderland en Utrecht, Rijkswaterstaat, Utrechts Landschap en Staatsbosbeheer.

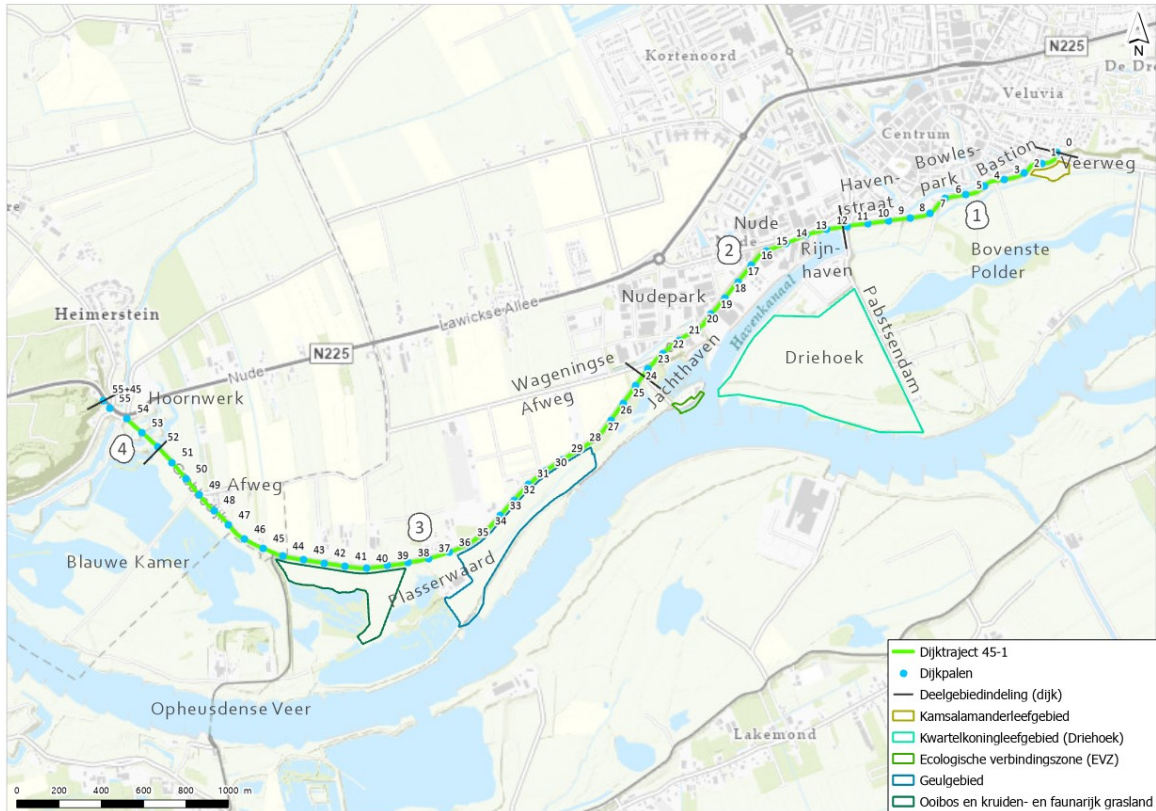
Bewoners, ondernemers, belangenverenigingen en andere geïnteresseerden uit de omgeving zijn betrokken in het proces en de voorbereiding van de dijkversterking en gebiedsontwikkelingen.

1.2 Projectgebied

Het projectgebied, zie Afbeelding 1.1, bevindt zich tussen de Wageningse berg (Veluwe) aan de oostzijde en de Grebbeberg (Utrechtse Heuvelrug) aan de westzijde.

De Grebbedijk (dijktraject 45-1) beschermt de Gelderse Vallei tegen hoogwater vanuit de Nederrijn. De dijk is 5,5 km lang. Het traject start bij de Wageningse Berg (dijkpaal 0) tot aan de Grebbeberg in Rhenen (dijkpaal 55). De Grebbedijk is, ondermeer vanuit de landschappelijke karakteristieken, opgedeeld in vier deelgebieden: stedelijk gebied, Nudedijk, landelijk gebied en dijk door het Hoornwerk. Bij het projectgebied behoort ook de aansluiting op de hoge gronden van de Wageningse Berg en de Grebbeberg. Aan de Grebbedijk liggen verschillende uiterwaarden die deels onderdeel uitmaken van het projectgebied.

Afbeelding 1.1 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk



1.3 Projectdoel gebiedsontwikkeling Grebbedijk

De overkoepelende doelstelling van het project 'gebiedsontwikkeling Grebbedijk' is het realiseren van een veilige en beleefbare dijk in een mooie omgeving, door bestaande functies en waarden in te passen en invulling te geven aan de gebiedsambities.

De volgende doelstellingen over hoogwaterveiligheid en natuur worden in ieder geval gerealiseerd:

- 1 versterking van de Grebbedijk, zodat dit waterstaatswerk voldoet aan de wettelijke hoogwaterveiligheidsnormen;
- 2 inrichting van een nieuw geulgebied in de Plasserwaard. Hiermee wordt bijgedragen aan de Nadere uitwerking Riviergebied (NURG) en opgaven vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW);
- 3 natuurontwikkeling in aangrenzende uiterwaarden vanuit Natura 2000-, Gelders Natuur Netwerk (GNN)- en NURG-opgaven.

Daarnaast wil het project gebiedsambities (zoals de verkeerveiligheid en herstel van het Hoornterweg) mogelijk maken en invulling geven aan het vergroten van het waterveiligheidsbewustzijn in de Gelderse Vallei. Deze gebiedsambities kunnen een ander tijdspad doorlopen dan de hiervoor genoemde doelstellingen.

Naast deze gebiedsambities besteedt het project ook uitgebreid aandacht aan de duurzaamheid van de opgave. Dit rapport gaat in op de duurzaamheidsdoelen, -ambities, de -aanpak en -resultaten van de gebiedsontwikkeling. Hoofdstuk 2 licht de rol van duurzaamheid in het project nader toe.

1.4 Leeswijzer

Het doel van dit rapport is het presenteren van de duurzaamheidswinst in het ontwerp van 2024 ten opzichte van het VKA in 2022. Hiervoor zijn de twee ontwerpen met elkaar vergeleken aan de hand van de drie prestatie-indicatoren. Daarnaast wordt in dit rapport toegelicht welke duurzaamheidskansen in de contractvorming en aanbesteding opgenomen kunnen worden. Tot slot wordt uitgebreid stilgestaan bij de opgedane kennis en leerervaringen die essentieel zijn voor volgende projecten. Tabel 1.1 toont de leeswijzer voor dit rapport.

Tabel 1.1 Leeswijzer van deze rapportage

Hoofdstuk	Toelichting
1 Introductie	Dit hoofdstuk bevat de beschrijving van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk en een toelichting op de rol van duurzaamheid binnen het project.
2 Duurzaamheid binnen de gebiedsontwikkeling Grebbedijk	Dit hoofdstuk beschrijft het doorlopen proces t.a.v. duurzaamheid en biedt inzicht in de rol van duurzaamheid in de vervolgfases van het project. Verder staan hier de ambities en doelstellingen toegelicht, inclusief een samenvatting van het doorlopen proces in de planuitwerking.
3 Vergelijking ontwerp 2022 en 2024	Dit hoofdstuk toont de uitkomst van de herberekening van de duurzaamheidsindicatoren MKI, MCI en CPI voor het ontwerp ten tijde van maart 2024. Hierbij wordt het huidige ontwerp vergeleken met het ontwerp bij start van de planuitwerking. De resultaten worden vergeleken met de projectdoelstelling op duurzaamheid.
4 Duurzaamheidskansen in contractvorming en aanbesteding	Hoofdstuk 4 beschrijft enkele duurzaamheidskansen die in volgende projectfasen verzilverd kunnen worden, en het effect dat deze kansen hebben op de MKI.
5 Leerervaringen	Hoofdstuk 5 bevat een uitgebreide terugblik op de geleerde lessen in het Circulair Schaduwontwerp en tijdens de integrale planuitwerking.
6 Conclusies en aanbevelingen	Een afronding van het rapport inclusief conclusies t.a.v. de projectdoelstellingen en aanbeveling voor toekomstige projecten.

2

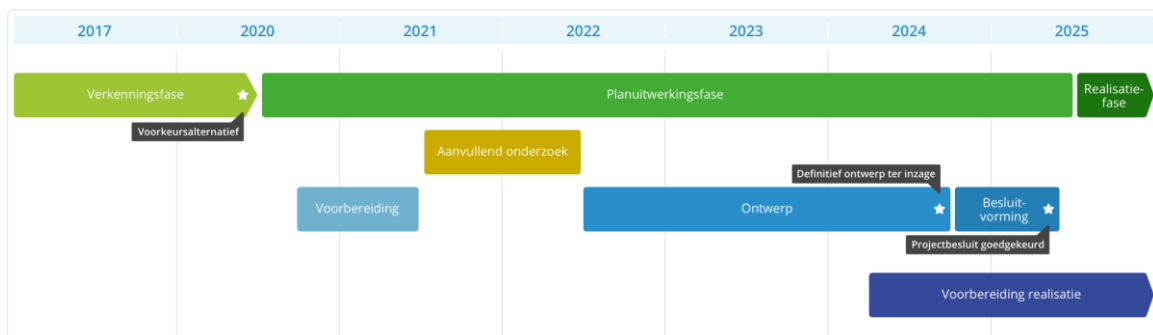
DUURZAAMHEID BINNEN DE GEBIEDSONTWIKKELING GREBBEDIJK

In 2017 is gestart met de eerste fase van het project, de Verkenning Grebbedijk. Zie afbeelding 2.1 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..** In deze verkenningfase zijn een aantal (kansrijke) alternatieven onderzocht. De verkenningfase is in 2020 afgesloten met de vaststelling van het voorkeursalternatief (VKA). In de verkenningfase is al uitgebreid aandacht besteed aan duurzaamheid. Zo zijn verschillende kansrijke alternatieven o.a. op duurzaamheid afgewogen en is al geprobeerd de milieu-impact inzichtelijk te maken in deze vroege fase.

Na het afronden van de Verkenningfase is de planuitwerkingsfase gestart. In de planuitwerking wordt het VKA verder uitgewerkt tot een integraal ontwerp voor de dijk en het omliggende gebied. In 2024 wordt de planuitwerking afgerond. Ook in de planuitwerking is uitgebreid aandacht voor de duurzaamheid van het werk. Het project Grebbedijk is vanuit het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) namelijk aangewezen als voorbeeldproject.

Afbeelding 2.1 Tijlijn projectfasen en werkzaamheden binnen de gebiedsontwikkeling Grebbedijk.

Bron afbeelding: <https://www.grebbedijk.com/planning> (mei 2024)



De volgende paragrafen gaan in op de duurzaamheidsambities van de projectpartners en het project (paragraaf 2.1), de wijze waarop duurzaamheid in het proces van de planuitwerking is meegenomen (paragraaf 2.2 en 2.3) en het proces richting contractvorming en aanbesteding (paragraaf 2.4).

2.1 Duurzaamheidsambities

Bij de start van de planuitwerking voor de gebiedsontwikkeling Grebbedijk hebben de verschillende procespartners zich als doel gesteld bij te dragen aan verduurzaming van de GWW-sector. Circulariteit en milieu-impact worden tijdens de planuitwerking integraal, als ontwerpdiscipline, meegewogen.

Duurzaamheidsambities procespartners

De duurzaamheidsambities van de procespartners komen voort uit landelijke doelstellingen. In het Klimaatakkoord heeft de Nederlandse politiek afgesproken om in 2030 49 % minder CO₂ uit te stoten dan gebeurde in 1990. In het Grondstoffenakkoord is een intentieovereenkomst ondertekend over maatregelen om de transitie naar een circulaire economie in 2050 te versnellen.

Het tussendoel is 50 % minder verbruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) in 2030, wederom ten opzichte van referentiejaar 1990. De projectpartners hebben het Klimaat- en Grondstoffenakkoord onderschreven.

De landelijke duurzaamheidsdoelstellingen zijn niet direct te vertalen in projectambities. De reden hiervoor is tweeledig. Allereerst is de planuitwerking slechts één projectfase van de gebiedsontwikkeling. Tijdens de verkenning zijn alternatieven afgewogen op duurzaamheid en ook tijdens de contractvoorbereiding, aanbesteding en uitvoering zal duurzaamheid nader worden beschouwd. Het deel van de landelijke duurzaamheidsambities dat gerealiseerd moet worden in de planuitwerkingsfase van een project is daardoor niet concreet vastgesteld. Een tweede punt is de formulering van de doelstellingen; een relatieve reductie ten opzichte van referentiejaar 1990. De doelstelling biedt daarmee ruimte voor discussie en interpretatie van wat dit concreet betekend voor de duurzaamheidsdoelstellingen van dit ene project.

Duurzaamheidsambities in de planuitwerking

Het projectdoel ten aanzien van duurzaamheid is om te toetsen of, en zo ja in welke mate, de landelijke duurzaamheidsdoelstellingen voor 2030 op dit moment al haalbaar zijn. Hiertoe is bij aanvang van de planuitwerking de duurzaamheidskansen verkend in een circulair schaduwontwerp en zijn vervolgens deze kansen als bouwstenen meegenomen in de planuitwerking. Om de duurzaamheidsdoelstellingen in dit project te meten en monitoren is gebruik gemaakt van drie prestatieindicatoren. Deze indicatoren volgen op de landelijke doelstellingen en zijn gebruikt om de duurzaamheid van de verschillende ontwerpen kwantitatief te bepalen. Daarnaast worden in dit project leerervaringen opgedaan die in toekomstige (dijk)projecten kunnen worden toegepast om bij dragen aan het realiseren van de landelijke duurzaamheidsdoelstellingen.

Deze indicatoren en bijbehorende projectambities zijn;

- de Milieukostenindicator (MKI), met ambitie: 40 % reductie ten opzichte van het VKA 2022;
- de Materiaal circulariteitsindex (MCI), met ambitie: 50 % reductie primair materiaal ten opzichte van het VKA 2022;
- de Circulaire Peiler Index (CPI), met ambitie: een score van 90 halen.

Voor verdere toelichting over de indicatoren zie het navolgende tekstkader. Hoofdstuk 3 gaat verder in op de totstandkoming van de projectdoelen per indicator en de behaalde resultaten.

Duurzame prestatieindicatoren binnen de Grebbedijk

- Milieukostenindicator (MKI). De MKI-score monitort de projectbijdrage aan het klimaatakkoord. De MKI meet de verschillende milieu-effectcategorieën over de gehele keten en levenscyclus. De klimaatimpact, oftewel de uitstoot van broeikasgassen zoals CO₂-emissies, is één van de effectcategorieën in de MKI. Voor de berekening van de MKI is de HWBP-objectenbibliotheek in DuboCalc gebruikt.
 - Materiaal circulariteitsindex (MCI). De MCI monitort de projectbijdrage aan het grondstoffenakkoord. De MCI is een verhoudingsgetal (percentage) voor inzicht in de herkomst en bestemming na eindelevensduur van (constructie)materialen. In de MCI wordt ook de hoeveelheid primair materiaalgebruik beschouwd.
 - Circulaire Peiler-index (CPI). De CPI monitort de projectbijdrage aan de duurzaamheidsambities van het HWBP. De CPI is een verhoudingsgetal (percentage) waarmee de inspanning van het project t.a.v. duurzaamheid wordt uitgedrukt.
-

2.2 Circulair schaduwontwerp

In de planuitwerkingsfase is gestart met een gedetailleerde analyse van duurzaamheidskansen op basis van het VKA: het Circulair Schaduwontwerp. Deze analyse is één van de aanvullende onderzoeken die voor start van het ontwerpproces heeft plaatsgevonden, zie de gele balk in afbeelding 2.1. Het hoofddoel van het Circulair Schaduwontwerp is het beantwoorden van de vraag of de gestelde duurzame doelstellingen voor 2030 haalbaar zijn. Uit deze analyse volgden adviezen voor het ontwerpteam waarmee een meer circulair ontwerp met lagere milieu-impact gerealiseerd kan worden.

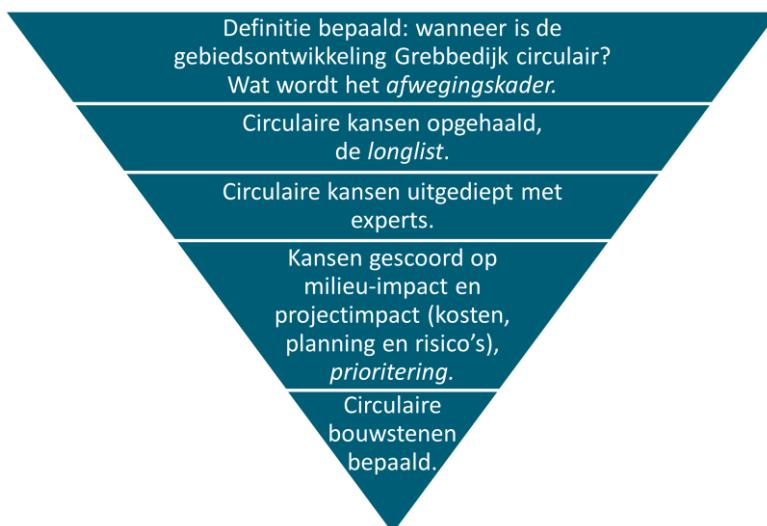
Na afronding van het circulair schaduwontwerp is het projectteam met de (reguliere) ontwerpwerkzaamheden van start gegaan. Zie de donkerblauwe balk in afbeelding 2.1. Echter, deze keer met voorkennis over het effect van hun werk op de milieu-impact en circulariteit van het ontwerp. Afbeelding 2.2 toont de werkstappen en tabel 2.1 toont de circulaire bouwstenen die resulteerden uit het Circulair Schaduwontwerp.

Processtappen Circulair Schaduwontwerp

De opzet van het Circulair Schaduwontwerp is ingedeeld in vijf sprints, deze staan weergegeven in afbeelding 2.2. Binnen deze sprints hebben meerdere circulaire overleggen plaatsgevonden met tal van projectleden uit verschillende disciplines.

Als eerste indicatie om de haalbaarheid van de duurzaamheidsdoelstellingen voor 2030 inzichtelijk te maken is een set met circulaire bouwstenen ontwikkeld. Deze bouwstenen zijn ontwikkeld door een longlist aan kansen te verzamelen en deze (waar mogelijk) projectspecifiek te kwantificeren. Vervolgens zijn uit deze longlist de circulaire bouwstenen gefilterd die zijn meegegeven aan het projectteam om zo in de planuitwerkingsfase een circulair ontwerp te maken en te onderzoeken of de duurzaamheidsdoelstellingen voor 2030 daadwerkelijk haalbaar zijn.

Afbeelding 2.2 Schematische weergave opzet Circulair Schaduwontwerp



Spelregels Circulair Schaduwontwerp

De spelregels tijdens het Circulair Schaduwontwerp waren als volgt:

- gericht op een maximaal circulair resultaat voor de gebiedsontwikkeling van de Grebbedijk;
- out-of-the-box: (nog) geen rekening houden met bestaande wet- en regelgeving;
- levenscyclus benadering: maatregelen in het ontwerp, contract, realisatie, beheer en onderhoud;
- per bouwsteen inzicht in impact op circulariteit en projectimpact (kosten, planning en risico's);
- integrale beoordeling en afweging op haalbaarheid (technisch, juridisch en financieel) en ten opzichte van andere thema's en ambities vindt plaats in het reguliere ontwerpproces;
- aanvullend onderzoek naar aanleiding van bouwstenen vindt plaats tijdens de Planuitwerkingsfase.

Uitkomsten Circulair Schaduwwontwerp: circulaire bouwstenen

De uitkomst van het Circulair Schaduwwontwerp is een set circulaire bouwstenen die zijn meegenomen in de planuitwerkingsfase. In het Circulair Schaduwwontwerp zijn een veertigtal circulaire bouwstenen beschouwd, daarvan zijn tien bouwstenen meegegeven aan het ontwerpteam om mee te nemen in de planuitwerking. Tabel 2.1 toont de meegegeven bouwstenen. Met de implementatie van deze tien bouwstenen werd geschat dat de MKI-waarde van het VKA 2022 met 40 % kon worden gereduceerd. Deze 40 % is daarom opgenomen als (zacht) projectdoel t.a.v. de milieu-impact van het werk in de planuitwerking.

Tabel 2.1 Overzicht circulaire bouwstenen die aan het projectteam zijn meegegeven bij start van de ontwerpoptimalisatie in de planuitwerking

ID	Omschrijving circulaire bouwsteen
1	toepassing van een alternatieve pipingoplossing die beter scoort op MKI
2	grondgestuurd ontwerpen zodat gebiedseigen grond wordt toegepast en minder grond aan- en afgevoerd hoeft te worden
3	tijdens de realisatiefase enkel natuurlijke zetting accepteren in plaats van actief zetting versnellen
4	de ontwerplevensduur van projectonderdelen locatiespecifiek maken, zodat bestaande constructies met een lange restlevensduur niet vervangen hoeven te worden
5	een minder dikke kleilaag hanteren op het buitentalud in het landelijk gebied, om aanvoer van primaire klei te reduceren
6	onverankerde damwanden toepassen in het stedelijk gebied, zodat deze in de toekomst beter losmaakbaar en herbruikbaar zijn en verlies van anker materiaal wordt voorkomen
7	de kademuur bij de Kop van de Haven (ter plaatse van het Nude) niet vervangen, dit bespaart materiaal
8	stabiliteitsoplossingen in grond uitvoeren om (stalen) damwandconstructies te voorkomen, bij o.a. maatwerklocaties in het landelijk gebied, het dijktracé ter hoogte van de Kop van de Haven en in het gehele stedelijk gebied
9	optimaliseer de locatie van de KRW-geul om te voorkomen dat een pipingopgave ontstaat op locaties waar grond uit de uiterwaarden wordt gewonnen
10	tijdens de uitvoering materialen aan- en afvoeren via een kade, dit bespaart CO ₂ -emissie ten opzichte van transport over de weg

2.2.1 Duurzaamheid in ontwerpproces

Circulariteit en milieu-impact zijn na het Circulair Schaduwwontwerp als integrale discipline meegenomen in het ontwerpproces van de planuitwerking. Zo is circulariteit meegewogen tijdens de integrale ontwerpoverleggen waarbij afgevaardigden van verschillende relevante disciplines ontwerpafwegingen verder uitwerkten. Ook wanneer ontwerpafwegingen werden behandeld die niet direct een relatie met duurzaamheid hadden, is voorafgaand aan het ontwerpoverleg contact geweest tussen de technisch manager en de duurzaamheidsspecialist. Op deze manier is duurzaamheid iedere keer meegewogen wanneer beslissingen werden gemaakt. Waar mogelijk zijn de effecten van een beslissing gekwantificeerd. Ook na voltooiing van de integrale ontwerpoverleggen en bij wisseling van projectleden zijn de kansrijke circulaire bouwstenen steeds opnieuw in het proces geborgd.

Tegen het eind van de planuitwerking zijn opnieuw de duurzaamheidsindicatoren voor het project berekend. Omwille van de projectplanning is niet gewacht met het opstellen van deze duurzaamheidsrapportage tot het einde van de planuitwerking. Het is mogelijk dat (beperkt) ontwerpwijziging voordoen na het schrijven van deze rapportage. Het is niet verwacht dat deze wijzigingen de MKI-resultaten van de planuitwerking in grote mate zullen beïnvloeden. Daarom worden deze resultaten representatief geacht voor de afronding van de planuitwerking. Hoofdstuk 3 gaat hier verder op in.

2.2.2 Duurzaamheid als onderdeel van de contractvorming

Het is van groot belang dat ook in de vervolgfase van de gebiedsontwikkeling aandacht wordt besteed aan de verdere verduurzaming van het ontwerp, de inkoop en het uiteindelijke werk op de bouwplaats. Echter, in deze rapportage wordt niet verder ingegaan op de invulling van duurzaamheid tijdens de aanbesteding en uitvoering. Wel zijn expliciet kansen ten aanzien van duurzaamheid in verdere fasen opgenomen in dit rapport, zie hoofdstuk 4.

De wijze waarop duurzaamheid in de aanbesteding wordt beschouwd staat nog niet vast. Er kan bijvoorbeeld kwantitatief (met bijvoorbeeld de milieukostenindicator) of kwalitatief (door bijvoorbeeld een plan van aanpak) op duurzaamheid worden uitgevraagd. Beide hebben voor- en nadelen. De beslissing over de invulling van duurzaamheid in volgende fasen wordt gemaakt na het opstellen van deze rapportage.

3

VERGELIJKING ONTWERP 2022 EN 2024

Begin 2022 was een voorkeursalternatief (VKA) beschikbaar als startpunt van de planuitwerking en het resultaat van de verkenningsfase van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk. Dit voorkeursalternatief is uitgebreid geanalyseerd in het Circulair Schaduwontwerp, als voorbereiding op de ontwerploops in de planuitwerking. Het VKA is destijds beoordeeld op basis van drie prestatieindicatoren voor duurzaamheid: MKI (en daarmee CO₂), MCI en CPI. Nu ligt er een ander ontwerp dan twee jaar geleden.

Dit hoofdstuk presenteert een herberekening van de drie prestatieindicatoren voor het huidige ontwerp (maart 2024) en vergelijkt deze met het VKA. Daarnaast worden de resultaten van het huidige ontwerp aan de projectdoelstellingen gespiegeld.

Hoofdstuk 3 is opgedeeld in zes paragrafen. Achtereenvolgend gaan deze in op;

- de waarden van de prestatieindicatoren bij start en afronding van de planuitwerking;
- de verschillen tussen de ontwerpen;
- de milieukostenindicator;
- de materiaal circulariteitsindex en de hoeveelheid benodigd primair materiaal;
- de circulaire peiler index; en
- het materiaalpaspoort.

3.1 Overzicht prestatieindicatoren bij start en afronding planuitwerking

Tabel 3.1 toont de prestatieindicatoren voor het VKA, het ontwerp in 2024 en de projectdoelstelling. De milieu-impact van het ontwerp in 2024 is met 17 % afgenomen ten opzichte van het VKA. De beoogde reductie van 40 % is hiermee niet gehaald. Er zijn veel stalen damwanden uit het ontwerp gehaald, dit is positief voor de MKI. Het (maai)beheeroppervlak is in meer detail bekend en neemt toe, dit is negatief voor de MKI. Het gebruik van primair materiaal is toegenomen in het ontwerp van 2024. In plaats van een reductie van 50 %, neemt het gebruik van primair materiaal met 80 % toe. Dit komt hoofdzakelijk doordat de milieuhygiënische kwaliteit van de grond in de uiterwaarden tegenvalt, en daardoor meer verplaatsing van grond nodig is. De inspanning van het project om duurzaam te werken is verder vergroot. De CPI is met 10 punten toegenomen. Dit komt voornamelijk doordat meer aandacht wordt besteed aan het opstellen en vullen van een materiaalpaspoort.

Tabel 3.1 Duurzame prestatieindicatoren bij start en afronding van de planuitwerking inclusief projectdoelstelling voor de planuitwerkingsfase

Indicator	VKA	Projectdoelstelling	Ontwerp 2024	Behaald resultaat
Milieu-impact				
- MKI	4,0 mln euro MKI	40 % reductie	3,3 mln euro MKI	17 % reductie
- CO ₂ -eq emissies	32,8 mln kg	40 % reductie	28,7 mln kg	13 % reductie
Circulariteit				
- MCI	grond: 91 % constructies: 93 %	n.v.t.	grond: 83 % constructies: 93 %	n.v.t.
- Primair materiaalgebruik	grond: 190 kton constructies: 27 kton	50 % reductie	grond: 368 kton constructies: 24 kton	80 % toename
Projectinspanning				
- CPI	63 punten	>90 punten	73 punten	+10 punten

3.2 Verschillen tussen de ontwerpen

De volgende paragrafen lichten de verschillen tussen het VKA en het ontwerp in maart 2024 toe.

Ontwerponderdelen voorkeursalternatief 2022

Het VKA ging uit van een groene grondrijk met (staal)constructies bij maatwerklocaties zoals op- en afritten en plekken waar bebouwing dichtbij de dijk staat. Ook werd een cultuurhistorisch verdedigingswerk in ere hersteld. Uitgangspunt was dat de benodigde grond en klei zoveel mogelijk lokaal uit de KRW-geul gewonnen konden worden. Ook werd een ecologische verbindingzone en de ontwikkeling van leefgebieden voor verschillende lokale flora en fauna voorzien. De weginfrastructuur binnen het gehele dijktracé, dus zowel in landelijk als stedelijk gebied en rond het Nude, werd opnieuw aangelegd.

De volgende onderdelen van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk waren in scope van het VKA:

- de renovatie van de dijk in het landelijk en stedelijk gebied;
- het herstel van het hoornwerk tussen Rhenen en Wageningen;
- het aan- en afvoeren van zand, klei en teelaarde ter sluiting van de grondbalans;
- de vernieuwing van infrastructuur (autoweg en fietspad) op de dijk en ter hoogte van het Nude;
- de aanleg van een buitendijks geulgebied vanaf de dijkteen aan de buitenzijde tot aan de zomerdijk;
- de ontwikkeling van oobos, Kamsalamanderpoelen en een ecologische verbindingzone;
- de aanleg van een buitendijkse zwemplas;
- onderhoud en beheer aan de graszode op de dijk.

Ontwerponderdelen ontwerp maart 2024

Het huidige ontwerp bevat grotendeels dezelfde onderdelen, met uitzondering van de zwemplas. Deze is niet langer onderdeel van het ontwerp. De vormgeving en maatvoering van de onderdelen verschilt echter wel. De volgende paragrafen lichten de verschillen op hoofdlijnen toe.

De doorsnedeprofielen voor de dijk in het landelijk en stedelijk gebied zijn veranderd. In het landelijk gebied is bijvoorbeeld de getrapte kruin geen onderdeel meer van het ontwerp, waardoor minder grond nodig is. Ook hoeft de dijk niet meer te worden verhoogd, waardoor bijvoorbeeld de kistdam in het hoornwerk behouden kan blijven en wederom minder grond nodig is. Het hoornwerk zelf is uit het projectbesluit en MER gehaald, maar blijft wel onderdeel van het project en deze duurzaamheidsanalyse. In het stedelijk gebied ging het VKA uit van een getrapte kruin. Na verschillende ontwerpafwegingen is gekozen de getrapte in het stedelijk gebied te behouden.

Bestaande langsconstructies (stalen damwanden) zijn nader onderzocht waarbij is geconstateerd dat geen ondersteunende maatregelen, zoals het plaatsen van extra ankers, hoeven te worden genomen.

Ook is inspanning geleverd om zoveel mogelijk stalen damwanden uit het ontwerp te halen en in plaats daarvan met grond te ontwerpen. Voor pipingmaatregelen worden in het huidige ontwerp kunststof heaveschermen overwogen. In het VKA werd destijds uitgegaan van stalen damwanden. De finale keuze met betrekking tot pipingmaatregelen wordt in de uitvoeringsfase genomen. De toepassing van een grof zand barrière is dus nog mogelijk.

In de andere onderdelen van het ontwerp zijn wijzigingen kleiner van aard. Zo wordt het wegontwerp verder uitgewerkt, maar gaat men nog steeds uit van volledige vernieuwing van de wegconstructies. De aanleg van de buitendijkse KRW-geul blijft onderdeel van het huidige ontwerp, al is de ligging en vormgeving nader uitgewerkt. Ook is meer bekend over verontreinigingen in de grond ter plaatse van de KRW-geul, wat de hergebruikpotentie van vrijkomende klei negatief beïnvloedt.

3.3 Milieukostenindicator

Zoals in hoofdstuk 2 toegelicht, betreffen de duurzaamheidsdoelen van de projectpartners en het HWBP een reductie van de klimaatimpact (CO₂-emissies) en primair materiaalgebruik. Bij start van de planuitwerking zijn prestatieindicatoren gekozen waarmee de duurzaamheid van de gebiedsontwikkeling kwantitatief wordt uitgedrukt. De milieukostenindicator (MKI) is één van deze indicatoren en beschouwd onder andere de klimaatimpact. Aanvullend beschouwd de MKI ook andere milieueffecten, zoals uitputting van grondstoffen, uitstoot van fijnstof en verzuring.

Toelichting levenscyclusanalyse en de milieukostenindicator

Een levenscyclusanalyse beschouwt de milieueffecten over de gehele levensduur van een object of product, van materiaalproductie tot afvalverwerking. Hierdoor ontstaat een compleet beeld van de milieueffecten van de gebiedsontwikkeling en worden ook milieueffecten die buiten de projectgrenzen plaatsvinden meegewogen in het ontwerp. De MKI is een veelgebruikte eenheid voor levenscyclusanalyses.

Analyseperiode

De gehanteerde analyseperiode voor de levenscyclusanalyse is 100 jaar. Dit betekent dat zowel de materialen bij aanleg worden beschouwd, maar bijvoorbeeld ook vervanging van materialen ten behoeve van onderhoud en het (maai)beheer in de komende 100 jaar.

DuboCalc in dijkversterkingen (HWBP)

De MKI-berekeningen voor de Grebbedijk zijn uitgevoerd met de HWBP-objectenbibliotheek in DuboCalc 6.0. DuboCalc is een rekenprogramma waarmee de milieu-impact van ontwerpen kwantitatief kan worden bepaald. Het is één van de tools uit de Aanpak Duurzaam GWW.

Voor dijkversterkingen heeft het HWBP, in samenwerking met Royal Haskoning DHV en Waterschap Rivierenland, de handreiking 'DuboCalc in dijkversterkingsprojecten' opgesteld¹ en een aparte bibliotheek met milieuverklaringen voor dijkversterkingen beschikbaar gemaakt. In deze handreiking worden bouwstenen toegelicht waarmee de milieu-impact van een dijkversterking kan worden berekend. De handreiking legt uitgangspunten vast waardoor op een uniforme manier wordt gewerkt, en dijkversterkingen binnen Nederland onderling vergeleken kunnen worden.

¹ Handreiking 'DuboCalc in dijkversterkingsprojecten' - voor de verkennings- en planuitwerkingsfase (HWBP, 2021). Beschikbaar via: https://www.hwbp.nl/binaries/hoogwaterbeschermingsprogramma/documenten/handreikingen/2021/11/26/handreiking-dubocalc-in-dijkversterkingen/Handreiking+DuboCalc+in+dijkversterkingen_V2.2+24-11-2021.pdf.

3.3.1 Vergelijkingen met MKI

Er zijn drie MKI-berekeningen uitgevoerd voor de gebiedsontwikkeling Grebbedijk. Hiermee worden twee vergelijkingen gemaakt, met als doel de verschillen tussen de milieueffecten van het VKA en het huidige ontwerp toe te lichten. Tabel 3.2 toont de vergelijkingen die in dit rapport worden uitgelicht.

Tabel 3.2 Vergelijking van de verschillende MKI's

Database	MKI VKA (in miljoen MKI)	MKI huidig ontwerp (in miljoen MKI)
DuboCalc in dijkversterkingen (HWBP) Bibliotheekversie: maart 2022	4,0	3,3
DuboCalc in dijkversterkingen (HWBP) Bibliotheekversie: maart 2024	-	3,3

Vergelijking tussen ontwerphoeveelheden en materiaalkeuze

De eerste vergelijking duidt het verschil tussen de milieueffecten van de twee ontwerpen. De verschillen in MKI zijn toe te schrijven aan de inspanning van het project. Om de ontwerpen zuiver op basis van materiaalkeuze en hoeveelheden (ontwerptimalisatie) te vergelijken, wordt gebruik gemaakt van dezelfde HWBP-objectenbibliotheek en bibliotheekversie als voor het VKA is gehanteerd. Tabel 3.2 toont deze vergelijking als de blauwe pijl.

Vergelijking tussen bibliotheekversies

De tweede vergelijking duidt het verschil in MKI tussen de DuboCalc bibliotheekversies van 2022 en 2024. Het uitvoeren van levenscyclusanalyses in dijkversterkingen is een relatief recente ontwikkeling en het werkveld ontwikkelt zich snel. Databases worden constant verbeterd en geüpdatet. Het project heeft geen invloed op de verschillen in MKI die dit oplevert. Om het effect van deze ontwikkeling te tonen wordt dit als aparte vergelijking toegelicht. Tabel 3.2 toont deze vergelijking als de groene pijl.

3.3.2 Vergelijking tussen ontwerphoeveelheden en materiaalkeuze

Komende paragrafen lichten de zwaartepunten in MKI toe voor het VKA en het ontwerp van maart 2024, gevolgd door een toelichting van de verschillen.

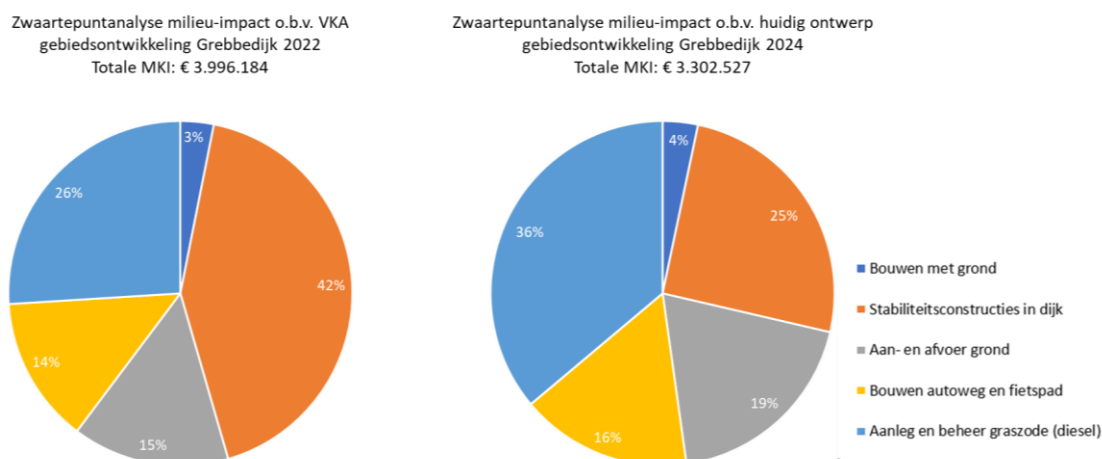
Zwaartepunten in MKI van het voorkeursalternatief uit 2022

De MKI berekening van het VKA resulteerde in 2022 in een waarde van ~4,0 miljoen euro MKI. De uitgangspunten van de berekening staan verder beschreven in de rapportage over het Circulaire Schaduwontwerp en in bijlage V van de rapportage over de Circulaire Peiler¹. In Afbeelding 3.1 staan twee taartdiagrammen die het aandeel van vijf type werkzaamheden presenteren, uitgedrukt in MKI. In Tabel 3.3 staan de absolute waarden van de twee MKI berekeningen en diens verschil afgebeeld.

In Afbeelding 3.1 toont het linker diagram de MKI berekening van het VKA. Hier is te zien dat 42 % van de milieu-impact gerelateerd was aan de stabiliteitsconstructies in de dijk. Een ander groot aandeel (26 %) is toe te wijden aan de aanleg en het beheer van de graszode. Het aan- en afvoeren van grond heeft een aandeel van 15 % en het bouwen van de autoweg en fietspad van 14 %. Met 3 % heeft het bouwen met grond maar een klein aandeel in de totale MKI.

¹ 124281-2.4.1-22-009.261-rapc01-Circulaire Peiler (Waterschap Vallei en Veluwe, 2022).

Afbeelding 3.1 Zwaartepuntanalyse voor het VKA en het huidige ontwerp van de planuitwerkingsfase



Tabel 3.3 Vergelijking tussen het VKA en het huidige ontwerp in MKI

	MKI VKA 2022	MKI huidig ontwerp 2024	Absolute verandering in MKI	Procentuele verandering in MKI
bouwen met grond	123.526	109.394	-14.132	-11 %
stabiliteitsconstructies in dijk	1.672.517	835.565	-836.861	-50 %
aan- en afvoer grond	582.400	632.745	50.345	9 %
bouwen autoweg en fietspad	542.645	532.215	-10.431	-2 %
aanleg en beheer graszode	1.025.577	1.192.517	166.941	16 %
totaal	3.996.184	3.302.527	-693.657	-17 %

Zwaartepunten in MKI van het ontwerp in 2024

De MKI berekening van het huidige ontwerp van de planuitwerkingsfase resulteert in een waarde van ~3,3 miljoen euro MKI. Dit betekent dat met dezelfde uitgangspunten als de MKI berekening in 2022, de totale MKI met bijna EUR 700.000,00 MKI is afgenomen. Dit is een positieve ontwikkeling die aan het projectteam mag worden toegekend. Bijlage MKI notitie ontwerp maart 2024 toont de onderbouwing van de MKI-berekening.

In Afbeelding 3.1 staat rechts het aandeel in MKI per categorie voor het ontwerp van 2024 gepresenteerd. Hier is te zien dat opnieuw het grootste deel van de MKI afkomstig is uit de stabiliteitsconstructies en de aanleg en het beheer van de graszode. Het aanleggen en het beheren van de graszode hebben het grootste effect op de MKI, namelijk met 36 %. Daarnaast is te zien dat de stabiliteitsconstructies verantwoordelijk zijn voor een kwart van de totale MKI. Van de totale MKI is 19 % afkomstig van de aan- en afvoer van grond en 16 % voor het bouwen van de autoweg en het fietspad. Met 4 % heeft het bouwen met grond wederom een klein aandeel in de totale MKI.

Scopeafbakening ontwerp maart 2024

De milieuprofielen die zijn opgesteld door het HWBP voor dijkversterkingen in de planuitwerkingsfase zijn opnieuw gebruikt voor de MKI-berekening van het huidige ontwerp om de vergelijking zo zuiver mogelijk te kunnen maken. Er is in de analyse uitgegaan van het ontwerp zoals beschikbaar in maart 2024. Er is echter nog geen sprake van een definitief ontwerp. Dit betekent dat de resultaten nog zullen veranderen naarmate de uitwerking van ontwerp vordert.

Vergelijking tussen ontwerpen

Uit de twee MKI berekeningen is te zien dat een reductie van EUR ~700.000,00 MKI is behaald. In Tabel 3.3 zijn de veranderingen in MKI per categorie gepresenteerd. Deze veranderingen zijn deels te verklaren door de ontwerpadviezen die volgden uit het VKA. Zo is op basis van de MKI berekening van het VKA het advies gegeven minder stalen damwanden te gebruiken in het ontwerp. Dit kon gerealiseerd worden door meer te werken met grond. Dit advies is toegepast in het ontwerp, wat heeft geleid tot een significante reductie in het aantal strekkende meters stalen damwand. Dit heeft een absolute reductie van ruim EUR 800.000,00 MKI veroorzaakt binnen de stabiliteitsconstructies van de dijk. Dit komt overeen met een relatieve afname van 50 %.

Echter is er ook een toename te zien in Tabel 3.3. Zo is er een toename in het aan- en afvoeren van grond en in het beheer en onderhoud van de graszode. Door het aantreffen van grondverontreiniging in het projectgebied leidt het gebruik van lokale grond tot grotere materiaalstromen dan in het VKA werd aangenomen. Dit heeft geresulteerd in een toename van EUR ~50.000,00 MKI in de aan- en afvoer van grond. Relatief gezien is dit een toename van 9 %.

Daarnaast is de MKI voor het onderhoud van de graszode met EUR ~170.000,00 MKI toegenomen. Dit komt doordat het grasoppervlak verder is uitgewerkt en is toegenomen. Dit houdt in dat de MKI met 16 % is toegenomen. Het waargenomen verschil is dus niet veroorzaakt door ontwerpkeuzes in de planuitwerkingsfase maar door beter inzicht in de beheeropgave. Wel valt er te concluderen dat het onderhoud een grote bijdrage levert aan de totale MKI.

De ontwerpwijzigingen resulteren in een totale afname van ongeveer EUR 700.000,00 MKI, oftewel een afname van 17 %. Dit betekent dat de doelstelling om de MKI met 40 % te reduceren, in de planuitwerking niet wordt behaald. Terwijl voor de stabiliteitsconstructies een afname van 50 % is gerealiseerd, zijn voor meeste andere onderdelen geen grote reducties teweeggebracht. Door bijvoorbeeld PFAS vervuilingen leidt het hergebruik van vrijkomende grond en klei tot grotere grondstromen. Het is echter wel mogelijk om de reductiedoelstelling van 40 % in de volgende projectfase te halen. In hoofdstuk 4 staan de kansen om de MKI verder te verlagen beschreven.

3.3.3 Vergelijking tussen bibliotheekversies

De HWBP-objectenbibliotheek voor dijkversterkingen maakt gebruik van milieuprofielen uit de Nationale Milieudatabase. Deze milieuprofielen veranderen over tijd, bijvoorbeeld door nieuwe inzichten in bouw- of productieprocessen, het wijzigen van uitgangspunten of in achterliggende data. De HWBP-objectenbibliotheek update niet automatisch mee. Het verwijst nog naar dezelfde milieuprofielen, met de MKI-waarden uit 2021. Om veranderingen in de tijd inzichtelijk te maken, is de MKI-berekening nogmaals uitgevoerd met geüpdatete MKI-waarden en achtergrondprocessen.

Tabel 3.4 toont de uitkomsten van beide berekeningen. Netto is het verschil in MKI zeer beperkt, ongeveer EUR 7.000,00 MKI. Bruto is het verschil groter, ongeveer EUR 68.000,00 MKI. Op een MKI-totaal van meerdere miljoenen is dit verschil in de orde grootte van een procent en daarmee ruim binnen de onzekerheidsmarge van de MKI-berekening.

Tabel 3.4 Vergelijking tussen de achtergrondprocessen uit 2022 en 2024 op basis van het huidig ontwerp in MKI

	MKI met achtergrondprocessen uit 2022	MKI met achtergrondprocessen uit 2024	Absolute verandering in MKI	Procentuele verandering in MKI
bouwen met grond	109.695	109.394	-301	0 %
stabiliteitsconstructies in dijk	800.989	835.656	34.666	-3 %
aan- en afvoer grond	629.883	632.745	2.862	0 %
bouwen autoweg en fietspad	562.261	532.215	-30.047	6 %
aanleg en beheer graszode (diesel)	1.192.517	1.192.517	0	0 %
totaal	3.302.527	3.295.347	-7.180	0 %

De stabiliteitsconstructies in de dijk en het bouwen van de autoweg en het fietspad zijn de grootste veranderingen ondergaan. Dit is te verklaren door de veranderingen in de scope van sommige achtergrondprocessen van de NMD. Zo zijn aan sommige milieuprofielen nieuwe levensfasen toegevoegd die in 2021 niet in scope waren. Ook zijn er voor enkele milieuverklaringen wijzigingen in de MKI-waarde van een levensfase. Dit maakt dat de totale MKI van hetzelfde product anders kan zijn dan oorspronkelijk was bedoeld.

Updaten van de HWBP-objectenbibliotheek

De verschillen leiden in dit project netto tot zeer beperkt verschil in MKI. Het bruto verschil is groter. Het is daarom aan te raden om de HWBP-objectenbibliotheek binnenkort nogmaals te updaten. Naast de wijzigingen in achtergrondprocessen is er een grote verandering op komst, namelijk een wijziging in de rekenregels voor MKI. Momenteel zijn 11 milieu-categorieën onderdeel van de MKI. Dit wordt Set A1 genoemd. Voor Set A1 zijn weegfactoren beschikbaar, waarmee de verschillende milieueffecten worden gewogen om tot een één-punt-score te komen: de MKI.

Vanaf 2025 stapt Nederland over op Set A2, onder andere om beter aan te sluiten bij de LCA-standaarden in Europa. Set A2 bevat 19 milieu-categorieën, met eigen weegfactoren. Door deze veranderingen zullen MKI-resultaten en bijbehorende conclusies veranderen. Een euro MKI uit Set A1 is niet te vergelijken met een euro MKI uit Set A2. Voor al lopende, langdurige projecten kan dit tot verwarring leiden. Het is immers mogelijk dat een andere ontwerp oplossing ineens beter scoort en daarmee voorkeur krijgt. Deze methodewijziging biedt het HWBP daarentegen een mooi moment om de HWBP-objectenbibliotheek te updaten. Met deze update kunnen langlopende projecten een 'toekomstbestendige' MKI-analyse doen, en voorsorteren op de aankomende wijzigingen.

Ontbrekende HWBP objecten

Tijdens het ontwerpproces ontstond behoefte aan inzicht in MKI-waarden die nog niet in de HWBP-objectenbibliotheek staan. Bij een eventuele update van de objectenbibliotheek is waardevol om de volgende processen toe te voegen:

- afvoeren en verwerken van (met PFAS) vervuilde grond;
- verwerken van teerhoudend asfalt;
- baggerwerkzaamheden die met pontons en graafmachines worden uitgevoerd;
- bestaande milieuverklaringen, maar met inzet van elektrisch materieel;
- damwanden uit hergebruikte bron, of vervaardigd uit duurzaam geproduceerd staal;
- legankers;
- opties voor maaibeheer.

3.4 Materiaal circulariteitsindex en primair materiaalgebruik

De materiaal circulariteitsindex (MCI) en benodigde hoeveelheid primair materiaal geven inzicht in de mate van circulariteit van de materialen in scope van de gebiedsontwikkeling. De keuze om deze indicatoren in het project mee te nemen volgen uit de duurzaamheidsdoelstelling van verschillende procespartners om in 2030 gebruik van primair materiaal met 50 % te reduceren ten opzichte van 1990. De MCI wordt dus gebruikt om het project ten aanzien van deze duurzaamheidsdoelstelling te monitoren. De MCI beschouwd herkomst van materiaal en de mogelijkheden voor hergebruik of recycling bij eindelevensduur.

Toelichting MCI-waarde en materiaalstromenanalyse

De MCI is een verhoudingsgetal uitgedrukt als percentage dat inzicht biedt in de herkomst en bestemming na eindelevensduur van (constructie)materialen. Een hoge indexwaarde (100 %) kenmerkt een hoge mate van hergebruik, significant gebruik van hernieuwbare materialen en/of opties voor recycling voor constructiematerialen en grond. Een lage indexwaarde (10 %) kenmerkt het gebruik van grote hoeveelheden primair materiaal of het genereren van grote hoeveelheden afval.

Toelichting herkomst materialen

Voor de herkomst van materialen wordt onderscheid gemaakt in primair materiaal, recycklaat en hergebruik. Primair materiaal is materiaal dat als grondstof uit de aardkorst wordt gewonnen, het heeft nog niet eerder een (bouw)functie of -toepassing gehad. Recycklaat is materiaal dat vanuit recycling opnieuw wordt toegepast. Denk hierbij bijvoorbeeld aan betonpuin dat wordt ingezet als wegfundering, of nieuw asfalt dat is vervaardigd uit oud asfalt. Recycklaat vervangt primair materiaal binnen de productieketen. Hergebruikt materiaal is materiaal dat direct uit een ander project wordt toegepast, zonder dat dit hoeft te worden bewerkt in de productieketen. Denk hierbij bijvoorbeeld aan zandlagen onder een weg.

Voor grond is de herkomst van materiaal minder voor de hand liggend toe te kennen aan primair of hergebruik. Binnen de gebiedsontwikkeling Grebbedijk wordt veel aandacht besteed aan de inzet van gebiedseigen grond. Daarom is voor grond de volgende toewijzing gehanteerd;

- klei, zand en teelaarde afkomstig uit de uiterwaarden in het projectgebied, of dat al aanwezig is in de dijk en opnieuw wordt gebruikt, wordt aangemerkt als hergebruikt materiaal.
- klei, zand en teelaarde dat van buiten het projectgebied moet worden aangevoerd, wordt aangemerkt als primair materiaal.

Toelichting eindelevensduurscenario materialen

Materialen kunnen bij einde levensduur op verschillende manieren worden verwerkt. Wanneer een materiaal met beperkt kwaliteitsverlies makkelijk opnieuw gebruikt/gerecycled kan worden, wordt dat aangegeven met de indicatie 'grondstof'. Denk hierbij aan staalschroot dat gerecycled wordt, of grond waarvan niet wordt verwacht dat de milieuhygiënische kwaliteit afneemt. Voor materialen die opnieuw worden ingezet in een laagwaardige toepassing wordt dat aangegeven met de indicatie 'secundaire bouwstof'. Denk hierbij aan betonpuin dat wordt gebruikt als wegfundering.

Materiaalstromen VKA 2022 en MCI-waarde

Bij aanvang van de planuitwerking is de MCI en de benodigde hoeveelheid primair materiaal voor het VKA berekend. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen grondstromen en constructiematerialen, omdat de massa van deze materiaalstromen in grote significant verschillen. Onder constructiematerialen vallen onder andere de wegconstructie en de langsconstructies (damwanden en pipingmaatregelen). Grondachtige materialen (het zandcunet en granulaatfundering) die onderdeel zijn van de wegconstructie, zijn hierbij opgenomen als constructiematerialen.

Tabel 3.5 toont de massa van de materiaalstromen in het VKA en de MCI-waarden. De materiaalstromen zijn uitgesplitst naar herkomst en bestemming bij eindelevensduur. Voor het VKA was 217 kiloton primair materiaal nodig, zie Afbeelding 3.2 en Afbeelding 3.3, waaraan voornamelijk klei en asfalt een grote bijdrage hebben. In totaal was 725 kiloton materiaal nodig om het ontwerp te realiseren. Bij einde levensduur kon het merendeel van dit materiaal opnieuw worden ingezet als grondstof. De MCI-waarde voor grondstromen in het VKA 2022 is 91 %, voor constructiematerialen is dit 93 %.

In het VKA zijn, met de kennis van nu, relatief gunstige uitgangspunten gehanteerd voor de bestemming van materialen bij einde levensduur. Zo werd, met de kennis van toen, bijvoorbeeld aangenomen dat alle toegepaste klei, zand en teelaarde opnieuw kon worden ingezet als grondstof. Deze aanname blijkt in de praktijk weerbarstig. Er zijn gedurende de planuitwerking verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de milieuhygiënische en civieltechnische kwaliteit van de aanwezige grond en er is een grondstromenplan opgesteld. Uit deze onderzoeken blijkt dat veel grond in het projectgebied verontreinigen bevat. De grond is dan niet meer opnieuw als grondstof inzetbaar.

Materiaalstromen ontwerp 2024 en MCI-waarde

De MCI en materiaalstromen zijn ook voor het huidige ontwerp berekend. Hierbij is in de materiaalstroomanalyse het onderscheid tussen grondstromen en constructiematerialen wederom toegepast. Tabel 3.6 toont de massa van de materiaalstromen in het ontwerp van maart 2024 en de MCI-waarden. Afbeelding 3.4 en Afbeelding 3.5 tonen de materiaalstromen uitgesplitst naar herkomst en vervolgsceario.

Materiaalstromen in het ontwerp van maart 2024

In totaal is 1.085 kiloton materiaal nodig om het ontwerp te realiseren. Dit is aanzienlijk meer dan in het VKA 2022 (à 725 kiloton). De reden hiervoor is tweeledig. In het ontwerp van maart 2024 zijn zo min mogelijk damwanden opgenomen, als maatregel om de MKI-waarde van het project te verlagen. In het ontwerp van 2024 is daarom meer grond nodig. Ter illustratie, het grondvolume voor het VKA 2022 was ongeveer 330.000 m³ ten opzichte van een grondvolume van 390.000 m³ in het ontwerp van maart 2024.

De tweede reden is de (tegenvallende) milieuhygiënische kwaliteit van de grond in de uiterwaarden ter plaatse van de KRW-geul. Om de KRW-geul te realiseren en bruikbare klei te oogsten en voor hergebruik binnen het project moet eerst de toplaag worden afgegraven. Deze toplaag is vervuild. De vervuilde grond mag niet weer terug worden geplaatst en moeten worden afgevoerd. Ter illustratie, in totaal moet 310 kiloton grond afgevoerd worden vanwege vervuiling, terwijl in het VKA 2022 werd aangenomen dat alle grond uit de uiterwaarden direct hergebruikt kon worden.

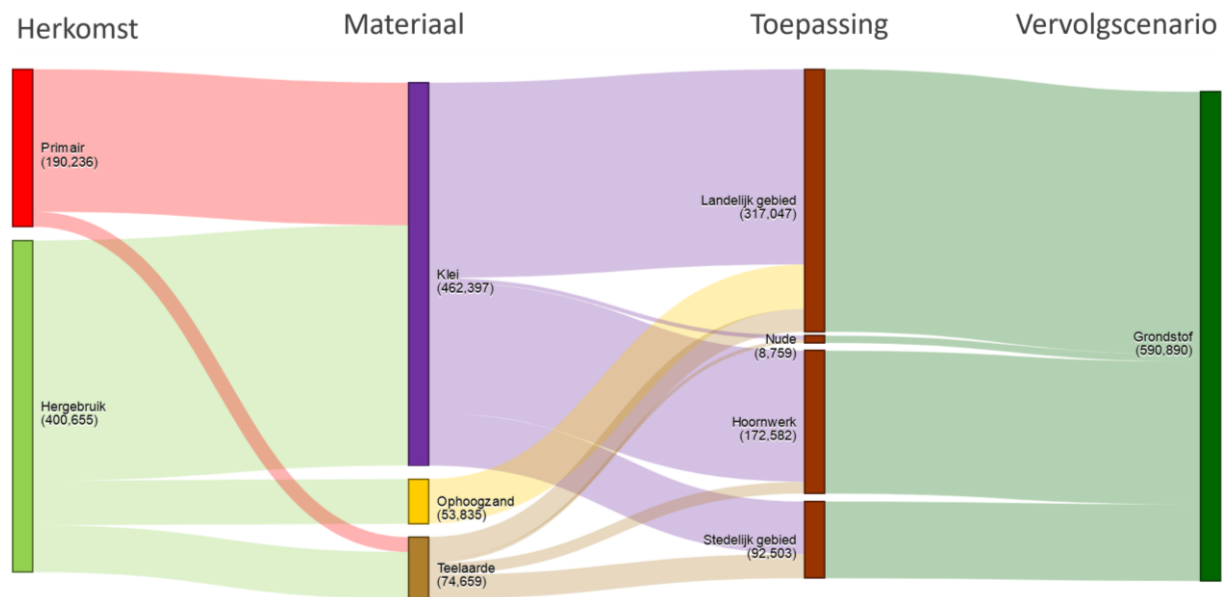
Primair materiaalgebruik en MCI-waarde

Voor het ontwerp is 395 kiloton primair materiaal nodig, waaraan wederom klei en asfalt de grootste bijdragen leveren. Dit is 180 kiloton meer dan bij het VKA 2022 was voorzien, een stijging van bijna 80 %. De MCI-waarde voor grondstromen in het VKA 2022 is 83 %, voor constructiematerialen is dit met 93 % gelijk gebleven. De duurzaamheidsadviezen die aan het projectteam zijn meegegeven om de milieu-impact (MKI-waarde) van de gebiedsontwikkeling te reduceren bijten hier met de doelstelling om de hoeveelheid primair materiaal te minimaliseren.

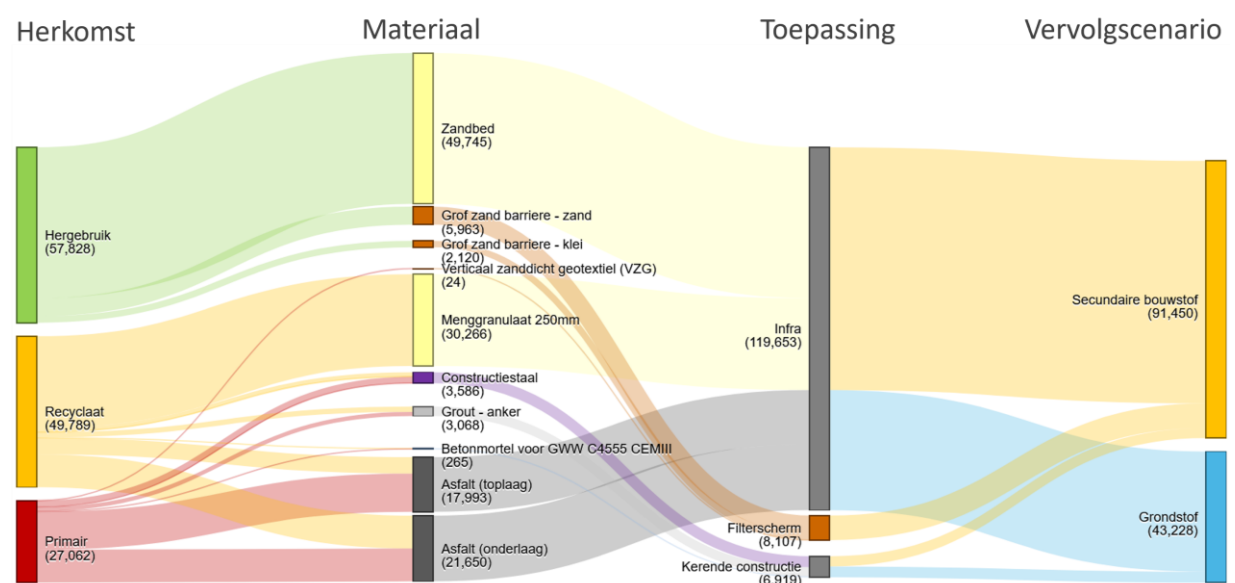
Tabel 3.5 MCI-waarde en massastromen van voorkeursalternatief 2022, afgerond tot honderden tonnen

	MCI-waarde	Herkomst	Massa (ton)	Eindelevensduurscenario	Massa (ton)
grondstromen	91 %	primair	190.200	grondstof	590.900
		hergebruik	400.700		
constructiematerialen	93 %	primair	27.000	grondstof	43.200
		recyclaat	49.800	secundaire bouwstof	91.500
		hergebruik	57.800		

Afbeelding 3.2 Grondstromen in het VKA van 2022, in ton materiaal, uitgesplitst naar herkomst en vervolgsenario



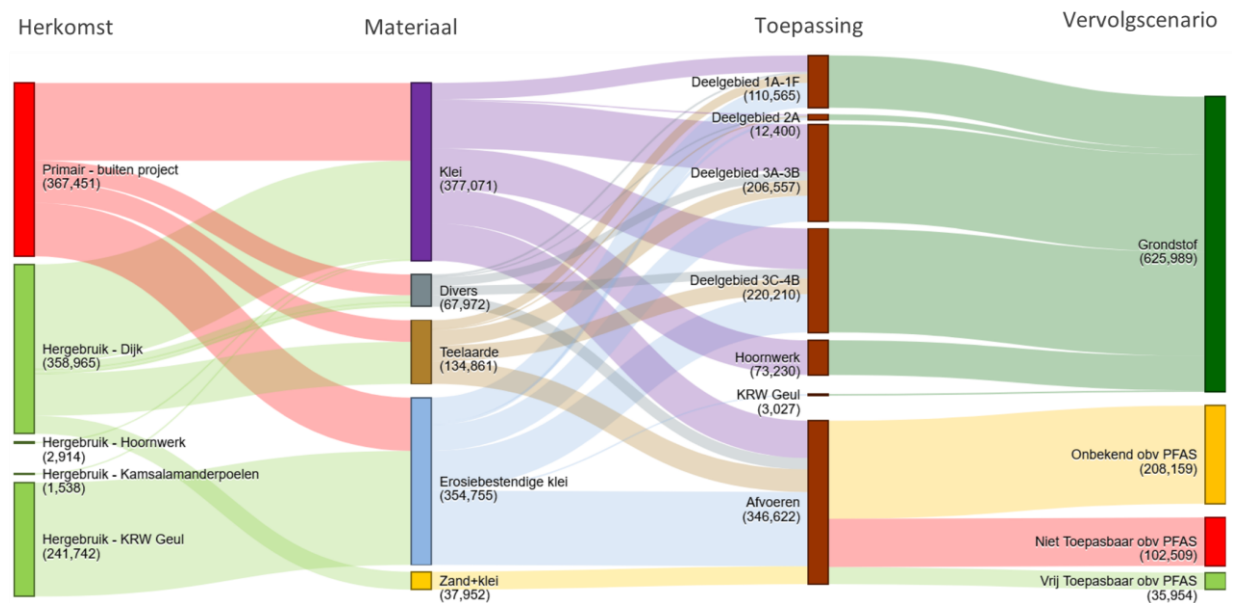
Afbeelding 3.3 Constructiematerialen in het VKA van 2022, in ton materiaal, uitgesplitst naar herkomst en vervolgsenario



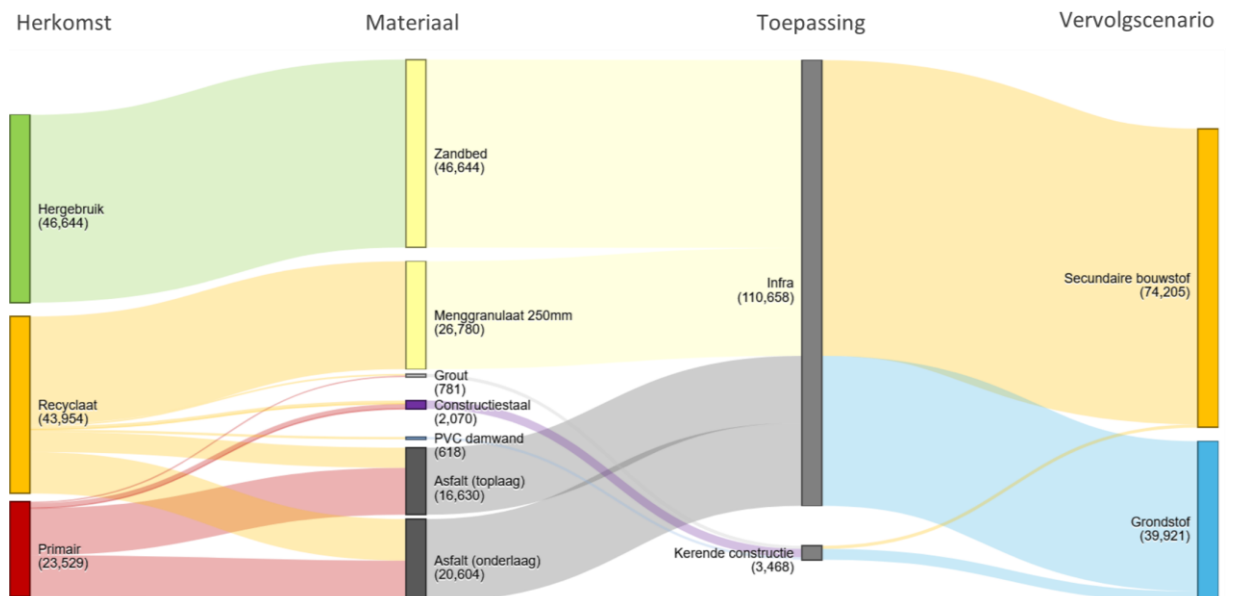
Tabel 3.6 MCI-waarde en massastromen van ontwerp maart 2024, afgerond tot honderden tonnen

	MCI-waarde	Herkomst	Massa (ton)	Eindelevensduurscenario	Massa (ton)
grondstromen	83 %	primair	367.500	grondstof	662.000
		hergebruik	605.200	niet toepasbaar	102.500
				onbekend	208.200
constructiematerialen	93 %	primair	23.500	grondstof	40.000
		recycleat	44.000	secundaire bouwstof	74.200
		hergebruik	46.600		

Afbeelding 3.4 Grondstromen in het ontwerp van maart 2024, in ton materiaal, uitgesplitst naar herkomst en vervolgsceario



Afbeelding 3.5 Constructiematerialen in het ontwerp van maart 2024, in ton materiaal, uitgesplitst naar herkomst en vervolgsceario



3.5 Circulaire Peiler Index

De Circulaire Peiler geeft de inspanning van een project weer ten aanzien van duurzaam werken. Het is een Excel-tool die de inspanning om circulair en duurzaam te werken vertaalt naar een score. Des te meer inspanning wordt geleverd en hoe meer circulaire maatregelen worden uitgewerkt, hoe hoger het peil. Binnen de Grebbedijk wordt de Circulaire Peiler toegepast om ervaring met deze tool op te doen en de duurzaamheidsinspanning van het project te monitoren.

Dit hoofdstuk vergelijkt de Circulaire Peiler Index (CPI) van het ontwerp in maart 2024 met het ontwerp bij start van de planuitwerking, het VKA. Eerst volgt een toelichting op de achtergrond en werking van de tool. Daarna volgen de uitkomsten van de vergelijking.

Achtergrond van de circulaire peiler

Waterschap Vallei en Veluwe heeft in de verkenningsfase het initiatief genomen om het ontwikkelde beoordelingskader circulariteit voor de Grebbedijk door te ontwikkelen richting een algemeen beoordelingskader voor circulariteit. Deze doorontwikkeling heeft geleid tot de 'Circulaire Peiler'. Binnen de planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk wordt praktische ervaring opgedaan met het gebruik van deze tool.

De werking van de circulaire peiler

De basis voor de Circulaire Peiler zijn de acht circulaire ontwerpprincipes van Rijkswaterstaat en Witteveen+Bos. Denk hierbij aan principes als 'Niet doen wat niet echt hoeft', 'Ontwerp toekomstbestendig' en 'Verleng de levensduur van bestaande objecten'. Aan deze circulaire ontwerpprincipes zijn prestaties gekoppeld die een score opleveren op basis van kwalitatieve en kwantitatieve beoordelingen. De tool geeft hierbij aan welke inspanning geleverd moet worden om steeds hoger te scoren.

De Circulaire Peiler is geschikt voor alle fasen van een project: van verkenning tot onderhoud. In elke fase verschilt de weegfactor die aan de circulaire ontwerpprincipes wordt toegekend. In de verkenningsfase zijn de meeste punten te winnen door preventie van materiaalgebruik en het verkleinen van de scope van een project. In latere projectfasen weegt hergebruik van materiaal bijvoorbeeld zwaarder. De peilstok gaat tot 100 punten.

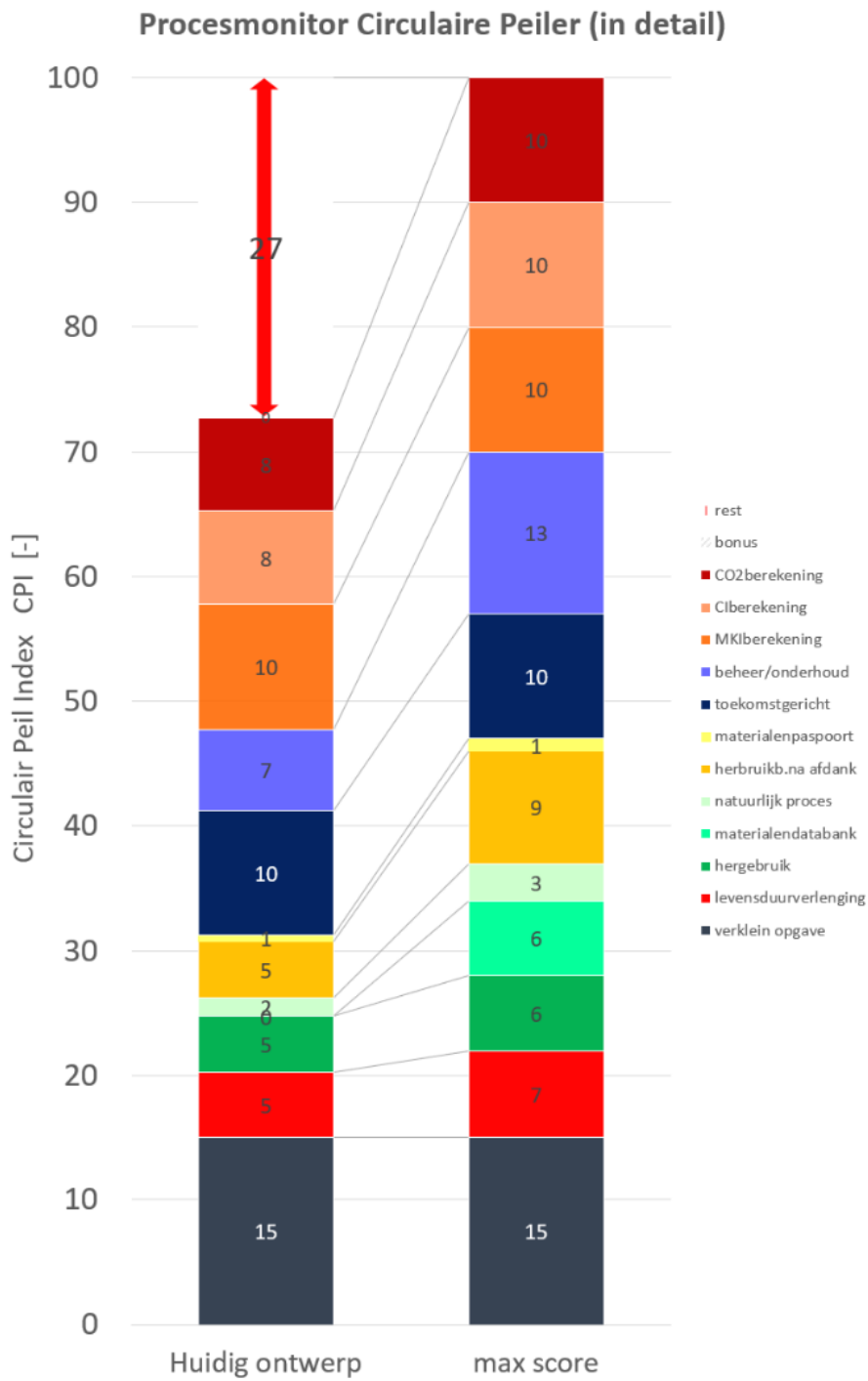
Uitkomst CPI van het ontwerp in maart 2024

De CPI van het ontwerp in maart 2024 is 73 punten. Bij start van de planuitwerking was de score 63 punten. Afbeelding 3.6 toont hoe het ontwerp scoort op de inspanning per circulair ontwerpprincipe. De extra punten zijn toe te wijden aan de inspanning rondom het materialenpaspoort, het verlengen van de levensduur van bestaande constructies en het beschouwen van de losmaakbaarheid van nieuwe langsconstructies.

Voor het verkleinen van de opgave, het uitvoeren van MKI-berekeningen en de toekomstgerichtheid van het ontwerp wordt de maximale score behaald. Dit levert 35 punten op. Door meekoppelkansen, efficiënte oplossingsrichtingen en functionaliteitsverbetering is de originele opgave verkleind. Zo is de hoogteopgave bij het hoornwerk nader onderzocht en niet langer van toepassing. Hierdoor hoeft de bestaande kistdam in de dijk niet vervangen te worden. Ook zijn uitgebreide MKI-analyses uitgevoerd en meegenomen in de ontwerpafwegingen, waardoor de MKI van het project met ongeveer 17 % is afgenomen. Ook is de toekomstbestendigheid van de dijk verbeterd door damwanden uit het ontwerp te weren.

Voor de overige ontwerpprincipes is niet de maximale score behaald. Het raadplegen van materialenbanken voor inzet van hergebruikt materiaal, aanvullende onderzoeken m.b.t. de inzet van natuurlijke processen in het projectgebied (bijvoorbeeld bewust sedimentatie toelaten om materiaal voor een toekomstige dijkversterking te verzamelen) en het verder uitwerken van detaillering van (losmaakbare) verbindingen had nog extra punten op kunnen leveren.

Afbeelding 3.6 Circulaire Peiler Index van het ontwerp in maart 2024



3.6 Materiaalpaspoort

Voor de gebiedsontwikkeling Grebbedijk wordt ervaring opgedaan met materiaalpaspoorten in dijkversterkingen. Binnen de watersector worden materiaalpaspoorten actief ontwikkeld. De ervaring met materiaalpaspoorten in dijkversterkingen is echter nog zeer beperkt. Ook is nog beperkt ervaring met toepassing van grond in materiaalpaspoorten. De beoogde doelen van een materialenpaspoort zijn eenduidig, maar de invulling hiervan in projecten (nog) niet.

Dit hoofdstuk beschrijft beknopt welke afwegingen tot zover zijn gemaakt en welke ervaring binnen de gebiedsontwikkeling Grebbedijk is opgedaan. De notitie Toelichting afwegingen materiaalpaspoort en proefdraaien (2024)¹ gaat verder in op deze afwegingen en de stappen die binnen de planuitwerking verder worden uitgewerkt.

Doel van het materiaalpaspoort

Het doel van het materialenpaspoort voor de Grebbedijk is tweeledig. Het eerste doel is om hergebruik van aanwezige materialen te faciliteren. Hierbij wordt gekeken naar bestaande producten en materialen, en wat daarvan binnen het ontwerp hergebruikt kan worden. Het materialenpaspoort dient hiermee als input voor het definitief- en uitvoeringsontwerp dat in een volgende fase wordt opgesteld. Het tweede doel is om een overzicht te maken van de materialen die bij oplevering in het projectgebied aanwezig zijn. Hiermee is bij de volgende fase in de levenscyclus zoals, beheer, onderhoud en renovatie, de beschikking over een actueel overzicht – het materialenpaspoort - van de materialen en producten die aanwezig zijn in het projectgebied (dijk). Het doel voor de Grebbedijk is ervaring opdoen met de praktische invulling van een materiaalpaspoort in de planuitwerkingsfase van een dijkversterking en de leerlessen hierover te delen met onder andere het HWBP.

Een materiaalpaspoort als informatieoverzicht

Een materiaalpaspoort is een overzicht met materiaal- of productinformatie van een product, gebouw of kunstwerk. Het presenteert welke materialen en producten in een kunstwerk aanwezig zijn en op welke locatie deze zich in een kunstwerk, zoals een dijk, bevinden. Aan een materiaalpaspoort kunnen, naast assetmanagementinformatie, ook verschillende duurzaamheidsindicatoren worden gekoppeld. Op deze manier kan een bedrijf of organisatie het assetmanagement in één overzicht koppelen aan haar duurzaamheidsprestaties.

Een materiaalpaspoort is dus feitelijk een (dynamisch, levend) informatieoverzicht. Een tabel als het ware, met verschillende rijen (een decompositie) en kolommen (informatiekenmerken). Voor de Grebbedijk wordt aangesloten bij een decompositie die al in het project wordt gehanteerd, zie Afbeelding 3.7. De informatiekenmerken zoals weergegeven in Tabel 3.7 worden in het materiaalpaspoort opgenomen. Ook de keuze voor de software waarin een materiaalpaspoort wordt opgesteld bepaalt hoe een materiaalpaspoort wordt gebruikt, maar daar gaat dit rapport niet verder op in.

Vervolgstappen binnen de planuitwerking

Binnen de planuitwerking, tot juli 2024, wordt verder ervaring opgedaan met het toepassen van materiaalpaspoorten in de praktijk. Met de gekozen decompositie en vastgestelde informatiekenmerken wordt gekeken tot welke mate het paspoort in deze fase van het ontwerp kan worden gevuld. We gaan als het ware proefdraaien. Het proefdraaien bestaat op hoofdlijnen uit de volgende vijf stappen:

- 1 het opstellen van een weergaveformat in Excel voor een nader te bepalen dijkvak;
- 2 het vullen van de informatievelen;
- 3 het aanmaken en invoeren van de informatievelen in Relatics;
- 4 het verkennen van mogelijkheden om de informatie te koppelen met een GIS-viewer;
- 5 het delen van ervaringen met HWBP en waterschap Vallei en Veluwe.

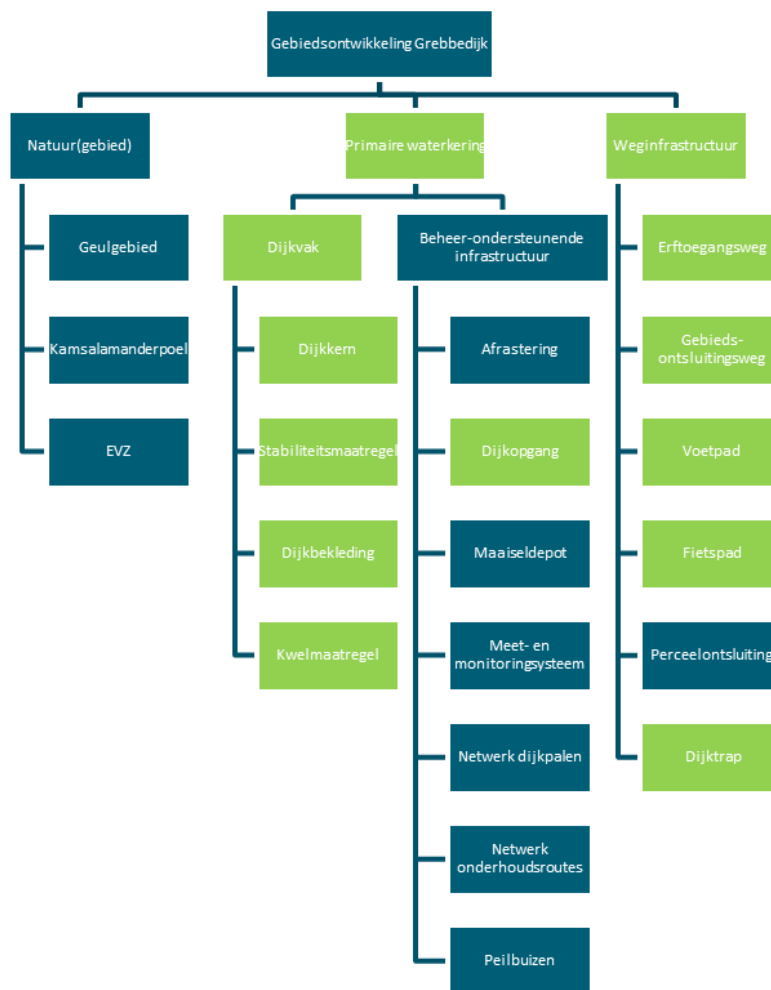
Het project kan de ervaring gebruiken om een materialenpaspoort uit te vragen in de aanbestedingsfase van het project. Het HWBP en het waterschap kunnen de ervaring gebruiken om landelijk uniforme afspraken te maken voor het opstellen van materiaalpaspoorten voor dijkversterkingen.

¹ 124281-2.9_24-006.384_rep_draaft03_Toelichting afwegingen Materiaalpaspoort en proefdraaien (2024). Witteveen+Bos.

Tabel 3.7 Op te nemen informatiekenmerken in het materiaalpaspoort tijdens het proefdraaien

Beheer informatie	Materiaalinformatie Constructiematerialen	Materiaalinformatie Grondachtige materialen	Circulariteitsinformatie
beheerder	ontwerplevensduur	civieltechnische classificatie (lithografische klasse, d-soil parameters)	milieu-impact [MKI]
eigenaar	documentnaam (definitieve) ontwerpberekeningen en -tekeningen	milieuhygiënische classificatie waterbodem en landbodem	klimaatimpact [CO ₂ -eq]
leverancier	massa en volume	massa en volume	inschatting losmaakbaarheid
bouwjaar	productafmetingen en -specificaties	aanwezigheid grondscheidingslagen (geotextielen)	documentnaam demontagehandleiding
	verwachte vervangings-/ onderhoudsdatum	locatie	inschatting toegankelijkheid
	materiaalclassificatie		materiaalherkomst
	locatie		eindelevensduurscenario

Afbeelding 3.7 Decompositie (Objectentypenboom Functievervullers) zoals gehanteerd in Relatics. In groen, onderdelen waarmee in het proefdraaien ervaring kan worden opgedaan



4

KANSEN DUURZAAMHEID IN CONTRACTVORMING EN AANBESTEDING

Dit hoofdstuk beschrijft kansen om de milieu-impact van de Gebiedsontwikkeling Grebbedijk verder te verlagen. Deze kansen kunnen worden meegenomen in de contractvorming, aanbesteding en uitvoering van het project. Eerst, worden de kansen met betrekking tot hergebruiken van grond toelicht en gekwantificeerd. Daarna zijn zowel de kansen omtrent damwanden en elektrisch materieel uitgewerkt. In de toelichting wordt steeds aangegeven welke MKI-reductie verder behaald kan worden bij het verzilveren van de kansen.

4.1 Kansen voor het verlagen van de MKI van grond

Meevallers in de kwaliteit van vrijkomende en aanwezige grond

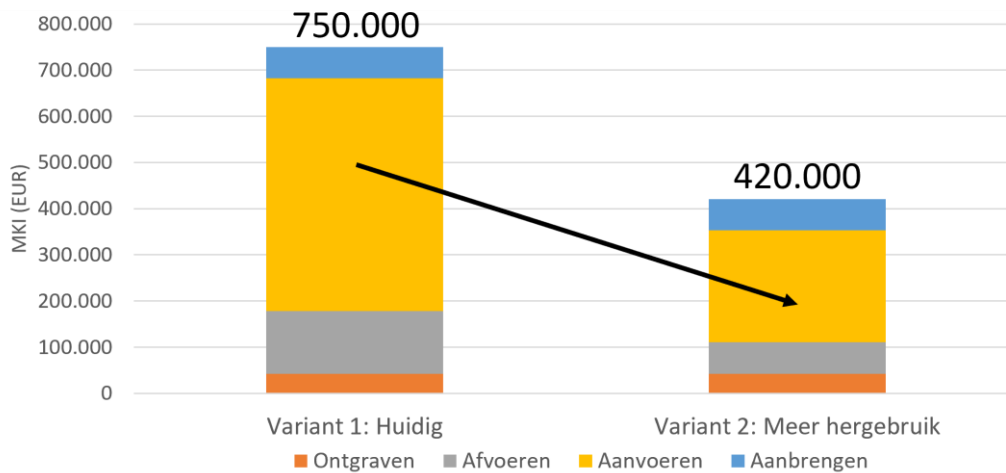
Door meer lokaal hergebruik te realiseren kan de MKI worden verlaagd. Er is dan minder aan- en afvoer van grond nodig. Dit zorgt voor minder transportbewegingen en daarmee een lagere milieu-impact.

Momenteel wordt aangenomen dat 66 % van de totale hoeveelheid ontgraven klei, uit het geulgebied en de bestaande dijk, moet worden afgevoerd. Voor te ontgraven teelaarde is dit 59 %. Deze grond kan niet hergebruikt worden omdat de milieuhygiënische kwaliteit op basis van extrapolatie van huidige metingen niet voldoet. Daarbij wordt de fysische kwaliteit van de klei in de huidige dijk ook verder onderzocht in de hoop dat dit niet vervangen hoeft te worden voor klei van betere kwaliteit. De gehanteerde uitgangspunten in de MKI-berekeningen volgen het grondstromenplan en zijn conservatief. Richting afronding van de planuitwerking en de uitvoeringfase wordt meer gedetailleerd onderzoek uitgevoerd door het ingenieursbureau en de aannemer. Ook is het voorstel gedaan om een (water)bodemkwaliteitskaart op te stellen. Uit deze onderzoeken en (water)bodemkwaliteitskaart kan blijken dat meer grond lokaal mag worden hergebruikt. Het af- en aanvoeren van grond (de som van het gele en grijze vlak in Afbeelding 4.1) resulteert voor het ontwerp van maart 2024 in EUR 630.000 MKI. Dit komt neer op ongeveer 20 % van de totale MKI.

Door meer lokaal hergebruik van grond, wordt de hoeveelheid af en aan te voeren grond verlaagd. Dit heeft tot gevolg dat de milieu-impact van het transport van grond ook lager wordt. Om gevoel te krijgen van een mogelijke reductie staan in Afbeelding 4.1 twee varianten gepresenteerd. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd;

- Variant 1: grondbalans zoals aangehouden in ontwerp maart 2024
 - 66 % afvoer van klei en 59 % afvoer van teelaarde;
- Variant 2: grondbalans met meevallers in de fysische en milieuhygiënische kwaliteit met een hoger aandeel hergebruik dan nu als uitgangspunt is gehanteerd;
 - 33 % afvoer van klei en 30 % afvoer van teelaarde.

Afbeelding 4.1 Variantvergelijking bij meer hergebruik van grond



Uit afbeelding 4.1 is te concluderen dat bij meer hergebruik van vrijkomend grond de MKI wordt verlaagd. Met name de voorkomen aan te voeren grond, resulteert in een reductie in MKI. Waar in variant 1 een MKI van 750.000 behaald wordt is dit in variant 2 nog EUR 420.000,00 MKI. Dit betekent dat bij een halvering van de af te voeren grond een absolute reductie van ongeveer EUR 330.000,00 MKI behaald kan worden. Relatief is dit een afname van ongeveer 10 % van de totale MKI.

4.2 Kansen voor het verlagen van de MKI van damwanden

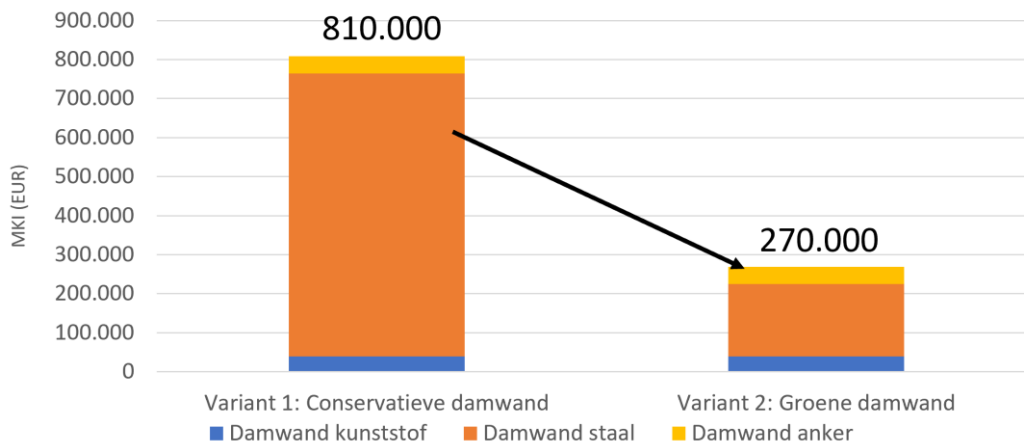
Damwanden van duurzaam geproduceerd staal

Het gebruik van duurzaam geproduceerde damwanden heeft een positief effect op de milieu-impact in vergelijking met traditionele damwanden. In de objectenbibliotheek van het HWBP wordt momenteel uitgegaan van relatief conservatieve uitgangspunten voor de stalen damwanden. Echter kan het gebruik van secundair staal en groene stroom in de productie de milieukosten behoorlijk verlagen. Op dit moment representeren de stabiliteitsconstructies voor 25 % van de totale MKI, met een absolute waarde van ruim EUR 800.000,00 MKI.

Zodra er gebruik gemaakt wordt van een groen geproduceerd staal en een hoger percentage secundair staal neemt de milieu-impact af. In afbeelding 4.2 is de milieu-impact van twee varianten gepresenteerd waarbij de volgende uitgangspunten gehanteerd zijn;

- variant 1: conservatief damwandprofiel zoals aangehouden in de HWBP-objectenbibliotheek:
 - hoog percentage primair staal;
 - productie met fossiele energiedragers.
- variant 2: duurzaam geproduceerd damwandprofiel:
 - hoog percentage secundair (schroot)staal;
 - productie met groene stroom.

Afbeelding 4.2 Variantvergelijking bij het gebruik van groen geproduceerde damwanden



Uit afbeelding 4.2 is te concluderen dat bij het gebruik van groen geproduceerde damwanden met meer secundair (schroot)staal de MKI met EUR ~550.000,00 verlaagd kan worden. Dit komt neer op een reductie van ruim 15 % van de totale MKI. Het gebruik van duurzaam geproduceerde damwanden kan daarmee tot een significante reductie in de milieu-impact van het project leiden.

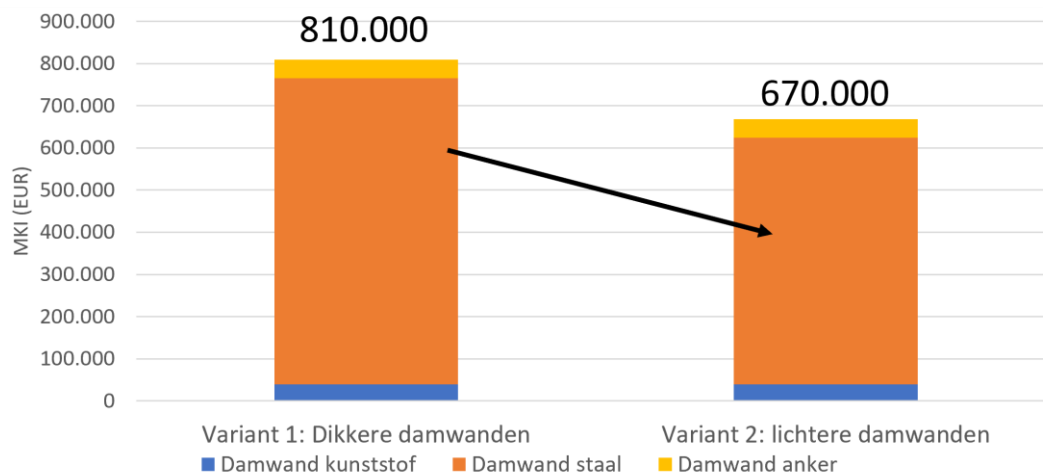
Damwanden aanbrengen door trillen in plaats van drukken

Het drukken van damwanden resulteert in een hogere milieu-impact dan wanneer deze getrild worden. Om overlast voor mens en natuur te verlagen, of om trillingsschade aan nabij gelegen funderingen te voorkomen, kan worden gekozen om damwanden te drukken in plaats van trillen. Echter, om te drukken moet de damwand meer krachten weerstaan wat tot gevolg heeft dat de damwanden dikker ontworpen worden. Dit heeft om zijn beurt een negatief effect op de milieu impact. Op dit moment representeren de stabiliteitsconstructies 25 % van de totale MKI, met een absolute waarde van ruim EUR 800.000,00 MKI.

Wanneer er gekozen zou worden om de damwanden trillend te plaatsen in plaats van drukken kan de MKI verlaagd worden. In Afbeelding 4.3 zijn twee varianten gepresenteerd met de volgende uitgangspunten;

- variant 1: drukken van stalen damwanden:
 - damwanden van het type AZ36-700;
- variant 2: trillen van stalen damwanden:
 - gaat uit van damwanden van het type AZ24-700.

Afbeelding 4.3 Variantvergelijking bij het trillen van damwanden

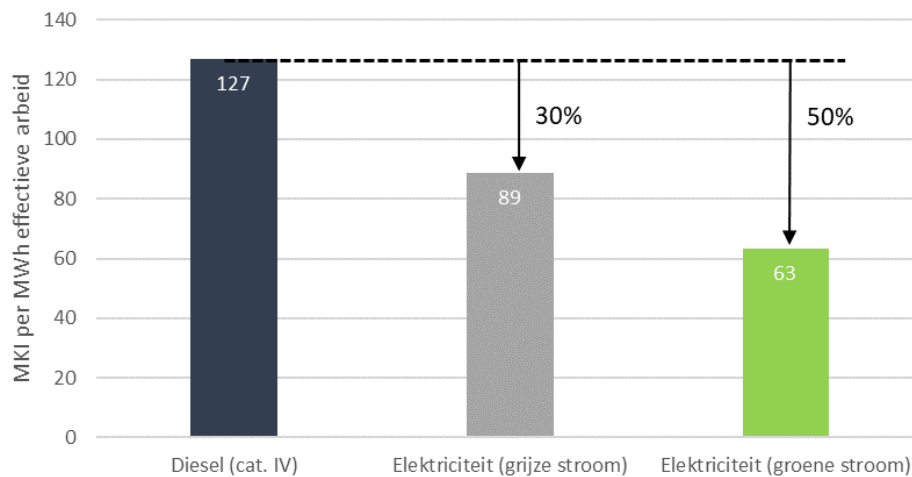


Wanneer de damwanden geplaatst worden door te trillen, kan er een ander type damwand gebruikt worden. Dit type is minder dik en heeft daarmee een minder grote milieu-impact. Bij het drukken van de damwanden resulteert de MKI in een waarde van 810.000. Dit kan verlaagd worden met 140.000 MKI naar een waarde van EUR 670.000,00 MKI wanneer besloten wordt om alle damwanden te trillen. Dit resulteert in een relatieve afname van 5 % voor de totale MKI.

4.3 Kansen voor het verlagen van de MKI door het gebruik van elektrisch materieel

Het gebruik van elektrisch materieel kan de milieu impact van het project verlagen ten opzichte van traditioneel materieel. In het huidige ontwerp wordt namelijk uitgegaan van materieel dat gebruik maakt van fossiele brandstoffen. In Afbeelding 4.4 staat de MKI per MWh effectieve arbeid gepresenteerd voor drie potentiële energiebronnen. Diesel heeft met EUR 127,00 MKI per MWh de grootste impact in vergelijking tot de elektrische alternatieven. Grijs stroom scoort met EUR 89,00 MKI ongeveer 30 % lager dan diesel. Groene stroom scoort ongeveer 50 % lager dan diesel, met een waarde van EUR 63,00 MKI per MWh.

Afbeelding 4.4 MKI per MWh effectieve arbeid voor 3 alternatieve energiebronnen



Elektrisch materieel in de bouw en in het onderhoud

Zoals in Afbeelding 4.4 te zien is, kan het gebruik van elektrisch materieel de MKI van deze processen halveren. Dit geldt voor zowel het materieel dat gebruikt wordt tijdens de bouw, als het materieel dat gebruikt wordt tijdens het onderhoud van de dijk. In Tabel 4.1 is te zien dat de MKI voor beide fases gehalveerd wordt bij het gebruik van elektrisch materieel op groene stroom. In de bouwfase is te zien dat een reductie van EUR 90.000,00 MKI behaald kan worden. Voor de beheerfase is er een grotere afname te realiseren, namelijk van EUR 600.000,00 MKI. Dit betekent dat bij het gebruik van elektrisch materieel vooral in de beheerfase een groot effect te realiseren is in het verlagen van de MKI. In totaal kan het gebruik van elektrisch materieel een afname van ongeveer 20 % realiseren. Met een afname van 18 % is er voornamelijk in de beheerfase kans om een reductie van de MKI te realiseren.

Tabel 4.1 MKI voor de bouw- en beheerfase bij gebruik van traditioneel materieel en elektrisch materieel

	MKI bij traditioneel materieel	MKI bij elektrisch materieel	Procentuele afname van de totale MKI
bouwfase	180.000	90.000	3 %
beheerfase	1.200.000	600.000	18 %

4.4 Combineren van kansen voor het verlagen van de MKI

Maximale kans voor het verlagen van de MKI

Bij het combineren van de kansen uit dit hoofdstuk kan een aanvullende reductie van ordegrrootte 1,5 miljoen euro MKI worden gehaald. Ten opzichte van het VKA resulteert dit dan in een potentiële reductie van 60 %. Daarmee zou de doelstelling om 40 % reductie te realiseren ruimschoots worden volbracht.

Het is niet aannemelijk dat alle voorgestelde maatregelen worden gerealiseerd en op geen enkel ander vlak een toename van de MKI plaatsvindt. Toch laat dit reductiepotentieel zien dat er nog veel mogelijk is om de MKI van het project te verlagen. Met name de maatregelen met betrekking tot duurzaam geproduceerde damwanden, het gebruik van elektrisch materieel in de beheerfase en meer lokaal hergebruik van grond kan leiden tot een significante afname in MKI.

4.5 Overige kansen voor het verlagen van de MKI

Naast de gekwantificeerde maatregelen zijn er ook andere manieren die de MKI verder kunnen verlagen. Zo zijn er kansen om het gebruik van kunststoffen damwanden verder te vergroten en zijn er opties voor andere types wegverharding.

Vergroten inzet kunststof damwanden

Om meer stalen damwanden te vervangen door kunststoffen damwanden, moet meer inzicht worden verkregen in de constructieve en pipingopgave binnen het dijktraject. Wanneer mogelijk, kunnen dan meer kunststoffen damwanden gebruikt worden in plaats van stalen damwanden. Door de lagere impact van kunststoffen damwanden kan de MKI vervolgens verder verlaagd worden. Deze reductie is echter pas mogelijk bij een beter begrip van de constructieve opgave van de locaties waar de damwanden nu geplaatst moeten worden.

Alternatieve wegverhardingen

Daarnaast is het ook mogelijk de milieu-impact van de weginfrastructuur verder te optimaliseren. Zo kan er door het gebruik van half verhardingen, die een lagere impact hebben dan traditionele verhardingen, de MKI verder verlaagd worden. Ook is de eventuele toepassing van een hoger percentage hergebruikt materiaal in de asfaltverhardingen een optie om de MKI verder te reduceren.

Langere zettingstijd accepteren

Ook kan tijdens de bouwfase verder worden verkend of het mogelijk is om een langere (natuurlijke) zetting te accepteren. Om het verdichten van grond te versnellen worden soms zware machines gebruikt die door middel van slag-, tril- of statische kracht de zettingstijd verkorten. Door het accepteren van een langere zettingstijd kan mogelijk brandstof, en daarmee milieu-impact, worden bespaard. De impact van deze kans op de uitvoeringsplanning is echter groot. Door uitsluitend natuurlijke zetting te accepteren wordt de doorlooptijd van realisatiefase namelijk langer. De impact op de kosten daarentegen is mogelijk positief, aangezien op manuren en materieel kan worden bespaard.

Lokale oplaadpunten elektrisch materieel

Wanneer elektrisch materieel met batterijpakketen wordt ingezet in de bouwfase, is het voordelig als deze dichtbij het werk kunnen worden opgeladen. Rondom en binnen het projectgebied zijn verschillende (industriële) bedrijven gevestigd. Deze bedrijven nemen s' nachts mogelijk minder (of geen) elektriciteit af waardoor gebruik kan worden gemaakt van bestaande netaansluitingen. In het Circulair Schaduwontwerp is een eerste inventarisatie uitgevoerd bij de bedrijven rondom het Nude. Op dat moment was echter nog weinig duidelijk over de benodigde netcapaciteit. Tijdens het opstellen van het uitvoeringsontwerp kan dit echter verder worden verkend.

5

LEERERVARINGEN

‘Maak circulariteit onderdeel van het project.’ Dat was een van de eisen van waterschap Vallei en Veluwe bij de versterkingsopgave van de Grebbedijk. Daarom is er voor dit project een circulair schaduwontwerp gemaakt waarin de potentiële meerwaarde van circulaire maatregelen expliciet is gemaakt. Vervolgens zijn kansrijke bouwstenen die relevant zijn voor de planuitwerkingsfase meegenomen in het ontwerpproces. Naast deze kennisontwikkeling is er in dit project expliciet aandacht besteed aan kennisdeling. Hiermee levert dit project een positieve bijdrage aan het versnellen van duurzaam ontwerpen binnen het HWBP-programma en de transitie naar een circulaire economie.

Deze kennisdeling uit zich onder andere in de mini-documentaire die is gemaakt over het project: Een dijk voor de toekomst (onder andere gepubliceerd op kennisplatform CROW); verschillende artikelen die zijn gepubliceerd over de circulaire peiler (op de site: circulairebouweconomie.nl) en Grebbedijk circulair (op de site van het HWBP); en presentaties die zijn gegeven over de Grebbedijk op onder andere de Dijkwerkersdag in mei 2022 en de DuboCalc middag in maart 2024. Tot slot wordt er in juni 2024 een interactieve sessie georganiseerd over het materiaalpaspoort en de lessons-learned uit dit project.

Lessons learned tijdens het schaduwontwerp

Tijdens en na de uitvoering van het Circulair Schaduwontwerp zijn meermaals gesprekken gevoerd met verschillende projectleden over de werkwijze in het project en de actieve rol die de duurzaamheidsdiscipline kreeg. De belangrijkste bevindingen uit deze gesprekken zijn:

- **Interesse:** Er is veel interesse in de thema's circulariteit en milieu-impact bij projectleden en procespartners, maar de circulaire kennis is vooralsnog beperkt. Een leerpunt hieruit is dat de potentie voor circulair ontwerpen er zeker is, maar actief moet worden aangeboord. Zodra projectleden worden meegenomen in het circulaire denkproces en maatregelen concreet worden vertaald naar relevante kaders voor hun discipline, dan zijn zij heel welwillend om op zoek te gaan naar circulaire kansen. De crux zit hem in de wederzijdse interesse. Het vertalen van maatregelen naar concrete wijzigingen vereist vanuit de duurzaamheidsdiscipline een basisbegrip van wat belangrijk is in ieders specifieke werkveld. Binnen de Grebbedijk, en met name het Circulair Schaduwontwerp, ging dit goed. Er was tijd voor leren en uitvinden. De interesse is gebleven, want ook na afloop van het Circulair Schaduwontwerp bleven verscheidene projectleden nieuwe ideeën insturen.
- **Kwantificering kansen:** Voor het beoordelen van de opgehaalde kansen en het selecteren van de uiteindelijke bouwstenen is de kwantificeringsslag van circulaire kansen cruciaal gebleken. De kwantificering bracht de impact van bepaalde kansen in beeld en bleek een belangrijke onderbouwing van het verhaal dat verteld moest worden. Dit blijkt uit de volgende terugkoppeling van het projectteam:
 - inzicht in milieu-impact van de beheerfase is verrassend en waardevol;
 - inzicht in aanzienlijke impact van constructies ten opzichte van grondoplossingen ging tegen de verwachtingen van de ontwerpers in. De redenatie 'staal is toch juist heel circulair' is meerdere keren herhaald;
 - afwijken van standaard ontwerplevensduren voor constructies om bestaande constructies te kunnen behouden is voor velen een nieuw gedachtengoed;
 - extra aandacht en onderzoek voor behoud van bestaande constructies en daar omheen een ontwerp bedenken leidt tot andere ontwerputgangspunten en uitzoekvragen;
 - de inzet van gebiedseigen grond uit het projectgebied wordt niet vaak al in de planuitwerking beschouwd.

- **Projectplanning:** doordat het circulair schaduwontwerp al vroeg in de planuitwerkingsfase is opgestart waren de circulaire kansen al in beeld voordat de ontwerpers startten. Dit heeft positief bijgedragen aan de borging van circulaire kansen in het ontwerp en is zeker ook voor andere dijkprojecten goed om in de standaard werkwijze te borgen.
- **Financieel:** In dit project is gebleken dat veel circulaire kansen goed in te passen zijn zonder al te grote projectimpact en daarmee ook niet perse meer geld kosten.

Lessons learned tijdens de verdere planuitwerking

Tijdens de planuitwerkingsfase is het VKA uitgewerkt tot een integraal vergunbaar en betaalbaar plan. Circulariteit is in deze fase integraal meegenomen in de verschillende ontwerploops en bij de integrale ontwerp overleggen (IOO's). De belangrijkste lessen zijn:

- **Doelstelling:** in dit project is het duidelijk geworden dat het veel vereist om de doelstellingen voor 2030 (50 % reductie van primaire grondstoffen & 49 % CO₂ reductie) te bereiken. In dit project is een eerste oefening gedaan hoe deze ambitie concreet kan worden gemaakt in een werkproces en welke ontwerpkeuzes er gemaakt moeten worden. Tijdens de planuitwerking is de MKI met 17 % gereduceerd. Echter, in latere projectfasen is een reductie tot 60 % mogelijk ten opzichte van het VKA. Het leerpunt hier is dat men tijdens de verkenning grote afwegingen en keuzes maakt, dat deze in de planuitwerking worden aanscherpt en getoetst, en dat vervolgens in de aanbesteding, uitvoering en realisatie nog grote stappen kunnen worden gezet om de MKI verder te reduceren. Daarbij blijkt uit de MKI-berekeningen dat onderhoud (maaibeheer) een grote bijdrage heeft in het MKI-totaal. Ook hier liggen kansen om de MKI verder te reduceren. Om de doelstellingen echt te verwezenlijken vraagt dit soms om radicale keuzes die kunnen schuren met andere onderwerpen als kosten, tijdsplanning of natuur. Het HWBP heeft het mandaat om kaders en uitgangspunten te stellen waarbinnen dijkversterkingen tot een duurzaam ontwerp kunnen komen. Tijdens het project werd duidelijk dat duurzaamheidsdoelstellingen tot zover niet in een wettelijke basis zijn verankerd. Wanneer de duurzaamheidsdoelstellingen wrijven met doelstellingen voor natuur of ecologie, bijvoorbeeld doordat damwanden gedrukt in plaats van getrild moeten worden geplaatst in verband met geluidsoverlast, krijgt natuur de prioriteit. Natuur en ecologie hebben namelijk wel een wettelijke basis. Ook tussen duurzaamheidsdoelstellingen onderling kan wrijving ontstaan, bijvoorbeeld wanneer een reductie in milieu-impact leidt tot een lagere mate van circulariteit. Het is vervolgens aan het project om hierin de afweging te maken. Het HWBP heeft hier tot zover nog geen voorkeursrichting voor uitgesproken.
- **Kansen verzilveren:** tijdens de basis op orde fase zijn circulaire kansen geïdentificeerd die moeten landen in de planuitwerkingsfase. Dit is een zoektocht en ook in dit project is de ideale manier van werken niet uitgevonden. In dit project was het onduidelijk welke beslismomenten doorlopen moesten worden om aanvullende circulaire kansen in het ontwerp te laten landen. In het vervolg kan hieraan invulling worden gegeven door een intern projectbesluit in te plannen, na afloop van de voorbereidingsfase en voor start van de ontwerpfase.
- **Dashboard:** gedurende het project is de behoefte ontstaan om een dashboard te ontwikkelen waarop de impact van ontwerpkeuzes te zien en navolgbaar is. Hier was echter geen rekening mee gehouden in de gereserveerde budgetten. Er is daarom geen projectspecifiek dashboard ontwikkeld. Ondertussen zijn buiten het project om meerdere duurzaamheidsdashboards ontwikkeld en in omloop. Dit zal dus voor toekomstige projecten geen belemmering zijn.
- **Budget:** Punt van aandacht is het budget voor duurzaamheid in een project. In dit project was er ruim budget voor het Circulair Schaduwontwerp en daarmee het identificeren en kwantificeren van duurzame kansen. Echter, voor het verder uitwerken van de duurzame kansen door projectleden uit andere disciplines, en het uitdiepen van alternatieve (meer circulaire) ontwerpvarianten, was op voorhand geen specifiek budget gedefinieerd. Bijvoorbeeld, het advies om damwanden zoveel mogelijk te weren uit het ontwerp, leidde tot extra ontwerpwerk en afstemming voor het technisch team. Zoals het ontwerpen van op- en afritten in grond en een binnendijkse berm. Hierdoor moest tijdens de planuitwerking overeenstemming over budgetten worden gevonden. Het kan helpen als hier voor de start van een projectfase duidelijke afspraken over zijn en een afgebakend budget voor is.

- *Omgaan met scopewijzigingen in relatie tot projectdoelstelling op duurzaamheid.* Sturen op een lagere milieu-impact in een ontwerpproces is effectief, er is namelijk een duidelijke reductie gerealiseerd. De effectieve reductie wordt echter voor een deel tenietgedaan door het feit dat er meer bekend komt over het ontwerp en de afbakening van het project. Zo is er een toename gezien in het beheeroppervlakte (ordegrootte 150.000 MKI) en is door de bevinding van PFAS vervuilingen een grote hoeveelheid af te voeren grond. Dit beïnvloedt de prestatieindicatoren en daarmee ook het succes van het behalen van de doelstelling. Het is daarom waardevol om voor start van de projectfase een foutmarge of een specificering mee te nemen in de duurzaamheidsdoelstellingen.

6

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Dit hoofdstuk presenteert de conclusies en aanbevelingen over duurzaamheid in de gebiedsontwikkeling Grebbedijk. Het gaat in op de circulaire bouwstenen die in de planuitwerking zijn geïdentificeerd en integraal zijn meegenomen in het ontwerpproces, de duurzaamheidsdoelen en of deze zijn gehaald. Verder wordt ingegaan op het proces richting aanbesteding, contractering en de bouwfase, en worden tips gegeven over de geleerde lessen ten aanzien van duurzaamheid in dijkversterkingen.

Verzilveren van circulaire bouwstenen in de planuitwerkingsfase

Een eerste conclusie is dat het gros van de meegegeven circulaire kansen zonder al te grote projectimpact uit te voeren waren. In het project gebiedsontwikkeling Grebbedijk is bewust gekozen voor een extra focus op duurzaamheid om te onderzoeken of de landelijke duurzaamheidsambities haalbaar zijn. Deze extra focus op duurzaamheid heeft zich vertaald in een Circulair Schaduwontwerp waarin circulaire kansen zijn opgehaald en gekwantificeerd. Vervolgens zijn de meest kansrijke bouwstenen integraal meegenomen in de planuitwerkingsfase, en is het merendeel verzilverd. Tabel 6.1 toont de status van de circulaire bouwstenen aan het eind van de planuitwerkingsfase.

Tabel 6.1 Status circulaire bouwstenen aan eind van de planuitwerking

ID	Circulaire bouwsteen	Status
1	toepassing van een alternatieve pipingoplossing	verzilverd
2	grondgestuurd ontwerpen zodat gebiedseigen grond wordt toegepast	verzilverd, maar verder onderzoek nodig in de realisatiefase
3	tijdens de realisatiefase enkel natuurlijke zetting accepteren	meenemen richting realisatiefase
4	de ontwerplevensduur van projectonderdelen locatiespecifiek maken	verzilverd
5	een minder dikke kleilaag hanteren op het buitentalud in het landelijk gebied	verzilverd
6	onverankerde damwanden toepassen in het stedelijk gebied	verzilverd
7	de kademuur bij de Kop van de Haven (t.p.v. het Nude) niet vervangen	verzilverd
8	stabiliteitsoplossingen in grond uitvoeren om (stalen) damwandconstructies te voorkomen, bij o.a. maatwerklocaties in het landelijk gebied, het dijktracé ter hoogte van de Kop van de Haven en in het gehele stedelijk gebied	verzilverd, waar mogelijk
9	locatie geulgebied optimaliseren om introductie pipingopgave te voorkomen	afgefallen, wel onderzocht
10	tijdens de uitvoering materialen aan- en afvoeren via een kade	verzilverd

Behalen van de duurzaamheidsdoelstellingen

Een tweede belangrijke conclusie die kan worden getrokken is dat het behalen van de landelijke gestelde duurzaamheidsdoelen in potentie mogelijk is, maar dan moesten alle mogelijke MKI- en MCI-reducerende maatregelen gerealiseerd worden. In de planuitwerkingsfase is dit een uitdagende opgave gebleken. Tabel 6.2 toont de prestatieindicatoren voor duurzaamheid en het behaalde resultaat binnen de planuitwerking. De volgende paragrafen gaan in op de duurzaamheidsdoelstellingen en behaalde resultaten.

Tabel 6.2 Prestatieindicators duurzaamheid voor start (VKA) en afronding van de planuitwerking (ontwerp 2024) inclusief projectdoelstelling voor de planuitwerkingsfase en behaald resultaat

Indicator	VKA	Projectdoelstelling	Ontwerp 2024	Behaald resultaat
Milieu-impact				
- MKI	4,0 mln euro MKI	40 % reductie	3,3 mln euro MKI	17 % reductie
- CO ₂ -eq emissies	32,8 mln kg	40 % reductie	28,7 mln kg	13 % reductie
Circulariteit				
- MCI	grond: 91 % constructies: 93 %	n.v.t.	grond: 83 % constructies: 93 %	n.v.t.
- Primair materiaalgebruik	grond: 190 kton constructies: 27 kton	50 % reductie	grond: 368 kton constructies: 24 kton	80 % toename
Projectinspanning				
- CPI	63 punten	>90 punten	73 punten	+10 punten

MKI-doelstelling en resultaat

Dit heeft tot gevolg dat het doel om 40 % van de MKI te reduceren ten opzichte van het VKA niet behaald is. Aan het eind van de planuitwerking is namelijk een MKI-reductie van 17 % gerealiseerd. Echter, er zijn nog meerdere kansen om de MKI-reductie verder te vergroten. Zo kan er door inzet van duurzaam geproduceerde damwanden of damwanden uit hergebruikte bron, het toepassen van elektrisch materieel en meer lokaal hergebruik van grond een afname groter dan 40 % alsnog gerealiseerd worden. De duurzaamheidsdoelstelling ten aanzien van MKI kan in het vervolg van het project dus alsnog behaald worden.

Doelstelling gebruik primair materiaal en resultaat

De doelstelling om in de planuitwerking het gebruik van primair materiaal met 50 % te reduceren is niet behaald. Doordat de milieuhygiënische kwaliteit van de gronden in de uiterwaarden tegen valt, moet relatief veel grond worden af- en aangevoerd. In totaal moet 310 kiloton grond afgevoerd worden vanwege vervuiling, terwijl in het VKA 2022 werd aangenomen dat alle grond uit de uiterwaarden direct hergebruikt kon worden. Hierdoor neemt het gebruik van primaire materiaal (voornamelijk klei, zand en teelaarde van buiten het projectgebied) met 80 % toe.

Doelstelling en resultaat Circulaire Peiler

De doelstelling met betrekking tot de Circulaire Peiler was om een score van 90 punten te behalen. De CPI van het ontwerp in maart 2024 is 73 punten, waar deze bij start van de planuitwerking 63 punten was. Voor het verkleinen van de opgave, het uitvoeren van MKI-berekeningen en de toekomstgerichtheid van het ontwerp wordt de maximale score behaald. De toename van de CPI-score is voornamelijk toe te schrijven aan de extra inspanning ten aanzien van het materiaalpaspoort.

Materiaalpaspoort

Er is nog beperkt ervaring met toepassing van grond in materiaalpaspoorten in dijkversterkingen. De beoogde doelen van een materiaalpaspoort zijn eenduidig, maar de invulling hiervan in projecten (nog) niet. Tijdens dit project is, en wordt nog, praktische ervaring opgedaan met het opstellen en vullen van materiaalpaspoorten. Er is een selectie gemaakt van informatiekenmerken die in een materiaalpaspoort nodig zijn, waaronder voor grond. Er is een verkenning gedaan naar beschikbare decomposities en leerlessen worden actief gedeeld via het HWBP. Hiermee is de projectbijdrage aan de ontwikkeling van materiaalpaspoorten in dijkversterkingen zeer positief.

Een belangrijke conclusie is dat het materiaalpaspoort binnen de gebiedsontwikkeling Grebbedijk werd uitgevraagd onder het kopje duurzaamheid. Echter, gedurende de planuitwerking werd duidelijk dat het materiaalpaspoort veel meer dan alleen duurzaamheidskenmerken beslaat. Daarmee is het materiaalpaspoort eerder een tool voor assetmanagement in het algemeen dan een exclusief een duurzaamheidsopgave.

Borging van duurzaamheid richting de aanbesteding, contracteren en de bouwfase

Met betrekking tot de vervolgfases van het project, zoals de aanbesteding, contracteren en bouwfase, is het verstandig de verwachtingen rondom duurzaamheid zo concreet mogelijk te op te schrijven. Met name doordat een aantal ontwerpbeslissingen nog genomen moeten worden. Richting de uitvoering heeft de aannemer nog veel invloed op het ontwerp, de inkoopstrategie en de werkzaamheden op de bouwplaats. De combinatie van deze aspecten bepaald of, en in welke mate, duurzaam wordt gehandeld. Het kiezen van een passende aanpak om duurzaamheid te borgen in de vervolgfases hangt nauw samen met de inkoopstrategie en contractvorm die projectbreed wordt gekozen.

Op hoofdlijnen zijn de volgende stappen te onderscheiden:

- stap 1: selecteren van een contract- en samenwerkingsvorm:
 - selectie van aannemers of gunningscriterium duurzaamheid;
- stap 2: proceseisen formuleren rondom duurzaam werken, denk hierbij aan:
 - het uitvragen van hergebruikscans;
 - het verkennen van benodigd en beschikbaar zero-emissie materieel;
 - het bestellen en inkopen van hergebruikt of duurzaam geproduceerd materiaal (met name staal);
 - het opstellen van een demontageplan voor nieuwe en bestaande constructies;
 - het verder uitwerken en vullen van het materiaalpaspoort;
 - het aantonen van milieu-impact door de aannemer;
- stap 3: proceseisen formuleren voor duurzaam beheer:
 - sturen op inzet van elektrisch materiaal met groene stroom tijdens de selectie van een onderhoudspartij.

Om bovenstaande punten verder uit te werken is een werksessie 'Duurzaam aanbesteden' met het waterschap en het ingenieursbureau aan te raden.

Materiaalpaspoort

Neem in de aanbesteding op wat van de opdrachtnemer wordt verwacht rondom het materiaalpaspoort. Vraag daarbij een plan van aanpak uit over hoe de opdrachtnemer met het materiaalpaspoort aan de slag gaat. Gebruik dit plan van aanpak om het begrip en de ervaring van de opdrachtnemer met materiaalpaspoorten te toetsen. Het is daarbij verstandig om:

- het materiaalpaspoort uit te vragen voor assetmanagement in het algemeen, in plaats van als opleverproduct vanuit duurzaamheid;
- afstemming te zoeken met de taskforce deltattechnologie over de aanpak, samenwerking, systematiek en werkwijze (bijvoorbeeld aansluiting bij HEEL) en wijze van opleveren;
- de aan te houden decompositie kenbaar te maken, of voor te schrijven;
- de minimaal vast te leggen kenmerken voor te schrijven;
- het datasysteem waarin materiaalpaspoort informatie moet landen voor te schrijven;
 - voor de aanbesteding is het van belang dat de benodigde informatie voor het materiaalpaspoort wordt vastgelegd in een overzichtelijk en doorzoekbaar format. Als onderdeel van het proefdraaien is een weergaveformat opgesteld in Excel dat hiervoor gebruikt kan worden. Indien tijdens de realisatiefase (nog) geen datasysteem beschikbaar is waarin het gevulde materiaalpaspoort moet landen, kan dit weergaveformat als tijdelijk datasysteem worden gebruikt.

Toepasbaarheid geleerde lessen in andere projecten

In project Grebbedijk is circulariteit en milieu-impact integraal onderdeel geweest van het project en is het ontwerp verder geoptimaliseerd om milieu-impactvolle materialen zoals staal zoveel mogelijk uit het ontwerp te krijgen. Mede hierdoor is de milieu- en klimaatimpact van het ontwerp afgenomen.

Om de landelijke doelstellingen van 2030 en 2050 te behalen is het echter noodzaak dat circulariteit en milieu-impact standaard onderdeel worden van alle dijkprojecten. Daarom zijn hieronder een aantal tips samengevat voor de verschillende projectpartijen die bij deze dijkversterking betrokken zijn.

HWBP

Als alliantie van alle waterschappen en Rijkswaterstaat prioriteert het HWBP nieuwe dijkversterkingsprojecten. Bij de ontwikkeling van een nieuw project is het noodzakelijk dat het HWBP circulariteit en milieu-impact op de agenda zet en de financiële middelen reserveert om duurzaamheidskansen te onderzoeken en te laten uitvoeren. Het HWBP heeft het mandaat om kaders en uitgangspunten te stellen waarbinnen dijkversterkingen tot een duurzaam ontwerp kunnen komen.

Daarnaast ligt er een kans bij het HWBP om de gekwantificeerde kansen (zie hoofdstuk 3 en 4) te ontsluiten, een database op te bouwen met kentallen voor toekomstige dijkversterkingsprojecten (duurzaamheidsdashboard HBWB) en de handreiking 'DuboCalc in dijkversterkingen' verder door te ontwikkelen. Ook kan het HWBP uitspraak doen over hoe de thema's natuur en milieu-impact in projecten moeten worden beschouwd. Door het ontbreken van een wettelijk kader voor milieu-impact en circulariteit krijgt bij wrijving het thema natuur bij voorbaat voorrang. Dit kan het HWBP niet alleen oplossen, wel kan zij bij het bevoegd gezag aangeven dat men hier in projecten tegenaan loopt. Ook kan het HWBP voorkeur uiten wanneer doelstellingen rondom circulariteit en milieu-impact resulteren in tegenstrijdige oplossingsrichtingen. Daarbij kan het HWBP samen met de waterschappen landelijke afspraken maken over hoe materiaalpaspoorten uniform in (dijkversterkings)projecten moeten worden toegepast.

Waterschap

Het waterschap is betrokken bij de uitvraag van het project. In de uitvraag is het noodzakelijk dat circulariteit nadrukkelijk wordt meegenomen in de opdracht en dat hier ook op getoetst wordt in het plan van aanpak. Bouw in de planning vervolgens voldoende tijd en ruimte in om de circulariteitspotentie en milieu-impactreductie te kunnen onderzoeken, en op basis daarvan ontwerpbeslissingen te nemen. Daarnaast is het waterschap beheerder van de dijk. Daarom is het van belang dat de medewerkers van het waterschap betrokken worden bij het ophalen van circulaire kansen zodat de praktische uitvoerbaarheid tijdens de beheerfase wordt meegenomen. Hetzelfde geldt voor materiaalpaspoorten. Het materiaalpaspoort is onderdeel van het algemene assetmanagement van het waterschap, waarbij zij beheerder van informatie is en input nodig heeft vanuit het ontwerp, de inkoop en de realisatie.

Een concreet leerpunt is dat men tijdens de verkenning grote afwegingen en (ontwerp)keuzes maakt. Deze keuzes worden in de planuitwerking aanscherpt en getoetst. In de aanbesteding en realisatie zijn vervolgens nog veel mogelijkheden om de MKI verder te reduceren. Daarbij blijkt uit de MKI-berekeningen dat onderhoud (maaibeheer) een grote bijdrage heeft in het MKI-totaal. Ook hier liggen kansen voor het waterschap om als opdrachtgever van beheerpartijen de MKI verder te reduceren.

Ingenieursbureau

Het ingenieursbureau heeft als taak om de dijk, of gebiedsontwikkeling, zo te ontwerpen dat deze aan de nieuwste waterveiligheidsnormen voldoet. Dit is een complexe opgave waarin circulariteit en milieu-impact nieuwe thema's zijn. In een volgende versterkingsopgave is het essentieel dat het formuleren van duurzame kansen al wordt meegenomen in de schetsontwerpfase en in de verschillende alternatieven. Hoe eerder circulariteit en milieu-impact worden meegenomen in het ontwerpproces, des te meer duurzame kansen worden verzilverd in de planuitwerkingsfase.

Daarnaast is het van belang dat deze kansen worden gekwantificeerd en er een duidelijk werkproces is waarin kansen kunnen worden geborgd in de planuitwerkingsfase. Tot slot is het een goede zet om een circulair expert te laten aanschuiven bij de integrale ontwerpoverleggen, of te zorgen dat technisch managers en andere teamleden (vooraf) goed begrip hebben van de duurzaamheid in het project.

Bijlage(n)



BIJLAGE: MKI NOTITIE ONTWERP MAART 2024

NOTITIE

Onderwerp	MKI notitie ontwerp maart 2024
Project	Planuitwerking gebiedsontwikkeling Grebbedijk
Opdrachtgever	Waterschap Vallei en Veluwe
Projectcode	124281
Status	Definitief
Datum	18 juli 2024
Referentie	124281-2.9/24-010.659
Auteur(s)	S.A. van den Berg MSc

Gecontroleerd door	F. Huinink
Goedgekeurd door	Ir. H.J. van Strijp-Harms
Paraaf	(B/a ing. M.G.M. Huijsmans)

Bijlage(n)	Overzicht MKi-processen uit de HWBP-objectenbibliotheek
------------	---

Aan	Waterschap Vallei en Veluwe
Kopie	-

1 INLEIDING

1.1 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk

De Grebbedijk beschermt de bewoners van de Gelderse Vallei tegen hoge waterstanden in de Nederrijn. Ook in de toekomst moet de dijk veiligheid bieden. Op dit moment voldoet de dijk niet aan de wettelijk voorgeschreven signaleringswaarde, een vastgestelde overstromingskans. Daarom gaat Waterschap Vallei en Veluwe de dijk versterken.

De verbetering van de dijk is een kans om tegelijk het omliggende gebied aan te pakken. De Grebbedijk, de Nederrijn en de uiterwaarden hebben een belangrijke functie voor planten en dieren, omdat het gebied de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe met elkaar verbindt. Daarnaast vindt hier veel recreatie plaats, zoals wandelen en fietsen.

In de plannen van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk staat waterveiligheid centraal. Daarnaast worden (zo mogelijk) de natuur en cultuur versterkt en wordt het gebied aantrekkelijker gemaakt voor recreatie. Acht partners werken in deze gebiedsontwikkeling samen: het waterschap Vallei en Veluwe, gemeenten Wageningen en Rhenen, provincies Gelderland en Utrecht, Rijkswaterstaat, Utrechts Landschap en Staatsbosbeheer.

Bewoners, ondernemers, belangenverenigingen en andere geïnteresseerden uit de omgeving zijn betrokken in het proces en de voorbereiding van de dijkversterking en gebiedsontwikkelingen.

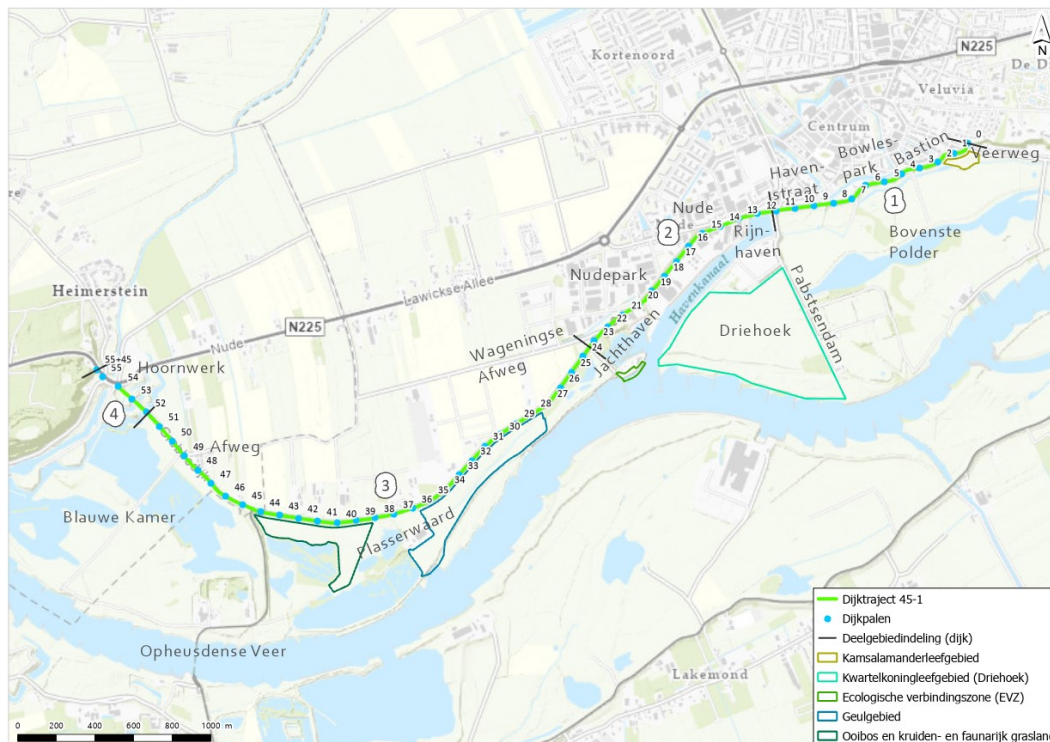
1.2 Projectgebied

Het projectgebied, zie afbeelding 1.1, bevindt zich tussen de Wageningse berg (Veluwe) aan de oostzijde en de Grebbeberg (Utrechtse Heuvelrug) aan de westzijde.

De Grebbedijk (dijktraject 45-1) beschermt de Gelderse Vallei tegen hoogwater vanuit de Nederrijn. De dijk is 5,5 km lang. Het traject start bij de Wageningse Berg (dijkpaal 0) tot aan de Grebbeberg in Rhenen (dijkpaal 55). De Grebbedijk is, ondermeer vanuit de landschappelijke karakteristieken, opgedeeld in vier deelgebieden: stedelijk gebied (1), Nudedijk (2), landelijk gebied (3) en de dijk door het Hoornwerk (4).

Bij het projectgebied behoort ook de aansluiting op de hoge gronden van de Wageningse Berg en de Grebbeberg. Aan de Grebbedijk liggen verschillende uiterwaarden die deels onderdeel uitmaken van het projectgebied.

Afbeelding 1.1 Gebiedsontwikkeling Grebbedijk



1.3 Doel MKI-berekening

Om inzicht te krijgen in de milieu-impact van het ontwerp van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk is een Milieukosten Indicator (MKI) berekening gemaakt. Het doel van de analyse is om zwaartepunten in het huidige ontwerp te identificeren en een vergelijking te maken met de eerdere MKI-berekeningen binnen het project. Daarnaast kan deze MKI-berekening worden gebruikt als referentiepunt om MKI toe te passen in latere fasen van het project.

De berekening is opgesteld als onderdeel van de planuitwerkingsfase van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk. De MKI is een single-score indicator en wordt uitgedrukt in Euro's MKI.

De indicator is een combinatie van 11 milieueffecten, waaronder klimaatverandering, verzuring, humane toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen en energiedragers. Aan elk van deze milieueffecten is een gestandaardiseerde waarde toegekend om zo de schaduwkosten van een product of project inzichtelijk te kunnen maken. Dit resulteert in de maatschappelijke kosten ten gevolge van globale schade aan het milieu die door de verschillende milieueffecten zal plaatsvinden. De waarde in Euro's MKI is niet direct te relateren aan financiële projectkosten en geeft uitsluitend inzicht in de milieu-impact van het project.

2 METHODIEK

Het bepalen van de MKI-waarde is gedaan met behulp van softwareprogramma DuboCalc, het rekeninstrument van Rijkswaterstaat voor het kwantificeren van de milieu-impact van GWW-projecten. Er wordt gebruik gemaakt van de bibliotheeksectie Gedeelde elementen extern, specifiek het pakket HWBP Dijkversterking PU-fase. Hierin zijn samengestelde DuboCalc milieuverklaringen opgenomen die zijn opgebouwd uit onderliggende processen afkomstig uit de Nationale Milieu Database (NMD). De samengestelde milieuverklaringen zijn te zien in Bijlage I.

Bij het opstellen van de berekening is een analyseperiode van 100 jaar aangehouden. Dit is gedaan om het effect van verschillen in technische levensduur van producten of materialen zo goed mogelijk inzichtelijk te maken. Dat houdt in dat vervangingen van producten of materialen met een kortere levensduur dan de aangehouden analyseperiode ook zijn meegenomen in de berekening. De volledige levenscyclus van materialen is meegenomen in de scope van de berekening. De verschillende levensfasen van producten of materialen zijn als volgt:

- productiefase (A1-A3);
- transport (A4);
- aanlegfase (A5);
- gebruiksfase (B1);
- onderhoud (B2-B5);
- sloop/ afvalfase (C1-C4);
- recycling en hergebruik (D).

2.1 Werkwijze en referenties

Voor het opstellen van de duurzaamheidsanalyse zijn de volgende stappen doorlopen:

- 1 vaststellen van de hoeveelheden. Hiervoor is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:
 - voor de grondvolumes is het Grondstromenplan gebruikt:
 - 124281-2.6_24-001.523_rep_draft01_Grondstromenplan (d.d. 19-03-2024);
 - voor de objecten is de SSK-raming gebruikt:
 - 124281 SSK PU Rekenmodel SSK2018 hoeveelheden MKI (d.d. 01-03-2024);
- 2 opstellen van MKI-berekening:
 - DuboCalc versie 6.0 d.d. 19-03-2024;
- 3 analyse en interpretatie van de resultaten.

De berekening is opgesteld op basis van de reeds beschikbare informatie. De nauwkeurigheid van de berekening sluit daarmee aan op de nauwkeurigheid van de aanwezige informatie en stadia van ontwerpen. De berekening is uitgevoerd conform de Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken, een uitwerking van de Europese norm EN 15804.

2.2 Uitgangspunten

Scope

Voor de berekening is eenzelfde opdeling van deelgebieden voor de grondlichamen aangehouden als in het grondstromenplan, zie afbeelding 1.1. Voor de objecten die vallen onder de weginfrastructuur, constructies en het beheer was niet direct te herleiden bij welk deelgebied deze behoorden. Dit maakt dat deze objecten gegroepeerd als categorie staan weergegeven en niet binnen deelgebieden zijn ondergebracht.

De volgende werkzaamheden binnen de gebiedsontwikkeling Grebbedijk zijn in scope van de MKI-berekening:

- de renovatie van de dijk in het landelijk en stedelijk gebied;
- het herstel van het Hoornwerk tussen Rhenen en Wageningen;
- het aan- en afvoeren van klei en teelaarde ter sluiting van de grondbalans;
- de vernieuwing van weginfrastructuur (autoweg en fietspad) op de dijk;
- de aanleg van een buitendijkse KRW-geul
- onderhoud en beheer aan de graszode op de dijk.

De volgende werkzaamheden zijn buiten scope van de berekening:

- onderhoud en beheer van de uiterwaarden;
- de ontstening van de oevers in de uiterwaarden;
- baggerwerkzaamheden in de vaargeul;
- het klaarmaken van de ondergrond voor extra ooibos;
- het inrichten van de Driehoek als habitat voor onder andere de Kwartelkoning.

2.2.1 Uitgangspunten per deelgebied

In de volgende tabellen zijn de materiaalhoeveelheden en overeenkomende DuboCalc producten uit de HWBP PU-fase bibliotheek uiteengezet per deelgebied en wanneer dit niet direct te herleiden is, per categorie. De totstandkoming van deze samengestelde HWBP milieuverklaringen en onderliggende NMD milieuverklaringen staan toegelicht in de MKI- en MCI-berekening (2022) notitie¹ en in Bijlage I.

Uitgangspunten van grond gerelateerde processen

Voor de bewegingen van grond is er onderscheid gemaakt tussen verschillende dijkvakken waar 4 processen plaatsvinden: het ontgraven, afvoeren, aanvoeren en aanbrengen van grond. Er zijn twee grondsoorten relevant voor de berekening: teelaarde en klei. Daarnaast wordt er onderscheid gemaakt in de herkomst van de aan te brengen gronden: externe en herbruikbare grond. De herbruikbare grond in de onderstaande tabellen is afkomstig van specifieke dijkvakken maar wordt niet persé teruggebracht binnen ditzelfde vak. Doordat in de fase van het ontwerp nog niet duidelijk is waar de grond toegepast wordt, is de milieu-impact van het grondlichaam toegekend aan de locatie waar het afkomstig van is.

Deelgebieden 1A-1F

De deelgebieden 1A-1F vormen het stedelijk gebied. Binnen het grondstromenplan is geen verdere decompositie van deze dijkvakken toegepast en daarmee ook niet binnen de MKI-berekening. In het huidige ontwerp wordt klei en teelaarde ontgraven, afgevoerd, aangevoerd en aangebracht. Andere processen of materialen zijn niet op deelgebied toebedeeld. Tabel 2.1 toont de grondstromen gerelateerd aan het stedelijk gebied en de toegekende milieuverklaring uit DuboCalc.

¹ 124281-2.4.1/22-009.261 MKI- en MCI-berekening (juni 2022). Witteveen+Bos, dit document is onderdeel (bijlage V) van de volgende rapportage; 124281-2.4.1/22-009.300 Rapport Circulaire Peiler (juni 2022). Witteveen+Bos.

Tabel 2.1 Materiaalhoeveelheden deelgebieden 1A-1F en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
ontgraven teelaarde	11.762	m ³	ontgraven, teelaarde per as
ontgraven klei	36.120	m ³	ontgraven, klei per as
afvoeren van teelaarde	6.197	m ³	afvoeren teelaarde (extern, per schip)
afvoeren van klei	22.557	m ³	afvoeren klei (extern, per schip)
aanbrengen van herbruikbare teelaarde	5.912	m ³	aanbrengen teellaag
aanbrengen van herbruikbare klei	14.410	m ³	aanbrengen klei
aanvoeren van klei	54.705	m ³	aanvoeren klei (extern, per schip)
aanvoeren van teelaarde	8.196	m ³	aanvoeren teelaarde (extern, per schip)
aanbrengen van aangevoerde klei	54.705	m ³	aanbrengen klei
aanbrengen van aangevoerde teelaarde	8.196	m ³	aanbrengen teellaag

Deelgebied 2A

Deelgebied 2, het Nude, bestaat uit twee dijkvakken, 2A en 2B. In dijkvak 2B zit geen veiligheidsopgave en wordt alleen de wegverharding vernieuwd. Voor dijkvak 2A moet echter wel een dijkversterking plaatsvinden wat leidt tot transport van zowel teelaarde als klei. De onderstaande tabel geeft de grondstromen weer van deelgebied 2A. Tabel 2.2 toont de grondstromen gerelateerd aan het Nude en de toegekende milieuverklaring uit DuboCalc.

Tabel 2.2 Materiaalhoeveelheden deelgebied 2A en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
ontgraven teelaarde	1.331	m ³	ontgraven, teelaarde per as
ontgraven klei	4.525	m ³	ontgraven, klei per as
afvoeren van teelaarde	1.331	m ³	afvoeren teelaarde (extern, per schip)
afvoeren van klei	2.232	m ³	afvoeren klei (extern, per schip)
aanbrengen van herbruikbare klei	2.437	m ³	aanbrengen klei
aanvoeren van klei	3.415	m ³	aanvoeren klei (extern, per schip)
aanvoeren van teelaarde	1.257	m ³	aanvoeren teelaarde (extern, per schip)
aanbrengen van aangevoerde klei	3.415	m ³	aanbrengen klei
aanbrengen van aangevoerde teelaarde	1.257	m ³	aanbrengen teellaag

Deelgebieden 3A-3B

Het landelijke gebied (deelgebied 3) bestaat uit de dijkvakken 3A t/m 3D. Een deel van weinig erosiebestendige klei die vrijkomt in de vakken 3A en 3B is bedoelt om direct hergebruikt te worden binnen dezelfde vakken. Daarnaast vindt transport van teelaarde plaats dat voor een deel hergebruikt kan worden en anderzijds afgevoerd moet worden. Tabel 2.3 toont de grondstromen gerelateerd aan het deelgebieden 3A en 3B binnen het landelijk gebied en de toegekende milieuverklaring uit DuboCalc.

Tabel 2.3 Materiaalhoeveelheden deelgebieden 3A-3B en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
ontgraven teelaarde	20.212	m ³	ontgraven, teelaarde per as
ontgraven klei	48.755	m ³	ontgraven, klei per as
afvoeren van teelaarde	10.380	m ³	afvoeren teelaarde (extern, per schip)
afvoeren van klei	28.288	m ³	afvoeren klei (extern, per schip)
aanbrengen van herbruikbare teelaarde	10.447	m ³	aanbrengen teellaag
aanbrengen van herbruikbare klei	21.746	m ³	aanbrengen klei
aanvoeren van klei	75.656	m ³	aanvoeren klei (extern, per schip)
aanvoeren van teelaarde	9.708	m ³	aanvoeren teelaarde (extern, per schip)
aanbrengen van aangevoerde klei	75.656	m ³	aanbrengen klei
aanbrengen van aangevoerde teelaarde	9.708	m ³	aanbrengen teellaag

Deelgebieden 3C-4B

Net als de vakken 3A en 3B wordt een deel van het vrijkomende klei in de vakken 3C-4B direct op locatie hergebruikt. Het tekort aan klei wordt aangevoerd en aangebracht van externe bronnen buiten het projectgebied. Daarnaast zal ook teelaarde ontgraven, afgevoerd, aangevoerd, en aangebracht worden. Tabel 2.4 toont de grondstromen gerelateerd aan het deelgebieden 3C tot en met 4B binnen het landelijk gebied en de toegekende milieuverklaring uit DuboCalc.

Tabel 2.4 Materiaalhoeveelheden deelgebieden 3C-4B en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
ontgraven teelaarde	21.540	m ³	ontgraven, teelaarde per as
ontgraven klei	64.230	m ³	ontgraven, klei per as
afvoeren van teelaarde	14.410	m ³	afvoeren teelaarde (extern, per schip)
afvoeren van klei	28.106	m ³	afvoeren klei (extern, per schip)
aanbrengen van herbruikbare teelaarde	7.575	m ³	aanbrengen teellaag
aanbrengen van herbruikbare klei	38.381	m ³	aanbrengen klei
aanvoeren van klei	18.286	m ³	aanvoeren klei (extern, per schip)
aanvoeren van teelaarde	12.897	m ³	aanvoeren teelaarde (extern, per schip)
aanbrengen van aangevoerde klei	18.286	m ³	aanbrengen klei
aanbrengen van aangevoerde teelaarde	12.897	m ³	aanbrengen teellaag

KRW Geul

Door vervuilingen van de grond waar de KRW-geul wordt ontgraven zal een groot deel van de ontgraven grond afgevoerd moeten worden. Het is mogelijk om ongeveer een derde van het ontgraven materiaal te hergebruiken binnen de dijkversterking. Tabel 2.5 toont de grondstromen gerelateerd aan de KRW-geul in het landelijk gebied en de toegekende milieuverklaring uit DuboCalc.

Tabel 2.5 Materiaalhoeveelheden KRW geul en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
ontgraven van klei	151.089	m ³	ontgraven, klei per as
afvoeren van klei	104.239	m ³	afvoeren klei (extern, per schip)
aanbrengen van herbruikbare klei	49.778	m ³	aanbrengen klei

Kamsalamanderpoel

De vrijkomende grond uit de kamsalamanderpoel is niet te hergebruiken en zal daarom afgevoerd worden. Tabel 2.6 toont de grondstromen gerelateerd aan de kamsalamanderpoel en de toegekende milieuverklaring uit DuboCalc.

Tabel 2.6 Materiaalhoeveelheden kamsalamanderpoel en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
ontgraven van klei	961	m ³	ontgraven, klei per as
afvoeren van klei	961	m ³	afvoeren klei (extern, per schip)

Hoornwerk

Voor het herstellen van het Hoornwerk vinden voornamelijk graafwerkzaamheden en transport van klei plaats. Een groot deel van de vrijkomende klei zal afgevoerd worden. Daarvoor in de plaats wordt nieuwe grond aangevoerd. In het grondstromenplan staat een (beperkte) hoeveelheid baggerwerkzaamheden opgenomen. In de MKI-analyse zijn deze werkzaamheden aangenomen als regulier graafwerk waarvoor geen specifiek baggermateriaal is voorzien. Tabel 2.7 toont de grondstromen gerelateerd aan het Hoornwerk en de toegekende milieuverklaring uit DuboCalc.

Tabel 2.7 Materiaalhoeveelheden Hoornwerk en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
ontgraven van klei	151.089	m ³	ontgraven, klei per as
afvoeren van klei	104.239	m ³	afvoeren klei (extern, per schip)
aanbrengen van herbruikbare klei	49.778	m ³	aanbrengen klei
aanvoeren van klei	44.221	m ³	aanvoeren klei
aanbrengen van aangevoerde klei	44.221	m ³	aanbrengen klei

Uitgangspunten voor weginfrastructuur, constructies, en maaiooppervlak

De weginfrastructuur en langsconstructies (damwanden en pipingvoorzieningen) zijn in de SSK-raming niet aan specifieke deelgebieden toegewezen. De getoonde waarden omvatten alle weginfrastructuur en langsconstructies binnen het projectgebied.

Weginfrastructuur

De weginfrastructuur bestaat uit een zand- en funderingslaag, in combinatie met een basis- en toplaag van asfalt. Hierbij zijn gestandaardiseerde laagdiktes per vierkante meter weg aangehouden, zoals deze worden toegepast in de HWBP-bibliotheek binnen DuboCalc. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in verschillende wegtypes; een provinciale weg, een erftoegangsweg en een fietspad.

Tabel 2.8 toont de oppervlaktehoeveelheden van de verschillende wegconstructies en de toegekende milieuverklaring uit DuboCalc.

Binnen de weginfrastructuur is te zien dat de gehele provinciale weg vervangen wordt, verschillende erftoegangswegen aangebracht worden en dat er een fietspad wordt aangebracht. De aanleg van de fietssuggestiestrook en de grasbetontegels zijn buiten scope gesteld van deze analyse, omdat hier geen milieuverklaringen voor beschikbaar zijn binnen de HWBP-bibliotheek. De MKI-bijdrage van deze onderdelen is echter klein, binnen de ordegrootte van enkele duizenden euro MKI, en zijn niet significant ten opzichte van het MKI-totaal.

Tabel 2.8 Materiaalhoeveelheden weginfrastructuur en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
verwijderen provinciale weg	16.447	m ²	provinciale weg (verwijderen)
aanleggen provinciale weg	16.447	m ²	provinciale weg (aanleg)
aanleggen erftoegangsweg (à 200 m ²)	19	st	aanbrengen erftoegangsweg
aanleggen erftoegangsweg (à 100 m ²)	43	st	aanbrengen erftoegangsweg
aanleggen fietspad	4.300	m ²	fietspad (aanleg)

Constructies

Voor de langsconstructies zijn verschillende typen (stalen) damwanden en pipingvoorzieningen voorzien. De gordingen van de stalen damwanden zijn niet opgenomen in de milieuverklaringen binnen de HWBP-bibliotheek. De MKI-bijdrage van de gordingen is beperkt, binnen de ordegrootte van enkele duizenden euro MKI, en zijn niet significant ten opzichte van het MKI-totaal. Tabel 2.9 toont het aantal strekkende meter langsconstructies (in langsrichting van de dijk) binnen het gehele projectgebied en het aantal damwandankers in combinatie met de toegekende milieuverklaringen uit DuboCalc.

Tabel 2.9 Materiaalhoeveelheden constructies en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
stalen damwanden, 15 m diep	320	m	stalen damwand
stalen damwanden, 12,5 m diep	575	m	stalen damwand
stalen damwanden, 6 m diep	50	m	stalen damwand
damwand groutinjectieankers (hoh 2,4 m)	95	st	anker
kunststoffen damwanden (pvc), 12,5 m diep	2.150	m	kwelscherm (pvc)

Beheer en onderhoud graszode op de dijk

Het beheer en onderhoud van de graszode is als één gecombineerd proces gemodelleerd. Voor het beheer wordt uitgegaan van tweemaal maaien per jaar met traditioneel (maai)materieel. In totaal wordt 29 hectare te onderhouden gras voorzien, zie tabel 2.10.

Tabel 2.10 Hoeveelheid beheer en onderhoud graszode en het overeenkomende DuboCalc product

Werkzaamheden	Hoeveelheid	Eenheid	DuboCalc product HWBP PU- fase
beheer en onderhoud graszode	289.705	m ²	aanleg, inzaaien gras

3 RESULTATEN MKI-ANALYSE

De MKI en CO₂ waarden per onderdeel en deelgebied

Een overzicht van de MKI- en CO₂-eq waarden per deelgebied of onderdeel is weergegeven in Tabel 3.1. Hier is te zien dat ongeveer een derde van de totale MKI in het beheer en onderhoud van de graszode zit. Dit resulteert in een absolute MKI van ongeveer 1,2 miljoen. Daarnaast is de overige twee derde van de totale MKI toe te schrijven aan de productie-, bouw-, en einde levensduurfase van de dijk. De absolute MKI-waarde van dit onderdeel is ongeveer 2,1 miljoen euro MKI. Van deze 2,1 miljoen is ongeveer de helft toe te schrijven aan de constructies en de weginfrastructuur van de dijk.

Het beheer en onderhoud van de graszode heeft een grote milieu-impact omdat deze over de gehele 100 jaar plaats zal vinden. De andere processen vinden voornamelijk plaats in de bouw- en productiefase en zijn daardoor minder belastend over de gehele 100 jaar. Voor de constructies zit er bijvoorbeeld een grote impact in de stalen damwanden. Deze producten zijn voornamelijk belastend gedurende de productiefase waardoor er in een relatief korte periode een grote milieu-impact teweeg wordt gebracht. Deze producten zijn dermate belastend dat ongeveer een kwart van de totale MKI hiervan afkomstig is.

Tabel 3.1 Totaaloverzicht MKI en CO₂ per deelgebied en onderdeel gerangschikt naar MKI-bijdrage

Deelgebied of onderdeel	MKI (EUR MKI)	Broeikasemissies (ton CO ₂ -eq)
beheer en onderhoud graszode	1.192.517	10.354
constructies	800.989	6.074
weginfrastructuur	562.261	4.226
3A - 3B	242.323	3.461
1A - 1F	176.287	2.533
Hoorwerk	117.460	1.686
3C - 4B	99.077	1.424
KRW-geul	90.751	853
2A	12.975	191
kamsalamanderpoel	705	6
totaal	3.295.347	30.809

De MKI per HWBP PU-fase milieuprofiel

Het overzicht per werkzaamheid, weergegeven als HWBP PU-fase milieuprofiel, is weergegeven in Tabel 3.2 en Afbeelding 3.1. In de onderstaande tabel is te zien dat de MKI voornamelijk afkomstig is uit Aanleg, in-zaaien gras. Ook is te zien dat een groot deel afkomstig is van de stalen damwanden, aanvoer van klei en het aanleggen van de provinciale weg.

Binnen de processen met betrekking tot de constructies is te zien dat de milieu-impact zich vooral bevindt in de stalen damwanden. Met een MKI-waarde van afgerond 730 duizend euro MKI is dit ongeveer 90 % van de totale MKI van de constructiematerialen.

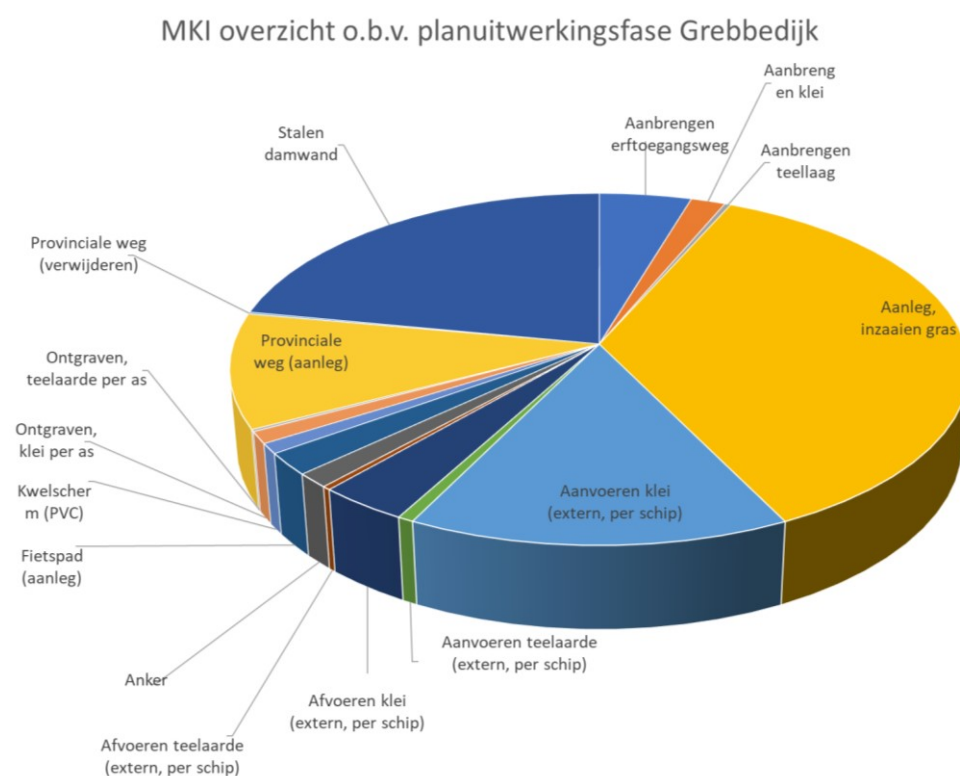
Binnen de verschillende transportbewegingen van grond is in Tabel 3.2 te zien dat de aanvoer van klei de grootste milieu-impact heeft. Het verschil in MKI met het aan- en afvoeren van de klei is opvallend, want de hoeveelheden van deze twee stromen laten niet hetzelfde verschil zien. Dit is te verklaren in de productiefase van de klei, het is namelijk zo dat voor nieuw aan te voeren klei rekening wordt gehouden met het winnen van de grondstof. Dit maakt dat per m³ aan te voeren klei een hogere MKI verwacht kan worden.

Voor de weginfrastructuur is te zien dat de milieuprofielen van de provinciale weg en de erftoegangsweg de grootste impact hebben. Het verwijderen van de bestaande weg levert een negatieve milieu-impact op.

Dit komt doordat de vrijkomende materialen nog restwaarde hebben en daarmee elders in de keten productie van primaire materialen wordt voorkomen.

In Afbeelding 3.1 zijn de verschillende processen in één overzicht afgebeeld. Hier is te zien dat de eerder benoemde milieuprofielen: stalen damwand, aanvoeren van klei, provinciale weg (aanleg) en aanbrengen erf-toegangsweg samen met het profiel aanleg, inzaaien gras het grootste deel van de taart diagram bedekken. Dit zijn dan ook onderdelen waar meer winst te behalen valt in toekomstige optimalisaties.

Afbeelding 3.1 MKI-overzicht per HWBP PU-fase milieuprofiel voor het ontwerp van de planuitwerkingsfase op basis van 100 jaar analyseperiode



Tabel 3.2 Totaaloverzicht MKI en CO₂ per HWBP PU-fase milieuprofiel

HWBP PU-fase milieuprofiel	MKI (EUR MKI)	Broeikasemissies (ton CO ₂ -eq)
aanleg, inzaaien gras	1.192.517	10.354
stalen damwand	726.124	5.649
aanvoeren klei (extern, per schip)	483.661	7.084
provinciale weg (aanleg)	348.295	2.803
aanbrengen erftoegangsweg	152.842	943
afvoeren klei (extern, per schip)	115.059	1.033
fietspad (aanleg)	67.081	541
aanbrengen klei	57.132	612
anker	43.796	181
ontgraven, klei per as	36.157	371
kwelscherm (pvc)	31.069	245

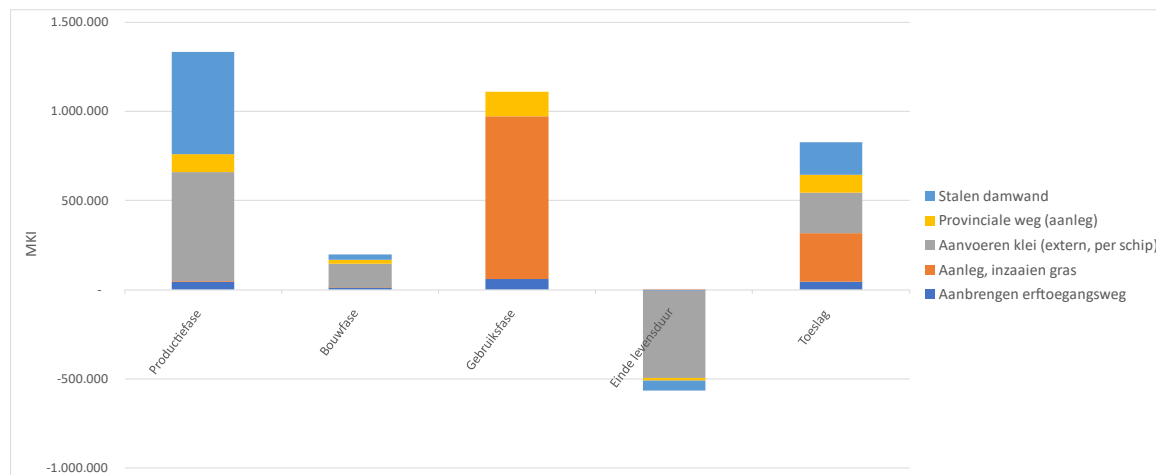
HWBP PU-fase milieuprofiel	MKI (EUR MKI)	Broeikasemissies (ton CO ₂ -eq)
aanvoeren teelaarde (extern, per schip)	20.527	781
afvoeren teelaarde (extern, per schip)	10.637	101
aanbrengen teellaag	9.907	106
ontgraven, teelaarde per as	6.499	67
provinciale weg (verwijderen)	-5.957	-61
totaal	3.295.347	30.809

De MKI per levensfase per HWBP PU-fase milieuprofiel

Het is ook mogelijk om de MKI op te delen in de verschillende levensfasen van het project. In Afbeelding 3.2 zijn de verschillende levensfasen van het project en de bijdrage van de meest belastende milieuprofielen afgebeeld.

In de productiefase is te zien dat voornamelijk de stalen damwand en het aanvoeren van klei bijdragen aan de MKI. In de gebruiksfase, waar ook het beheer plaatsvindt, is te zien dat de aanleg, inzaaien gras-profiel de grootste bijdrage levert. Doordat binnen dit profiel ook het onderhoud over gehele 100 jaar wordt meegerekend. Binnen de bouwphase is te zien dat het aanvoeren van klei de grootste impact maakt. Dit is te verklaren doordat het transport wordt meegerekend in de bouwphase. Voor de eindelevensduur is te zien dat voornamelijk het aanvoeren van klei de grootste positieve milieu-impact heeft. Doordat het klei aan einde van diens levensduur nog her te gebruiken is, en de milieu-impact in de productiefase relatief hoog is, is er een voordeel te behalen met het terugwinnen van dit materiaal. Hierom wordt er een voordeel toebedeeld in de einde levensfase van dit milieuprofiel en minder voor andere profielen.

Afbeelding 3.2 MKI-overzicht (incl. 30% toeslag) per levensfase voor de meest belastende HWBP PU-fase milieuprofielen



4 CONCLUSIE

In de MKI-analyse is het huidige ontwerp van de planuitwerkingsfase van de gebiedsontwikkeling Grebbedijk beschouwd. Op basis van deze analyse is de verwachte milieu-impact berekend als EUR 3,3 miljoen MKI en de verwachte uitstoot van broeikasemissies als 31.000 ton CO₂-eq. In deze analyse is de milieu-impact voor verschillende deelgebieden en werkzaamheden inzichtelijk gemaakt.

Hieruit volgt dat 66% van de milieu-impact in de productie-, bouw- en einde levensduurfase van de verschillende onderdelen van het project bestaat. De resterende 33 % bevindt zich in het onderhoud van de dijk. Voor de analyse is er een analyseperiode van 100 jaar aangehouden. Wanneer er gekeken wordt naar de verschillende processen, is te zien dat voornamelijk het beheer van de graszode, stalen damwanden, en de aanleg van de provinciale weg bijdragen aan de totale MKI.



BIJLAGE: OVERZICHT MKI-PROCESSEN UIT DE HWBP-OBJECTENBIBLIOTHEEK

Onderstaand volgt een overzicht van de productopbouw van de toegepaste HWBP PU-fase milieuprofielen, welke zijn geüpdatete met de processen van de NMD uit 2024. Voor elk product is aangegeven welke onderliggende NMD productkaarten zijn gebruikt en de bijbehorende hoeveelheden. In de laatste kolom is de milieu-impact per eenheid weergegeven. Doordat de productkaarten zijn opgebouwd uit categorie 3 data geldt een toeslag van 30 %. Deze is bij de weergegeven MKI-waarde inbegrepen.

Tabel I.1 Overzicht opbouw samengestelde HWBP producten

HWBP product	Onderliggende NMD producten	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur in jaren	Data-categorie	EUR MKI/eenheid
ontgraven, teelaarde per as		1	m ³	999	Cat. 3	0,119
	transport met vrachtwagen, Euro 5, diesel	5,4	tkm/m ³			
	graafmachine, cat. IV, diesel	0,011	uur/m ³			
omschrijving: op basis van DuboCalc HWBP PU-fase. Betreft het ontgraven van teelaarde dat in het werk wordt hergebruikt, met tussentijdse stalling in een tijdelijk depot. Uitgangspunten zijn 5,4 tkm transport met Transport met vrachtwagen, Euro 5, diesel en 0,011 uur graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel. Transportafstand is 3 km, soortelijk gewicht teelaarde is 1,625 ton/m ³						
ontgraven, klei per as		1	m ³	999	Cat. 3	0,118
	transport met vrachtwagen, Euro 5, diesel	4,8	tkm/m ³			
	graafmachine, cat. IV, diesel	0,011	uur/m ³			
omschrijving: op basis van DuboCalc HWBP PU-fase. Betreft ontgraven van klei dat in het werk wordt hergebruikt, met tussentijdse stalling in een tijdelijk depot. Uitgangspunten zijn 4,8 tkm transport met transport met vrachtwagen, Euro 5, diesel en 0,011 uur graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel. Transportafstand is 3 km, soortelijk gewicht klei is 1,6 ton/m ³						
aanvoeren klei (extern, per schip)		1	m ³	999	Cat. 3	2,464
	ophoogmateriaal, klei	1	m ³			
	graafmachine, cat. IV, diesel	0,022	tkm/m ³			
	transport per binnenvaartschip	68,8	uur/m ³			
omschrijving: op basis van DuboCalc HWBP PU-fase. Betreft aanvoeren van klei per binnenvaartschip. Uitgangspunt is winning van 1 m ³ klei; 0,011 uur/m ³ graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel inladen; 68,8 tkm transport per binnenvaartschip; 0,011 uur/m ³ graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel uitladen. Transportafstand is 43 km, soortelijk gewicht klei is 1,6 ton/m ³						
aanvoeren teelaarde (extern, per schip)		1	m ³	999	Cat. 3	0,640
	ophoogmateriaal, grond	1	m ³			
	graafmachine, cat. IV, diesel	0,022	uur/m ³			
	transport per binnenvaartschip	29,3	tkm/m ³			
omschrijving: Op basis van DuboCalc HWBP PU-fase. Betreft aanvoeren van teelaarde per binnenvaartschip. Uitgangspunt is winning van 1 m ³ teelaarde; 0,011 uur/m ³ graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel inladen; 29,3 tkm transport per binnenvaartschip; 0,011 uur/m ³ graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel uitladen. Transportafstand is 18 km, soortelijk gewicht teelaarde is 1,625 ton/m ³						
afvoeren klei (extern, per schip)		1	m ³	999	Cat. 3	0,616
	graafmachine, cat. IV, diesel	0,022	uur/m ³			
	transport per binnenvaartschip	68,8	tkm/m ³			
omschrijving: op basis van DuboCalc HWBP PU-fase. Betreft afvoeren van klei per binnenvaartschip. Uitgangspunt is winning van 1 m ³ klei; 0,011 uur/m ³ graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel inladen; 68,8 tkm transport per binnenvaartschip; 0,011 uur/m ³ graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel uitladen. Transportafstand is 43 km, soortelijk gewicht klei is 1,6 ton/m ³						

HWBP product	Onderliggende NMD producten	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur in jaren	Data-categorie	EUR MKI/eenheid
afvoeren teelaarde (extern, per schip)		1	m ³	999	Cat. 3	0,329
	graafmachine, cat. IV, diesel	0,022	uur/m ³			
	transport per binnenvaartschip	29,25	tkm/m ³			
omschrijving: op basis van DuboCalc HWBP PU-fase. Betreft afvoeren van teelaarde per binnenvaartschip. Uitgangspunt is winning van 1 m ³ teelaarde; 0,011 uur/m ³ graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel inladen; 29,25 tkm transport per binnenvaartschip; 0,011 uur/m ³ graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel uitladen. Transportafstand is 18 km, soortelijk gewicht teelaarde is 1,625 ton/m ³						
aanbrengen klei		1	m ³	999	Cat. 3	0,176
	transport met vrachtwagen, Euro 5, diesel	4,8	tkm/m ³			
	graafmachine, cat. IV, diesel	0,022	uur/m ³			
omschrijving: op basis van DuboCalc HWBP PU-fase. Betreft aanbrengen van klei dat in het werk wordt hergebruikt, met tussentijdse stalling in een tijdelijk depot. Uitgangspunten zijn 4,8 tkm transport met transport met vrachtwagen, Euro 5, diesel en 2x 0,011 uur graafwerkzaamheden met graafmachine, cat. IV, diesel met betrekking tot in- en uitladen vrachtwagen. Transportafstand is 3 km, soortelijk gewicht klei is 1,6 ton/m ³						
aanbrengen teellaag		1	m ³	999	Cat. 3	0,177
	transport met vrachtwagen, Euro 5, diesel	4,9	tkm/m ³			
	graafmachine, cat. IV, diesel	0,022	uur/m ³			
omschrijving: op basis van DuboCalc HWBP PU-fase. Betreft aanbrengen van teelaarde dat in het werk wordt hergebruikt, met tussentijdse stalling in een tijdelijk depot. Uitgangspunten zijn 4,875 tkm transport met transport met vrachtwagen, Euro 5, diesel en 2x 0,011 uur graafwerkzaamheden met Graafmachine, cat. IV, diesel met betrekking tot in- en uitladen vrachtwagen. Transportafstand is 3 km, soortelijk gewicht teelaarde is 1,625 ton/m ³						
stalen damwand		1	m ¹	100	Cat. 3	762,5
	damwand, staal koudgezet plaatstaal	16	m ² /m ¹			
omschrijving: op basis van een stalen damwand van type AZ24700 á 16 m ¹ diepte. Het samengestelde product dient in te worden gevoerd per strekkende meter damwand						
ankers		1	m ¹	100	Cat. 3	153,7
	ankers, met groutelement	0,36	p/m ¹			
omschrijving: op basis van Groutankers á 6 m1 lengte met h.o.h. 2,8 m. Het samengestelde product dient in te worden gevoerd per strekkende meter						
kwelscherm (PVC)		1	m ¹	100	Cat. 3	14,45
	kwelscherm, gerecycled kunststof	12,5	m ² /m ¹			
omschrijving: op basis van kwelscherm van gerecycled kunststof met een diepte van 12,5 meter. Het samengestelde product dient in te worden gevoerd per strekkende meter						
aanbrengen erftoegangsweg		1	m ¹	100	Cat. 3	8,491
	AC surf 30 % PR cat.2	82,5	kg/m ³			
	AC bin base 50 % PR cat.2	105,75	kg/m ³			
	AC bin base 50 % PR cat.2	164,5	kg/m ³			
	funderingslaag menggranulaat 250	0,833	m ² /m ²			

HWBP product	Onderliggende NMD producten	Hoeveelheid	Eenheid	Levensduur in jaren	Data-categorie	EUR MKI/eenheid
--------------	-----------------------------	-------------	---------	---------------------	----------------	-----------------

	elementverhardingen, zandbed	2	m ² /m ²			
--	------------------------------	---	--------------------------------	--	--	--

omschrijving: verwijderen van provinciale weg per m². Op basis van HWBP PU-fase DuboCalc product. Bestaat uit aanbrengen van: AC Surf: 35 mm > 82,5 kg, STAB bind: 50 mm > 105,75 kg, STAB base: 115 mm > 164,5 kg, menggranulaat: 250 mm, zandcunet: 500 mm. Wegvakindeling (belijning, geleiderails, verlichting, portalen, et cetera) niet beschouwd. Aanname: tijdens levensduur van 45 jaar wordt toplaag 2x vervangen. Wegvakindeling (belijning, geleiderails, verlichting, portalen, etc.) niet beschouwd. Handmatig als samengesteld item ingevoerd

provinciale weg (aanleg)		1	m²	100	Cat. 3	9,530
---------------------------------	--	----------	----------------------	------------	---------------	--------------

	AC surf 3 0% PR cat.2	82,5	kg/m ³			
--	-----------------------	------	-------------------	--	--	--

	AC bin base 50 % PR cat.2	117,5	kg/m ³			
--	---------------------------	-------	-------------------	--	--	--

	AC bin base 50 % PR cat.2	270,3	kg/m ³			
--	---------------------------	-------	-------------------	--	--	--

	funderingslaag menggranulaat 300 mm	1	m ² /m ²			
--	-------------------------------------	---	--------------------------------	--	--	--

	elementverhardingen, zandbed	2	m ² /m ²			
--	------------------------------	---	--------------------------------	--	--	--

omschrijving: aanbrengen van provinciale weg per m². Op basis van HWBP PU-fase DuboCalc product. Bestaat uit aanbrengen van: AC Surf: 35 mm > 82,5 kg, STAB bind: 50 mm > 117,5 kg, STAB base: 115 mm > 270,3 kg, menggranulaat: 300 mm, zandcunet: 500 mm. Wegvakindeling (belijning, geleiderails, verlichting, portalen, et cetera) niet beschouwd. Aanname: tijdens levensduur van 45 jaar wordt toplaag 2x vervangen. Wegvakindeling (belijning, geleiderails, verlichting, portalen, et cetera) niet beschouwd. Handmatig als samengesteld item ingevoerd

fietspad (aanleg)		1	m²	100	Cat. 3	7,020
--------------------------	--	----------	----------------------	------------	---------------	--------------

	AC surf 30 % PR cat.2	70,5	kg/m ³			
--	-----------------------	------	-------------------	--	--	--

	AC bin base 50 % PR cat.2	164,5	kg/m ³			
--	---------------------------	-------	-------------------	--	--	--

	funderingslaag menggranulaat 250 mm	1	m ² /m ²			
--	-------------------------------------	---	--------------------------------	--	--	--

	elementverhardingen, zandbed	1,6	m ² /m ²			
--	------------------------------	-----	--------------------------------	--	--	--

omschrijving: aanbrengen van fietspad op basis van m². Op basis van HWBP PU-fase DuboCalc product. Bestaat uit aanbrengen van: AC Surf: 30 mm > 70,5 kg, STAB base: 70 mm > 164,5 kg, menggranulaat: 250 mm, zandcunet: 400 mm. Aanname: tijdens levensduur van 45 jaar wordt toplaag 2x vervangen. Wegvakindeling (belijning, geleiderails, verlichting, portalen, et cetera.) niet beschouwd. Handmatig als samengesteld item ingevoerd

