



Achtergrondrapportage Circulaire Peiler van de Grebbedijk

Opdrachtgever: Waterschap Vallei en Veluwe

Organisatie
Lievense Milieu BV

Telefoon
+31 (0)55 368 05 40

Projectnummer
WAB012435

Adres
Ringwade 41
3439LM Nieuwegein

Datum
25 maart 2020

Documentnummer
WAB012435/01, versie 1

Colofon

Rapporthistorie

001 25 03 2030

Verantwoording

A.M.S. Weersink

Contactgegevens

aweersink@lievense.com

Autorisatie

Projectnummer	Documentnummer	Versie	Status
WAB012435	WAB012435/R001	001	concept

Opgesteld door	Functie	Datum	Paraaf
A.Weersink T.van Cuyck	Adviseur Adviseur	25 03 2020	
Geverifieerd door	Functie	Datum	Paraaf
P.Karssemeijer	Manager	25 03 2020	
Akkoord projectleider	Functie	Datum	Paraaf
A.Weersink	Adviseur	25 03 2020	

Inhoudsopgave

1	Inleiding en achtergrond	5
1.1	Werken aan circulariteitsdoelstellingen in de waterwereld	5
1.2	Circulariteit binnen Gebiedsontwikkeling Grebbedijk o.b.v. MIRT	5
1.3	Ontwikkeling Circulaire Peiler	7
1.4	Doel van dit rapport	8
1.5	Opbouw rapport	9
2	Achtergronden circulariteit en Circulaire Peiler	10
2.1	Circulaire economie	10
2.2	Bijdrage van de Circulaire Peiler aan circulaire economie	10
2.3	Hoe werkt de Circulaire Peiler	12
2.3.1	Weging op basis van het multicriteria principe	12
2.3.2	Kwalitatieve beoordeling ontwerpprincipes 1 t/m 6 en het 10-R model	13
2.3.3	Kwantitatieve beoordelingen	14
3	CPI-beoordeling alternatieven Grebbedijk	17
3.1	De alternatieven	17
3.2	Resultaten alternatieven Verkenningfase Gebiedsontwikkeling Grebbedijk	18
3.3	Toelichting op de prestaties	19
3.4	Kwantificering impact materialen	23
3.5	Bespreking resultaten CPI	27
4	Conclusies en aanbevelingen	29
4.1	Inleiding	29
4.2	Conclusies	29
4.3	Aanbevelingen	30
5	Onderbouwende documenten	32
	BIJLAGE 1: Beschrijving alternatieven	33
	BIJLAGE 2: MKI en CO2 berekeningen en de grondbalans	39
	MKI en CO2 berekeningen	39
	MKI-kengetallen per m' dijk voor verschillende profielen	40
	Grondbalans van alternatieven	40
	BIJLAGE 3: FACTSHEETS ALTERNATIEVEN	42
	Factsheet Voorkeursalternatief (VKA.)	43
	Factsheet Kansrijk Alternatief 1	44
	Factsheet Kansrijk Alternatief 2	45
	Factsheet Kansrijk alternatief 3	46

BIJLAGE 4: MKI referentiedijk (KOSWAT)

47

Materialisatie MKI-Referentie-dijk Circulaire Peiler (KOSWAT)

49

1 Inleiding en achtergrond

1.1 Werken aan circulariteitsdoelstellingen in de waterwereld

Overbelasting van de aarde is één aspect van de duurzaamheidsopgave naast klimaatadaptatie en verlies aan biodiversiteit. Aandacht voor circulariteit is een onderdeel van de integrale duurzaamheidsopgave. De overheid heeft als doel om in 2050 een volledig circulaire economie te zijn, met een tussenstap in 2030 met als doelstelling 50% minder primair grondstofverbruik ten opzichte van 1990. Om de transitie van een lineaire economie naar een volledig circulaire economie te kunnen maken, is het zaak om circulaire (ontwerp)principes een integraal onderdeel te laten zijn bij besluitvorming en binnen ontwerpprocessen, aanleg, beheer- onderhoud en sloop. De wijze waarop circulariteit verankerd kan worden in bestaande processen is nog niet uitgekristalliseerd. Er zijn nog geen pasklare normen waar we ons aan kunnen en moeten houden. Wel wordt er op verschillende plekken gewerkt aan leidraden om handelingsperspectief te bieden om circulariteit te bevorderen. Verschillende voorbeeldprojecten leveren ons leerervaringen. Ze tonen mogelijkheden en kansen die circulariteit ons kan bieden, maar ook de nodige aandachtspunten.

Ook waterschappen zijn in Nederland een verduurzamingsslag aan het maken. Onder andere in projecten binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma HWBP, waar gewerkt wordt aan duurzame dijkontwikkeling. Maar wat is een duurzame dijk en hoe kun je de ontwikkeling van duurzame dijken stimuleren?

Bij de start van het dijkversterkingsproject “Grebbedijk” heeft Waterschap Vallei en Veluwe zich als doel gesteld bij te dragen aan verduurzaming van de GWW sector door circulariteit mee te nemen in het project. Maar wat maakt een dijk circulair? Wanneer is een dijk circulair? Welke maatregelen vergt dit? Hoe zorg je dat circulariteit onder de aandacht van betrokkenen in het ontwerp- en besluitvormingsproces komt en blijft?

1.2 Circulariteit binnen Gebiedsontwikkeling Grebbedijk o.b.v. MIRT

Het Waterschap Vallei en Veluwe heeft samen met Lieveense|WSP adviseurs en ingenieurs deze vraagstukken opgepakt in het kader van de Verkenningsfase van het dijkversterkingsproject Grebbedijk te Wageningen. Een 5,5 km lange dijk moet hier worden versterkt om het achterland tot aan Amersfoort te beschermen tegen overstromingsgevaar.

Door toepassing van de acht circulaire ontwerpprincipes vanuit verduurzaming van het MIRT is invulling gegeven aan circulariteit tijdens de verkenningsfase.

Deze 8 circulaire ontwerpprincipes zijn ontwikkeld voor MIRT projecten met als doel om een denkrichting te geven om circulariteit in projecten te bevorderen (zie figuur 1). Dit door het aanreiken van mogelijkheden en handelingsperspectieven in een project. De principes moeten helpen om inzicht te bevorderen waar kansen voor circulariteit liggen binnen een ontwerppoging en deze te benutten.



Figuur 1: De 8 circulaire ontwerpprincipes van het MIRT op de drie niveaus preventie, waardebehoud en waardecreatie. De indeling van prestaties uit de Circulaire Peiler is hierop gebaseerd.

De acht circulaire ontwerpprincipes van het MIRT hebben een globaal karakter en zijn generiek toepasbaar, maar bieden wel handvatten om op te sturen en om alternatieven onderling met elkaar te kunnen vergelijken. Het is een richtlijn, maar geen beoordelingsmethode. Die behoefte daaraan vanuit het project Grebbedijk heeft geleid tot de ontwikkeling van een maatlat in de vorm van een beoordelingsmatrix ('rubric') voor elk van de acht circulaire ontwerpprincipes. Deze beoordelingsmatrix is als maatlat gehanteerd om ontwerpen en genomen acties te beoordelen en waar nodig te stimuleren of bij te sturen.

Bij de Verkenningfase van Grebbedijk is de beoordelingsmatrix gebruikt voor een holistische beoordeling van de alternatieven. Het heeft eraan bijgedragen dat betrokkenen bewuster omgingen met duurzaamheid en binnen een breed perspectief kansen verkenden en daarop konden bijsturen. De aanpak maakte zowel kwalitatieve als kwantitatieve beoordeling mogelijk. De te beoordelen aspecten inclusief het verlangde detailniveau werden helder.

Het gehanteerde beoordelingskader is na afronding van de verkenningfase geëvalueerd.

Als belangrijke voordelen van het beoordelingskader zijn ervaren:

- Alternatieven worden op dezelfde wijze vergeleken;
- Geeft transparantie en onderbouwing van de beoordeling;
- Maakt duidelijk aan degene die ontwerpt/proces stuurt wat wordt verwacht;
- Maakt beoordeling van verschillende aspecten van duurzaamheid en aspecten met een multidisciplinair karakter mogelijk.

Als verbeterpunten kwamen onder andere naar voren:

- Systematiek vraagt eigenlijk om mate van belang van beoordelingsaspecten te kunnen wegen;
- De wens om de methodiek bruikbaar te maken voor volgende fasen in het ontwikkelingsproces;
- In plaats van een vergelijking tussen de alternatieven ook een referentiesituatie te ontwikkelen om dijkontwerpen goed met elkaar te kunnen vergelijken;
- De wens voor een meer analytische aanpak, waarbij elk criterium wordt gescoord en een eindbeoordeling in een ééngetalswaarde mogelijk wordt.

Naar oordeel van de betrokkenen bij het proces Grebbedijk was de ontwikkelde maatlat voor het project Grebbedijk zodanig generiek van opzet, dat deze in potentie ook bruikbaar zou kunnen zijn als algemeen circulair afwegingskader voor andere projecten.

1.3 Ontwikkeling Circulaire Peiler

Het Waterschap Vallei en Veluwe heeft het initiatief genomen om het ontwikkelde beoordelingskader circulariteit voor de Grebbedijk door te ontwikkelen richting een algemeen beoordelingskader voor circulariteit. De opgedane lessen in de verkenningsfase voor de gebiedsontwikkeling Grebbedijk worden daarmee beschikbaar voor de vervolgfases en ook andere projecten kunnen baat hiervan hebben: het wiel hoeft niet opnieuw uitgevonden te worden. Deze doorontwikkeling is met financiële ondersteuning door een innovatiebeschikking vanuit het HWBP mogelijk gemaakt en heeft geleid tot de door Lieveense|WSP ontwikkelde 'Circulaire Peiler', een peilstok voor circulariteit. De Circulaire Peiler gaat uit van een analytische aanpak op basis van een multicriteria-analyse. Beoordelingscriteria wordt gescoord via vaste selectiemenu's. De Circulaire Peiler geeft een gewogen eindscore voor de circulariteit voor verschillende fasen in het proces. Deze is gebaseerd op de beoordeling van kwalitatieve en kwantitatieve prestaties die bijdragen aan een circulaire ontwikkeling. Na weging volgt de eindscore als ééngetalswaarde, de index voor het Circulaire Peil (CPI). Om de beoordeling verder te vereenvoudigen is de excel rekentool "CirculairePeiler.XLS" ontwikkeld.

Veel aspecten uit de Circulaire Peiler zijn niet nieuw. De Peiler sluit zoveel mogelijk aan bij bestaande instrumenten voor duurzaamheid/circulariteit, zoals de genoemde 8 circulaire ontwerpprincipes van het MIRT en MKI-berekeningen met DuboCalc. Te beoordelen prestaties zijn zowel kwalitatief als kwantitatief van aard. Een voorbeeld van een kwalitatieve beoordeling is het vaststellen van het niveau van circulariteit op basis van het 10-R model. Een voorbeeld van een kwantitatieve beoordeling is het maken van een MKI berekening.

Het belangrijkste doel van de Circulaire Peiler is om bewustwording te creëren en inzicht te krijgen in de aard en effectiviteit van maatregelen die bijdragen aan een circulaire ontwikkeling. Werken met de Circulaire Peiler moet bijdragen aan inzicht welke maatregelen per fase effectief bijdragen aan realisatie van een volledig circulaire economie, waarbij materiaalgebruik wordt geminimaliseerd en weinig milieubelastende materialen worden ingezet.

De ontwikkeling van de Circulaire Peiler sluit goed aan bij de aanbevelingen die door de commissie-m.e.r. zijn gedaan in het Tussentijds toetsingsadvies over het milieueffectrapport voor de Gebiedsontwikkeling Grebbedijk (zie kader 1).

Kader 1: Aanbevelingen Commissie-m.e.r. op gebied van circulariteit

De commissie-m.e.r. heeft in het Tussentijds toetsingsadvies over het milieueffectrapport voor de Gebiedsontwikkeling Grebbedijk 1 op verzoek van het projectteam Gebiedsontwikkeling Grebbedijk nadrukkelijk ook aandacht gegeven aan circulariteit. De commissie heeft daarbij verschillende aanbevelingen adviezen geformuleerd voor de planuitwerkingsfase. Als belangrijkste punt met betrekking tot het gehanteerde beoordelingskader zijn door de commissie de volgende aanbevelingen gegeven:

- Het beoordelingskader geeft enkel de vergelijking tussen de alternatieven in relatieve zin. Hierdoor is het wel duidelijk of het ene ontwerp meer circulair is dan het andere ontwerp, maar niet wat de alternatieven bijdragen in absolute zin.
- Geef duidelijk aan op welke wijze de resultaatsindicatoren zijn opgebouwd. Zo geeft criterium 'Verlagen van de MKI-waarde berekening bij maken keuzes' de score berekend met het programma DuboCalc (milieueffecten van het materiaalgebruik). Voor het goed doorgronden van de MKI-waarde is het nodig om voldoende inzicht te geven welke materialen op welke wijze bijdragen aan de score.

In beginsel is de Circulaire Peiler ontwikkeld voor dijkversterkingen, echter door het algemene karakter van te beoordelen prestaties in de Circulaire Peiler zal toepassing ervan in andere integrale projecten tot de mogelijkheden behoren.

1.4 Doel van dit rapport

De rapportage onderbouwt hoe vier ontwikkelde alternatieven uit de Verkenningsfase van de Grebbedijk scoren ten aanzien van circulariteit, met daarbij de index voor het Circulaire Peil (CPI) uit de Circulaire Peiler als maatstaf.

Deze eerste rekenexercitie met de Circulaire Peiler levert leerervaringen over de bruikbaarheid van het model in de praktijk.

De 'Circulaire Peiler' is een doorontwikkeling van de beoordelingsmatrix die in de Verkenningsfase voor Project Grebbedijk is gehanteerd. De eerste versie van de 'CirculairePeiler.XLS' maakt nu bijvoorbeeld weging van beoordelingsaspecten mogelijk en kwantitatieve vergelijking van alternatieven door de MKI-waarden te vergelijken met een 'neutrale' referentiedijk.

Omdat de Circulaire Peiler een nieuw beoordelingsinstrument is voor circulariteit gaat de rapportage naast de onderbouwing van de invoer voor de alternatieven wat dieper in op achtergronden van dit instrument.

¹ <https://www.commissiemer.nl/docs/mer/p33/p3375/a3375tts.pdf>

1.5 Opbouw rapport

In hoofdstuk 1 wordt ingegaan op de aanleiding en achtergronden voor ontwikkeling van de Circulaire Peiler, ook wordt het doel aangegeven. In hoofdstuk 2 wordt stilgestaan bij de gehanteerde definities met betrekking tot circulariteit en hoe de CPI – Index Circulaire Peil – wordt bepaald. In hoofdstuk 3 worden de resultaten getoond van de eerste CPI berekeningen op basis van de ontwikkelde alternatieven voor de Grebbedijk uit de verkenningsfase. In hoofdstuk 4 volgen de conclusies en aanbevelingen. In hoofdstuk 5 staat een overzicht van onderbouwende documenten.

Voor de inhoudelijke kant van de alternatieven en de achterliggende beoordeling, wordt verwezen naar rapportages die in dit kader zijn opgesteld² en de bijlagen bij deze rapportage. Van dit rapport is tevens een op zichzelf staande samenvatting opgesteld³.

² <https://grebbedijk.com/voorkeursalternatief>

³ De Circulaire Peiler Grebbedijk – overzicht bevindingen, Lieveense|WSP, 25 maart 2020

2 Achtergronden circulariteit en Circulaire Peiler

2.1 Circulaire economie

Een circulaire economie is een economisch systeem van gesloten kringlopen waarin grondstoffen, onderdelen en producten hun waarde zo min mogelijk verliezen, hernieuwbare energiebronnen worden gebruikt en systeemdenken centraal staat.

De Nederlandse overheid heeft als doel om in 2050 een 100% circulaire economie te zijn. Het is de ambitie van het kabinet om het gebruik van primaire abiotische grondstoffen in **2030** te halveren ten opzichte van 1990. Circulariteit gaat uit van een wereld zonder afval. In een circulaire economie houden grondstoffen, onderdelen en producten hun waarde. Producten van nu zijn de grondstoffen voor later. Na gebruik kunnen de materialen waaruit een product bestaat opnieuw worden gebruikt. Afval bestaat hierdoor niet (of nauwelijks).

Om **grondstofverbruik** te beperken worden in een volledig circulaire economie de materiaalkringlopen gesloten. Afval bestaat niet. Reststromen zijn te gebruiken voor het maken van een nieuw product. Materialen moeten op een goede manier gerecycled worden en producten, onderdelen en grondstoffen moeten van hoogwaardige kwaliteit blijven. Vaak wordt dit vertaald in R-termen. Refuse (niet iets doen als het niet nodig is), reduce (minimaal grondstofgebruik), reuse (maximaal hergebruik van producten en onderdelen), recycle (hoogwaardig hergebruik van grondstoffen), etc. Er zijn verschillende R-modellen.

Hernieuwbare energiebronnen zijn onderdeel van het circulaire economische systeem. Energiestromen worden optimaal benut.

Circulaire economie gaat daarnaast uit van **systeemverandering**. Het uitgangspunt is dat actoren met elkaar verbonden zijn in een netwerk. Bij te maken keuzes dienen vanuit de circulariteitsgedachte zowel consequenties op de korte als lange termijn worden beschouwd, evenals de impact van de hele waardeketen.

2.2 Bijdrage van de Circulaire Peiler aan circulaire economie

De Circulaire Peiler beoogt inzicht te geven hoe in projecten zuiniger en slimmer met grondstoffen, producten en diensten kan worden omgegaan om zo een bijdrage te leveren aan de ambitie Nederland circulair in 2050.

De Circulaire Peiler sluit aan bij de drie doelen voor circulariteit zoals die zijn geformuleerd door het Platform CB'23⁴ samen met betrokken partijen, te weten⁵:

- Beschermen van materiaalvoorraden
- Beschermen van milieukwaliteit
- Beschermen van bestaande waarden

Dit zijn drie belangrijke onderdelen van een integrale afweging, waarin winst voor de leveringszekerheid van materialen en waardebehoud een eventuele hogere milieu-impact kan verantwoorden.

Circulariteit beoordelen vanaf initiatieffase t/m beheer/onderhoudsfase

Keuzes die bijdragen aan een circulaire economie dienen al vanaf de initiatieffase van een nieuw project te worden meegenomen. Dit geldt zeker voor langdurige projecten, zoals dijkverzwaringen. Procesmatig dient duurzaamheid daarom regelmatig in beeld te zijn bij betrokkenen om vast te stellen of de juiste keuzes worden gemaakt. Beoordeling van de circulariteit dient te worden ingebed bij de besluitvorming, het ontwerp, realisatie en bij beheer/onderhoud.

Vinger aan de pols – kwalitatief en kwantitatief

Regelmatig een "vinger aan de pols" om te peilen of men nog op de juiste koers zit, zal bijdragen aan realisatie van de circulaire doelstellingen van de overheid. Regelmatig het circulariteitsniveau peilen zorgt dat circulariteitsaspecten niet uit het oog worden verloren en maakt tijdige bijsturing mogelijk.

De Circulaire Peiler kan die vinger aan de pols zijn, door te fungeren als peilstok voor circulariteit in projecten in de volgende fasen van een project:

FASE	Omschrijving
1	initiatieffase
2	verkenningfase
3	planuitwerkingsfase
4	contractvormingsfase
5	realisatiefase
6	beheer/onderhoudsfase

⁴ CB'23 is het initiatief van Rijkswaterstaat en het Rijksvastgoedbedrijf om bouw-breed partijen met circulaire ambities met elkaar te verbinden, zowel in de GWW-sector als in de woning- en utiliteitsbouw. Het streven is om vóór 2023 nationale, bouwsector-brede afspraken op te stellen over circulair bouwen

⁵ <https://platformcb23.nl/>

2.3 Hoe werkt de Circulaire Peiler

2.3.1 Weging op basis van het multicriteria principe

De basis van de Circulaire Peiler is een multicriteria analyse (MCA), waarbij circulaire doelstellingen worden gewogen. De weging is afhankelijk van het relatieve belang van een beoordelingsonderdeel in die fase van het ontwikkelingsproces.

De methodiek is omgezet in een rekenprogramma in XLS. "CirculairePeiler.XLS" berekent op basis van gerealiseerde doelstellingen per ontwerpprincipes een index van het Circulaire Peil (CPI), afhankelijk van de fase waarin het project zich bevindt.

Formulering te beoordelen doelstellingen + wegingsfactor van doelstellingen

Per ontwerpprincipes uit het MIRT zijn doelstellingen geformuleerd. Elke doelstelling krijgt een wegingsfactor. De som van de wegingsfactoren van alle doelstellingen is 100%. Per te beoordelen fase kan de verdeling van deze wegingsfactoren verschillen, maar het totaal blijft altijd 1.

Prestaties per doelstelling krijgen gewogen punten

De doelstellingen zijn vervolgens vertaald in prestaties. Per prestatie zijn maximaal 100 punten te verdienen. Hoe hoger de prestatie hoe meer punten. Per doelstelling zijn er maximaal 5 prestatieniveaus, steeds oplopend met 25 punten (dus van minimaal 0 tot maximaal 100 punten). De te waarden prestaties zijn in de "CirculairePeiler.XLS" gefixeerd in een pull-down menu. Deze prestaties worden vervolgens vermenigvuldigd met de wegingsfactor.

Som van de scores = waarde index CPI

De som van de gewogen waarde per doelstelling is de circulaire prestatie van het project. Deze bereikte prestatie volgens de Circulaire Peiler (CP) uitgedrukt in een indexgetal (I) dat ligt tussen CPI=0 tot CPI=100. Een CPI van 0 is een zeer slechte score en een CPI van 100 kan worden beschouwd als een ontwikkeling die bij benadering voldoet aan het circulaire ambitieniveau 2030 van de overheid.

Bonus voor innovatie

Specifieke – innovatieve - oplossingen waarin de Circulaire Peiler niet voorziet, kunnen worden gewaardeerd via een bonus van maximaal 10 punten. De bonus is per project te waarden. In theorie is dus een CPI van 110 haalbaar.

CPI hangt af van fase waarin project verkeert

Per fase waarin het project verkeert, zijn bepaalde ontwerpprincipes meer of minder aan de orde. Aspecten die in een bepaalde fase meer van belang zijn, worden zwaarder gewogen. In de verkenningsfase van een project is "Voorkómen" een belangrijk beoordelingsaspect, maar "Materialenpaspoorten" bijvoorbeeld niet. In het verdere proces richting de uitvoering, zal de nadruk meer verschuiven richting het Materialenpaspoort.

Opbouw Circulaire Peiler

Nadat alle gegevens zijn ingevoerd, verschijnen twee staafdiagrammen en een cirkel.

De linker staafdiagram toont de verdeling van de subscores op alle beoordelingsaspecten van de doorgerekende variant. De tweede kolom laat de opbouw van de "maximum score" zien, die CPI=100 scoort. De vergelijking van deze twee diagrammen geeft inzicht binnen welke aspecten verbetermogelijkheden liggen. De cirkel geeft aan hoe wordt gescoord op de 8 circulaire ontwerpprincipes. Het grijze gebied laat zien welk deel van de punten is blijven liggen.

Bewijsmateriaal

In het tabblad ProjectFactsheet van de CirculairePeiler.xls verschijnt de geleverde input en output. Onder bewijsmateriaal/aanvullende informatie wordt aangegeven uit welke documenten de juistheid van de gegevens is te controleren.

In bijlage 2 zijn de project factsheets van de getoetste alternatieven vanuit de verkenningfase Grebbedijk opgenomen.

2.3.2 Kwalitatieve beoordeling ontwerpprincipes 1 t/m 6 en het 10-R model

De circulaire ontwerpprincipes 1 t/m 6 uit het MIRT worden kwalitatief beoordeeld in de Circulaire Peiler. Met enige regelmaat wordt een beoordeling van de circulariteit van een prestatie (kwalitatief) verlangd op basis van het 10-R model van Cramer. In de circulaire economie worden materialen zo hoogwaardig mogelijk hergebruikt. In het ideale geval wordt het gehele product hergebruikt. Indien dat niet mogelijk is, is het wenselijk dat onderdelen van het product en tot slot de grondstoffen of materialen die uit een product komen, worden hergebruikt. Voor circulair is er een 'prioriteitsladder' ontwikkeld, waarbij 1 het hoogst scoort en 10 het laagst. In de praktijk kan er discussie zijn over de volgorde, welke maatregel het meest circulair is. Het advies is dan: selecteer op basis van verstand.

1. **Rethink/Heroverwegen.** Is de ontwikkeling wel nodig? Is door anders te kijken naar het probleem een oplossing met efficiënter materiaalgebruik mogelijk? Het gaat om anders denken en een andere manier van organiseren.
2. **Redesign/Herontwerpen.** Het gaat hierbij om het anders of nieuw ontwerpen of het zodanig aanpassen van het ontwerp dat het product een langere levensduur heeft, een betere modulaire opbouw of bestaat uit duurzame materialen.
3. **Reduce/Verminderen.** Het gaat er hierbij om het verbruik van grondstoffen tijdens de productie te reduceren.
4. **Reuse/Hergebruik.** Het gaat hierbij om het volwaardig hergebruik van producten in zijn geheel in dezelfde functie door een andere gebruiker.
5. **Repair/Repareren.** Vanuit duurzaamheidsoogpunt is het beter om goed onderhoud en reparatie uit te voeren dan materialen af te danken en nieuwe materialen te gebruiken.
6. **Refurbish/Renoveren** of opknappen. Het gaat er hierbij om producten of bouwdelen te herstellen of te vernieuwen door ze op te knappen. Niet alles hoeft nieuw te zijn.
7. **Remanufacture/Reviseren.** Het gaat er hierbij om nieuwe producten te maken van oude producten of onderdelen hiervan.
8. **Repurpose/Hergebruiken** van producten met een ander doel.
9. **Recycle/Verwerking** en hergebruik van materialen.
10. **Recover/Herwinnen.** Hierbij gaat het om energierugwinning uit materialen. Verbranding zonder energierugwinning en storten horen niet in een circulaire economie.

2.3.3 Kwantitatieve beoordelingen

Ontwerpprincipes 7 en 8 van het MIRT kwantitatief beoordelen

Bij de circulaire ontwerpprincipes 7 en 8 uit het MIRT wordt de milieuimpact en circulariteit berekend op basis van MKI-berekeningen met het instrument DuboCalc. Op verschillende niveaus zijn MKI berekeningen mogelijk. Gebruik kan worden gemaakt van 'MKI-kengetallen' op basis van MKI-bouwstenen of formele MKI-berekeningen voor de gehele dijk. Beide berekeningen zijn geaccepteerd, zolang de MKI-bouwstenen zijn gebaseerd op de juiste versie van DuboCalc.

De release van DuboCalc versie 6.0 wordt in april 2020 verwacht. Naar verluid zal die versie een mogelijkheid hebben om hergebruik van materiaal te kunnen waarderen. Daarmee wordt invulling gegeven aan circulariteit. De Circulaire Peiler heeft om die reden een hoge weegfactor voor de MKI berekening.

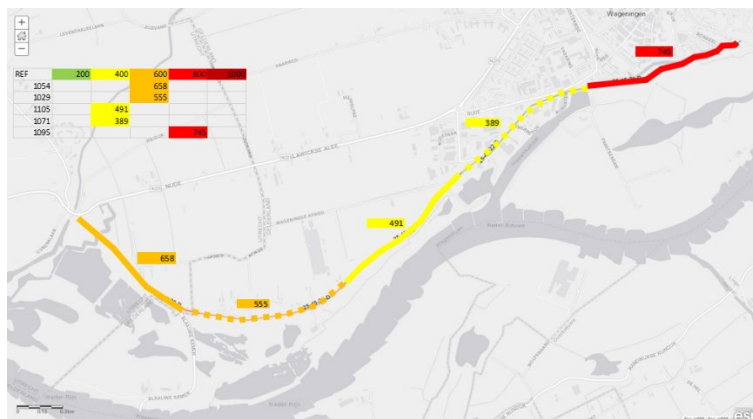
Voor beoordeling van de Circulariteit mag als alternatief worden ingestoken op de Kernmethode voor het meten van circulariteit in de bouw (CB'23, juli 2019). MCI-berekeningen mogen daarnaast worden gemaakt op basis van de methode EllenMcArthur Foundation of Madaster.

De CO2 uitstoot voor materialen wordt berekend met DuboCalc. Indien van toepassing kan duurzame energiewinning worden afgetrokken van de berekende CO2 belasting. Voor de Grebbedijk is er geen sprake van duurzame energiewinning op de dijk in de verkenningsfase.

Ontwerpen en controle van de MKI op basis van bouwstenen

MKI berekeningen met DuboCalc zijn arbeidsintensief en foutgevoelig door de grote hoeveelheid invoer. Voor de beoordeling van een alternatief is in de verkennende fase gebruik gemaakt van MKI-bouwstenen. Hoe lager de MKI per meter dijk (MKI/m'dijk) hoe beter de milieuprestatie. Dit gegeven is een probaat controle- en ontwerphulpmiddel gebleken om een duurzame dijk te ontwerpen.

Een voorbeeld hoe dit is toegepast bij de Grebbedijk. Figuren 2 en 3 tonen de MKI/m' dijk voor alternatief KA2 en de referentiedijk (KOSWAT). In de plattegrond zijn de waarden ingedeeld in MKI-klassen per €200/m'dijk. Niet-gemarkeerde getallen zijn lengtes van een dijkvak in m.



Figuur 2: MKI/m' referentiedijk (KOSWAT), geprojecteerd op het verloop van de huidige dijk. (groen 0-300€/m, geel 300-500€/m, oranje 500-700€/m, rood 700-900€/m en bruinrood > €900/m).

Beoordeling circulariteit op basis van MKIvariant/MKIreferentie

- **Beoordeling MKI (milieukostenindicator)**
Het verhoudingsgetal MKIvariant / MKIreferentie wordt in de Circulaire Peiler beoordeeld.
- **Beoordeling CO2 (klimaatverandering)**
CO2variant / CO2referentie wordt in de Circulaire Peiler beoordeeld. (Als er geen duurzame energieopwekking is, zoals bij de Grebbedijk, is dit verhoudingsgetal bij benadering gelijk aan MKIvariant / MKIreferentie.
- **Beoordeling MCI (circulariteit)**
Een MCI berekening is in de Verkenningfase voor het project Grebbedijk niet expliciet gemaakt. De basis voor de MCI beoordeling is de grondbalans in combinatie met de resultaten van de MKI beoordeling (exclusief grond einde levensduur).

3 CPI-beoordeling alternatieven Grebbedijk

3.1 De alternatieven

In bijlage 1 zijn de vier alternatieven voor de Grebbedijk beschreven.

De volgende afkortingen zijn daarbij gehanteerd:

VKA = voorkeursalternatief

KA1 = kansrijk alternatief 1

KA2 = kansrijk alternatief 2

KA3 = kansrijk alternatief 3

Voorkeursalternatief

Het voorlopige voorkeursalternatief voor de Grebbedijk is een relatief compacte dijk die de Gelderse Vallei beschermt tegen overstromingen en die met het getrapte dijkprofiel de recreatieve route tussen de stuwwallen versterkt. Aan de voet van de grebbeberg worden de oude verdedigingslinies (het hoornwerk) hersteld. In de driehoek is een kleine waterplas voorzien met zwemmogelijkheden aan de noordoever en een natuurlijk ingerichte zuidoever (vanuit kansrijk alternatief 2).

Kansrijke alternatieven

In kansrijk alternatief 1 wordt gekozen voor een dijk die alle landgebruiken doorsnijdt, daarbij zo compact mogelijk blijft en aansluit op het huidige profiel. De dijk blijft compact en steil. Het ruimtebeslag wordt geminimaliseerd door de toepassing van compacte verstevigingsmethoden. De interactie tussen dijk en landschap is gericht op natuurontwikkeling.

In kansrijk alternatief 2 heeft de dijk een breder profiel die zich naar zijn omliggende omgeving voegt door zijn ligging aan te passen. De Grebbedijk wordt vooral in grond verstevigd en zal waar nodig worden verlegd en verbreed. De ruimteclaim van de dijk is relatief groot waardoor er uitwisseling is met landgebruik op en rondom de dijk. Gebiedseigen grond komt vrij door het graven van een waterplas.

In kansrijk alternatief 3 anticipeert de dijk op een uniforme manier op de aangrenzende gebiedsambities. De kwaliteiten en potenties van zowel het landschappelijke – als stedelijke traject zijn uitgangspunt in dit alternatief. Er wordt voor beide trajecten een zo eenduidig mogelijk profiel nagestreefd en een inrichting die de gebruikswaarde en verblijfskwaliteit vergroot. De dijk anticipeert op ambities in het gebied en een katalysator voor gebiedsontwikkeling.

3.2 Resultaten alternatieven Verkenningfase Gebiedsontwikkeling Grebbedijk

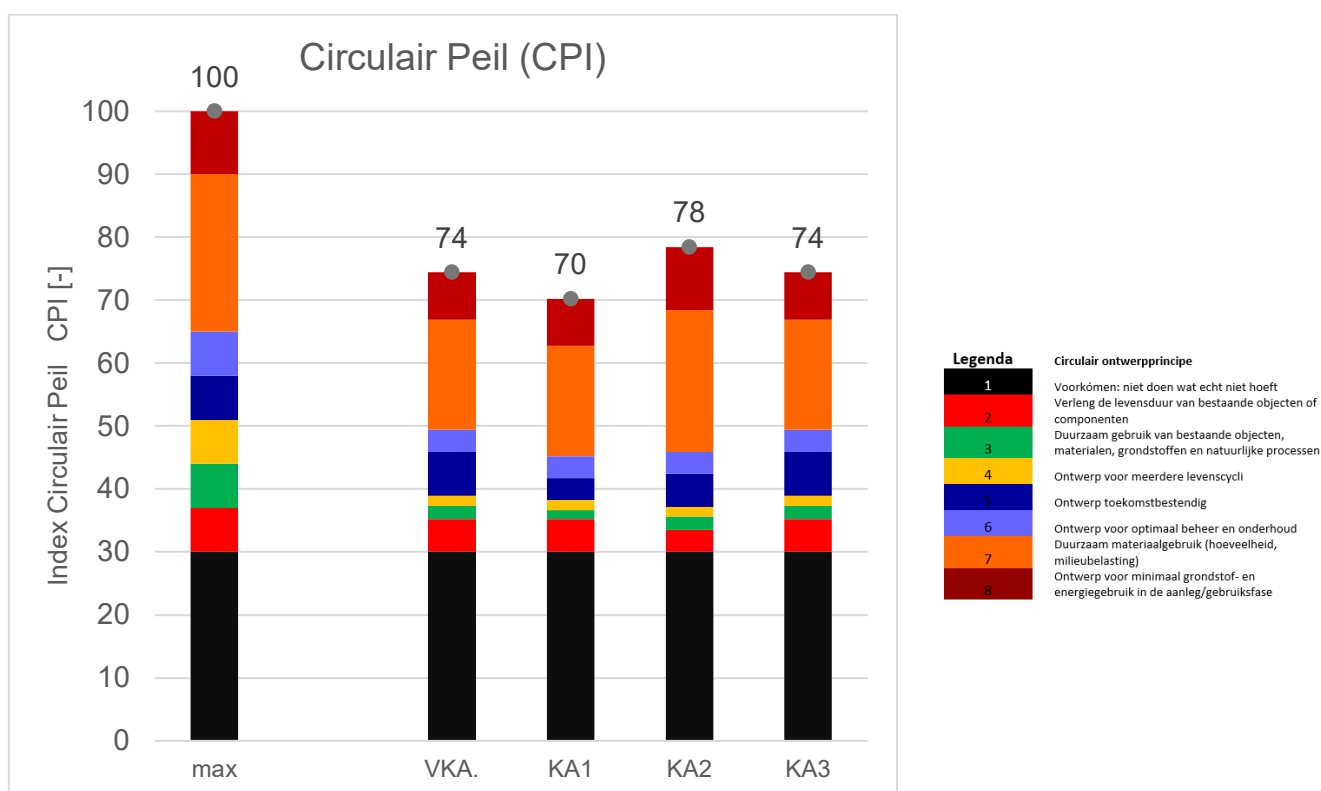
Een berekening met de Circulaire Peiler resulteert per ontwerpalternatief het indexgetal CPI. Deze CPI is de som van de deelscores voor de onderliggende prestaties voor elk van de 8 circulaire ontwerpprincipes (met CPI=100 als maximum).

De CPI-eindscores van de 4 alternatieven staan in tabel 1 en variëren van 70 tot 78. Op een maximum van 100, is deze score te beoordelen als “ruim voldoende” tot “goed”.

Figuur 4 laat zien hoe de CPI-totaalscore is opgebouwd uit de onderliggende prestaties.

Tabel 1: Overzicht CPI scores van 4 alternatieven voor de Grebbedijk

variant	VKA	KA1	KA2	KA3
CPI	74	70	78	74
Circulaire peiler				



Figuur 4: Resultaten van de CPI berekeningen van de 4 alternatieven, Inclusief de bijdrage daaraan per ontwerpprincipe

3.3 Toelichting op de prestaties

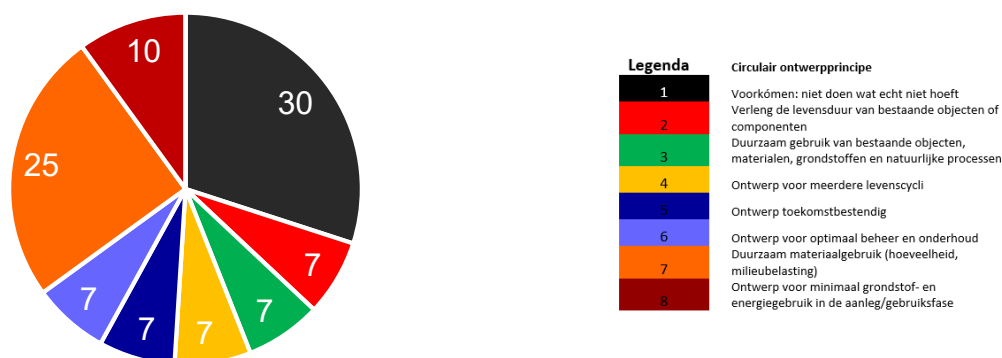
Input voor CPI berekeningen. Voor een overzicht van de geselecteerde input in de Circulaire Peiler, ten behoeve van de berekening van de CPI (sub)scores van de vier alternatieven wordt verwezen naar de Factsheets, zie bijlage 3.

Motivatie van geleverde prestaties. In het overzicht op de volgende pagina wordt per doelstelling een toelichting gegeven op geleverde prestaties voor de vier alternatieven van Grebbedijk. Er zijn veel prestaties die algemeen gelden voor het project Grebbedijk, en dus niet discriminerend zijn voor de uiteindelijke CPI van de alternatieven.

Bewijslast. De bewijslast van de scores is gebaseerd op verschillende rapportages die Lievense heeft opgesteld gedurende de Verkenningfase, zie hoofdstuk 5.

Invloed van wegingsfactoren. De Circulaire ontwerpprincipes 1, 7 en 8 wegen in de verkenningfase relatief hoog mee ten opzichte van de resterende ontwerpprincipes 2 t/m 6 (zie figuur 5). Figuur 4 toont aan dat in Grebbedijk alle alternatieven hoog scoren op prestatie 1 “Voorkomen”, matig voor 2 t/m 6 en relatief hoog op 7 en 8.

De weegfactoren (in %) voor de Verkenningfase
Grebbedijk voor de 8 ontwerpprincipes



Figuur 5: Gehanteerde weegfactoren voor de 8 circulaire ontwerpprincipes in de Verkenningfase van project Grebbedijk

Principe	Toelichting op de gerealiseerde prestaties voor de 4 alternatieven in de Verkenningfase van de Grebbedijk, per circulair ontwerp principe/ subdoelstelling
1 1a	Voorkómen: niet doen wat echt niet hoeft -Verklein de omvang van de opgave. Wees kritisch t.a.v. eisen/uitgangspunten. Hergebruik materialen/elementen of een nieuwe/dubbelfunctie Er is in de Verkenningfase onderzoek gedaan om de opgave te verkleinen. Dit betreft o.a. optimalisaties voor faalmechanismen hoogte, piping, macrostabiliteit en bekledingen. Zowel innovatieve rekentechnieken om de fysieke omvang van de versterkingsopgave te reduceren, als innovatieve versterkingsmaatregelen die minder materiaal en ruimtebeslag nodig hebben zijn onderzocht en geïmplementeerd. Optimalisaties en innovaties zijn actief verwerkt in alle alternatieven. Op basis van expert judgement is hiermee >20% opgaveverkleining bereikt.
2a	Verleng de levensduur van bestaande objecten of componenten -mogelijkheden voor verlenging van de levensduur van bestaande objecten Er wordt in alle alternatieven uitgegaan van het huidige dijklichaam als basis voor de dijkversterking. De levensduur van de dijk wordt verlengd door deze te versterken. Alleen in KA2 is er sprake van de mogelijkheid om de kruin te verschuiven, waardoor van een deel van het dijktraject geen gebruik wordt gemaakt van de bestaande dijk. Hierdoor scoort KA2 minder goed dan de andere alternatieven. In KA3 en het VKA wordt gebruik gemaakt van het Hoornwerk voor de waterveiligheid van de waterkering. Dit bestaande object wordt hersteld, waardoor de levensduur wordt verlengd en de ingrepen in de dijk minder zijn.
3 3a	Duurzaam gebruik van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen -restwaarde voor hergebruik bepalen van bestaande objecten, componenten en materialen KA2 scoort positief door de bijna gesloten grondbalans, omdat in dit alternatief veel gebiedsambities zijn opgenomen waarbij grond vrijkomt. KA1 scoort neutraal omdat er relatief weinig grond nodig is, maar de uitwerking niet direct aanstuurt op een gesloten grondbalans (geen gebiedsambities waarbij grond vrijkomt). KA3 scoort ook positief, ook al heeft deze geen gesloten grondbalans. In KA3 breidt men het bestaande cultuurhistorische Hoornwerk uit om te dienen als volwaardige kering wat ook positief scoort onder dit criterium. Het VKA scoort positief vanwege de waterplas en het hergebruik van het cultuurhistorische hoornwerk.
3b	-gebruik van materialen(data)banken Er is geen materialen(data)bank voor het project opgesteld, waardoor alle alternatieven op dit ontwerp principe 0 punten scoren.
3c	- (potentiële kansen voor) inzet van aanwezige natuurlijke processen Kansen voor de inzet van aanwezige natuurlijke processen zijn binnen het project niet onderzocht. Daarom scoren alle alternatieven op dit ontwerp principe 0 punten.

4 4a	Ontwerp voor meerdere levenscycli -herbruikbaarheid van materialen/elementen (na einde levensduur) in ontwerp Herbruikbaarheid van materialen/elementen in het ontwerp is wel onderzocht. Dit gaat bijvoorbeeld over bestaande constructies zoals kistdammen en damwanden. Hergebruik van de gehele constructie blijkt niet mogelijk, omdat ze constructief niet meer aan de vereisten voldoen. Voor nieuwe constructies is de detaillering nog niet bepaald. Bij deze nadere detaillering kan rekening gehouden gaan worden met herbruikbaarheid aan het einde van de levensduur (losmaakbaarheid). Alle alternatieven scoren hier in de Verkenningfase nog niet erg hoog (25%), maar hier ligt ruimte voor verbetering als het ontwerp nader gedetailleerd wordt in de Planuitwerkingsfase.
4b	-materialenpaspoort Er is geen materialenpaspoort voor het project opgesteld, waardoor alle alternatieven op dit ontwerpprincipe 0 punten scoren.
5 5a	Ontwerp toekomstbestendig -adaptief en toekomstgericht. Betrek omgeving bij planvorming Een toekomstbestendig alternatief borgt ambities en toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen in de projectdoelstellingen. Dit ontwerpprincipe is dan ook vooral beoordeeld aan de hand van de mate waarin gebiedsambities onderdeel zijn van het integrale ontwerp. De gebiedsambities zijn uitgebreid onderzocht middels een actief omgevingsproces. KA1 scoort gemiddeld. Gebiedsambities zijn wel onderzocht, maar buiten de natuurontwikkeling is er in KA1 geen ruimte voor extra gebiedsambities. KA2 scoort beter (75%) omdat hier een ruimere invulling is gegeven aan de gebiedsambities. Hierbij is gekozen voor een vervlechting van recreatie en natuurfuncties in de Plasserwaard en de Driehoek. De dijk bestaat vooral uit grondwerken, is daarom gemakkelijk aanpasbaar en sluit toekomstige ontwikkelingen niet uit. KA3 scoort nog beter (100%). Bij dit alternatief wordt maximaal ingezet op vervlechting van de ambities voor natuur, recreatie en duurzaamheid. KA3 speelt in op mogelijke toekomstige ontwikkelingen om thermische energie op te wekken uit oppervlaktewater. HetVKA geeft invulling aan de projectdoelstellingen en aan de ambities voor natuur, recreatie en duurzaamheid. Hierbij is met de waterplas en de KRWgeul extra aandacht voor waterrecreatie en klimaatadaptatie. (VKA100%). Het open houden van ruimte voor natuurontwikkeling of het graven van water voor natuurontwikkeling draagt bij aan biodiversiteit. Vergroting van biodiversiteit versterkt de natuur en draagt op deze wijze ook bij aan toekomstbestendigheid.
6 6a	Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud -beheer- en onderhoudsaspecten Een LCC-analyse is onderdeel geweest van het ontwerpproces en de ontwikkeling en afweging van alle alternatieven. Hiermee zijn de beheer- en onderhoudskosten van alle alternatieven in beeld gebracht. Er is niet expliciet gezocht naar besparingen door de materiaalkeuze af te stemmen op lage beheer- en onderhoudskosten. Alle alternatieven scoren voor dit ontwerpprincipe gelijk (50%). Door de LCC-kosten af te zetten tegen de investeringskosten is naar voren gekomen dat de oplossingen met de laagste investeringen tot de laagste LCC-kosten leidt. De flauwe taluds dragen bij aan eenvoudig beheer ondanks dat de oppervlakte iets is toegenomen bij deze alternatieven.

7 7a	Duurzaam materiaalgebruik (hoeveel x milieubelasting) <i>MKI berekening</i> Voor alle alternatieven zijn MKI berekeningen uitgevoerd met DuboCalc. Er zijn zowel MKI berekeningen gemaakt voor de gebiedsontwikkeling als voor de dijken. De verhouding van de MKI van de ontwikkelde (dijk)alternatieven is vergeleken met een referentiedijk. Als referentiedijk is de dijk gehanteerd waarop in de initiatieffase kostencalculaties (KOSWAT) zijn gebaseerd van het Waterschap Vallei & Veluwe. Varianten die gebruik kunnen maken van gebiedseigen grond leiden scoren het best (tot 50% van het referentieniveau). Alle alternatieven hebben een eindscore die minimaal 25% lager is dan de MKI van de referentiedijk. Uitzondering is KA2 die 100% scoort omdat de dijk meer dan de helft beter scoort dan de MKI van de referentiedijk. De oplossingen voor dijkversterking bestaan grotendeels uit grond met een minimum inzet aan kunstwerken, waarbij de vrijkomende grond uit realisatie van de gebiedsambities wordt benut voor de dijkversterking. Opwaardering van het Hoornwerk vanuit cultuurhistorisch perspectief en integratie in de dijkversterkingsopgave daarbij zorgt voor een relatief forse toename van de MKI van de alternatieven VKA en KA3.
7b	<i>Circulariteitscorrecties in MKI / CirculariteitsIndex (CI)</i> DuboCalc 6.0 is nog niet beschikbaar. Met de nu beschikbare versie 5.1 zijn vergaande circulariteitsmaatregelen nog onvoldoende te waarderen. Daarom is gekozen voor het opstellen van een massabalans van ingaande en uitgaande materialen, conform CB'23. Omdat grond aan het einde van de levensduur herbruikbaar is, scoren alle varianten hoog op circulariteit. Nader onderzoek naar hergebruik materialen in de kunstwerken is een aandachtspunt in de ontwerpfase.
8 8a	Ontwerp voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg/gebruiksfase <i>CO2 impact materialen en energiegebruik</i> Voor de CO2 impact van materialen is gebruik gemaakt van de CO2 berekeningen volgens DuboCalc. De CO2 uitstoot van de alternatieven leveren in verhouding tot de CO2 impact van de referentiedijk hetzelfde beeld op als de MKI-berekeningen. Er zijn geen aanvullende energiebesparende maatregelen in het ontwerp ingezet en evenmin opwekking van duurzame energie. Een haalbaarheidsonderzoek naar opwekking van warmte uit oppervlaktewater is aanbevolen.

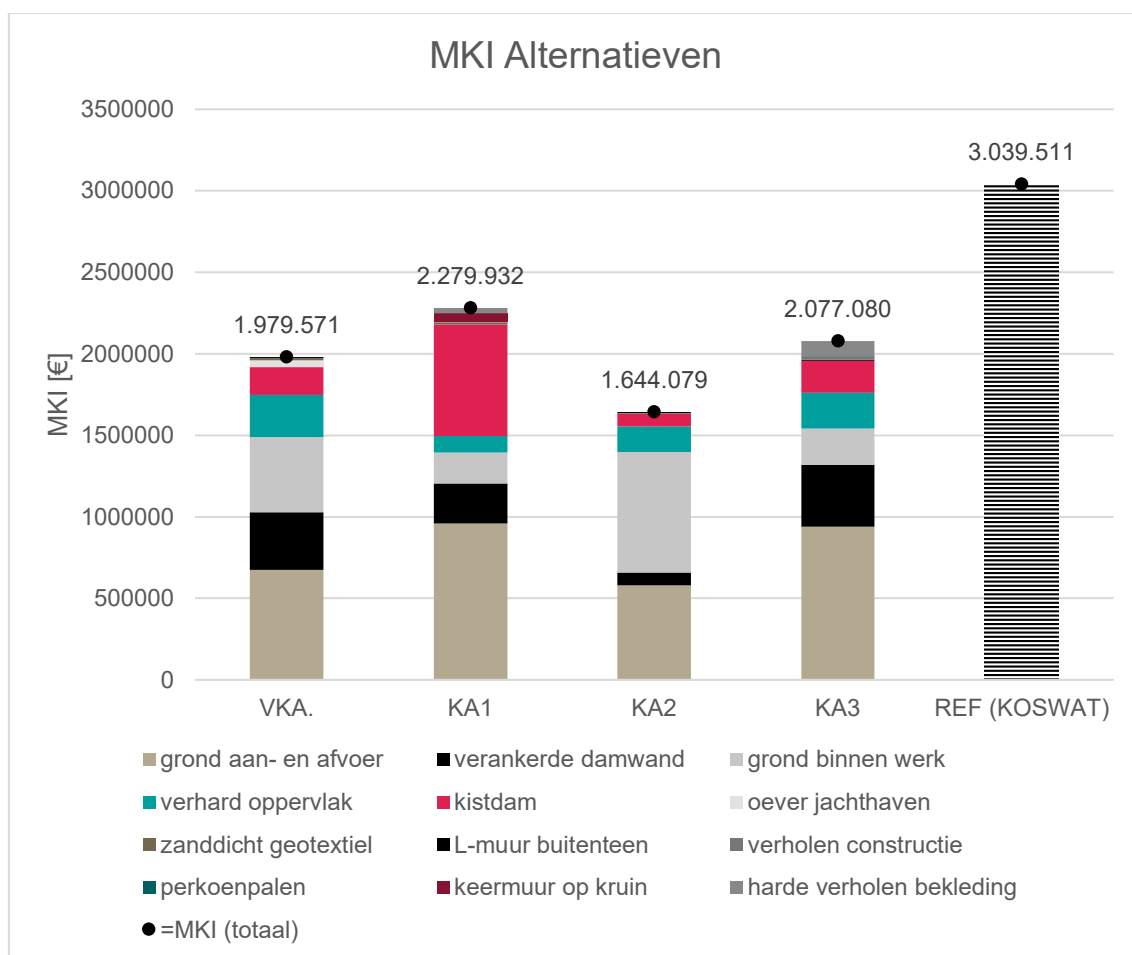
3.4 Kwantificering impact materialen

Omdat de circulaire ontwerpprincipes 7 en 8, betreffende kwantificering van de milieuimpact van materialen in de Verkenningfase zwaar wegen in het eindoordeel, de CPI-score, volgt hieronder een nadere toelichting op deze onderdelen.

Aan de beoordeling van de duurzaam materiaalgebruik en minimaal grondstof- en energiegebruik liggen berekeningen van de materiaalhoeveelheden en milieuimpact van materialen ten grondslag. Voor alle alternatieven zijn MKI berekeningen in DuboCalc uitgevoerd.

Voor project Grebbedijk zijn in de initiatieffase verkennende kostenberekeningen gemaakt met KOSWAT. Die dijk fungeert als referentiedijk voor dit project. De MKI- prestaties van de vier alternatieven worden vergeleken met de MKI van de referentiedijk. KA2 heeft het beste resultaat met een 50% betere MKI score dan de referentiedijk. Inzet van veel gebiedseigen grond uit gebiedsontwikkeling is hiervoor een belangrijke verklaring. Daarnaast heeft dit alternatief weinig kunstwerken (met een verhoudingsgewijs hoge milieu-impact). Alle andere alternatieven hebben meer kunstwerken en minder inzet van gebiedseigen grond. Uiteindelijk leidden ook deze alternatieven tot >25% betere MKI score dan de referentiedijk, mede omdat in een deel van de dijk geen zware maatregelen nodig bleken te zijn. In de varianten VKA en KA3 wordt het cultuurhistorische Hoornwerk in ere hersteld en wordt integraal onderdeel van de dijkverzwaringsopgave. Door deze combinatie van functies, waarbij het cultuurhistorische Hoornwerk ook een waterkerende functie krijgt, ontstaat een forse impact op de MKI over een relatief kort stukje dijk. Hier staat realisatie van de ambitie om het Hoornwerk in ere te herstellen tegenover. De alternatieven VKA en KA2 gaan uit van veel gebiedseigen grond door het graven van een waterplas en een KRW geul.

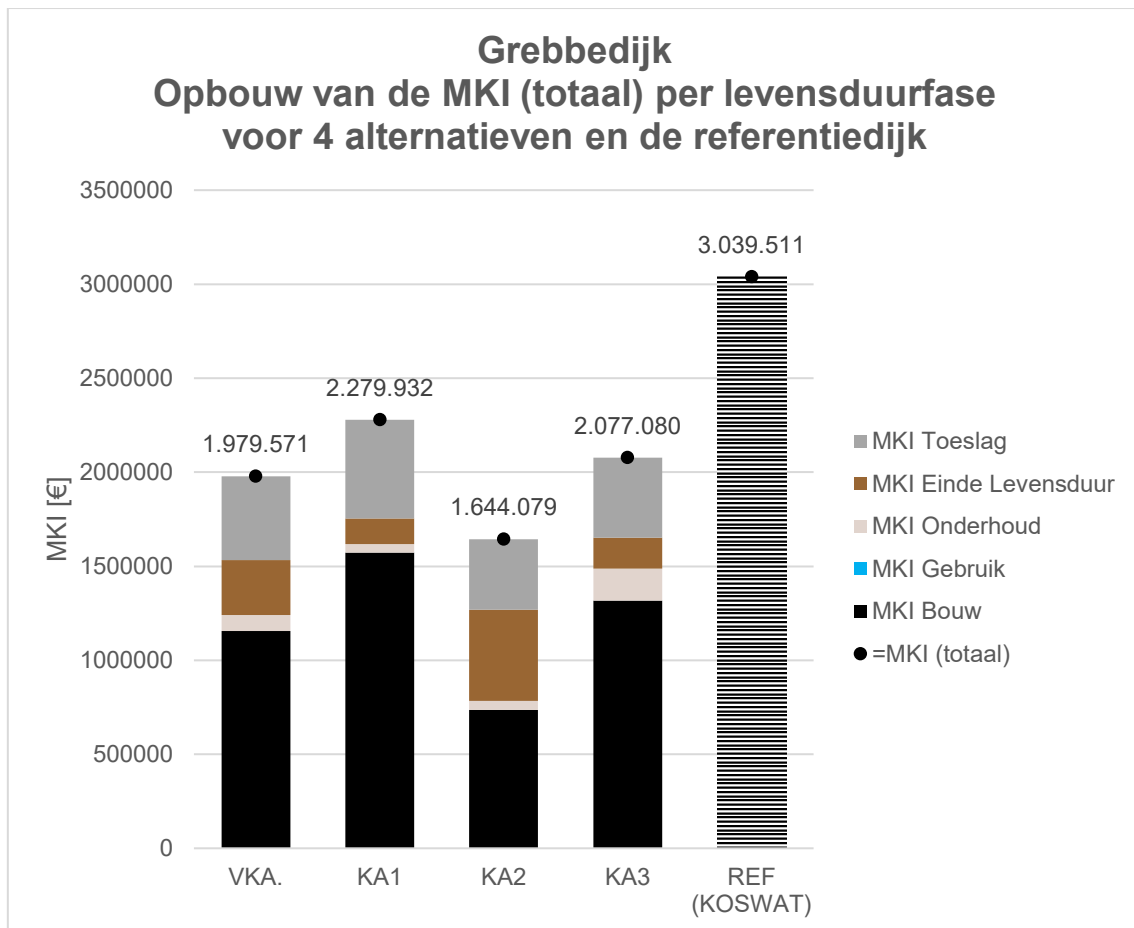
De milieu-impact van toegepaste materialen, berekend volgens DuboCalc, is weergegeven in figuur 6. Grondwerk (aan/afvoer en verplaatsen binnen het werk) heeft voor alle dijken de grootste impact. Kunstmatige dijkversterkende maatregelen zoals dammen (kistdam/damwand) hebben eveneens een relatief grote impact op de milieuprestatie (zie bijlage 2).



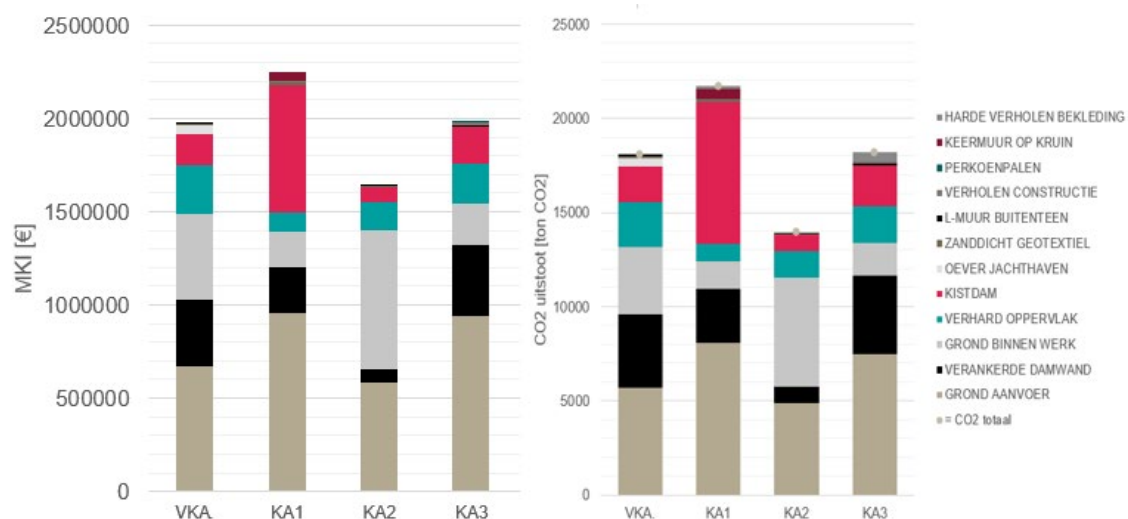
Figuur 6: De milieuimpact van dijkverzwarende elementen volgens DuboCalc voor de vier alternatieven en de referentiedijk (KOSWAT)

Inzicht in de MKI per levensduurfase levert inzicht in kansen voor circulariteit. Figuur 7 laat zien dat het aandeel “MKI einde levensduur” relatief groot is. Dit toont dat er kansen zijn voor hergebruik van materialen. Dit aspect is in de Verkenningfase Grebbedijk niet verder uitgediept, maar biedt verbeterpotentieel voor de komende ontwerpfase.

(In DuboCalc 5.1 zijn deze effecten voor hergebruik einde levensduur nog niet te berekenen. Het wachten is op de release van DuboCalc 6.0 die die optie wel zal krijgen.)



Figuur 7: Opbouw MKI per levensduurfase volgens DuboCalc



Figuur 8: De MKI (links) en de CO2 uitstoot (rechts) vertonen voor de alternatieven een vergelijkbare tred

Resumé Grebbedijk resultaten MKI

Grond is in alle alternatieven veruit de grootste materiaalpost. Daarom levert de grondbalans een goed inzicht in de mate van circulariteit. Hoe minder grond van buiten het gebied komt, hoe circulaarder de oplossing is.

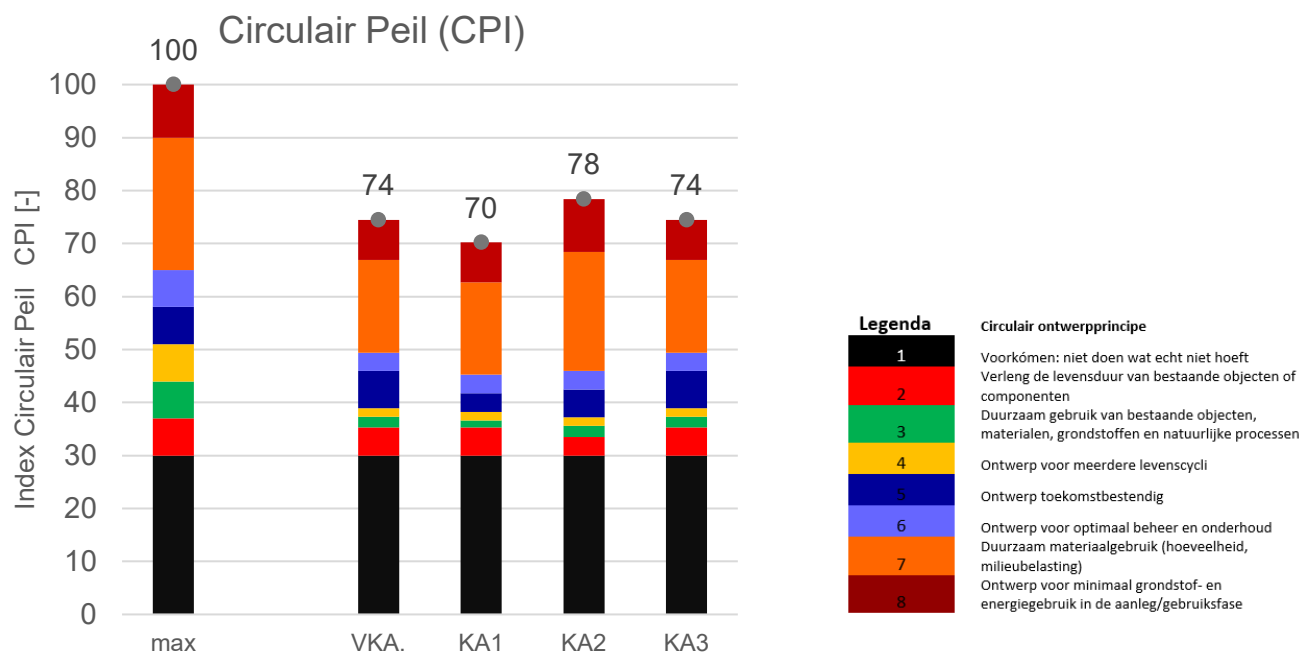
De vergelijking van de alternatieven met de referentiedijk heeft geleerd dat de inzet van duurzame technieken (inzet van gebiedseigen grond) in plaats van technische oplossingen (kunstwerken) gunstig uitvalt voor de milieubelasting. Op de totale dijk is de milieubelasting bij alle beschouwde alternatieven gemiddeld 30% tot 50% lager dan de referentiedijk uit KOSWAT.

Bij de beoordeling van de MKI/CO2 en circulariteit zijn alleen de dijken vergeleken om een zuivere vergelijking mogelijk te maken zonder inmenging van eventuele gebiedsontwikkeling. Voor de dijk ter hoogte van het Hoornwerk is dit niet mogelijk omdat daar het cultuurhistorisch herstel van het hoornwerk ook een waterveiligheidsfunctie heeft. Deze combinatie van gebiedsontwikkeling en waterveiligheid zorgt voor een forse toename van de MKI bij het cultuurhistorische hoornwerk in de alternatieven VKA en KA3. Voor het cultuurhistorisch herstel van het hoornwerk is veel grondverzet nodig, veel meer dan vanuit de dijkversterkingsopgave sec nodig zou zijn. Dit voorbeeld toont dat meerwaarde-creatie door herstel van het hoornwerk en integratie daarvan in het dijkconcept resulteert in een meer dan gemiddelde toename van de MKI. De MKI van dit grondverzet voor het hoornwerk drukt in dit geval over een heel kort stukje dijkversterking. Zonder deze op zich fraaie inzet van het historische hoornwerk, zou de MKI van ca 3 alternatieven 40 à 50% reductie op de milieubelasting voor materialen opgeleverd hebben.

3.5 Bespreking resultaten CPI

Overzicht CPI scores van 4 alternatieven voor de Grebbedijk (CPI max = 100)

variant	VKA	KA1	KA2	KA3
CPI	74	70	78	74
Circulaire peiler				



Figuur 9: Opbouw van de CPI – eindscore van de 4 alternatieven uit de Verkenningfase van de Grebbedijk voor de 8 circulaire ontwerpprincipes

CPI score

Alle alternatieven scoren ruim voldoende (70-78) in de Circulaire Peiler. Met een 78 score is KA2 het best scorende alternatief.

Dit is op zich niet verwonderlijk omdat bij alle alternatieven veel aandacht is uitgegaan naar “niet meer dan nodig is” (een deel van het traject is om die reden niet verzaagd) en verder is hier gekozen voor grondoplossingen, wat qua MKI beter scoort dan damwanden. Van de grondoplossingen scoort gebiedseigen grond het best. Gebiedseigen grond die vrijkomt vanuit de gebiedsontwikkelingen in de uiterwaarden naast de dijk wordt voor 100% ingezet in de dijkverzwaring. Wel heeft KA2 relatief veel grondverzet binnen het werk.

Het voorkeursalternatief zet zwaar in op versterking en tevens integratie van het cultuurhistorische hoornwerk in de dijkversterkingsopgave. De oplossing die daarvoor gekozen heeft kost relatief veel grondverzet voor een beperkt deel van de dijkverzwaringsopgave (200 m). Dat is ongunstig voor de MKI score maar levert een duurzame meerwaarde in cultuurhistorisch opzicht.

Grootste impact. Voor de Verkenningfase hebben de ontwerpprincipes Voorkómen (1 = 30%) en kwantificering van de milieu-impact (7 + 8 = 35%) de grootste impact op de CPI (eind)score. Tezamen bepalen deze aspecten 65% van de eindscore. Voor Grebbedijk scoren alle alternatieven het maximaal aantal te behalen punten op het voorkómen(ontwerpprincipe 1). Hiermee is een goede basis gelegd voor een hoge (eind)score op de CPI. De grootste verschillen in de CPI eindscore zijn te verklaren op basis van de behaalde score in principes duurzaam materiaal gebruik en ontwerp voor minimaal grondstof- en energieverbruik(7/8).

Beperkt impact. Voor tussenliggende (kwalitatief te beoordelen) vier ontwerpprincipes 2 t/m 6 wordt op een aantal onderdelen slecht gescoord. De impact hiervan is vanwege de lage weegfactor in de MCA (elk 7%) beperkt. Voor alle alternatieven wordt slecht gescoord op de ontwerpprincipes 3 en 4. Bij Grebbedijk is maar beperkt ontworpen op restwaarde en inzet van hergebruikte materialen en het ontwerpen voor meerdere levenscycli. Dat komt in deze scores tot uitdrukking. Dit is een aandachtspunt voor volgende ontwerpfasen. Voor volgende ontwerpfasen is bijvoorbeeld het gebruik van een materialenpaspoort aan te bevelen.

Toekomstwaarde. Toekomstwaarde van de ontwerpen is gewaardeerd doordat een gebiedsproces is ingegaan en daardoor optimaal meekoppelkansen verkend konden worden.

Beheer en onderhoud. Met optimaal beheer en onderhoud is rekening gehouden door taluds niet te stijl te laten worden. Optimalisatie ten aanzien van beheer en onderhoudsaspecten is zeker nog mogelijk. Dit is een aandachtspunt voor de komende planuitwerkingsfase.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Inleiding

In opdracht van het Waterschap Vallei en Veluwe heeft Lievense|WSP een Algemeen Afwegingskader Circulariteit opgesteld met behulp van een innovatiebeschikking HWBP. De opgedane ervaringen zijn vertaald in het instrument "CirculairePeiler.XLS". De peiler is op basis van voortschrijdend inzicht opgesteld, waarbij ook aanbevelingen vanuit de commissie-m.e.r. zijn meegenomen (zie hoofdstuk 1).

De eerste versie van de 'CirculairePeiler.XLS' maakt nu bijvoorbeeld kwantitatieve vergelijking van alternatieven mogelijk door de MKI-waarden te vergelijken met een 'neutrale' referentiedijk.

Van vier alternatieven voor het dijkversterkingsproject Grebbedijk is de circulariteit beoordeeld op basis van de Circulaire Peiler. Dit heeft geresulteerd in de volgende CPI-scores als eindresultaat:

CPI scores van 4 alternatieven voor de Grebbedijk (CPI max = 100)

variant	VKA	KA1	KA2	KA3
CPI	74	70	78	74

4.2 Conclusies

Oordeel CPI Alternatieven Verkenningfase Grebbedijk: ruim voldoende tot goed, mede door actieve inzet van monitoringstool.

Het voorkeursalternatief en de kansrijke alternatieven van dijkverzwaringsopgave Grebbedijk scoren in de Circulaire Peiler ruim voldoende (CPI=70) tot goed (CPI=78). Alternatieven met inzet van veel gebiedseigen grond scoren het best.

Het gebruik van een voorloper van de Circulaire Peiler heeft eraan bijgedragen dat in de Verkenningfase van dijkverzwaringsproject Grebbedijk bewuster met circulariteit is omgegaan. Een belangrijk aspect is het regulier monitoren van prestaties tijdens het ontwikkelingsproces. Doordat de prestaties van de alternatieven op zowel kwalitatieve als kwantitatieve wijze gescoord zijn, was het gedurende de Verkenningfase mogelijk om tijdig bij te sturen. Daarnaast waren de Alternatieven eenvoudig te vergelijken.

Werken met referentie maakt onderlinge vergelijking van dijken mogelijk. In de Circulaire Peiler wordt bij de beoordeling van de MKI score gewerkt met een Referentiedijk. Belangrijk is een goede referentie te definiëren: dit werkt beter dan onderlinge vergelijking van alternatieven binnen een project. Werken met een generieke referentie maakt ook vergelijking met andere projecten mogelijk (zie ook aanbevelingen).

Grondverzet en kunstwerken. Een kritische blik om lokaal dijkverzwaringsmaatregelen te minimaliseren en de inzet van grond ter verkiezen boven kunstwerken, leverde voor de Grebbedijk een belangrijke bijdrage aan de circulariteit. Door waar mogelijk gebiedseigen grond in te zetten, wordt een forse reductie op de milieuprestatie (MKI) verkregen.

Wachten op circulariteit beoordelen met DuboCalc. Het project scoort laag op de inzet en hergebruik van materialen. Dit is een aandachtspunt voor de komende planuitwerkingsfase. Verdere verbetering van de MKI is voor dit project goed mogelijk, zodra hergebruik van materialen na einde levensduur in de MKI-DuboCalc berekeningen is te verdisconteren (DuboCalc 5.0 en 5.1 bieden deze optie nog niet). Circulariteitsberekeningen volgens onder andere CB'23 zijn een alternatief. Nadeel hiervan is echter dat er geen rekening wordt gehouden met materiaalkwaliteit.

Wegingspercentage is stuurfactor. Ontwerpprincipes voorkómen(1), duurzaam materiaalgebruik(7) en minimaal grondstof en energiegebruik(8) zijn de belangrijkste ontwerpprincipes in de Verkenningfase. Dit inzicht heeft ertoe geleid dat deze onderdelen aanzienlijk zwaarder moeten wegen dan de overige ontwerpprincipes.

4.3 Aanbevelingen

Verdere optimalisatie circulariteit. Circulariteit kan in de volgende ontwerpfase van Grebbedijk verder worden geoptimaliseerd door mogelijkheden voor hergebruik van materialen te onderzoeken, maar ook door optimalisatie van het dijkontwerp en beperking van de CO2 impact.

Toepassing bij andere (dijkversterkings)projecten.

In beginsel is de Circulaire Peiler opgezet voor beoordeling van dijkversterkingsopgaven. Aangezien de Circulaire Peiler generiek van opzet is, was de verwachting dat deze ook geschikt is om toe te passen bij andere infrastructurele projecten. Verder gebruik van de Peiler zal dit moeten uitwijzen.

Aanbevolen wordt om Circulaire Peiler ook door andere dijkversterkingsprojecten binnen het HWBP te laten invullen. Zo kan gezamenlijk ervaring opgedaan worden met circulariteit en kan de Circulaire Peiler worden gevalideerd. De Circulaire Peiler levert voor het werkveld een tool op om de aandacht voor circulariteit te krijgen en vast te houden bij nieuwe ontwikkelingen, maar ook om te monitoren. Op deze wijze is tevens te monitoren in hoeverre wordt bijgedragen aan circulaire doelstellingen van de overheid.

Nader te onderzoeken is of er naast de dijkverzwakingsprojecten ook andere typen project(en) geschikt zijn om de circulariteit te monitoren met de Circulaire Peiler en zo ja, welke.

Breder verspreiden binnen HWBP. Aanbevolen wordt om de Circulaire Peiler binnen het HWBP breder te verspreiden om ervaringen te delen hoe om te gaan met circulariteit in projecten en om het instrument krachtiger en gemeengoed te laten worden.

Referentiewaarden ontwikkelen. Voor Grebbedijk is een referentiedijk ontwikkeld op basis van KOSWAT. Dit is een projectspecifieke dijk. Aanbevolen wordt een uniforme methodiek te ontwikkelen voor bepaling van referentiewaarden voor MKI/Circulariteit/CO2.

De Circulaire Peiler is een eenvoudig instrument voor een kwalitatieve beoordeling t.a.v. circulariteit.

Kwantitatieve beoordeling is arbeidsintensief.

Het beoordelen op kwalitatieve aspecten is relatief eenvoudig in de Circulaire Peiler.

De kwantitatieve beoordeling is daarentegen arbeidsintensief. Gebruik van MKI-bouwstenen is daarom aan te bevelen in Verkenningfase. Dat werkt effectief in de Verkenningfase en geeft inzicht en vereenvoudigt controle op de uitkomsten van de MKI-berekeningen. Werken met bouwstenen werkt alleen als er voldoende bouwstenen beschikbaar zijn.

Robuustheid

Omdat een deel van de CPI-score een kwalitatieve beoordeling betreft wordt een praktijktoets aanbevolen om de robuustheid van de CPI-scores aan te tonen.

5 Onderbouwende documenten

Bij het toetsen van de 4 alternatieven vanuit de verkenningsfase Grebbedijk is gebruik gemaakt van verschillende rapportages. In dit hoofdstuk worden deze weergegeven. De nadere onderbouwing van de gehanteerde input is terug te vinden in deze documenten.

1. 17M3041-N-057-v11-Verkenning_Grebbedijk_Effectbeoordeling_Circulariteit_Model
2. 17M3041-R-001-V02_Gevoeligheidsanalyse
3. 17M3041-R-003-V04_PvA Innovaties
4. 17M3041-R-007-V02_TechnischOntwerpZeef1
5. 17M3041-R-015-V03_Notitie technische uitwerking kansrijke Alternatieven
6. 17M3041-R-026 Kostennotitie Grebbedijk
7. 17M3041-R-030-v1-Kostennotitie Grebbedijk
8. GDW kansrijke alternatieven profielen
9. GDW VKA + profielen 010819;
10. 17M3041-R-021-v6-MER_Grebbedijk_Fase1

In onderstaande tabel is per principe aangegeven welk document gehanteerd is.

Bewijsmateriaal/aanvullen de informatie per ontwerpprincipe	17M3041-N-057-v11- _Verkenning_Grebbedijk_Effectbeoordeling _Circulariteit_Model	17M3041-R-001-V02_Gevoeligheidsanalyse	17M3041-R-003-V04_PvA innovaties	17M3041-R-007- V02_TechnischOntwerpZeef1	17M3041-R-015-V03_Notitie technische uitwerking kansrijke alternatieven	17M3041-R-026 Kostennotitie Grebbedijk Zeef 2_V2	17M3041-R-030-v1-Kostennotitie Grebbedijk Zeef 2 VKA	GDW kansrijke alternatieven profielen 160419	GDW VKA + profielen 010819	17M3041-R-021-v6-MER_Grebbedijk_Fase1
1a	X	X	X	X	X					
2a	X							X	X	X
3a	X					X	X			X
3b	X									
3c	X									
4a	X					X	X			
4b	X									
5a	X							X	X	X
6a	X					X	X			

BIJLAGE 1: Beschrijving alternatieven

De Grebbedijk maakt onderdeel uit van dijkkring 45 – Gelderse Vallei en beschermt de Gelderse Vallei tegen hoog water vanuit de Nederrijn. De dijk loopt van de hoge gronden bij Wageningen (Veluwe) naar de hoge gronden bij Rhenen (Utrechtse Heuvelrug) en vormt in zijn geheel het normtraject 45-1. De Grebbedijk is 5,5 kilometer lang. De Grebbedijk beschermt de gehele Gelderse Vallei tegen hoogwater vanuit de Neder-Rijn (figuur 1-1). In de Gelderse Vallei is in de loop der jaren veel industrie en bedrijvigheid gevestigd, waardoor een dijkdoorbraak grote economische schade tot gevolg kan hebben. De versterkingsopgave is voor de betrokken partners aanleiding geweest om te kijken naar gewenste ontwikkeling rondom de Grebbedijk die in combinatie met de dijkversterking kunnen worden opgepakt. Deze kansen zijn geïnventariseerd binnen de thema's natuur, duurzaamheid, economie, landschap en cultuurhistorie en waterveiligheid.

De Dijk omvat de bovenkant van de dijk en de dijkwallen aan de noord- en zuidzijde van de dijk. In deze notitie wordt met de noordzijde van de dijk bedoeld, het buitendijks gelegen deel van de dijk aan het achterland. De zuidzijde van de dijk is de zijde gelegen aan de rivier, ook de binnenzijde van de dijk genoemd.

Kansrijke alternatieven

In kansrijk alternatief 1 wordt gekozen voor een dijk die alle landgebruiken doorsnijdt, daarbij zo compact mogelijk blijft en aansluit op het huidige profiel. De dijk blijft qua ruimtelijke verschijning zo dicht mogelijk bij het huidige beeld: een compact en steile dijk. Het ruimtebeslag wordt geminimaliseerd door de toepassing van compacte verstevigingsmethoden. De interactie tussen dijk en landschap is gericht op natuurontwikkeling. In de Plasserwaard wordt door het verdichten en uitbreiden van het bestaande oobos en het herbestemmen van landbouwgrond voor natuur invulling gegeven aan de natuurdoelstellingen. Door ook in de Driehoek het hooilandbeheer te extensiveren kan hier het leefgebied van de kwartelkoning worden vergroot.

In kansrijk alternatief 2 heeft de dijk een breder profiel die zich naar zijn omliggende omgeving voegt door zijn ligging aan te passen. In dit alternatief reageert de dijk op zijn omgeving en zal zowel de ligging als het profiel van de dijk sterk wijzigen ten opzichte van de huidige situatie. De Grebbedijk wordt vooral in grond verstevigd en zal waar nodig worden verlegd en verbreed. De ruimteclaim van de dijk is relatief groot waardoor er uitwisseling is met landgebruiken op en rondom de dijk. De binnendijkse kruinverleggingen ter hoogte van de Plasserwaard creëert ruimte om op andere delen van de dijk te kiezen voor buitendijkse oplossingen. De verlegging biedt mogelijkheden voor seizoensgebonden recreatief medegebruik binnen het N2000 gebied ter hoogte van de Plasserwaard.

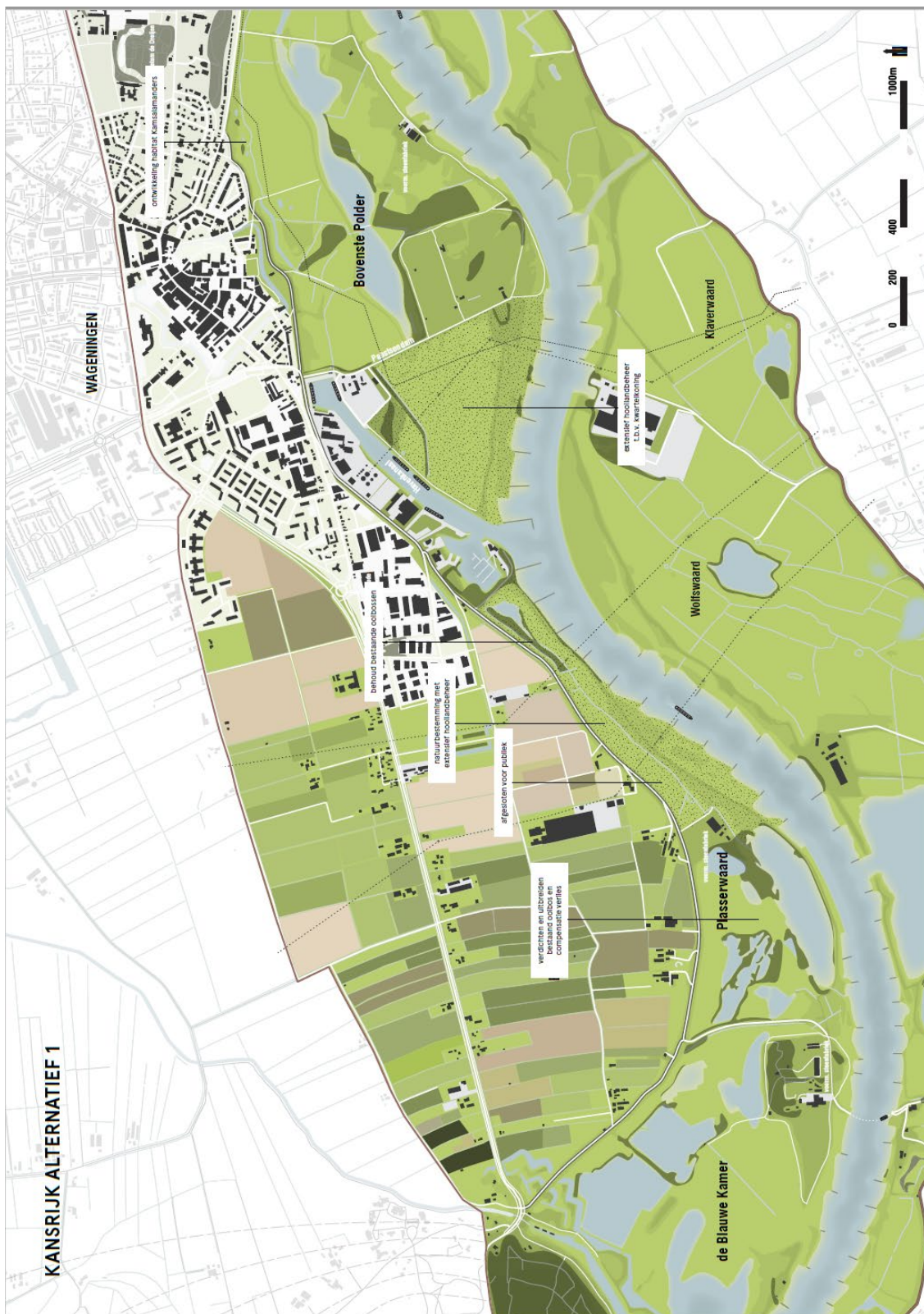
In kansrijk alternatief 3 anticipeert de dijk op een uniforme manier op de aangrenzende gebiedsambities en zorgt hierbij voor een hoge verblijfskwaliteit op de dijk. De kwaliteiten en potenties van zowel het landschappelijke – als stedelijke traject zijn uitgangspunt in dit alternatief. Er wordt voor beide trajecten een zo eenduidig mogelijk profiel nagestreefd en een inrichting die de gebruikswaarde en verblijfskwaliteit vergroot. De dijk anticipeert op ambities in het gebied en is daarmee te zien als een katalysator voor gebiedsontwikkeling.

Het voorlopige voorkeursalternatief voor de Grebbedijk is een relatief compacte dijk die de Gelderse Vallei beschermt tegen overstromingen en die met het getrapte dijkprofiel de recreatieve route tussen de stuwwallen versterkt. De uiterwaarden tussen Rhenen en Wageningen zijn onderdeel van een groter uiterwaarden-landschap met hoge actuele natuurwaarden. Met het voorkeursalternatief worden deze gebieden aaneengesloten tot één groot natuurgebied, met een afwisselend recreatief medegebruik voor wandelaars, hardlopers, natuurliefhebbers en waterrecreanten. Bij Wageningen vormen de dijk en de uiterwaarden een uitloopgebied vanuit de stad en er zijn routes vanuit de stad naar de dijk en de uiterwaarden. Bij de Rhenense kant heeft de Blauwe kamer met een grote aantrekkende werking en wordt aan de voet van de grebbeberg worden de oude verdedigingslinies (het hoornwerk) hersteld. In de driehoek is een kleine waterplas voorzien met zwemmogelijkheden aan de noordoever en een natuurlijk ingerichte zuidoever (vanuit kansrijk alternatief 2). In de zuidkant van de driehoek is ruimte voor natuurontwikkeling (patroonnatuur) en meer overstromingsmomenten door ingrepen in de zomerkade.

Hierna volgen plattegronden van:

- Kansrijk alternatief 1
- Kansrijk alternatief 2
- Kansrijk alternatief 3
- Voorkeursalternatief

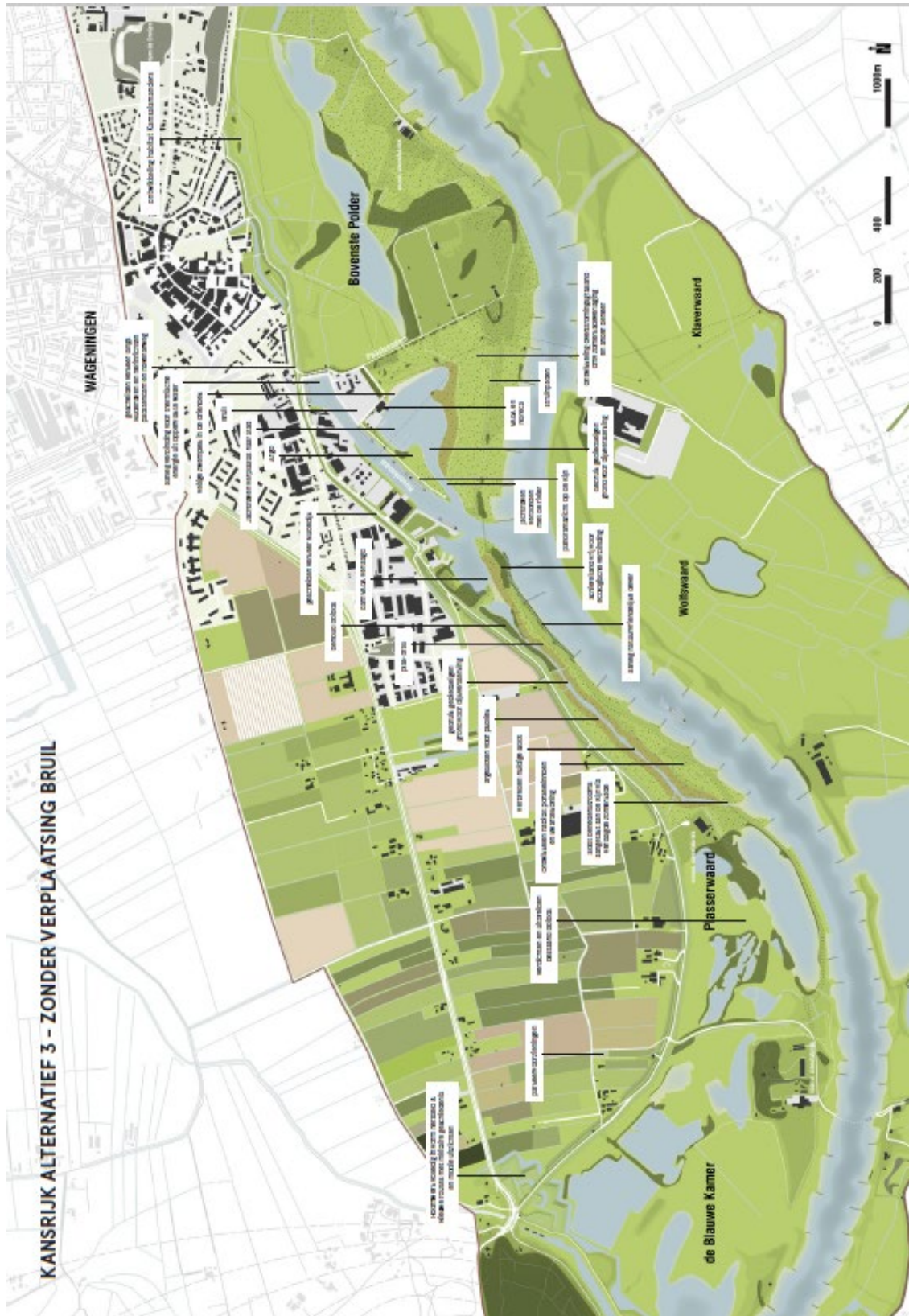
Kansrijk alternatief 1



Kansrijk alternatief 2



Kansrijk alternatief 3



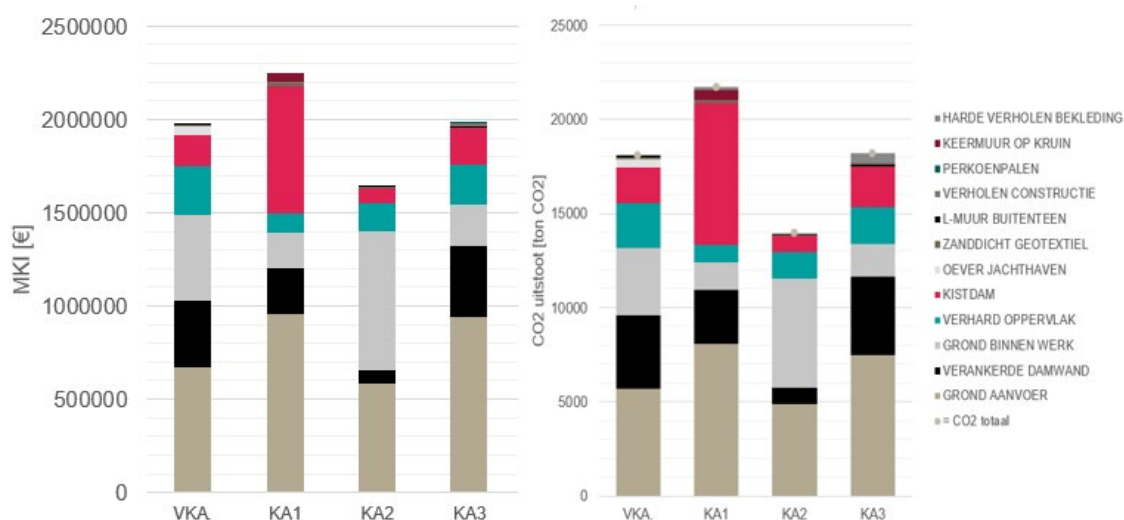
Voorkeursalternatief



BIJLAGE 2: MKI en CO2 berekeningen en de grondbalans

MKI en CO2 berekeningen

Onderstaande grafieken laten de opbouw van de MKI (grafiek links) en CO2 (grafiek rechts) zien voor de vier alternatieven. Het verloop van de MKI concentratie voor de vier alternatieven vertoont een gelijke tred met die van de CO2 uitstoot.



Figuur: Resultaten MKI (4 staafdiagrammen links) en CO2 uitstoot van materialen (staafdiagrammen rechts) voor de vier varianten

Deze grafieken laten zien dat grondaanvoer (beige) en grond binnen werk (grijs) een belangrijk aandeel hebben in de totale MKI en CO2 uitstoot. Inzet van gebiedseigen grond voor dijkversterking zorgt voor een aanzienlijke reductie van de MKI van het VKA en KA2.

Verankerde damwanden en kistdammen nemen verhoudingsgewijs een beperkt aandeel van de dijkversterking voor hun rekening (beoordeeld in lengteverhoudingen), maar toch is het aandeel in MKI relatief fors.

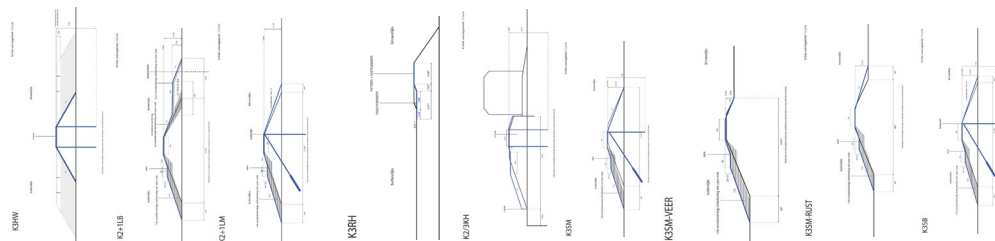
Beoordeeld op basis van MKI (milieubelasting van materialen) is inzet van gebiedseigen grond de beste keuze, gevolgd door grondaanvoer van elders. Deze oplossing is op haar beurt te prefereren boven kunstmatige dammen.

MKI-kengetallen per m' dijk voor verschillende profielen

Per doorsnede kan een MKI-kengetal worden vastgesteld (€/m')

Deze MKI-kengetallen geven inzicht in de prestatie t.a.v. milieubelasting materialen.

Voorkeursalternatief Grebbedijk



MKI Grebbedijk Voorkeursalternatief

	Profiel K3HW	Profiel K2+1LB	Profiel K2+1LM	Profiel K2/3KH	Profiel K3SM	Profiel K3SM Veer	K3SM Rust	Profiel K3SB	Totale dijk
Lengte profiel (m)	207.00	2650.00	517.00	138.00	447.00	116.00	221.00	282.00	4578.00
Bouw	464865	544928	173123	81754	89636	5906	12138	94230	1466580
Gebruik	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Onderhoud	1921	16828	2399	1921	6222	1615	3076	3925	37907
Einde levensduur	63051	137191	-432	-3745	14380	5342	8845	1692	226325
Toeslag	158730	209469	52480	23955	33013	3835	7187	29918	518586
Totaal	688567	908416	227569	103883	143252	16697	31247	129766	2249397
CO2 (kg CO2-eq)	6101901	7651591	2296101	1092139	1335536	137791	261186	1302784	20179029
MKI kengetal	3326	343	440	753	320	144	141	460	491

MKI gemiddelde / m

	Profiel K3HW	Profiel K2+1LB	Profiel K2+1LM	Profiel K2/3KH	Profiel K3SM	Profiel K3SM Veer	K3SM Rust	Profiel K3SB	Totale dijk (gem)
Bouw	2246	206	335	592	201	51	55	334	320
Gebruik	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Onderhoud	9	6	5	14	14	14	14	14	8
Einde levensduur	305	52	-1	-27	32	46	40	6	49
Toeslag	767	79	102	174	74	33	33	106	113
Totaal	3326	343	440	753	320	144	141	460	491
CO2 (kg CO2-eq)	29478	2887	4441	7914	2988	1188	1182	4620	4408

Grondbalans van alternatieven

In de alternatieven wordt veel gebruik gemaakt van gebiedseigen grond. In de onderstaande tabellen is de grondbalans weergegeven in volumes m3..

Cijfers grondbalans

Volumes in m3's

KA1	benodigd in nieuwe dijk	beschikbaar oude profiel dijk (herschikken)	vrijkomend in nevengemaal	vrijkomend in plas	aanvoeren extern = pos, afvoeren = neg
teelaarde	74000	56000	0	0	18000
zand berm	43000	32000	0	0	11000
klei in berm (niet erosie bestendig)	79000	71000	0	0	8000
klei cat 2	128000	0	0	0	128000
klei cat 3 (zomerkade)	0	0	0	0	0
KA2	benodigd in nieuwe dijk	beschikbaar oude profiel dijk (herschikken)	vrijkomend in nevengemaal	vrijkomend in plas	aanvoeren extern = pos, afvoeren = neg
teelaarde	90000	56000	27000	7000	0
teelaarde in berm			0	5000	
zand in berm		32000	80000	136000	
divers in berm (en dijk)	197000				-57000
klei in berm (niet erosie bestendig)	222000	154000	49000	18000	
klei cat 2	196000	0	104000	0	92000
klei cat 3 (zomerkade)	7000	0	7000	0	0
KA3	benodigd in nieuwe dijk	beschikbaar oude profiel dijk (herschikken)	vrijkomend in nevengemaal	vrijkomend in plas	aanvoeren extern = pos, afvoeren = neg
teelaarde	112000	96000	18000	21000	-22000
zand	25000	0	38000	393000	-405000
klei in berm (niet erosie bestendig)	0	0	0	0	0
klei cat 2	119000	0	45000	0	74000
klei cat 3 (incl zomerkade)	7000	35000	27000	31000	-85000
grind (in grindkoffer)	47000	0	0	0	47000

Grondbalans voorkeursalternatief

	VKA					
	benodigd in nieuwe dijk	beschikbaar oude profiel dijk (herschikken)	vrijkomend in nevengemaal	Benodigd voor ophoging VADA	Vrijkomend uit kleine waterplas	TOTAAL balans aan- /afvoer grond in m3
teelaarde	88579	67102	13344	0	12000	-3867
zand	70000	34110	0	16192	135800	-83718
klei cat 3	107950	73347	13344	0	18000	3259
klei cat 2	209071	0	106751	0	0	102320

BIJLAGE 3: FACTSHEETS ALTERNATIEVEN

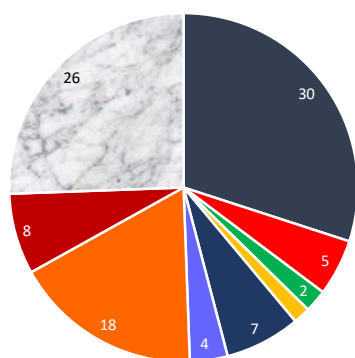
Factsheet Voorkeursalternatief (VKA.)

De Circulaire Peiler Peilstok die circulariteit in projecten meetbaar maakt	Versie: 1.0	74
---	-------------	-----------

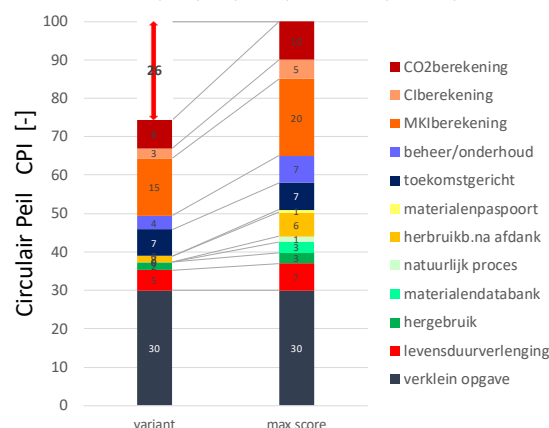
Projectnaam:	Dijkverzwaring Grebbedijk	FASE
Plaats:	Wageningen	1 initiatief Fase
Variante:	Voorkeursalternatief (VKA)	2 verkenning Fase
Fase (t.b.v. weegfactoren):	7 <eigen weegfactoren> selectie via pull down	3 planuitwerkings Fase
Berekening uitgevoerd door:	Lieverse	4 contractvormings Fase
Datum:	17-03-2020	5 realisatie Fase
		6 beheer/onderhoud Fase
		7 <eigen weegfactoren>

score voor de 8 ontwerpprincipes uit het MIRT

Circulaire Peiler <eigen weegfactoren> CPI=74 (index CP2030=100)



Variant (links) en (rechts) Max-score (CPI=100)



Overzicht acties en maatregelen. Hoe invulling wordt gegeven aan de 8 ontwerpprincipes uit het MIRT		Score in PNT (max 100)	weging	CPI [-]*
1 Voorkomen: niet doen wat echt niet hoeft			30%	30.0
a >20% opgaveverkleining door efficiëntere oplossingen/meekoppelkansen/functionaalsverbetering/innovaties (MKI o.b.v. kentallen)		100	100%	
2 Verleng de levensduur van bestaande objecten of componenten			7%	5.3
a Levensduurverlenging is systematisch onderzocht (10R); >80% van de haalbare maatregelen geïmplementeerd		75	100%	
3 Duurzaam gebruik van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen			7%	2.1
a Restwaarden in kaart gebracht (10-R); toepassingen zijn onderzocht; haalbare alternatieven zijn geïmplementeerd		75	40%	
b Raadpleging van één of meer materialen(data)banken is niet overwogen voor het project		0	40%	
c (Kansen voor) inzet van aanwezige natuurlijke processen zijn niet specifiek onderzocht voor het project		0	20%	
4 Ontwerp voor meerdere levenscycli			7%	1.6
a Herbruikbaarheid van materialen, etc. na einde levensduur is systematisch onderzocht		25	90%	
b Er is geen materiaalpaspoort opgesteld voor toegepaste materialen in het project		0	10%	
5 Ontwerp toekomstbestendig			7%	7.0
a Gebiedsambities worden geïntegreerd; geanticipeerd wordt op mogelijke toekomstige sociale, ruimtelijke, klimatologische en natuurontwikkeling		100	100%	
6 Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud			7%	3.5
a LCC is onderdeel van het ontwerpproces. LCC van circulaire alternatieven zijn niet hoger dan "conventioneel" (= referentie)		50	100%	
7 Duurzaam materiaalgebruik (hoeveel milieubelasting)			25%	17.5
a De gerealiseerde MKI van het ontwerp is <75% MKI referentie (referentie=conventioneel).		75	80%	
b Input en output van materiaalstromen zijn in beeld gebracht voor het project; prioritering materiaalkeuze op basis van 10-R		50	20%	
8 Ontwerp voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg/gebruiksfasen			10%	7.5
a De CO2 impact van het ontwerp is <75% x CO2 impact referentiewaarde		75	100%	
subtotaal index circulariteitspeil (CPI) (max=100)		100	100%	74
BONUS (additionele innovatieve circulaire maatregelen) (eigen waarde, max 10 pnt)		0	100%	0
totaal CPI				74
		Voorkeursalternatief (VKA)		

* CPI = index Circulaire Peiler

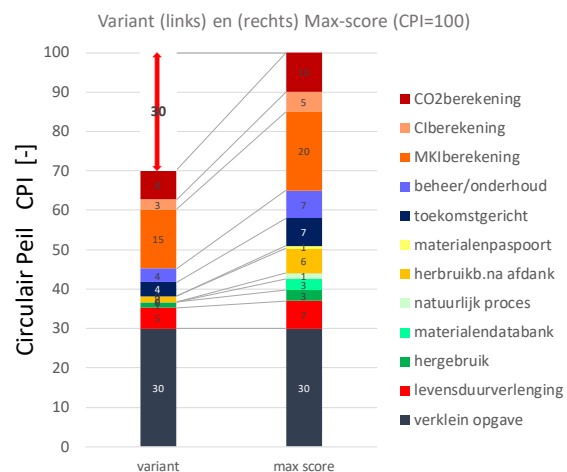
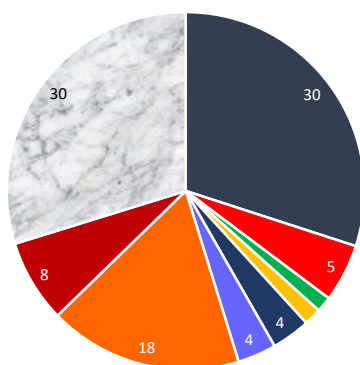
Factsheet Kansrijk Alternatief 1

De Circulaire Peiler Peilstok die circulariteit in projecten meetbaar maakt	Versie: 1.0	70
---	-------------	-----------

Projectnaam:	Dijkverzwaring Grebbedijk	FASE	1	initiatiefase
Plaats:	Wageningen		2	verkenningfase
Variant:	Kansrijk alternatief 1 (KA1)		3	planuitwerkingsfase
Fase (t.b.v. weegfactoren):	7 <eigen weegfactoren> selectie via pull down		4	contractvormingsfase
Berekening uitgevoerd door:	Lievense		5	realisatiefase
Datum:	17-03-2020		6	beheer/onderhoudsfase
			7	<eigen weegfactoren>

score voor de 8 ontwerpprincipes uit het MIRT

Circulaire Peiler <eigen weegfactoren> CPI=70 (index CP2030=100)



Overzicht acties en maatregelen. Hoe invulling wordt gegeven aan de 8 ontwerpprincipes uit het MIRT		Score in PNT (max 100)	weging	CPI [-]*
1 Voorkómen: niet doen wat echt niet hoeft			30%	30.0
a >20% opgaaveverkleining door efficiëntere oplossingen/meekoppelkansen/functionaliteitsverbetering/innovaties (MKI o.b.v. kentallen)	100	100%		
2 Verleng de levensduur van bestaande objecten of componenten			7%	5.3
a Levensduurverlenging is systematisch onderzocht (10R); >80% van de haalbare maatregelen geïmplementeerd	75	100%		
3 Duurzaam gebruik van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen			7%	1.4
a Restwaarden in kaart gebracht (10-R); toepassingen in het project/gebied zijn onderzocht	50	40%		
b Raadpleging van één of meer materialen(data)banken is niet overwogen voor het project	0	40%		
c (Kansen voor) inzet van aanwezige natuurlijke processen zijn niet specifiek onderzocht voor het project	0	20%		
4 Ontwerp voor meerdere levenscycli			7%	1.6
a Herbruikbaarheid van materialen, etc. na einde levensduur is systematisch onderzocht	25	90%		
b Er is geen materialenpaspoort opgesteld voor toegepaste materialen in het project	0	10%		
5 Ontwerp toekomstbestendig			7%	3.5
a Uitwerking projectdoelstellingen binnen de gestelde kaders; omgeving participeert actief; ruimtereservering tbv toekomstige ontwikkelingen / klimaatverandering/natuurontwikkeling	50	100%		
6 Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud			7%	3.5
a LCC is onderdeel van het ontwerpproces. LCC van circulaire alternatieven zijn niet hoger dan "conventioneel" (= referentie)	50	100%		
7 Duurzaam materiaalgebruik (hoeveel milieubelasting)			25%	17.5
a De gerealiseerde MKI van het ontwerp is <75% MKIreferentie (referentie=conventioneel).	75	80%		
b Input en output van materiaalstromen zijn in beeld gebracht voor het project; prioritering materiaalkeuze op basis van 10-R	50	20%		
8 Ontwerp voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg/gebruiksfasen			10%	7.5
a De CO2 impact van het ontwerp is <75% x CO2impact referentiewaarde	75	100%		
subtotaal index circulariteitspeil (CPI) (max=100)	100	100%		70
BONUS (additionele innovatieve circulaire maatregelen) (eigen waarde, max 10 pnt)	0	100%		0
 totaal CPI				70
Kansrijk alternatief 1 (KA1)				

* CPI = index Circulaire Peiler

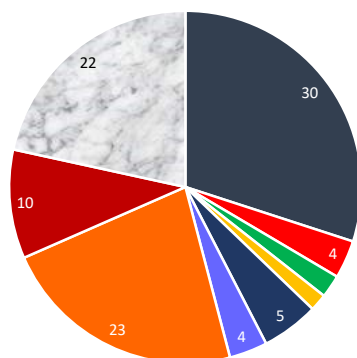
Factsheet Kansrijk Alternatief 2

De Circulaire Peiler Peilstok die circulariteit in projecten meetbaar maakt	Versie: 1.0	78
---	-------------	-----------

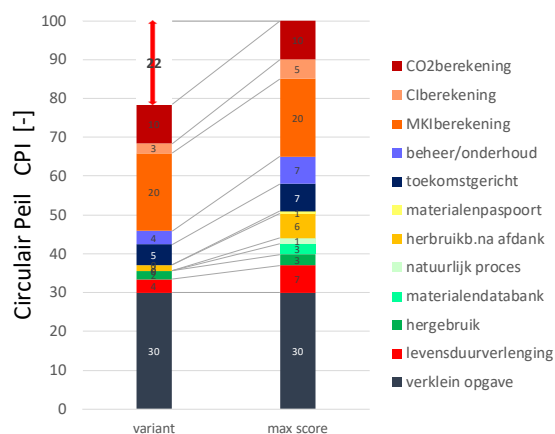
Projectnaam:	Dijkverzwaring Grebbedijk	FASE
Plaats:	Wageningen	1 initiatieffase
Variant:	Kansrijk alternatief 2 (KA2)	2 verkenningfase
Fase (t.b.v. weegfactoren):	7 <eigen weegfactoren> selectie via pull down	3 planuitwerkingsfase
Berekening uitgevoerd door:	Lievense	4 contractvormingsfase
Datum:	17-03-2020	5 realisatiefase
		6 beheer/onderhoudsfase
		7 <eigen weegfactoren>

score voor de 8 ontwerpprincipes uit het MIRT

Circulaire Peiler <eigen weegfactoren> CPI=78 (index CP2030=100)



Variant (links) en (rechts) Max-score (CPI=100)



Overzicht acties en maatregelen. Hoe invulling wordt gegeven aan de 8 ontwerpprincipes uit het MIRT			Score in PNT (max 100)	weging	CPI [-]*
1	Voorkómen: niet doen wat echt niet hoeft			30%	30.0
a	>20% opgaveverkleining door efficiëntere oplossingen/meekoppelkansen/functionaliiteitsverbetering/innovaties (MKI o.b.v. kentallen)		100	100%	
2	Verleng de levensduur van bestaande objecten of componenten			7%	3.5
a	Levensduurverlenging is systematisch onderzocht (10R); >50% van de haalbare maatregelen geïmplementeerd		50	100%	
3	Duurzaam gebruik van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen			7%	2.1
a	Restwaarden in kaart gebracht (10-R); toepassingen zijn onderzocht; haalbare alternatieven zijn geïmplementeerd		75	40%	
b	Raadpleging van één of meer materialen(data)banken is niet overwogen voor het project		0	40%	
c	(Kansen voor) inzet van aanwezige natuurlijke processen zijn niet specifiek onderzocht voor het project		0	20%	
4	Ontwerp voor meerdere levenscycli			7%	1.6
a	Herbruikbaarheid van materialen, etc. na einde levensduur is systematisch onderzocht		25	90%	
b	Er is geen materialenpaspoort opgesteld voor toegepaste materialen in het project		0	10%	
5	Ontwerp toekomstbestendig			7%	5.3
a	Gebiedsambities worden geïntegreerd; er is ruimte voor toekomstige ontwikkelingen/klimaatverandering/natuurontwikkeling		75	100%	
6	Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud			7%	3.5
a	LCC is onderdeel van het ontwerpproces. LCC van circulaire alternatieven zijn niet hoger dan "conventioneel" (= referentie)		50	100%	
7	Duurzaam materiaalgebruik (hoeveel milieubelasting)			25%	22.5
a	De gerealiseerde MKI van het ontwerp is <50% MKI referentie (referentie=conventioneel).		100	80%	
b	Input en output van materiaalstromen zijn in beeld gebracht voor het project; prioritering materiaalkeuze op basis van 10-R		50	20%	
8	Ontwerp voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg/gebruiksfase			10%	10.0
a	De CO2 impact van het ontwerp is <50% x CO2 impact referentiewaarde		100	100%	
subtotaal index circulariteitspeil (CPI) (max=100)			100	100%	78
BONUS (additionele innovatieve circulaire maatregelen) (eigen waarde, max 10 pnt)			0	100%	0
totaal CPI			Kansrijk alternatief 2 (KA2)		78

* CPI = index Circulaire Peiler

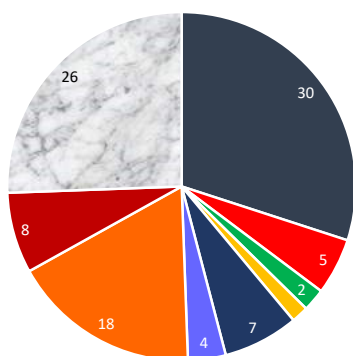
Factsheet Kansrijk alternatief 3

De Circulaire Peiler Peilstok die circulariteit in projecten meetbaar maakt	Versie: 1.0	74
---	-------------	-----------

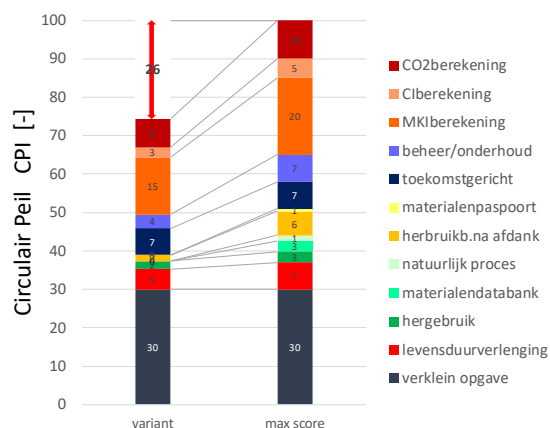
Projectnaam:	Dijkverzwaring Grebbedijk	FASE
Plaats:	Wageningen	1 initiatiefase
Variante:	Kansrijk alternatief 3 (KA3)	2 verkenningfase
Fase (t.b.v. weegfactoren):	7 <eigen weegfactoren> selectie via pull down	3 planuitwerkingsfase
Berekening uitgevoerd door:	Lieverse	4 contractvormingsfase
Datum:	17-03-2020	5 realisatiefase
		6 beheer/onderhoudsfase
		7 <eigen weegfactoren>

score voor de 8 ontwerpprincipes uit het MIRT

Circulaire Peiler <eigen weegfactoren> CPI=74 (index CP2030=100)



Variant (links) en (rechts) Max-score (CPI=100)



Overzicht acties en maatregelen. Hoe invulling wordt gegeven aan de 8 ontwerpprincipes uit het MIRT		Score in PNT (max 100)	weging	CPI [-]*
1 Voorkómen: niet doen wat echt niet hoeft			30%	30.0
a >20% opgaveverkleining door efficiëntere oplossingen/meekoppelkansen/functionaliteitsverbetering/innovaties (MKI o.b.v. kentallen)		100	100%	
2 Verleng de levensduur van bestaande objecten of componenten			7%	5.3
a Levensduurverlenging is systematisch onderzocht (10R); >80% van de haalbare maatregelen geïmplementeerd		75	100%	
3 Duurzaam gebruik van bestaande objecten, materialen, grondstoffen en natuurlijke processen			7%	2.1
a Restwaarden in kaart gebracht (10-R); toepassingen zijn onderzocht; haalbare alternatieven zijn geïmplementeerd		75	40%	
b Raadpleging van één of meer materialen(data)banken is niet overwogen voor het project		0	40%	
c (Kansen voor) inzet van aanwezige natuurlijke processen zijn niet specifiek onderzocht voor het project		0	20%	
4 Ontwerp voor meerdere levenscycli			7%	1.6
a Herbruikbaarheid van materialen, etc. na einde levensduur is systematisch onderzocht		25	90%	
b Er is geen materialenpaspoort opgesteld voor toegepaste materialen in het project		0	10%	
5 Ontwerp toekomstbestendig			7%	7.0
a Gebiedsambities worden geïntegreerd; geanticipeerd wordt op mogelijke toekomstige sociale, ruimtelijke, klimatologische en natuurontwikkeling		100	100%	
6 Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud			7%	3.5
a LCC is onderdeel van het ontwerpproces. LCC van circulaire alternatieven zijn niet hoger dan "conventioneel" (= referentie)		50	100%	
7 Duurzaam materiaalgebruik (hoeveel milieubelasting)			25%	17.5
a De gerealiseerde MKI van het ontwerp is <75% MKI referentie (referentie=conventioneel).		75	80%	
b Input en output van materiaalstromen zijn in beeld gebracht voor het project; prioritering materiaalkeuze op basis van 10-R		50	20%	
8 Ontwerp voor minimaal grondstof- en energiegebruik in de aanleg/gebruiksfasen			10%	7.5
a De CO2 impact van het ontwerp is <75% x CO2 impact referentiewaarde		75	100%	
subtotaal index circulariteitspeil (CPI) (max=100)		100	100%	74
BONUS (additionele innovatieve circulaire maatregelen) (eigen waarde, max 10 pnt)		0	100%	0
totaal CPI				74
		Kansrijk alternatief 3 (KA3)		

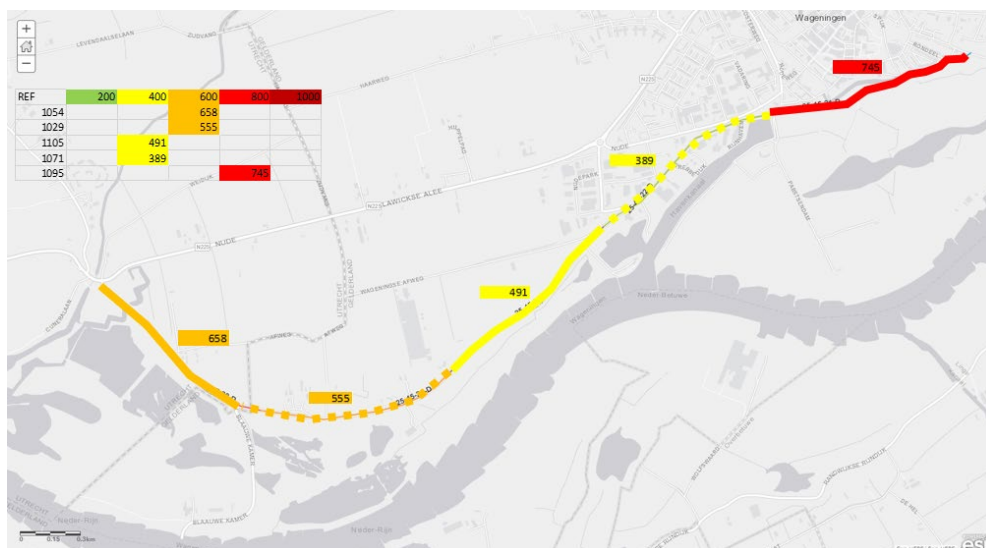
* CPI = index Circulaire Peiler

BIJLAGE 4: MKI referentiedijk (KOSWAT)

Voor de referentiedijk (KOSWAT) is de MKI per strekkende meter dijk bepaald. De MKI van alternatieven wordt in de Circulaire Peiler vergeleken met de MKI van de referentie. In het tweede deel van deze bijlage wordt ingegaan op de materialisatie van de referentiedijk (KOSWAT).

MKI referentiedijk

De MKI per m' dijk is weergegeven in onderstaande plattegrond. De kleur indiceert een bandbreedte van 200 MKI/m'dijk.



Figuur 10: MKI/m' referentiedijk (KOSWAT), geprojecteerd op het verloop van de huidige dijk. (groen is MKI tussen 0-300€/m, geel 300-500€/m, oranje 500-700€/m, rood 700-900€/m en rood > €900/m).

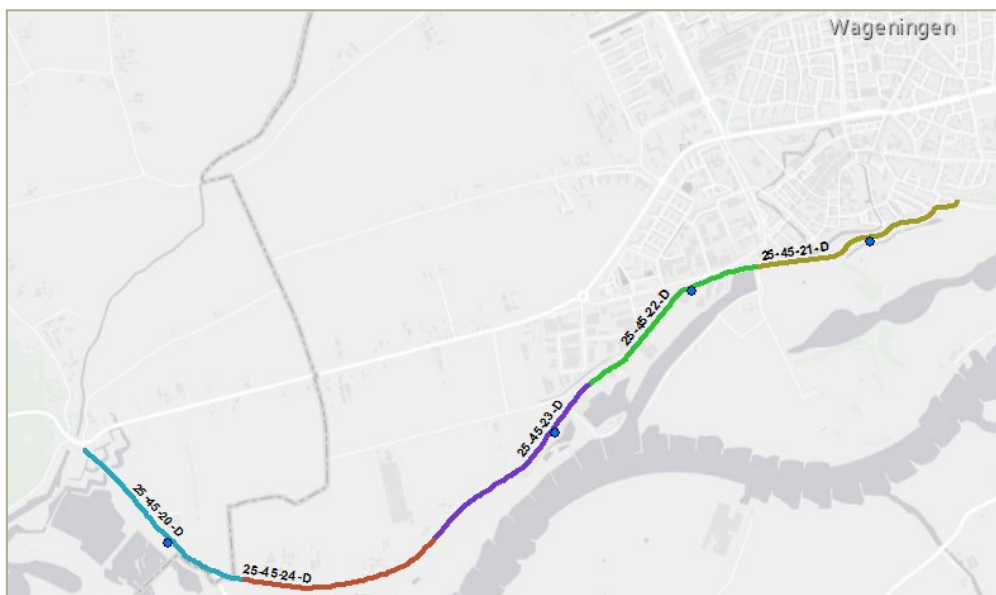
Voor de 4 alternatieven zijn de MKI waarden per dijksectie berekend. Het resultaat van kansrijk alternatief 2 (beste MKI score) is hieronder op de plattegrond weergegeven.

Materialisatie MKI-Referentie-dijk Circulaire Peiler (KOSWAT)

De MKI-Referentiedijk is gebaseerd op KOSWAT-berekeningen.

De KOSWAT-berekening is opgesteld voor verschillende dijkvakken, gebaseerd op de VNK-vakken. Voor de Grebbedijk betreft dit vakken:

Dijkvakcode	Lengte [km]
25-45-20-D	1,054
25-45-21-D	1,095
25-45-22-D	1,071
25-45-23-D	1,105
25-45-24-D	1,029
Totaal	5,354



Figuur Dijksecties Grebbedijk.

In de KOSWAT-berekening wordt onderscheid gemaakt naar 4 typen versterkingen:

1. Maatregel 1: Maatregel in grond
2. Maatregel 2: Kwelscherm
3. Maatregel 3: Stabiliteitswand
4. Maatregel 4: Kistdam

Binnen een dijkvak wordt één van de 4 typen versterkingen toegepast.

De volgende aannames zijn gedaan voor de dimensionering van de constructies:

- Kwelscherm: cement-bentoniet wand van 1 m dik
- Stabiliteitswand: Verankerde damwand AZ28-700 met groutankers, hart-op-hart afstand 2,8 m
- Kistdam: 2 damwandplanken AZ28-700

De gehanteerde materiaalhoeveelheden voor de DuboCalc-berekeningen zijn per dijkvak in onderstaande tabellen aangegeven.

25-45-20-D		
<u>Samenvatting ten behoeve van DuboCalc invoer</u>		
Grondaanvoer		
Teelaarde	34	m3
Zand	45,346	m3
Klei	27,234	m3
Grond binnen werk		
Teelaarde	16,456	m3
Zand	1,298	m3
Grondafvoer		
Klei	3,264	m3
Profileren		
Profileren teelaarde dijkprofiel en inzaaien (eindprofiel)	54,890	m2
Profileren dijkprofiel afdeklaag	54,660	m2
Profileren dijkprofiel kern	54,277	m2
Kwelscherm		
CB-wand (cement-bentoniet wand), dikte wand 1 m	380	m3
Stabiliteitsscherm		
Damwand, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	328	ton
Groutankers, h.o.h. 2,8 m, 1,6 ton per anker	74	ton
Kistdam		
Kistdam, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	1414	ton
Infrastructuur		
Opbreken en afvoeren infrastructuur	10,018	m2
Leveren en aanbrengen infrastructuur	10,018	m2
25-45-21-D		
<u>Samenvatting ten behoeve van DuboCalc invoer</u>		
Grondaanvoer		
Teelaarde	27	m3
Zand	21,914	m3
Klei	19,664	m3
Grond binnen werk		
Teelaarde	12,726	m3
Zand	1,901	m3
Grondafvoer		
Klei	3,881	m3
Profileren		
Profileren teelaarde dijkprofiel en inzaaien (eindprofiel)	42,443	m2
Profileren dijkprofiel afdeklaag	42,443	m2
Profileren dijkprofiel kern	37,788	m2
Kwelscherm		
CB-wand (cement-bentoniet wand), dikte wand 1 m	1716	m3
Stabiliteitsscherm		
Damwand, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	137	ton
Groutankers, h.o.h. 2,8 m, 1,6 ton per anker	29	ton
Kistdam		
Kistdam, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	3688	ton
Infrastructuur		
Opbreken en afvoeren infrastructuur	10,452	m2
Leveren en aanbrengen infrastructuur	10,452	m2

25-45-22-D		
<u>Samenvatting ten behoeve van DuboCalc invoer</u>		
Grondaanvoer		
Teelaarde	-	m3
Zand	10,408	m3
Klei	7,631	m3
Grond binnen werk		
Teelaarde	4,918	m3
Zand	399	m3
Grondafvoer		
Klei	-	m3
Profileren		
Profileren teelaarde dijkprofiel en inzaaien (eindprofiel)	16,135	m2
Profileren dijkprofiel afdeklaag	16,115	m2
Profileren dijkprofiel kern	14,407	m2
Kwelscherm		
CB-wand (cement-bentoniet wand), dikte wand 1 m	6688	m3
Stabiliteitsscherm		
Damwand, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	834	ton
Groutankers, h.o.h. 2,8 m, 1,6 ton per anker	189	ton
Kistdam		
Kistdam, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	418	ton
Infrastructuur		
Opbreken en afvoeren infrastructuur	9,597	m2
Leveren en aanbrengen infrastructuur	9,597	m2

25-45-23-D		
<u>Samenvatting ten behoeve van DuboCalc invoer</u>		
Grondaanvoer		
Teelaarde	11,081	m3
Zand	40,722	m3
Klei	23,069	m3
Grond binnen werk		
Teelaarde	3,354	m3
Zand	548	m3
Grondafvoer		
Klei	-	m3
Profileren		
Profileren teelaarde dijkprofiel en inzaaien (eindprofiel)	48,857	m2
Profileren dijkprofiel afdeklaag	47,374	m2
Profileren dijkprofiel kern	44,901	m2
Kwelscherm		
CB-wand (cement-bentoniet wand), dikte wand 1 m	2838	m3
Stabiliteitsscherm		
Damwand, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	106	ton
Groutankers, h.o.h. 2,8 m, 1,6 ton per anker	24	ton
Kistdam		
Kistdam, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	563	ton
Infrastructuur		
Opbreken en afvoeren infrastructuur	10,990	m2
Leveren en aanbrengen infrastructuur	10,990	m2

25-45-24-D		
<i>Samenvatting ten behoeve van DuboCalc invoer</i>		
Grondaanvoer		
Teelaarde	10,910	m3
Zand	44,266	m3
Klei	27,209	m3
Grond binnen werk		
Teelaarde	6,009	m3
Zand	1,434	m3
Grondafvoer		
Klei	1,163	m3
Profileren		
Profileren teelaarde dijkprofiel en inzaaien (eindprofiel)	57,104	m2
Profileren dijkprofiel afdeklaag	55,662	m2
Profileren dijkprofiel kern	53,176	m2
Kwelscherm		
CB-wand (cement-bentoniet wand), dikte wand 1 m	2060	m3
Stabiliteitsscherm		
Damwand, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	38	ton
Groutankers, h.o.h. 2,8 m, 1,6 ton per anker	9	ton
Kistdam		
Kistdam, AZ28-700 (157,2 kg/m2)	636	ton
Infrastructuur		
Opbreken en afvoeren infrastructuur	8,270	m2
Leveren en aanbrengen infrastructuur	8,270	m2