



Een bijlage bij de marktconsultatie: "Praat mee over MKI-W"



Beste duurzame partner,

Naar aanleiding van de plenaire sessie tijdens de marktconsultatie d.d. 8 juli 2025 en de daaruit voortgekomen vraag om meer inzicht te bieden in onze bevindingen, publiceren wij hierbij een geanonimiseerde en opgeschoonde versie van het Rebel rapport. Bij de voorbereiding voor externe publicatie is alle vertrouwelijke en organisatie-specifieke informatie verwijderd. De kernanalyses en algemene aanbevelingen zijn intact gelaten, zodat de markt een helder beeld krijgt van de berekeningsmethodiek, de belangrijkste thema's en aandachtspunten.

Het is belangrijk om te benadrukken dat het rapport oorspronkelijk is opgesteld als intern document (RWS). De aanbevelingen die hierin worden genoemd zijn bedoeld als richtinggevende inzichten en is niet bedoeld als plan van aanpak. De in het rapport berekende minimale waarderingen voor MKI per maatregel zijn in de marktconsultatie getoetst, zowel in de schriftelijke ronde als tijdens sessies op locatie. De inzichten uit de marktconsultatie zijn terug te lezen in het verslag.

In het marktconsultatiedocument gaan we wel in op het beoogde vervolg. Zoals aangekondigd organiseert RWS in 2026 een vervolgbijeenkomst op de marktconsultatie waarin we samen met marktpartijen verder in gesprek gaan over de minimale waardering voor MKI en de implicaties hiervan voor het vervolgtraject.

LEF

Meer weten over LEF future center Rijkswaterstaat?
Bekijk onze [website](#) of volg ons op [LinkedIn](#), [X](#)

De MKI factor

Waardering van MKI in aanbestedingen



Eindrapport – definitief
Openbare versie

Inhoudsopgave



Samenvatting

1. Aanleiding van dit onderzoek
2. Rekenmethodiek en aanpak
3. Conclusies en aanbevelingen
4. Overzicht maatregelen: wegverharding
5. Overzicht maatregelen: kunstwerken
6. Overzicht maatregelen: weg- dijk- spoormaterieel
7. Overzicht maatregelen: kustlijnzorg en vaargeulonderhoud

Bijlage 1 Bronnen

Bijlage 2 Achtergrondinformatie

Samenvatting

Aanleiding van dit onderzoek

De MKI wordt door RWS al geruime tijd ingezet om te zorgen voor projecten met minder milieu-impact. De **vraag is echter of de huidige waardering van de MKI voldoende is om duurzame maatregelen aangeboden te krijgen.**

Met dit onderzoek wil RWS inzicht in de benodigde MKI waardering om de geïdentificeerde maatregelen, zoals opgenomen in de roadmaps van de vier transitiepaden (Wegverharding, Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud, Weg,- Dijk- en Spoormaterieel en Kunstwerken), ook daadwerkelijke aangeboden te krijgen.

Rekenmethode & aanpak

Om tot een goede waardering van de MKI te komen vergelijken we de duurzame maatregelen uit de transitiepaden vergeleken worden met de normale situatie (de referentie), wat is het verschil in kosten en wat is het verschil in de MKI? In de aanbesteding moeten de eventuele extra kosten van de maatregel (ten opzichte van deze referentie), beloond worden met de juiste waardering van de MKI. Ofwel: **Met welke factor op de MKI maken we de MKI besparing, gelijk aan de extra kosten?** Wanneer de MKI factor op deze manier wordt toegepast in aanbestedingen wegen de extra kosten op tegen de beloning voor MKI.

Om tot een MKI factor te komen is voor iedere duurzame maatregel informatie nodig over: de kosten en MKI van zowel de referentie maatregel als van de duurzame maatregel.

Omdat zowel de referentie aanpak als de maatregelen zelf in de tijd kunnen variëren, geven we **waar mogelijk aan wanneer een maatregel voor het eerst inkoopbaar is** (bij tenminste één aanbieder). Vanaf dat moment is de MKI factor toepasbaar.

Resultaten

De uitkomsten van dit onderzoek leiden **tot een eerste overzicht van de mogelijke MKI waardering.** In hoofdstuk 3 t/m 6 worden per transitiepad de MKI factoren gepresenteerd. Helaas is het voor een flink aantal maatregelen niet mogelijk om de MKI factor te berekenen omdat gegevens over kosten of MKI ontbreken. Dit onderzoek moet dan ook gezien worden als een eerste aanzet om tot een MKI factor per transitiepad te komen.

Conclusies en aanbevelingen

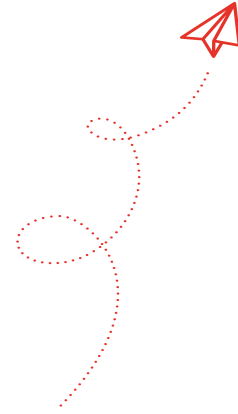
Dit onderzoek geeft een **eerste beeld van MKI factoren** van de individuele maatregelen per transitiepad. De MKI factoren zijn opgesteld op basis van beschikbare / door RWS aangeleverde data en informatie en geven een eerste beeld van de benodigde factoren. Opvallend is de bandbreedte: van een negatieve factor (bij maatregelen die goedkoper zijn) tot een factor van 30 (voor maatregelen die flink duurder zijn, maar een relatief kleine MKI winst hebben). We bevelen dan ook niet aan om zomaar de hoogste MKI factor toe te passen. Voordat de MKI factoren bruikbaar zijn, zijn **er nog een aantal belangrijke vervolgstappen** nodig:

1. Aanvullen ontbrekende data en actualiseren en controleren van data.
2. Onderzoek naar het aanbod van maatregelen met een lage MKI factor.
3. Betrekken van marktpartijen en decentrale overheden
4. Van MKI factor per maatregel, naar een MKI factor voor een project.
5. Een MKI factor in de tijd.
6. Betrekken van decentrale overheden.
7. Gestructureerde dataverzameling.



1

Aanleiding van dit onderzoek



Aanleiding van dit onderzoek

Prikkel voor marktpartijen om duurzame maatregelen aan te bieden

De MKI wordt door RWS al geruime tijd ingezet bij aanbestedingen. Met het gebruik van de MKI moeten projecten uitgevoerd worden met minder milieu-impact. De vraag is echter of de huidige waardering van de MKI, die bovendien nogal verschilt per project, de aannemers voldoende prikkelt om duurzame maatregelen aan te bieden.

RWS wil met dit onderzoek het instrumentarium trefzekerder inzetten door de waardering af te stemmen op de te behalen doelen en ambities.

De focus ligt hierbij op de vier transitiepaden (uit de strategie KCI):

- Transitiepad Wegverharding
- Transitiepad Kustlijn­zorg en vaargeulonderhoud
- Transitiepad Weg,- Dijk- en Spoormaterieel
- Transitiepad Kunstwerken

Heel concreet wil RWS met dit onderzoek inzicht in de benodigde MKI waardering om de geïdentificeerde (productierijpe) maatregelen, zoals opgenomen in de roadmaps, ook daadwerkelijke aangeboden te krijgen in de aanbestedingen.

Een eerste aanzet tot MKI factoren

De uitkomsten van dit onderzoek leiden tot een eerste overzicht van de mogelijke MKI waardering per transitiepad. Deze waardering bestaat uit een

factor waarmee de MKI score bij de beoordeling in de aanbesteding vermenigvuldigd wordt.

In hoofdstuk 3 t/m 6 worden per transitiepad de MKI factoren gepresenteerd. Helaas is het voor een flink aantal maatregelen niet mogelijk om de MKI factor te berekenen omdat gegevens over kosten of MKI ontbreken. Dit onderzoek moet dan ook gezien worden als een eerste aanzet om tot een MKI factor per transitiepad te komen. Het biedt inzicht in welke MKI factoren al te berekenen zijn maar ook welke data nog ontbreekt. In het Excelmodel Data transitiepaden – MKI en kosten (vertrouwelijk) is per transitiepad in detail te vinden welke informatie al beschikbaar is.

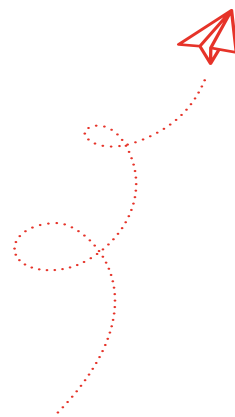
Belangrijk is om deze MKI factor(en) (op termijn) met marktpartijen te delen, zodat voor hen duidelijk en voorspelbaar is, hoe in de toekomst de milieu-impact (MKI) wordt meegewogen in de aanbesteding. Ook is het belangrijk om de MKI-factoren met andere opdrachtgevers te delen zodat zij deze ook kunnen hanteren en vraag aan de markt nog eenduidiger wordt.

Op dit moment ligt de focus op maatregelen die nu productierijp zijn, maar waar mogelijk is ook rekening gehouden worden met doorontwikkelingen die leiden tot nieuwe productierijpe maatregelen in de toekomst. Dit betekent dat de MKI waardering kan veranderen in de tijd.



2

Rekenmethode en aanpak



MKI waardering

Om tot een goede waardering van de MKI te komen, moeten de duurzame maatregelen uit de transitiepaden vergeleken worden met de normale situatie (de referentie). In de aanbesteding moeten de eventuele extra kosten van de maatregel (ten opzichte van deze referentie), beloond worden met de juiste waardering van de MKI.

In onderstaande tabel (1) is een vereenvoudigde aanbidding te zien waarin de referentie voordeliger / beter scoort (totaal €130) dan de duurzame maatregel met een lagere MKI waarde (€ 140).*

	Referentie	Duurzame Maatregel	Vershil
Kosten	€ 100	€ 120	+20
MKI	20	10	-10
Totaal	120	130	

Tabel 1 – Voorbeeld van een vergelijking van een duurzame maatregel met de referentie zonder MKI factor

In tabel 2 is te zien dat een factor van meer dan 2 (€ 20/ € 10) nodig is op de MKI om duurzame maatregel te laten concurreren met de referentie.

	Referentie	Duurzame Maatregel	Vershil
Kosten	€ 100	€ 120	+20
MKI	40 (20 * 2)	20 (10 * 2)	-20
Totaal	140	140	

Tabel 2 Door toepassing van de MKI factor zijn de maatregelen in balans.

Door de MKI waarde te vermenigvuldigen met een factor 2 scoren beide

aanbiedingen nu hetzelfde

Aandachtspunten:

- De waardering kan ook evolueren in de tijd. Voor maatregelen die vandaag een meerprijs hebben, maar in de toekomst niet meer, moet de MKI waardering lager worden tot uiteindelijk 1. De MKI waardering wordt ook minder relevant voor deze maatregelen: gezien er geen meerprijs is, zullen ze in een project aangeboden worden of opgelegd worden door middel van een eis. Maar het tegenovergestelde kan ook, duurzame maatregelen kunnen in de toekomst veel duurder zijn dan de referentie (op dat moment) waardoor een veel hogere MKI-factor nodig is. Tot slot zullen ook de referentie waarden in de loop van de tijd veranderen. Op termijn ontstaat hierdoor een curve opgesteld waarbij de referentiewaarde en de MKI-factor in de loop van de tijd veranderen.
- Naast de ontwikkeling van kosten is er ook een ontwikkeling in de MKI te verwachten. Zo wordt gerekend met 19 i.p.v. 11 milieu-impactcategorieën en komt er een nieuwe 'weegset' waarmee de waardering van de milieu-impact verandert.
- Belangrijk is dat de kosten bepaald worden op het niveau van de aanbesteding / het contract. Oftewel directe kosten van de maatregel en de indirecte kosten (zoals opslagen, winst&risico, etc).
- We gaan bij het bepalen van de MKI factor uit van het maatregel niveau. We kijken (nog) niet naar het projectniveau. Als de MKI factor wel op projectniveau toegepast wordt, (wat doorgaans het geval is), worden logischerwijs alleen de maatregelen aangeboden waarvan de MKI factor kleiner of gelijk is aan de MKI factor op projectniveau.

* We gaan uit van de MKI-W aanpak, waarbij de MKI waardering (na vermenigvuldiging met de factor) wordt opgeteld bij de bieding.

Aanpak inventarisatie

Om tot een goede waardering van de MKI te komen (zie ook de vorige slide), moeten de duurzame maatregelen uit de transitiepaden vergeleken worden met de gangbare situatie, de referentie. Om tot een MKI factor te komen is daarom voor iedere duurzame maatregel informatie nodig over:

- De kosten van de duurzame maatregel
- De MKI van de duurzame maatregel
- De kosten van de referentie maatregel
- De MKI van de referentie maatregel

We hebben ons in dit onderzoek gebaseerd op beschikbare onderzoeken en informatie van experts.

Waar mogelijk is de referentie maatregel gekoppeld aan de huidige (2024) minimum eisen zoals deze bijvoorbeeld zijn vastgelegd in een pelotonaanpak.

Omdat zowel de referentie aanpak als de maatregelen zelf in de tijd kunnen variëren, geven we waar mogelijk aan wanneer een maatregel voor het eerst inkoopbaar is (bij tenminste één aanbieder). In sommige onderzoeken, maar in ieder geval in de roadmaps per transitiepad wordt hier een inschatting van gemaakt. Vanaf dat moment is de MKI factor toepasbaar.

Uitgangspunt hierbij is om dezelfde tijdvakken te hanteren als de

pelotonaanpakken die zijn ontwikkeld voor de transitiepaden.

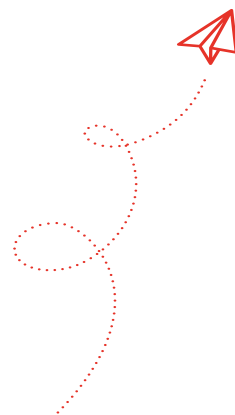
Zoals de resultaten hierna laten zien, is voor veel maatregelen wel informatie beschikbaar t.a.v. kosten of MKI. Maar lang niet altijd voor beiden, waardoor de factor niet bepaald kan worden.

Voor de waardering van de MKI is vooral interessant welke maatregelen duurder zijn dan de traditionele aanpak. Maatregelen die goedkoper zijn zullen immers ook zonder extra MKI waardering aangeboden worden.



3

Conclusies en aanbevelingen





Conclusies en aanbevelingen voor vervolg

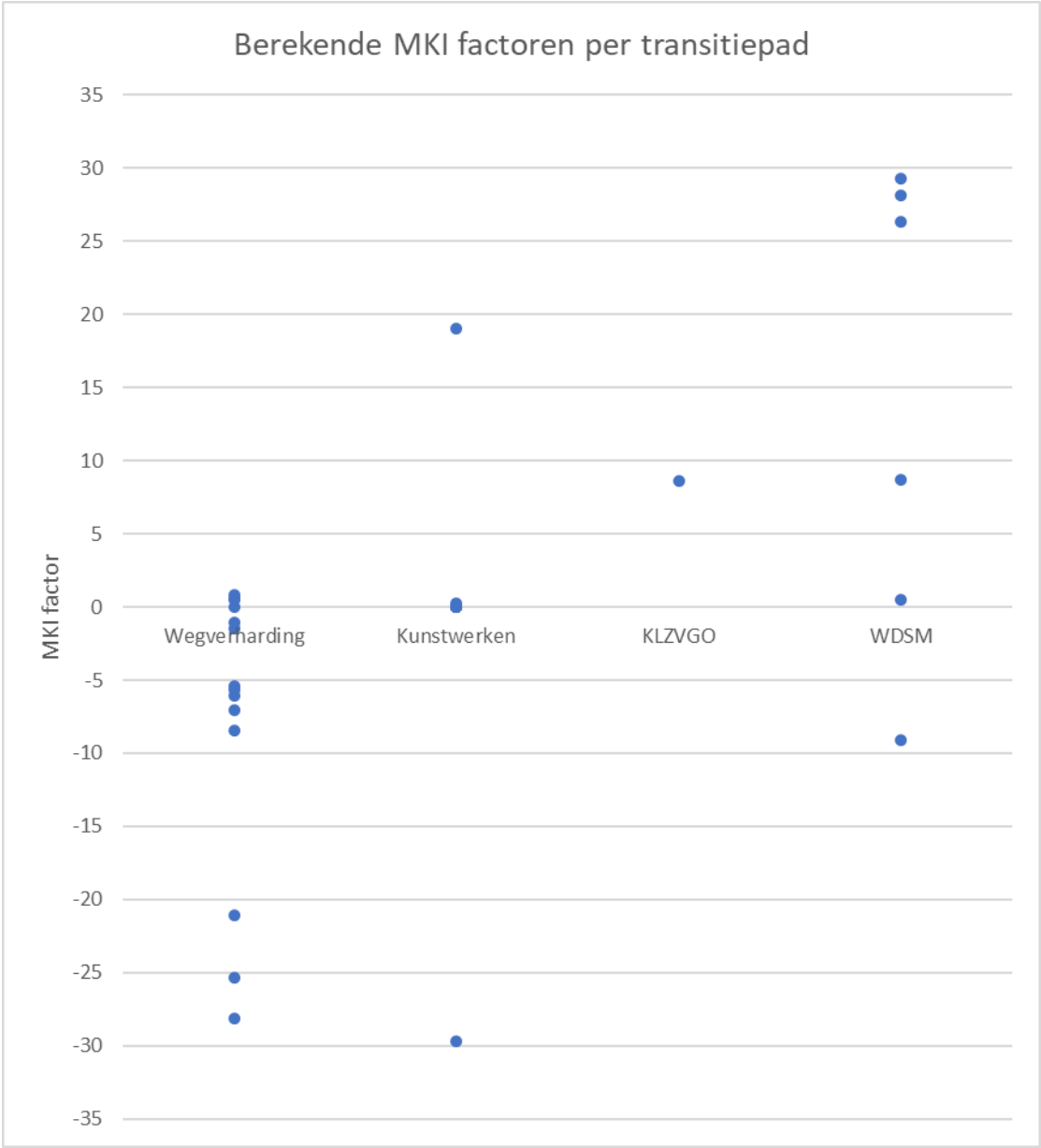
In deze opdracht is de verhouding tussen kosten en MKI van de duurzame maatregelen van de transitiepaden onderzocht. De MKI factoren zijn opgesteld op basis van gevonden en door RWS aangeleverde data en informatie en geven een eerste beeld van de benodigde MKI factoren. **Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat de beschikbare data niet altijd actueel en volledig is (zie punt 1 hierna), ook ontbreekt voor veel maatregelen nog data (zie punt 2).**

Dit onderzoek geeft echter wel een **eerste beeld van MKI factoren** van de individuele maatregelen per transitiepad: Er is een vrij forse maar duidelijke bandbreedte van 1 – 30.

In de berekeningen komt een aantal keer ook een negatieve factor naar voren (bij maatregelen die goedkoper zijn). Een negatieve factor zou echter een boete voor maatregelen met een lagere milieu-impact betekenen. Omdat we ook nog niet zien dat de duurzame maatregelen breed aangeboden worden, bevelen we aan om ten minste een factor 1 te hanteren. Dit leidt tot de volgende bandbreedtes per transitiepad:

Bandbreedte MKI factor		
Wegverharding	1	Berekende waarde van -18 tot 0,9
Kunstwerken	1 - 20	Let op beperkte data, laagste waarde -30
Weg-, dijk-, spoormaterieel	1 - 29	Laagste waarde -9
Kustlijnzorg en vaargeulonderhoud	1 - 9	Let op beperkte data, enige waarde 8,6

De hoge factor is soms het resultaat van maatregelen die flink duurder zijn, maar een relatief kleine MKI winst hebben. We bevelen dan ook niet aan om zomaar de hoogste MKI factor toe te passen.



Conclusies en aanbevelingen voor vervolg

Hoewel dit onderzoek wel een eerste beeld geeft van de factoren, zijn nog een aantal vervolgstappen nodig voordat deze goed toepasbaar zijn:

1. **Actualiseren en controleren van data.** De beschikbare data is niet altijd actueel en volledig. **We zien de volgende mogelijkheden voor verbetering:**
 - Indexeren en actualiseren van kosten naar prijspeil 2024
 - De kosteninschatting zijn in een deel van gevallen gedaan op basis van de contractkosten (inclusief opslagen), maar een flink deel van de kostendata betreft alleen de directe kosten. Omdat de MKI-factor toegepast wordt in de aanbesteding, is het van belang om voor alle maatregelen uit te gaan van de totale contractkosten inclusief opslagen.
 - Actualiseren van de MKI data op basis van de nieuwe weegset (per medio 2024). Deze waardering van de MKI is van grote invloed op de hoogte ervan.
 - Bij de resultaten per transitiepad worden nog enkele specifieke aandachtspunten t.a.v. kosten of MKI genoemd.
 - Bandbreedte rondom kosteninschatting van innovaties is breed. De vraag is op welke manier dit meegenomen is bij de beprijzing van maatregelen. Aan de andere kant zijn referentiemaatregelen zijn vaak gevoeliger voor prijsstijgingen grondstoffen. Deze onzekerheid is ook niet meegenomen.
 - Waar mogelijk zijn voor het bepalen van de MKI factor, data uit dezelfde bron gekozen. Waar dit niet mogelijk was, is zorgvuldig

gekeken naar de scope, maar het verdient de aanbeveling om deze waar mogelijk ook te actualiseren.

2. **Aanvullen ontbrekende data.** Nog niet van elke maatregel is een MKI factor te bepalen, belangrijk is om ontbrekende data aan te vullen. Belangrijk is om hierbij te focussen op de zogenaamde “**bepalende maatregelen**”. Oftewel, de maatregelen die een significante bijdrage leveren aan het reduceren van de totale milieu-impact en / of die veel voorkomen (= in veel projecten), die naar verwachting duurder zijn (een goedkopere maatregel heeft geen MKI factor nodig), en die op korte termijn inkoopbaar zijn.
3. **Aanbod van maatregelen met een lage MKI factor.** Opvallend is dat voor een flink aantal maatregelen een MKI factor kleiner dan 1 berekend wordt. Dit zou betekenen **dat de maatregelen nu al aangeboden worden, maar in praktijk is dit niet het geval.** Belangrijk aandachtspunt voor vervolg is om na te gaan of de kosteninschatting nog wel volledig en actueel is, of dat er andere zaken zijn die toepassing tegenhouden.
4. **Betrekken van marktpartijen.** Tot nu toe zijn **marktpartijen** zeer beperkt direct betrokken geweest bij dit onderzoek. Het is aan te bevelen om marktpartijen te betrekken om data op te halen en/of te valideren. Ook het voorgaande punt kan aan hen voorgelegd worden

Conclusies en aanbevelingen voor vervolg

5. **Van MKI factor per maatregel, naar een MKI factor voor een project.** In deze analyse is gekeken naar de MKI factor van de individuele maatregelen per transitiepad. In projecten zijn vaak meerdere maatregelen en kan het ook het op meerdere transitiepaden betrekking hebben. Van belang is om in een verdere uitwerking een MKI factor **op projectniveau vast te stellen**.
6. **Een MKI factor in de tijd.** De referentievariant ontwikkelt zich in de tijd. De MKI (van bijvoorbeeld een pelotonaanpak) neemt af, en de kosten nemen wellicht toe. Ook de maatregelen kunnen in de tijd gezet worden. De duurzame maatregelen nu, worden opgenomen in de referentie en nieuwe duurzame maatregelen worden inkoopbaar. Dit betekent ook dat de MKI factor zich in de tijd ontwikkelt. Om marktpartijen een goed (investerings)perspectief te bieden, zal een vooruitblik op de toekomstige MKI factor gegeven moeten worden.
7. **Betrekken van decentrale overheden.** De MKI factor wordt effectiever als meer opdrachtgevers deze op een vergelijkbare manier toepassen. Tegelijkertijd beschikken koplopers bij decentrale overheden, mogelijk ook over relevante data waarmee de MKI factor nauwkeuriger kan worden bepaald. Aanbeveling is dan ook om decentrale overheden te betrekken bij een eventueel vervolg.
8. **Andere waarderingsmethoden.** In dit onderzoek wordt de (aanvullende) waardering bepaald op basis van de kosten die gemoeid zijn met een maatregel. Het is echter niet logisch om bereid te zijn

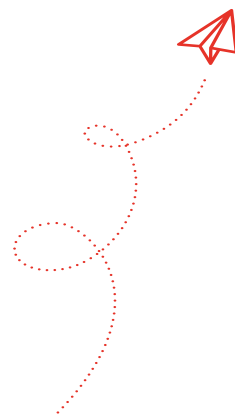
vermeden milieu impact tegen elke prijs te vergoeden,. (zie ook het voorbeeld van een dure maatregel, met beperkt effect, wat leidt tot een hoge factor). Interessant is daarom om de MKI factor die toegepast wordt in projecten, ook te relateren aan andere waarderingsmethoden voor milieu-impact. Op dit moment lopen diverse onderzoeken naar de waardering van milieu-impact / milieuschade (o.a. de actualisatie van de weegset in de NMD, de rijksbrede CO2 beprijzing). Interessant is ook om de waardering van andere opdrachtgevers in kaart te brengen. Zo hanteert Prorail de ervarings-MKI factor van 4 en gebruikt de gemeente Utrecht een CO2 prijs van € 875 per ton (voor interne besluitvorming).

9. **Andere sturing.** De waardering van maatregelen kan achterwege gelaten worden door te zorgen dat maatregelen aangeboden worden door deze mee te nemen in de minimumeisen. Hoewel hier geen expliciete waardering tegenover staat, betekent dit eigenlijk dat elke prijs (die onder concurrentie tot stand komt) geaccepteerd wordt.
10. **Gestructureerde dataverzameling.** Een laatste praktische aanbeveling is om heldere afspraken te maken over de wijze van dataverzameling, zodat iedereen dezelfde "lijn" hanteert. Het gaat dan bijvoorbeeld om dezelfde eenheden, dezelfde omzetcfactoren, dezelfde structuur, Zodat dit betrekkelijk eenvoudig in één globaal overzicht kan worden vastgelegd. Zo kan er efficiënter geleerd worden uit pilots en onderzoek. In het protocol moeten ook duidelijke uitgangspunten staan t.a.v. de kostenberekening (directe kosten, opslagen, etc).



4

Overzicht maatregelen transitiepad wegverharding



Maatregelen transitiepad wegverharding.

Uitgangspunt voor de MKI waardering zijn de maatregelen uit de roadmap Wegverharding. Deze maatregelen worden ook in de meeste andere onderzoeken als basis gebruikt. In de figuur hiernaast staan de maatregelen weergegeven. Aan de hand van interviews hebben we aangegeven welke oplossingen klaar zijn om opgeschaald of geïnstitutionaliseerd (groen gearceerd).

Omdat verduurzaming van het materieel (elektrificering aanleg en transport) in de pelotonaanpak wegverharding zijn opgenomen, nemen we deze ook in de analyse mee.

Maatregelen Roadmap	
1) Levensduur verlengende maatregelen	1.1 Verjongingscreme 1.2 ZOEB+
2) Asfaltmengsel met een langere levensduur	2.1 Self-healing asfalt 2.2 Epoxybitumen 2.3 Kwaliteitsborging tijdens verwerking
3) Duurzame asfaltcentrales (andere energievoorz.)	3.1 Emissieloze en circulaire centrale 3.2 Overkappen bouw materiaal
4) Hergebruik in asfaltmengsels	4.1 Hergebruik 2L ZOAB 45% 4.2 Hergebruik ZOAB >50% 4.3 Hergebruik ZOAB 30% 4.4 Hergebruik AC bin base 50%
5) Productiemethoden minder energie	5.1 Productie bij lage temperaturen (AC bin/base) 5.2 Productie bij lage temperaturen (ZOAB)
6) Alternatieve grondstoffen	6.1 bio-based bindmiddelen 6.2 Bitumen vervangers
7) optimalisatie onderhoudsstrategie	7.1 Big data inzetten voor levensduurvoorspelling en onderhoudsstrategie 7.2 Inlage i.p.v. overlagen
Extra) Verduurzaming transport en aanleg	Elektrificering materieel

Resultaten en aandachtspunten wegverharding

In de tabel hiernaast staan de resultaten van het onderzoek voor dit transitiepad. Per maatregel geven we aan:

- wanneer de maatregel bij tenminste 1 aanbieder inkoopbaar is (datum inkoopbaar).
- Welke MKI factor op basis van de beschikbare data van toepassing is en gebruikt kan worden op kolopers te belonen.
- Vanaf welke datum de maatregel door de meeste aanbieders aangeboden wordt (datum productie).

Een verdere onderbouwing van en toelichting bij deze cijfers te vinden in het Excel bestand Data transitiepaden – MKI en kosten (vertrouwelijk)

Zoals te zien is in de tabel hiernaast, is de berekende MKI-factor negatief, kleiner dan 1 of onbekend*. Dit betekent dat, op basis van de beschikbare informatie, een MKI-factor voor het transitiepad wegverharding niet nodig lijkt, of nog niet bepaald kan worden.

* Een factor kleiner dan 1 komt voor wanneer de verwachte MKI besparing groter is dan de verwachte extra kosten. De huidige waardering van de MKI is daarmee voldoende waardoor een factor niet nodig is. Een negatieve factor ontstaat wanneer er sprake is van een kosten besparing.

		koplopers belonen MKI	
Maturiteit en MKI factor wegverharding	Datum inkoopbaar	factor	datum productie
1) Levensduur verlengende maatregelen			
DZOAB - LVO verjongen	Al inkoopbaar	-5,7	2024
DZOAB - ZOEAB+	Al inkoopbaar	onbekend	2024
2L ZOAB - LVO verjongen	Al inkoopbaar	-6,1	2024
2L ZOAB - ZOEAB+	Al inkoopbaar	0,0	2024
2) Asfaltmengsel met een langere levensduur			
DZOAB Selfhealing	2024?	-8,5	2026
2.2 Epoxybitumen	buiten scope	nvt	nvt
2.3 Kwaliteitsborging tijdens verwerking	al inkoopbaar	onbekend	2024
3.1 Duurzame centrale (HWA en emissieloos)			
DZOAB - duurzame asfaltcentrale [A3]	2028 / Al inkoopbaar*	-1,1	2030
2L ZOAB toplaag - duurzame asfaltcentrale [A3]	2028 / Al inkoopbaar*	0,9	2030
2L ZOAB onderlaag - duurzame asfaltcentrale [A3]	2028 / Al inkoopbaar*	0,6	2030
SMA 8/11 - duurzame asfaltcentrale [A3]	2028 / Al inkoopbaar*	-1,5	2030
AC bin/bas IB - duurzame asfaltcentrale [A3]	2028 / Al inkoopbaar*	0,5	2030
* HWA nu al inkoopbaar, asfaltcentrale met minder emissies mogelijk vanaf 2028			
3.2 Overkappen bouwmaterialaal	Al inkoopbaar	onbekend	onbekend
4) Hergebruik in asfaltmengsels			
DZOAB - toename PR naar 30%	Al inkoopbaar	-5,4	2026
DZOAB - toename PR naar 60%	Al inkoopbaar	-7,1	2030
DZOAB - ART (niet hernieuwbare energie)	onbekend		onbekend
DZOAB - ART (hernieuwbare energie)	onbekend		onbekend
2L ZOAB toplaag - toename PR naar 40%	Al inkoopbaar	onbekend	2030
2L ZOAB onderlaag - toename PR naar 30%	Al inkoopbaar	onbekend	2026
2L ZOAB onderlaag - toename PR naar 60% i	Al inkoopbaar	onbekend	2030
SMA 8/11 - toename PR naar 30%	Al inkoopbaar	-28,2	2026
SMA 8/11 - toename PR naar 40%	Al inkoopbaar	-21,1	2030
AC bin/bas IB - toename PR naar 60%	Al inkoopbaar	-25,4	2026
5) Productiemethoden minder energie			
5.1 Productie bij lage temperaturen (AC bin/base)	Al inkoopbaar	zie 3.1	2026
5.2 Productie bij lage temperaturen (ZOAB)	Al inkoopbaar	zie 3.1	2026
6) Alternatieve grondstoffen			
SMA Lignine	onbekend	onbekend	2030
7) optimalisatie onderhoudsstrategie			
7.1 Big data voor onderhoudsstrategie	buiten scope	nvt	nvt
7.2 Inlage i.p.v. overlagen	buiten scope	nvt	nvt
Extra: elektrificering transport en aanleg			
DZOAB - elektrificering transport [A4+C2]	Al inkoopbaar	onbekend	2026
DZOAB - elektrificering aanleg [A5]	Al inkoopbaar**	onbekend	2030
2L ZOAB toplaag - elektrificering transport [A4+C2]	Al inkoopbaar	onbekend	2026
2L ZOAB toplaag - elektrificering aanleg [A5]	Al inkoopbaar**	onbekend	2030
2L ZOAB onderlaag - elektrificering transport [A4+C2]	Al inkoopbaar	onbekend	2026
2L ZOAB onderlaag - elektrificering aanleg [A5]	Al inkoopbaar**	onbekend	2030
SMA 8/11 - elektrificering transport [A4+C2]	Al inkoopbaar	onbekend	2026
SMA 8/11 - elektrificering aanleg [A5]	Al inkoopbaar**	onbekend	2030
AC bin/bas IB - elektrificering transport [A4+C2]	Al inkoopbaar	onbekend	2026
AC bin/bas IB - elektrificering aanleg [A5]	Al inkoopbaar**	onbekend	2030

Resultaten en aandachtspunten MKI factor wegverharding

Resultaten

Op basis van de beschikbare informatie voldoet de huidige waardering van de MKI voor de maatregelen in het transitiepad wegverharding en lijkt er geen aanvullende MKI factor noodzakelijk (maar let op, de niet van alle maatregelen kan de MKI factor worden bepaald). Dit komt omdat:

1. In veel gevallen de kosten van de circulaire maatregelen lager zijn dan de kosten van de referentie.
2. De MKI waardering voldoende is, omdat de daling in MKI groter is dan de stijging in kosten.
3. Ook voor levensduurverlengende maatregelen geldt dat de kosten van de maatregel over de levensduur lager zijn. Hierbij geldt wel dat:
 - deze maatregelen (vaak) tot een hogere MKI op het moment zelf leiden, maar een lagere MKI per jaar over de levensduur. Dit maakt dat deze maatregelen in de meeste projecten niet goed te stimuleren zijn met gunnen op een lagere de MKI.
 - Bovendien geldt dat voor asfaltmengsels met een forfaitaire waarde voor de levensduur gerekend moet worden.
 - er sprake is van onzekerheid over de omvang van het effect van de maatregel (hoeveel langer gaat het asfalt mee?) en dit effect zich bij kortlopende contracten meestal pas na de looptijd van het contract voordoet. Dit maakt het ook lastig om hierop te sturen in een aanbesteding of contract.
 - Tot slot bepalen RWS en ON in lopende onderhoudscontracten samen welk onderhoud noodzakelijk is. Omdat LVO vaak veel goedkoper is, is er voor de ON geen prikkel om dit aan te bieden.

Belangrijk is wel dat voor een aantal maatregelen onvoldoende informatie beschikbaar is, waardoor er geen MKI factor bepaald kan worden. Het is goed mogelijk dat voor een aantal duurzame maatregelen op de roadmap (zoals verduurzaming asfaltcentrales en inzet elektrisch materieel, zie ook aandachtspunten) *we*/een MKI factor nodig is.

Aandachtspunten

De belangrijkste aandachtspunten bij de beschikbare data en de MKI factor voor wegverharding zijn:

- De **investeringskosten van duurzame asfaltcentrales** worden **niet in de kosten meegenomen**, omdat er vaak subsidieregelingen (zoals SDE+) bestaan die de onrendabele top van deze investeringen afdekt. Omdat deze subsidie onzeker is, is het de vraag of de MKI factor voor emissieloze centrales (die nu kleiner dan 1 is) niet hoger zou moeten zijn. Het is relevant om hier nader onderzoek naar te doen.
- De **kosten en MKI voor duurzame asfaltcentrales is samengenomen** met de kosten en MKI van **het gebruik van lage temperaturen**. De verwachting is dat de investering in duurzame asfaltcentrales kostprijsverhogend werkt, terwijl lage temperatuur juist kostprijs verlagend werkt. Omdat deze twee maatregelen samen genomen worden, is niet duidelijk hoe groot de afzonderlijke effecten zijn. Ook is het effect op de MKI van de afzonderlijke maatregelen niet duidelijk.
- Kostendata voor **elektrisch transport en aanleg ontbreekt**. De MKI besparing is echter redelijk klein, de vraag is daarom wel of hier veel aandacht naar uit moet gaan. Het is relevant om hier nader onderzoek naar te doen.

1. Kostencurves asfalt 2019 houdt rekening met een SDE+ subsidie voor diepe geothermie, en groen gas. Bij het gebruik van waterstof is wel de investering in een waterstofbrander meegenomen, maar niet de investering in landelijke infrastructuur.

Resultaten en aandachtspunten MKI factor wegverharding

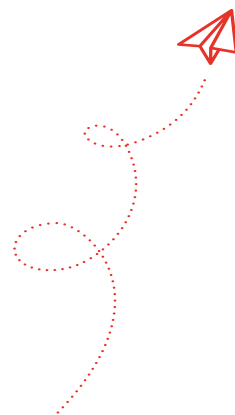
Vervolg aandachtspunten

- Voor **2L ZOAB ontbreekt informatie over kosten van hogere percentages PR**. Maar verwachting is dat dit, net als bij andere mengsels leidt tot lagere kosten. Omdat dit een relevant asfalmengsel is, bevelen wij aan om deze data wel inzichtelijk te krijgen.
- Op basis van de cijfers lijkt de conclusie dat een de huidige MKI waardering voldoet en dat MKI factor wegverharding niet nodig is. In **praktijk worden echter de maatregelen lang niet altijd aangeboden**. De vraag is dan ook **of de huidige analyse volledig is** en of er, behalve de aandachtspunten die hiervoor genoemd zijn, niet andere belemmerende factoren zijn die de transitie in de weg staan. Het zou bijvoorbeeld kunnen gaan om ervaring en expertise (bij uitvoerend personeel), kosten van ontwikkeling en overschakelen naar andere werkwijzen, versnelde afschrijving bestaande investeringen, etc. **Ook is het van belang om de ontbrekende informatie aan te vullen**.
- De vraag is wat er gebeurt met de MKI factor wanneer **het referentiescenario verandert in de tijd**. Als bijvoorbeeld lage temperatuur asfalt (LTA) de standaard wordt, met wellicht ook lagere kosten, is dan *wel* een MKI factor nodig bepaalde duurzame maatregelen aangeboden te krijgen. Of is er *wel* een MKI factor nodig om van 60% PR naar 90% PR te komen? Omdat zowel de data voor LTA, als specifieke kosten data voor verschillende PR percentages ontbreekt, is het binnen dit onderzoek niet mogelijk om hier antwoord op te geven. Aanbeveling is daarom om de MKI-factor berekeningen jaarlijks te actualiseren.
- De gemiddelde MKI factor per maatregeltypes (zie figuur hieronder) laat duidelijk **onderscheid tussen de maatregelen** zien. Zo heeft hergebruik in asfalmengsels een fors negatieve factor, wat inhoudt dat stimulering niet nodig is. De MKI factor van de duurzame centrale ligt meer rond de 0. Gegeven de onzekerheid in de data en het feit dat in deze maatregel zowel de energievoorziening van de centrale zit, als het verminderde energieverbruik door lage temperatuur, is de kans aanwezig dat **hier wel een MKI factor nodig is** om de maatregelen aangeboden te krijgen.
- Tot slot geldt voor alle uitkomsten in dit onderzoek, dat deze gebaseerd zijn op beschikbare data uit eerdere onderzoeken. Deze onderzoeken zijn soms uitgevoerd in 2019 / 2020. We adviseren daarom om de **belangrijkste data te actualiseren**, en de MKI factor op basis van actuele data opnieuw te berekenen.
- Zie verder ook de algemene aandachtspunten bij de kosten en MKI data in het hoofdstuk conclusies en aanbevelingen.



5

Overzicht maatregelen transitiepad kunstwerken



Maatregelen transitiepad Kunstwerken

Ook voor dit transitiepad zijn de maatregelen uit de roadmap het uitgangspunt voor de MKI waardering. Deze maatregelen worden ook in de meeste andere onderzoeken als basis gebruikt. In de figuur hiernaast staan de maatregelen weergegeven.

De beoordeling van de maturiteit van de maatregelen is afkomstig uit CE Delft - Eerste inschatting reductiepotentieel maatregelen KCI-roadmaps

oplossingen klaar voor opschaling/institutionalisering

bijna groen

Roadmap	
1. Optimaal & duurzaam uitvoeren van onderhoud (R4)	1.1 Circulair asset management
	1.2 Duurzame onderhoudsmaatregelen
	1.3 Data inwinning objectgedrag
2. Verlengen levensduur van bestaande objecten (R5)	2.1 Dwarskrachtversterking betonnen liggers
	2.2 Levensduurverlengende maatregelen
3. (Geschikt maken voor) hergebruik	3.1 Oogsten betonnen liggers / elementen
	3.2 Oogsten hele bruggen / onderdelen
	3.3 Oogsten wegmeubilair (bijv. portalen, geleiderails)
	3.4 Oogsten installaties
	3.5 Oogsten damwanden
4. Recyclen van materialen (R8)	4.1 Hoogwaardig recyclen beton
	4.2 Duurzaam recyclen staal
	4.3 Circulair slopen
5. Circulair ontwerpen (R1/2/6)	5.1 Circulaire objectcatalogus
	5.2 Ontwerpen voor hergebruikte stalen of betonnen liggers/elementen
	5.3 Circulaire ontwerpprincipes
	5.4 IFD bouwen bij vaste en beweegbare bruggen
	5.5 Duurzame conservering & verwijdering staal
6. Toepassen van (meer) klimaatneutraal, circulair en gerecycled materiaal (R2)	6.1 Alternatieve betonmengsels niet constructief
	6.2 Alternatieve betonmengsels constructief
	6.3 Alternatieve materialen betonproducten
	6.4 Bio based materialen
	6.5 Hergebruik wegmeubilair
	6.7 Toepassen beton recyclaat
	6.6 Hergebruik andere producten / elementen
	6.8 Circulair en klimaatneutraal wegmeubilair
	6.9 Materialenpaspoort
	6.10 Modulaire, circulaire en klimaat neutrale installaties en bewegingswerken

Resultaten en aandachtspunten Kunstwerken

- In de tabel hiernaast is per maatregel aangegeven:
- wanneer de maatregel bij tenminste 1 aanbieder inkoopbaar is (datum inkoopbaar)
 - Welke MKI factor op basis van de beschikbare data van toepassing is (MKI factor)
 - Vanaf welke datum de maatregel door de meeste aanbieders aangeboden wordt (datum productie)

Zoals te zien is in de tabel hiernaast, is de MKI factor in de meeste gevallen onbekend. Dit betekent niet dat er helemaal geen gegevens zijn. Om de MKI factor te berekenen is namelijk zowel de informatie over kosten en MKI van de duurzame maatregel nodig, als de MKI en kostendata van de referentie maatregel. Als deze data niet volledig is, is het niet mogelijk een MKI-factor te berekenen.

Een verdere onderbouwing van en toelichting bij deze cijfers te vinden in het Excel bestand Data transitiepaden – MKI en kosten (vertrouwelijk)

	Datum inkoopbaar	koplopers belonen MKI factor	datum productie
Maturiteit en MKI factor kunstwerken			
1. Optimaal en duurzaam uitvoeren onderhoud			
Circulair asset management	onbekend	onbekend	onbekend
Duurzame onderhoudsmaatregelen	al inkoopbaar	onbekend	al inkoopbaar
Data inwinning objectgedrag	onbekend	onbekend	onbekend
2. Verlengen levensduur van bestaande objecten			
Renovatie aan de wal (hergebruik constructie)	Al inkoopbaar	onbekend	onbekend
Renovatie met hoge sterkte beton	Al inkoopbaar	onbekend	onbekend
Renovatie met stalen platen	Al inkoopbaar	onbekend	onbekend
Renovatie liggers nijkerkerbrug	Al inkoopbaar	onbekend	onbekend
3. (Geschikt maken voor) hergebruik			
Hergebruik ligger	Al inkoopbaar	19	2028
Renovatie verkeersportaal	Al inkoopbaar	-30	onbekend
Hergebruikte geleiderails	Al inkoopbaar	0,3	al breed toegepast
Verkeersbord aluminium refurbished	Al inkoopbaar	onbekend	onbekend
Verkeersbord bamboe	Al inkoopbaar	onbekend	onbekend
Verkeersbord secundair aluminium	Al inkoopbaar	onbekend	onbekend
4. Hoogwaardig recyclen beton			
Hoogwaardig recyclen beton TRL 6	onbekend	onbekend	onbekend
Hoogwaardig recyclen beton TRL 9	onbekend	onbekend	onbekend
Circulair slopen	onbekend	onbekend	onbekend
5. Circulair ontwerpen			
5.1 Circulaire objectcatalogus	onbekend	onbekend	onbekend
5.2 Ontwerpen voor hergebruikte stalen of betonnen liggers/elementen	onbekend	onbekend	onbekend
5.3 Circulaire ontwerpprincipes	onbekend	onbekend	onbekend
5.4 IFD bouwen bij vaste en beweegbare bruggen	Al inkoopbaar	onbekend	Al inkoopbaar
5.5 Duurzame conservering & verwijdering staal	Al inkoopbaar	onbekend	Al inkoopbaar
6. Toepassen van (meer) klimaatneutraal, circulair en gerecycled materiaal (R2)			
Geopolymeerbeton _ constructief	onbekend	onbekend	onbekend
Geopolymeerbeton _niet constructief (gemeenten)	onbekend	onbekend	onbekend
Carbstone	onbekend	0,0	onbekend
CSA beliet	onbekend	0,0	onbekend
Geopolymeer (ASCEM)	onbekend	0,0	onbekend
Geopolymeer (geo-beton, objectcategorie II)	onbekend	0,0	onbekend
Solidia	onbekend	0,0	onbekend
Zand- en grindrecycling	onbekend	0,0	onbekend
Verduurzaming gemiddeld betonmengsel	onbekend	onbekend	2027-2028
Verduurzaming gemiddeld prefab element	onbekend	onbekend	2027-2028
Verduurzaming gemiddelde brugdekdelen	onbekend	onbekend	2027-2028
Basaltwapening	onbekend	onbekend	onbekend

Resultaten en aandachtspunten MKI factor kunstwerken

Resultaten

Voor het transitiepad kunstwerken ontbreekt voor veel maatregelen helaas steeds noodzakelijke informatie om de MKI factor te bepalen.

Wel valt op dat voor de maatregelen waar data van beschikbaar is, de MKI factor kleiner dan 1 (hergebruik geleiderails), 0 (betonmengsels met minder milieu-impact) of zelfs negatief is (renovatie verkeersportaal) is. Alleen voor hergebruik liggers is op dit moment een MKI-factor berekend groter dan 1, namelijk 19. Tegelijkertijd is op basis hiervan geen algemene conclusie te trekken dat een MKI factor niet nodig zou zijn. Voor te veel maatregelen ontbreken de data nog.

Opvallend bij het transitiepad kunstwerken is dat de maatregelen betrekking hebben op een breed scala aan mogelijkheden. Van milieuvriendelijker materiaal (betonmengsels), alternatieve producten (verkeersborden) tot hergebruik en renovatie van bruggen, geleiderails en verkeersportalen. Hoewel er redelijk wat onderzoeken beschikbaar zijn, is het door de breedte van het transitiepad lastiger om de benodigde informatie voor een maatregel compleet te krijgen.

Aandachtspunten

- Net als bij de andere transitiepaden is de betrouwbaarheid van de data een belangrijk aandachtspunt. (zie ook de algemene aandachtspunten in het hoofdstuk conclusies). Bij het transitiepad kunstwerken geldt bovendien dat de kosten soms betrekking hebben op de directe kosten (bijvoorbeeld m3

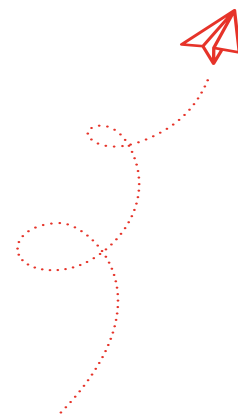
beton) en soms op de contractkosten (de kosten van een hergebruikte ligger, geleverd in het werk).

- Een ander aandachtspunt is de informatie over betonmengsels. In dit onderzoek is uitgegaan van de betonmengsels zoals opgenomen in het onderzoek van CEDelft en TNO naar de kostencurves beton. Inmiddels is er door RWS een andere selectie gemaakt van innovatie uit het betonakkoord. (zie pagina 26). Voor deze innovaties is helaas geen kosten en MKI data beschikbaar. Om toch eerste inzicht te geven is er voor gekozen de MKI factor te berekenen voor de innovaties uit het eerdere onderzoek van CE Delft en TNO. Omdat beton veel impact heeft, hebben duurzame maatregelen mogelijk een groot positief effect. Het is daarom waardevol om nader onderzoek te doen naar kosten en MKI factor van (meer) klimaatneutraal, circulair en beton.
- De kostendata voor verduurzaming verkeersborden ontbreekt nog, maar is mogelijk vergelijkbaar met geleiderails en daarom een interessante maatregel om nader te onderzoeken.
- Ten aanzien van hergebruik liggers geldt dat er veel onzekerheid is over de inschatting van kosten. Op dit moment worden er pilots gedaan, maar de kosten van deze pilots zijn niet representatief voor de kosten wanneer hergebruik van liggers wordt opgeschaald
- Tot slot biedt het verlengen van de levensduur bestaande objecten (gegeven de V&R opgave) kansen. Punt hierbij is wel in hoeverre dit met een MKI factor in de aanbesteding gestimuleerd kan worden. Dit zal veel meer een afweging zijn in de scope bepaling. Zie ook de opmerkingen hierover bij het transitiepad wegverharding.



6

Overzicht maatregelen transitiepad WDSM



Maatregelen binnen transitiepad WDSM

Uitgangspunt voor de MKI waardering zijn de maatregelen uit de roadmap Weg-, Dijk- en Spoormaterieel. Deze maatregelen worden ook in de meeste andere onderzoeken als basis gebruikt. In de tabel hiernaast staan de maatregelen weergegeven.

Aan de hand van ons onderzoek (zie bijlage voor een overzicht bronnen en gesproken personen) hebben we aangegeven welke oplossingen klaar zijn om opgeschaald of geïstitutionaliseerd te worden (groen gearceerd) en ook maatgevend zijn.

Waarbij 'elektrisch op accu' op korte termijn het meest maatgevend is (hier zit het grote volume wat betreft materieel) en dit ook op langere termijn zal blijven (zeker voor lichte en middel materieel) en waterstof met brandstofcel op langere termijn voor het zwaardere materieel.

In de bijlage is ook nog een maturiteitstabel vanuit de roadmap WDSM te vinden die hier nog meer inzicht in geeft (zie bijlage – maturiteitstabel WDSM).

Roadmap	
1) Optimalisering van bestaande conventionele motoren	1.1 Schonere diesels
2) Hybride materieel	2.1 Hybride elektrisch
3) Zero-emissie	3.1 Elektrisch op accu
	3.2 Elektrisch met netaansluiting
	3.3. Brandstofcel
	3.4 Waterstof in verbrandingsmotor
4) Optimalisering van proces	4.1 Werkmethoden en werkwijzen op de bouwplaats
	4.2 Optimalisatie van grondstromen door koppeling van projecten*

* Deze maatregel is toegevoegd naar aanleiding van een interne sessie op 6 februari 2024 met medewerkers van Rijkswaterstaat.

Resultaten MKI factor WDSM

Op de volgende sheets presenteren we de MKI-factor per maatregel uit de roadmap. Samengevat zijn de **resultaten** als volgt:

Er is **een MKI factor** te berekenen **voor elektrische mobiele werktuigen op accu** en deze MKI factor is **afhankelijk** van **hoe** de **stroom** voor het opladen van de accu's **geproduceerd wordt** (grijze of groene stroom) en hoe de elektrische werktuigen kunnen laden (gunstig, ongunstig of zeer ongunstig laden).

- a) Voor elektrische werktuigen op accu die op **grijze stroom** opladen is er een factor nodig van:
 - 10 (gunstig laden) tot 26 (zeer ongunstig laden) voor lichte werktuigen;
 - 16 tot 29 voor middelzware werktuigen;
 - 20 tot 28 voor zware werktuigen;
- b) Voor elektrische werktuigen op accu die op **groene stroom** opladen is er een factor nodig van:
 - 7 (gunstig laden) tot 18 (zeer ongunstig laden) voor lichte werktuigen;
 - 11 tot 21 voor middelzware werktuigen;
 - 13 tot 21 voor zware werktuigen.

Voor grijze stroom is er dus een hogere MKI factor nodig dan voor groene stroom, te verklaren doordat er meer milieu-impact is (en dus hogere MKI) voor grijze stroom maar dat de prijs (toch in dit onderzoek) gelijk is voor groene stroom als voor grijze stroom.

In **bovenstaande resultaten** is **voor de kosten** van het elektrisch materieel en transport gewerkt met **vermenigvuldiging van 1,5** op de directe kosten om rekening te houden met indirecte kosten. Ervaring bij RWS projecten leert dat deze vermenigvuldiging tussen 1,2 en 1,8 ligt. Indien een project vooraf weet wat de vermenigvuldiging zal zijn, kan (of moet) de MKI factor lager of hoger liggen gezien de totale kosten lager of hoger zullen zijn.

Verder zijn er voor verschillende werktuigen en transportmiddelen wel gegevens over de MKI beschikbaar, maar niet over de bijbehorende kosten. Hierdoor is er voor een deel geen MKI factor te berekenen. Dit gaat om: zeer zware werktuigen, specialistische en stationaire werktuigen en om lichte en zware vrachtwagens.

Tot slot is er binnen RWS intern een eigen berekening die soms gehanteerd wordt om binnen projecten om een MKI factor te gebruiken **voor elektrisch materieel**. Deze gaat uit van **een factor van 55 bij grijze stroom en 30 bij groene stroom**. Deze cijfers zijn gebaseerd op beperkte data en kunnen niet zomaar doorgetrokken worden. De resultaten geven ook aan dat de factor wellicht lager kan zijn.

In de tabel op volgende sheet is per maatregel aangegeven:

- wanneer de maatregel bij tenminste 1 aanbieder inkoopbaar is (datum inkoopbaar);
- Welke MKI factor op basis van de beschikbare data van toepassing is (MKI factor);
- Vanaf welke datum de maatregel door de meeste aanbieders aangeboden wordt (datum productie);

Een verdere onderbouwing van en toelichting bij deze cijfers te vinden in het Excel bestand Data transitiepaden – MKI en kosten (vertrouwelijk)

	Datum inkoopbaar	koplopers belonen MKI factor	datum productie
1) Optimalisering van bestaande conventionele motoren			
Schonere diesels	Al inkoopbaar	nvt	Vandaag
2) Hybride materieel			
Hybride elektrisch	Al inkoopbaar	-9,13	Vandaag
3) Zero-emissie			
Mobiele werktuigen - Licht - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar	26,37	Vandaag
Mobiele werktuigen - Licht - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2030
Mobiele werktuigen - Middelzwaar (56-130 kW) - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar	29,26	Vandaag
Mobiele werktuigen - Middelzwaar (56-130 kW) - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2035
Mobiele werktuigen - Zwaar (130-560 kW) - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar	28,15	Vandaag
Mobiele werktuigen - Zwaar (130-560 kW) - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2035
Mobiele werktuigen - Zeer zwaar (>560 kW) - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar		Vandaag
Mobiele werktuigen - Zeer zwaar (>560 kW) - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2035
Mobiele werktuigen - Specialistisch & stationair - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar		Vandaag
Mobiele werktuigen - Specialistisch & stationair - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2035
Zero-emissie - bouwtransport - Bestelwagens (N1; <3,5 ton) - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar	8,74	Vandaag
Zero-emissie - bouwtransport - Bestelwagens (N1; <3,5 ton) - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2030
Zero-emissie - bouwtransport - Lichte vrachtwagens (N2; 3,5 ton-12 ton) - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar		Vandaag
Zero-emissie - bouwtransport - Lichte vrachtwagens (N2; 3,5 ton-12 ton) - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2030
Zero-emissie - bouwtransport - Zware vrachtwagens (N3; >12 ton) - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar		Vandaag
Zero-emissie - bouwtransport - Zware vrachtwagens (N3; >12 ton) - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2030
Zero-emissie - Bouwtransport - Personenvervoer - Klein - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar		Vandaag
Zero-emissie - Bouwtransport - Personenvervoer - Klein - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		
Zero-emissie - Bouwtransport - Personenvervoer - Middel - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar		Vandaag
Zero-emissie - Bouwtransport - Personenvervoer - Middel - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2028
Zero-emissie - Bouwtransport - Personenvervoer - Groot - Elektrisch op accu	Al inkoopbaar	0,51	Vandaag
Zero-emissie - Bouwtransport - Personenvervoer - Groot - Brandstofcel – Waterstof	Al inkoopbaar		2028
4) Optimalisering van proces			
Werkmethoden en werkwijzen op de bouwplaats	Al inkoopbaar		Al inkoopbaar
Optimalisatie van grondstromen door koppeling van projecten	Al inkoopbaar	Geen maatregel die ingekocht wordt	

Aandachtspunten WDSM

Voor een **aantal maatregelen binnen het transitiepad zijn geen gegevens** gevonden zijn:

- 1.1 schonere diesel (geen specifieke data en zeer hoge maturiteit),
- 3.4 Waterstof in verbrandingsmotor (geen data),
- 4.1 Werkmethoden en werkwijzen op de bouwplaats (geen data en zeer lage maturiteit).

Voor wat betreft de **kosten**, zijn er veel ontbrekende gegevens, al zijn daarover wel **in algemeenheid een aantal zaken** over te zeggen:

- De **kosten voor gebruik ZE materieel op de bouwplaats hebben op dit moment hooguit beperkte meerkosten**. De verwachting in de tijd is dat de kosten dalen en dat er zelfs geen meerkosten zullen zijn.
- De **meerkosten voor zwaar materieel** (vermogen > 130 kw) lijken **in praktijk hoger** dan onderzoek heeft uitgewezen.
- Afhankelijk van het type project en de begroting van het standaard project, is het percentage van meerkosten van emissieloos materieel berekend. Deze ligt tussen de 2% en 8,5% afhankelijk van het type project.

Verder is het **laadscenario dat van toepassing is in een project** een belangrijk aandachtspunt voor de kosten. Een verschil tussen gunstig laden en zeer ongunstig laden kan zorgen voor meer dan **een verdubbeling van de meerkosten** van ZE materieel t.o.v. traditioneel.

Randvoorwaarden om mee rekening te houden.

- **Betrouwbaarheid** van de theoretische batterijduur/gebruiksduur (indien onbetrouwbaar kan dit meerkosten geven door uitlopen planning);
- **Mogelijkheid (snel)laden** in de buurt – al dan niet met tijdelijke laadpunten (tijdelijke laadpunten drijven kosten op, snellaadpunten zijn er nog te weinig in NL);
- **Bouwplaats wordt duurder** indien laadinfra en batterijen aanwezig: duurdere verzekering, grotere bouwplaats, (meer) bewaking nodig;
- Soms is er **geen aanvaarding van het personeel** voor gebruik ZE materieel. In een interview wordt het voorbeeld genoemd dat iemand dreigde op te stappen als hij met ZE materieel moet werken.
- **Beschikbaarheid materieel**: er is op dit moment meer vraag naar materieel dan beschikbaar is.
- **Vergelijkbaarheid** van de **cijfers** over MKI en kosten: er is een verschil in eenheden (dat met kengetallen moet omgezet worden om te vergelijken – waar mogelijk) en er zitten verschillen in de tijd, kwaliteit en scope van de cijfers. Dit zorgt dat de vergelijkbaarheid soms moeilijk te maken is en dat blijft een aandachtspunt wanneer cijfers met elkaar worden vergeleken.

Aanbevelingen WDSM

1. Voorlopig lijkt het **relevant** om:
 - **Op korte termijn te sturen op elektriciteit** (elektrisch transport en elektrische mobiele werktuigen) **en hybride** – afhankelijk van kostenonderzoek met of zonder een MKI factor;
 - **Op langere termijn te sturen op waterstof**, met name voor het zwaardere materieel – wellicht met een MKI factor (als we kijken naar de gegevens op basis van brandstofkosten zal een MKI factor noodzakelijk zijn).¹
2. **In sommige projecten heeft ZE materieel een relatief beperkte aandeel in de (meer)kosten ten aanzien van de totale projectkost**, dus bij aanbestedingen waarbij een volledig project gegund wordt, zal er wellicht beperkt rekening worden gehouden met ZE materieel. Dit kan ervoor zorgen dat er een lage MKI factor wordt ingesteld die wellicht niet volstaan om ZE materieel te krijgen. **In die projecten moet je eisen stellen om ZE materieel te krijgen.** Of het kan apart opgenomen worden in een gunningscriterium zodat je koplopers gaat belonen.
3. In een project met elektrisch materieel dient **rekening gehouden** te worden met zowel de **factor van de totale kosten t.o.v. van de directe kosten** (ligt tussen 1,2 en 1,8) als met het **laadscenario** dat van toepassing is (afhankelijk hiervan kunnen de meerkosten meer dan verdubbelen).
4. Tot slot valt het nog aan te bevelen om wat betreft data en dataverzameling in kader van MKI gebruik bij projecten en aanbestedingen een soort **protocol of afspraken set vast te leggen**. Zodat iedereen dezelfde "lijn" hanteert: dezelfde eenheden, dezelfde omzetfactoren, dezelfde structuur, etc. En dat hier één globaal overzicht van is. Zo kan er efficiënter geleerd worden uit pilots en onderzoek. In dit protocol kan bijvoorbeeld ook de factor 55/30 worden opgenomen, die op zijn beurt een update kan krijgen en nauwkeuriger bepaald kan worden.

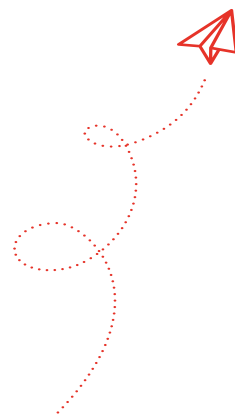


1. Het sturen op langere termijn op waterstof is gebaseerd op input uit de roadmap, de gevoerde gesprekken en een sessie met RWS op 6 februari 2024.



7

Overzicht maatregelen transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud



Maatregelen en doelen binnen transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud

Uitgangspunt voor de MKI waardering zijn de maatregelen uit de roadmap kustlijnzorg en vaargeulonderhoud. Deze maatregelen worden ook in de meeste andere onderzoeken als basis gebruikt. In de tabel hiernaast staan de maatregelen weergegeven.

Roadmap	
1) Alternatieve aandrijflijnen	1.1 Elektrisch (batterij en stekker) zoete bagger - batterij of stekker elektrische aandrijving
	1.2 Waterstof in brandstofcel
	1.3 Waterstof in verbrandingsmotor
	1.4 Methanol in verbrandingsmotor
	1.5 Methanol in brandstofcel
	1.6 Biodiesel (HVO) - transitiemaatregel
	1.7 Biodiesel (derde generatie) - eindoplossing
	1.8 Hybride aandrijflijn (diesel-elektrisch)
2) Verschoningsopties	2.1 Minder transport-afstand - aannemers minimaliseren transport
	2.2 stage V/ TIER III - voorstuwing zeegaand is TIER-geclassificeerd. Voorstuwing binnenlands is CCR-norm
	2.3 SCR-installatie - doel om emissie van Nox te beperken, wordt omgezet tot N2 en H2O
	2.4 DPF - verwijderd roetdeeltjes uit rookgassen en verlaagd PM10
3) Circulair en hoogwaardig grondgebruik	3.1 Beschermen voorraad
	3.2 Hoogwaardig gebruiken van bagger/grond

Resultaten MKI factor kustlijnzorg en vaargeulonderhoud

Samengevat zijn de **resultaten** als volgt:

- Algemeen is er zeer weinig data, zeker wat betreft de kosten. Wel wordt gesteld vanuit ervaring RWS dat er voor zoute projecten een MKI waardering van 3,5 minimaal nodig is. Vanuit de marktbevraging zou de MKI waardering ergens tussen 3 en 6 moeten liggen.
- De data die er is heeft enkel betrekking op de maatregel “alternatieve aandrijflijnen”.
- Op basis van de data die er is, zijn er slechts 2 MKI factoren te berekenen:
 - Wanneer **enkel de brandstoftypes en de kosten voor de energie** (=brandstof) in beschouwing wordt genomen: voor de **brandstof HVO** is er een factor van 0,56 gevonden¹. Ofwel er is geen factor nodig gezien het lager is dan 1.
 - Wanneer het volledig schip in beschouwing wordt genomen: voor Sleephopperzuiger (vaargeulonderhoud zout) – Waterstof is de MKI factor 8,62.
- Als een geheel schip en niet enkel de brandstof in beschouwing wordt genomen, zijn er over een meerdere types schepen nog MKI data beschikbaar. Deze worden uitgedrukt in prestaties van het schip (of in MKI/uur in gebruik of in MKI/m³ grondverzet). Wegens het ontbreken van data over de kosten is er geen factor te bepalen.

Op de volgende slide wordt een maturiteitstabel gegeven die aangeeft hoe volwassen bepaalde maatregelen zijn. Waar mogelijk wordt de MKI factor gegeven alsook het MKI plafond. De tabel geeft zo een overzicht van de gevonden resultaten.

Aandachtspunten

Aandachtspunt bij het transitiepad kustlijnzorg en vaargeulonderhoud is dat de maatregelen minder eenduidig zijn te identificeren, er minder onderzoek beschikbaar is en ook minder direct aansluiten bij de roadmap.

Aanbevelingen

Er is slechts beperkte kwantitatieve informatie beschikbaar waardoor de belangrijkste aanbeveling is om deze informatie beschikbaar te krijgen via onderzoek of via analyse van al uitgevoerd onderzoek.

De cijfers die beschikbaar zijn, zijn te vinden in het Excel bestand Data transitiepaden – MKI en kosten (vertrouwelijk)

1. De prijs van HVO fluctueert zeer sterk. de laatste tijd is de prijs van HVO veel harder gestegen dan die van Diesel. De factor kan hierdoor dus ook sterk variëren in de tijd (wat ook het geval is voor andere factoren en maatregelen).

In de tabel hiernaast is per maatregel aangegeven:

- wanneer de maatregel bij tenminste 1 aanbieder inkoopbaar is (datum inkoopbaar)
- Welke MKI factor op basis van de beschikbare data van toepassing is (MKI factor)
- Vanaf welke datum de maatregel door de meeste aanbieders aangeboden wordt (datum productie)

Maturiteit maatregelen KLZ&VGO	Datum inkoopbaar		koplopers belonen MKI factor	datum productie	
	Zoet	Zout		Zoet	Zout
1) Alternatieve aandrijflijnen					
Waterstof in brandstofcel - geeft elektriciteit, water en warmte. Enige uitstoot = water (1)	2026	2026	8,62	2028	2029
Waterstof in verbrandingsmotor - gemend & ongemengd in conventionele motoren - niet emissieloos. (2)	2026	2026		2028	2029
Methanol in verbrandingsmotor - gemend & ongemengd in conventionele motoren - niet emissieloos. (3)	2026	2026		2029	2029
Methanol in brandstofcel - omzetting (groene) methanol geeft elektriciteit, warmte, water en CO2	2031	2031		2034	2034
Biodiesel (HVO) - transitie maatregel: hoge kosten en draagt niet structureel bij aan klimaat en niet aan doelbereik fijnstof eAl inkoopbaar		Al inkoopbaar		Al inkoopbaar	Al inkoopbaar
Biodiesel (derde generatie) - eindoplossing - biobrandstoffen geproduceerd op basis van algen	Onbekend	Onbekend		Onbekend –	Onbekend –
Hybride aandrijflijn (diesel-elektrisch) - aggregaat wekt elektriciteit op voor elektromotoren & pompen, eventueel as met schroef. (4)	Al inkoopbaar	Al inkoopbaar		Al inkoopbaar	Al inkoopbaar
2) Verschoningsopties					
Minder transport-afstand - aannemers minimaliseren transport	Al inkoopbaar	Al inkoopbaar		Al inkoopbaar	Al inkoopbaar
stage V/ TIER III - voorstuwing zeegaand is TIER-geclassificeerd. Voorstuwing binnenlands is CCR-norm	Al inkoopbaar	Al inkoopbaar		Al inkoopbaar	Al inkoopbaar
SCR-installatie - doel om emissie van Nox te beperken, wordt omgezet tot N2 en H2O	Al inkoopbaar	Al inkoopbaar		Al inkoopbaar	Al inkoopbaar
DPF - verwijderd roetdeeltjes uit rookgassen en verlaagd PM10	Al inkoopbaar	Al inkoopbaar		Al inkoopbaar	Al inkoopbaar
Schip met nabehandelingstechnieken (ULEV*)	Al inkoopbaar	Al inkoopbaar		2.025	2.026
3) Circulair en hoogwaardig grondgebruik					
Beschermen voorraad -	Onbekend	Onbekend		Onbekend	Onbekend
Hoogwaardig gebruiken van bagger/grond	Onbekend	Onbekend		Onbekend	Onbekend

1) Deze maatregel gaat makkelijker toegepast kunnen worden bij zoet dan bij zout. Bij zout speelt nog de vraag of het is praktisch toepasbaar (voor alle waters)

2) Deze maatregel gaat niet kunnen concurreren. Er is weinig milieuwinst en het is een dure maatregel. Dus dit wordt wellicht sowieso niet opgelegd?

3) Voor zoet gaat hier minder op ingezet kunnen worden, want minder interessant (lage energie dichtheid).

4) Bij deze maatregel gaat het vooral om verbruik van diesel te reduceren.



Bijlage I – Bronnen



Bronnen Wegverharding

Document	
RWS, Pelotonaanpak duurzaam asfalt	Feb. 2023
RWS, Uitwerking pelotonaanpak (Excel)	
TNO en CE Delft, Kostencurves asfalt 2019 – Update	Nov. 2020
TNO en CE Delft, Rekenmodel bij Kostencurves asfalt (excel)	Nov. 2020
RWS en New Foresight, Roadmap Wegverharding	Mei 2022
RWS, Handleiding koploperaanpak duurzame wegverharding	Aug 2023
CE Delft, Eerste inschatting reductiepotentieel maatregelen KCI-roadmaps	Okt 2022
TNO, LCA achtergrondrapport voor nederlandse branchereferentiemengsels	Mrt 2022
TNO, Duurzaamheidsanalyse asfaltscenarios	Apr 2022
Rebel (iof RWS), Productietijd vs Duurzaamheid	Apr 2024

In het exceldocument Data transitiepaden – MKI en Kosten (vertrouwelijk) is de exacte bronvermelding te vinden van de in dit onderzoek gebruikte data

Bronnen Kunstwerken

Document	
RWS en New Foresight, Roadmap Transitiepad Kunstwerken	Feb 2023
RWS, RTD 1033 Verduurzaming beton	Okt 2021
CE Delft, Circular Beton bij RWS	Jan 2021
CE Delft, Kostencurves beton 2020	Jan 2020
CE Delft, Eerste inschatting reductiepotentieel maatregelen KCI roadmap	Okt 2022
RWS en ProRail, Voortgangsrapportage KCI middelen	Mei 2023
ARUP, Dekversterking Suurhoffbrug	Sep 2022
Mail Kees van der Werff – Kostenindicatie Nijkerkerbrug	Sep 2023
CE Delft, LCA geleiderails	Mrt 2017
RWS, Kostenmodel geleiderails (excel)	2022
NIBE, Duurzaam inkopen van beton met de MKI	Feb 2022
Betonakkoord, Road Map CO2	Jan 2021
RWS, Betonakkoord, zo doen we dat bij Rijkswaterstaat	Okt 2022
NIBE, advise voor MKI plafonwaarden voor betonmortel en betonproducten	Dec 2018

In het exceldocument Data transitiepaden – MKI en kosten (vertrouwelijk) is de exacte bronvermelding te vinden van de in dit onderzoek gebruikte data



Bronnen WDSM

Document	Datum
RWS en New Foresight, Roadmap Weg-, Dijk- en SpoorMaterieel	Juni 2022
CE Delft, Zero Emissie Bouwplaats (vertrouwelijk)	Maart 2022
CE_Delft, Eerste inschatting reductiepotentieel maatregelen KCI-roadmaps	Oktober 2022
CE Delft, Zero Emissie Bouwplaats	April 2023
RWS, memo - Bepalen potentiële meerkosten, MKI- en CO2 reductie t.b.v. SEB budget (vertrouwelijk)	Februari 2023
TNO, Kostencurves droog grondverzet	Maart 2022
SEB, Routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen	Juni 2023
SEB, Oplegger Financiële Impact Schoon en Emissieloos Bouwen (bijlage 1)	Februari 2023
Nationale Milieu Database, Brandstof-machine combinaties hoofdstuk 1000 t/m 8000 Processen	Oktober 2022
CE Delft, Analyse bouwprojecten RWS (excelbestand – aangeleverd door Marc Peerdeman op 22/11/2023)	
Copernicos, Scenario Analyse Maatregel Vergoeding per ton vermeden CO2	Mei 2022
TNO, Inschatting meerkosten programma SEB inclusief periode na 2030	Oktober 2023
RWS, MKI Waardering WDSM (excelbestand – aangeleverd door Christine Everaars op 23/11/2023)	

In het exceldocument Data transitiepaden – MKI en Kosten (vertrouwelijk) is de exacte bronvermelding te vinden van de in dit onderzoek gebruikte data



Bronnen Kunstlijnzorg en vaargeulonderhoud

Document	Datum
RWS, Routekaart Transitiepad Kustlijnzorg en Vaargeulonderhoud	Jun 2023
RWS, Kosteninput voor duurzaamheid (excelbestand – aangeleverd door Erik Vissink op 30/08/2023)	Apr 2023
CE Delft, Eerste inschatting reductiepotentieel maatregelen KCI-roadmaps	Okt 2022
RWS, Verslag Marktconsultatie inkoopstrategie Transitiepad Kustlijnzorg & vaargeulonderhoud	Mrt 2023
BIJLAGE 1 overzicht anonieme en samengevatte antwoorden vragenlijst Marktconsultatie TPKV Definitief	Mrt 2023
TNO, Update milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase	Mrt 2022
RWS, Centrale Projectdatabase Clusters BB en KLZ_nieuw, (excelbestand – aangeleverd door Harry Zondag op 05/02/2024)	
TNO, LCA voor IKZ Kustsuppletie	Jun 2020
RWS, Referentie MKI berekening (excelbestand – aangeleverd door Bart Zant op 21/11/2023)	
TNO, Milieuprofielen van scheepsbrandstoffen ten behoeve van opname in de Nationale Milieudatabase	Mei 2026
TNO, 20 LCA's van brandstof-machinecombinaties	Nov 2018

In het exceldocument Data transitiepaden – MKI en Kosten (vertrouwelijk) is de exacte bronvermelding te vinden van de in dit onderzoek gebruikte data

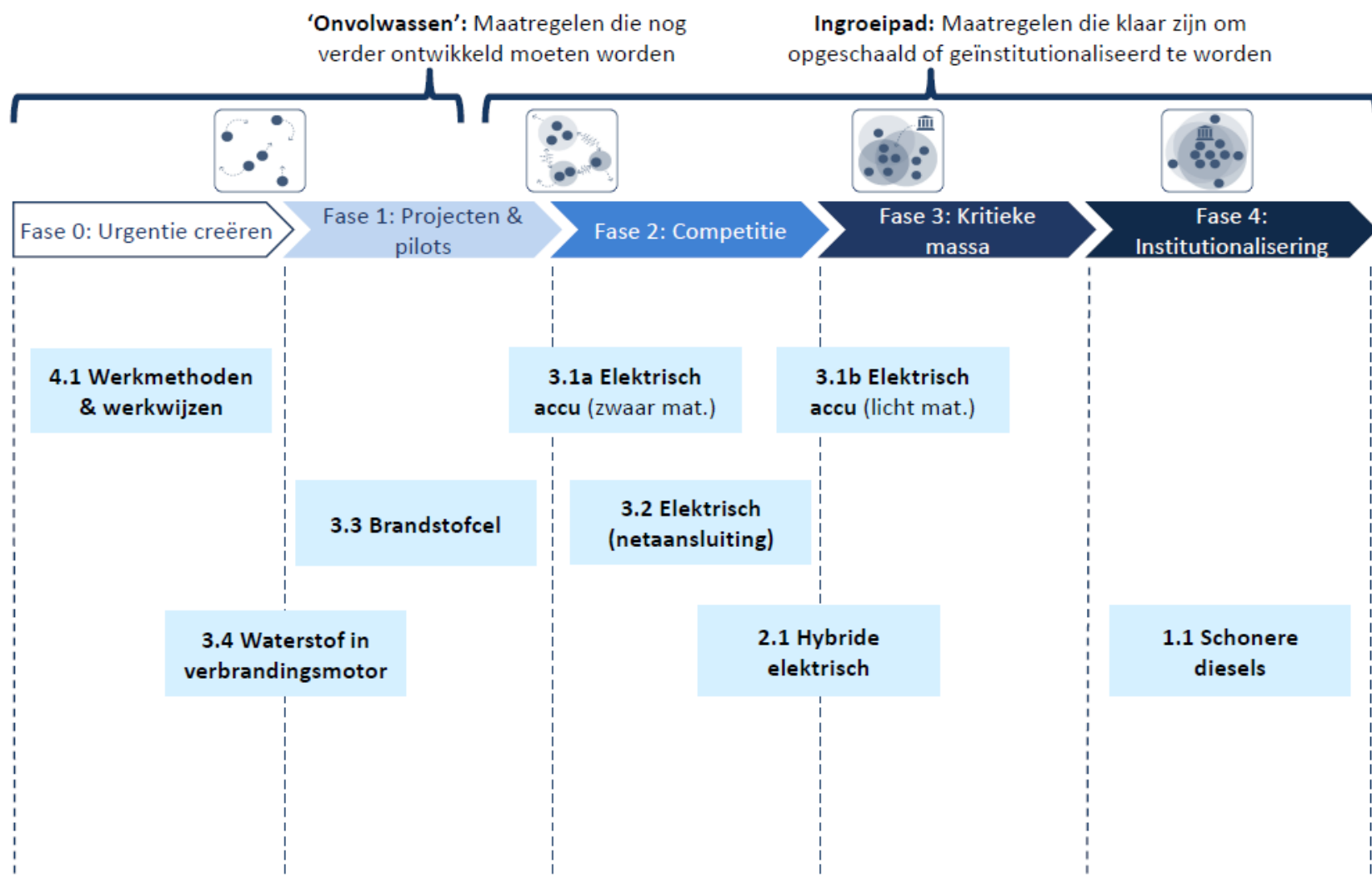




Bijlage II – achtergrondinformatie



Maturiteit van de maatregelen binnen transitiepad WDSM



Overzicht X-factor betonakkoord

NIBE heeft in opdracht van het betonakkoord een eerste berekening gemaakt van "de x-factor". Deze X factor wordt bepaald door de economische waarde en de MKI-factor van verschillende (reguliere) betonproduct met elkaar in balans te brengen. Het geeft daarmee *geen* inzicht in de factor die nodig is om het verschil tussen een duurzame maatregel en een reguliere maatregel te overbruggen, en is dan ook niet vergelijkbaar met de MKI-factor voor de maatregelen in de roadmap.

MKI factor - betonakkoord	MKI	Kosten	MKI factor
Factor op basis van referentie	€ per ton	€ per ton	
Betonmortel			5,00
Bestrating stenen			8,00
bestrating banden			10,00
Bestrating tegels			8,00
Riolering			10,00
Kanaalplaatvloeren			10,00
Breedplaatvloeren			10,00
Heipalen			5,00

Over Rebel

No change without a Rebel

Rebels werken aan de vraagstukken van de toekomst op het gebied van duurzaamheid, transport, gebiedsontwikkeling, zorg en de sociale sector. Wij maken impact, niet alleen als adviseur maar ook als investeerder. Want wie gelooft in zijn eigen adviezen, investeert mee. Toegewijd aan het creëren van verandering, initiëren en realiseren we ook onze eigen projecten. We leveren kwaliteit op het gebied van o.a. strategisch advies & ontwikkeling, beleidsanalyses & evaluatie, partnership consulting & contracten, financieel advies & modellering en investeren & fondsbeheer.

Samen buiten de lijntjes kleuren

Het Rebel-avontuur begon in 2002 met tien stoelen. Aan een grote ronde tafel besloten de eerste Rebels – na een carrière bij adviesbureaus – een eigen onderneming te starten. Eentje zonder kaders, hiërarchie en bazen. Een plek waarbinnen iedereen zijn beste zelf kan zijn. Alles wat we in ons hebben, leggen we op tafel. Intrinsieke motivatie, de drang om verandering te brengen, inhoud en één focus:

impactvolle projecten realiseren, wereldwijd. Inmiddels werken we met meer dan 180 Rebels vanuit onze kantoren in Rotterdam, Amsterdam, Antwerpen, Düsseldorf, Washington D.C., Nairobi, Johannesburg, Mumbai, Manila en Jakarta.

Hoe we op die dag met elkaar begonnen, is hoe we vandaag werken voor en met onze samenwerkingspartners: op basis van vertrouwen. In alles wat we doen – en dat is veel – is ons streven om een positieve impact op de wereld te hebben. Op het raakvlak van publiek en privaat, omdat ons Rebel-rode hart daar ligt waar maatschappelijke waarden en privaat ondernemerschap samenkomen.

Een ambitieuze doelstelling misschien, maar wel één die uitdaagt. We nodigen iedereen uit aan te schuiven en onderdeel te worden van de verandering. Samen buiten de lijntjes kleuren. Als overheid, bedrijf en individu.





Emile Barendregt

+31 6 41 09 42 88

Emile.Barendregt@rebelgroup.com

Jonathan Verdonck

+32 477 65 87 14

Jonathan.Verdonck@rebelgroup.com

