



Answering
tomorrow's
challenges
today

Integraal Riviermanagement

Kengetallen kosten-batenanalyse

Opdrachtgever: DGWB

Rotterdam, 22 juni 2023

Integraal Riviermanagement

Kengetallen kosten-batenanalyse

Opdrachtgever: DGWB

Rotterdam, 22 juni 2023

Inhoudsopgave

Reflectie Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	vii
Bestuurlijke samenvatting	ix
1 Inleiding.....	7
1.1 Over IRM	7
1.2 Kengetallen kosten-batenanalyse	7
1.3 Randvoorwaarden en kanttekeningen	8
1.4 Leeswijzer	9
2 Probleemanalyse	11
2.1 Beschikbare brondocumenten	11
2.2 Samenvatting probleemanalyse.....	11
3 Plangebied en trajectindeling	17
4 Beleidsalternatieven en nulalternatief.....	19
4.1 Nulalternatief	19
4.2 IRM beleidsalternatieven.....	20
4.3 Opgeven per IRM beleidsalternatief	21
5 Overzicht van kosten- en batenposten.....	33
5.1 Overzicht	33
5.2 Kosten	34
5.3 Baten	48
6 Kosten en baten van IRM beleidsalternatieven.....	57
6.1 Uitgangspunten	57
6.2 Resultaten van de kengetallen kosten-batenanalyse	59
6.3 Aanvullende effecten uit de planMER.....	65
6.4 Onzekerheid	66
6.5 Gevoeligheidsanalyses	66
7 Analyse van bouwstenen	69
7.1 Achtergrond.....	69
7.2 Analyse van bouwstenen voor de Maas	69
7.3 Analyse van bouwstenen voor de Rijn.....	71
8 Beoordeling van het VKA.....	75
9 Samenvatting en conclusies	77

9.1	Opgaven en oplossingen	77
9.2	Kengetallen kosten-batenanalyse.....	78
9.3	Conclusies.....	88
9.4	Aanbevelingen voor het vervolg.....	89
10	Overzicht van bijlagen en literatuur.....	91
	Bijlagen	91
	Overige documenten IRM:	92
	Overige literatuur:	92
	Bijlage A: Veranderingen rivierbodemplugging en waterstanden in de IRM alternatieven	95
	Bijlage B: Eenheidskosten IRM	117
	Bijlage C: Kosten IRM-alternatieven bodemplugging	129
	Bijlage D: Indicatieve kosten vergraving PAGW t.b.v. een voldoende hoge inundatieduur	163
	Bijlage E: Kostenraming PAGW - Verwervings- en inrichtingskosten	177
	Bijlage F: Notitie IRM Binnenvaart	181
	Bijlage G: Notitie IRM Zoetwatervoorziening en natuur	197
	Bijlage H: Rekeninstellingen voor OKADER	205
	Bijlage I: Schade in relatie tot hoogwaterstanden	223
	Bijlage J: Zelfrealisatie in LTAR	229
	Bijlage K: Verslag werksessie scheepvaart	231
	Bijlage L: Notitie IRM Delfstoffenwinning.....	239
	Bijlage M: Beoordeling VKA	243

Reflectie Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

- Een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) is een hulpmiddel bij de onderbouwing van beleidskeuzes, zoals grote ruimtelijke projecten als Integraal Riviermanagement (IRM). Een MKBA probeert de positieve en negatieve effecten van een project (of beleidsoptie) op de welvaart van Nederland in te schatten. Hierbij gaat het niet alleen om financiële kosten en baten, maar ook om maatschappelijke effecten die niet altijd makkelijk zijn om in geld uit te drukken. De MKBA vergelijkt effecten van beleidsalternatieven met een nulalternatief, waarin de toekomstige ontwikkeling wordt geschat (inclusief voorgenomen beleid). In de MKBA worden de verschillen tussen beleidsalternatieven en nulalternatief berekend.
- Gelet op de vroege fase van het programma IRM, op weg naar een Programma onder de Omgevingswet, is ervoor gekozen om een Kengetallen kosten-batenanalyse (KKBA) uit te voeren in plaats van een MKBA. De KKBA IRM geeft op hoofdlijnen inzicht in de kosten en baten van een drietal beleidsalternatieven en het voorkeursalternatief, die vergeleken worden met het nulalternatief.
- Deze rapportage is door specialisten van IenW, met deskundigheid op het gebied van MKBA, beoordeeld. Hoofdconclusie is dat de KKBA IRM er gedegen uit ziet als een eerste verkenning naar de kosten en baten van de verschillende IRM alternatieven. Belangrijk aandachtspunt hierbij is dat in deze fase van het programma IRM geen concrete locatie-specifieke maatregelen in beeld zijn, waardoor de KKBA weinig detailinformatie bevat en nog met veel onzekerheden is omgeven.
- De KKBA IRM heeft de stappen in de MKBA Leidraad (CPB/PBL, 2013) en de Werkwijzer MKBA bij MIRT-verkenningen (RWS, 2018) zo goed als mogelijk gevolgd. IenW signaleert daarbij de volgende aandachtspunten, leemtes en beperkingen:
 - De invulling van de PAGW-opgave is op dit moment nog niet duidelijk, omdat de (wettelijke) status van de PAGW nog niet is vastgesteld. Een eventueel wettelijk deel zou in het nulalternatief meegenomen dienen te worden. Daarnaast is de PAGW-opgave in de beleidsalternatieven op dezelfde manier meegenomen, waardoor er geen onderscheid in de resultaten zijn tussen de beleidsalternatieven op dit aspect.
 - De kosten en baten van het nulalternatief, de beleidsalternatieven en het VKA zijn alleen voor het scenario Stoom volledig doorgerekend en slechts beperkt voor het scenario Rust als gevoeligheidsanalyse. De MKBA Leidraad schrijft voor om verschillende scenario's door te rekenen in verband met de onzekerheid over toekomstige ontwikkelingen.
 - Bepaalde baten, waaronder natuur- en recreatiebaten, zijn niet in beeld gebracht. Baten die slecht in geld zijn uit te drukken krijgen weinig aandacht (beleving van landschap, cultuurhistorische waarden) in de KKBA.
 - De scheepvaartbaten zijn door Deltares en Ecorys met verschillende methodieken berekend en kennen daardoor een grote mate van onzekerheid in de resultaten.

- Concluderend hierbij is het advies van IenW om voor het uitvoeringsprogramma IRM een MKBA uit te voeren met meer detailniveau, waarbij gekeken wordt naar specifieke maatregelen in plaats van mogelijke oplossingsrichtingen en waarbij ook rekening wordt gehouden met verschillende toekomstscenario's, meer brede welvaartsaspecten, zoals bovengenoemde natuur- en recreatiebaten, beleving van het landschap etc. Van belang is om bij de uitgangspunten voor nader onderzoek keuzes te maken over te gebruiken onderzoeksmethodieken en gegevens. Dit geldt in ieder geval voor de methodiek waarmee kosten en baten voor scheepvaart worden berekend.

Bestuurlijke samenvatting

Deze managementsamenvatting presenteert de hoofdbevindingen uit de kengetallen kosten-batenanalyse (KKBA) die uitgevoerd is voor het Programma Integraal Riviermanagement (IRM). Het doel van IRM is het creëren van een toekomstbestendig riviersysteem, waarbij de hoog- en laagwaterafvoer, bevaarbaarheid, waterkwaliteit en natuur gewaarborgd en verbeterd worden, met ruimtelijke kwaliteit en ruimte voor regionale ontwikkeling. Met andere woorden, een veilig en aantrekkelijk rivierengebied dat beschikt over voldoende schoon water en natuur. Binnen het riviersysteem staan het Rijn- en Maasgebied centraal. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

Door bodemerrosie en hoogwater staan de rivieren onder druk: aanleiding voor IRM

Het Nederlandse rivierengebied staat onder druk. Als gevolg van klimaatverandering neemt de kans op zowel langere periodes met laagwater als langere periodes met hoogwater toe. Dit leidt tot problemen voor onder meer de zoetwatervoorziening, de waterveiligheid, de scheepvaart en de natuur. Langere periodes van laagwater leiden bijvoorbeeld tot onvoldoende water voor de landbouw, drinkwatersector en industrie. Ook kunnen schepen minder lading vervoeren als gevolg van laagwater wat kan resulteren in voorraadtekorten, hogere vrachtprijzen en verschuiving van transportstromen richting de weg. Langere periodes van hoogwater kunnen een negatief effect hebben op de waterveiligheid, omdat dijken verder verstevigd moeten worden, zodat de achterliggende gebieden beschermd blijven. Ook leidt het tot een toename van wateroverlast en schade in het rivierbed, met negatieve gevolgen voor iedereen die daar woont, werkt en recreëert.

Belangrijke andere oorzaak van de problemen is bodemerrosie. Als gevolg van structurele aanpassingen (normalisaties) in het verleden erodeert de rivierbodem. Verondersteld wordt dat, zonder ingrijpen, de bodemerrosie de komende jaren zal doorzetten en dat de huidige problemen (met zoetwatervoorziening, bevaarbaarheid, waterkwaliteit en natuur) door zullen zetten en verergeren.

Drie voorgestelde oplossingsrichtingen onderzocht met behulp kentallen kosten-batenanalyse

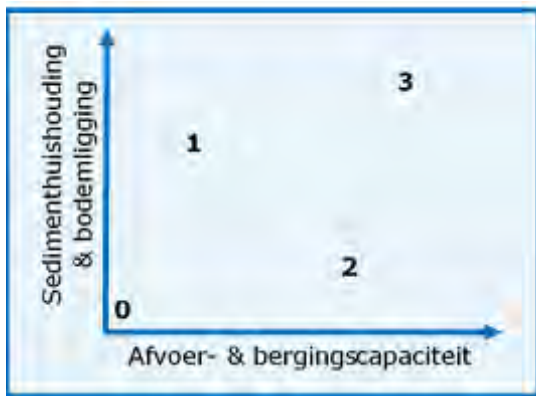
Binnen IRM wordt gezocht naar oplossingen om de huidige en toekomstige problemen het hoofd te bieden. Om het rivierengebied weerbaar te maken voor langere periodes van laagwater, wordt gekeken naar mogelijkheden om de bodemligging van rivieren te verbeteren. Tevens wordt de sedimenthuishouding (water, klei en zand dat door rivieren stroomt) verbeterd. Om het rivierengebied weerbaar te maken voor langere periodes van hoogwater, wordt gezocht naar oplossingen om de afvoercapaciteit van de verschillende riviertakken te vergroten en te zoeken naar waterbergingsoplossingen.

Binnen de KKBA zijn drie beleidsalternatieven onderzocht. Elk van de alternatieven bevat elementen om de sedimenthuishouding / bodemligging en afvoer- en bergingscapaciteit te bevorderen. Echter, het accent verschilt per alternatief:

- Het eerste alternatief richt zich voornamelijk op het verbeteren van de sedimenthuishouding en bodemligging en pakt daarmee de laagwaterproblematiek aan;
- Het tweede alternatief richt zich voornamelijk op het verbeteren van de afvoerverdeling en bergingscapaciteit en pakt daarmee de hoogwaterproblematiek aan;
- Het derde alternatief richt zich op het aanpakken van zowel de laag- als hoogwaterproblematiek en combineert hierbij het eerste en tweede alternatief.

In elk van de drie beleidsalternatieven wordt gestreefd om de waterkwaliteit en natuur te verbeteren. De uitgangspunten hiervoor zijn in alle alternatieven gelijk, waardoor de opgave voor waterkwaliteit en natuur geen onderscheidende factor is tussen de alternatieven, maar wel ten opzichte van het nulalternatief. De beleidsalternatieven zijn in het volgende figuur weergegeven.

Figuur MS 1 Positionering van de drie beleidsalternatieven en het nulalternatief



Bron: Maronier, 2022

Analyse heeft verkennend karakter, met indicatieve uitkomsten

De uitgevoerde KKBA heeft vooral een verkennend karakter. De uitkomsten geven een indicatie van de mogelijke impact van de voorgestelde beleidsalternatieven. Het verkennende karakter volgt uit:

- In de KKBA wordt gekeken naar de **effecten van de beleidsalternatieven op systeemniveau**. Er is onderscheid gemaakt tussen de Maas en de Rijn met een aantal vertakkingen. In de analyse zijn effecten zoveel mogelijk geaggregeerd. Met andere woorden, de effecten zijn bepaald voor de Maas of Rijn in het geheel. Er is niet gekeken naar specifieke locaties op één van de rivieren. Deze keuze leidt er toe dat het niet mogelijk is om aan te geven wat het effect is van een bepaalde verandering in het systeem op een specifieke locatie langs de Maas of Rijn.
- Tevens is in de KKBA bekeken wat het effect is van een bepaalde verandering in het systeem. In de alternatieven wordt gevarieerd tussen verschillende afvoercapaciteiten en bodemliggingen. In de analyse zijn **geen concrete maatregelen opgenomen**. Op basis van de analyse is het dan ook niet mogelijk om aan te geven wat de effecten van een specifieke maatregel (bijvoorbeeld rivierversmalling op locatie A) zijn. Voor de kostenbepaling geldt dat gebruik gemaakt is van reeds beschikbare kengetallen en globale aannames om de kosten van de verschillende opgaven (afvoercapaciteit, bodemligging en natuurontwikkeling) te schatten. Dit betekent dat de gepresenteerde kosten met onzekerheid omgeven zijn. Voor de batenbepaling is eveneens gebruik gemaakt van kengetallen en globale aannames. Ook deze schattingen zijn met onzekerheid omgeven.

- De KKBA gaat uit van **één toekomstscenario**. Dit scenario, Deltascenario Stoom, gaat uit van een snelle klimaatverandering en een hoge economische groei en is voor alle onderdelen van de KKBA (o.a. probleemanalyse, nulalternatief en beleidsalternatieven) uitgewerkt. Er is onvoldoende informatie beschikbaar om de KKBA ook volledig uit te voeren voor het Deltascenario Rust, een scenario met langzamere klimaatverandering en lagere economische groei. Het gevolg hiervan is dat de KKBA enkel inzage geeft in de kosten en baten gerelateerd aan het momenteel meest vergaande scenario. Hoe de alternatieven uitwerken bij een lagere economische groei en/of lagere klimaatverandering is niet onderzocht. Voor een aantal effecten is de berekening met scenario Rust als gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

De onderzochte effecten op een rij

Voor elk van de drie alternatieven zijn de kosten en baten in kaart gebracht. De **kosten van de IRM beleidsalternatieven** die geraamd en in geld uitgedrukt zijn, bestaan uit de kosten voor het verbeteren van de afvoercapaciteit, de kosten voor bodemherstel en de kosten voor ontwikkeling van waterkwaliteit en natuur (PAGW). De kosten voor het verbeteren van de afvoercapaciteit zijn zowel voor de Maas als de Rijn het grootste ten opzichte van de andere kostenposten. Daar waar mogelijk, is gezocht naar synergie effecten: kostenvoordelen die ontstaan doordat beleidsalternatieven aan meerdere opgaven (afvoer, bodem en natuur) bijdragen.

De **baten van de IRM beleidsalternatieven** die in de KKBA in geld konden worden geraamd, bestaan uit een reductie van de scheepvaartkosten, een reductie van het zoetwatertekort (droogteschade) voor de landbouwsector, de netto baten van extra delfstoffenwinning, een reductie van het overstromingsrisico (als gevolg van lagere hoogwaterstanden bij rivierverruiming ten opzichte van dijkversterking bij een gelijkblijvende hoogwaterbeschermingsnorm), en een reductie van de toekomstige kosten van dijkversterkingen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP).

Bij het bepalen van de kosten en baten van de beleidsalternatieven, zijn de verschillen tussen de karakters van de Maas en de Rijn duidelijk naar voren gekomen. Het gestuwde karakter van de Maas, leidt bijvoorbeeld tot andere kosten- en batenposten dan voor de Rijn.

De baten die in de KKBA niet in geld uitgedrukt zijn, zijn de baten van natuur (zowel biodiversiteit als ecosysteemdiensten) en de eventueel lagere of vermeden kosten voor beheer en onderhoud en herstelkosten als gevolg van een stabielere rivierbodem. De effecten die in de planMER zijn onderscheiden (zoals de mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkeling en een aantal andere milieu- en natuureffecten) zijn niet gekwantificeerd in de KKBA. Hierdoor geeft de KKBA slechts een partieel beeld van de impact van de beleidsalternatieven.

Conclusie: KKBA verkennend, betere onderbouwing van met name de baten nodig

In de KKBA zijn de effecten voor de drie opgaven van IRM bepaald, namelijk afvoercapaciteit, bodemligging en waterkwaliteit en natuur. De analyse komt tot de volgende bevindingen:

Door rivierverruimende maatregelen te nemen komt een **verbetering van de afvoercapaciteit** tot stand. Het effect van rivierverruimende maatregelen laat zich echter lastig in kaart brengen. Doorgaans zijn de te kwantificeren kosten hoger dan de te kwantificeren baten, met

als gevolg dat het saldo van kosten en baten negatief is.¹ Dit is ook binnen IRM het geval. Een belangrijke kanttekening is dat een deel van de baten vaak niet goed te meten is en daarom niet in het saldo terugkomen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om de mogelijkheden om meer of andere natuur te creëren, het bevorderen van recreatiemogelijkheden en ruimtelijke kwaliteit. Deze baten hebben echter vaak wel een positief effect en kunnen de beslissing anders laten uitvallen.

Door het stoppen van bodemerrosie, het vasthouden van de huidige bodem en/of het herstellen van de bodemligging, kan [de bodemligging verbeteren](#). In de onderzochte alternatieven zijn deze mogelijkheden apart bekeken voor de Maas en Rijn:

- Voor de Maas lijkt het lastig om de aanzienlijke kosten volledig terug te verdienen met de gekwantificeerde baten. In alle gevallen zijn de gekwantificeerde kosten hoger dan de gekwantificeerde baten. Belangrijkste kosten zijn de kosten voor het verbeteren van de afvoercapaciteit. De substantiële gekwantificeerde batenposten (zowel reductie scheepvaartkosten als reductie van het zoetwatertekort) zijn voor de Maas niet van toepassing, omdat het een gestuwde rivier betreft. Hierdoor kan de water hoeveelheid beter beheerst worden en zijn de problemen voor de scheepvaart en zoetwater gering. De kosten van het vasthouden van de huidige bodem zijn echter relatief bescheiden, waardoor het negatieve saldo van kosten en baten ook bescheiden negatief is. Dit saldo zou beschouwd kunnen worden in het licht van de niet in de KKBA gekwantificeerde baten.² Door synergie met andere opgaven, zouden de netto kosten gunstiger kunnen uitvallen. Of dit voldoende is om de kosten volledig terug te verdienen, kan op basis van de KKBA niet aangegeven worden. Het is belangrijk om dit in vervoltraject helder te krijgen.
- Voor de Rijn lijkt eveneens geen van de alternatieven een meerwaarde op te leveren. Wederom zijn de gekwantificeerde kosten hoger dan de gekwantificeerde baten. Het is belangrijk om op te merken dat de belangrijkste gekwantificeerde baten de scheepvaartskosten betreft. Deze kosten zijn op een tweetal wijzen berekend. In de ene berekeningswijze zijn alle alternatieven onrendabel, terwijl in de andere berekeningswijze het vasthouden aan de huidige bodem positief uitkomt. De verschillen laten de onzekerheid van deze batenpost zien.

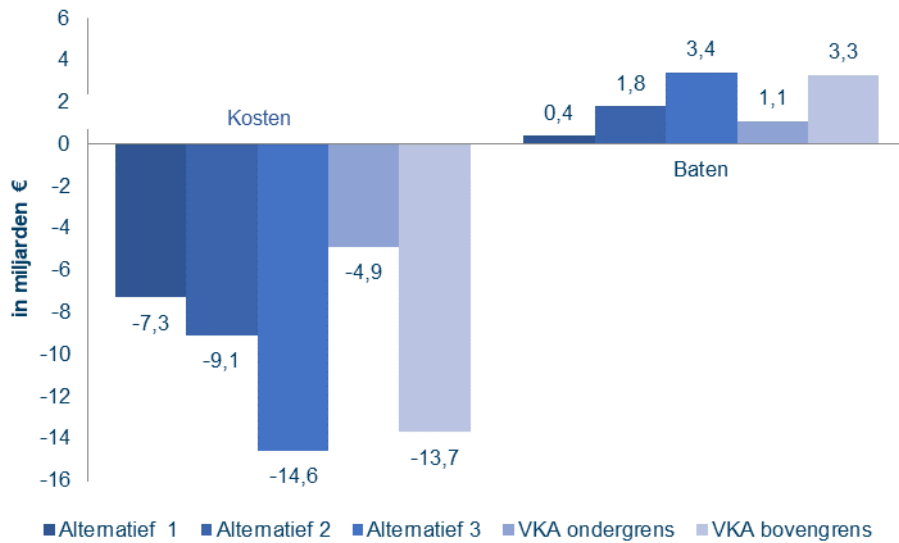
Door extra natuurontwikkeling kan [de waterkwaliteit en natuur worden verbeterd](#). Binnen IRM wordt dit gekoppeld aan de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). De kosten voor de PAGW opgave zijn fors, als deze als afzonderlijke opgave wordt meegenomen. De baten (in de vorm van ecosysteembaten en natuurpunten) van de natuurontwikkeling zijn in het kader van de KKBA niet bepaald, waardoor een verdere conclusie niet mogelijk is.

Naast een analyse van de drie beleidsopties is binnen de KKBA tevens een Voorkeursoptie (VKA) uitgewerkt. In dit VKA is gewerkt met een onder- en bovengrens. Het VKA leidt niet tot een substantiële toename van de baten. Deze blijven nagenoeg gelijk. De uitkomsten van zowel de drie beleidsopties als het VKA zijn weergegeven in onderstaand figuur.

¹ Bij de te kwantificeren kosten gaat het bijvoorbeeld om dijkversterkende maatregelen en verlegging van de waterloop. Dergelijke maatregelen zijn goed in kosten uit te drukken. De baten die goed gekwantificeerd en gemonetariseerd kunnen worden zijn beperkt. Vaak worden baten kwalitatief geschat, waardoor een vergelijking in euro's moeilijk te maken valt.

² Met name de effecten die in de planMER zijn bepaald, zoals de mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkeling en een aantal andere milieu- en natuureffecten.

Figuur MS 2 Uitkomsten KKBA voor alternatieven en het VKA



Bron: Ecorys (2023)

Overkoepelend, kan geconcludeerd worden dat in de KKBA de kosten alleen indicatief geschat kunnen worden en dat, op basis van de huidige inzichten, maar een deel van de baten kunnen worden geschat. Tegelijkertijd biedt de KKBA een goed beeld waar nog extra aandacht nodig is in het vervolgtraject. Deze KKBA geeft daarmee onderbouwd richting aan de verdere uitwerking van de uitvoeringsstrategieën, waarbij nader ingezoomd wordt op trajecten, gebiedsuitwerkingen en projecten. Daarnaast geeft deze KKBA aanwijzingen voor de aandacht die nodig is voor het beter in beeld brengen van diverse batenposten. Hiervoor zal nader onderzoek nodig zijn. Aspecten die in het vervolgonderzoek meegenomen kunnen worden zijn een nadere uitwerking van concrete maatregelen om zo de kosten en synergie beter te kunnen schatten, een nadere verdieping op het bepalen van de scheepvaartkosten en het kwantificeren van onder meer de natuurbaten, recreatie, landbouw in relatie tot verdroging, wonen en werken in relatie tot wateroverlast en waterkwaliteit in relatie tot drinkwatervoorziening.

1 Inleiding

1.1 Over IRM

Binnen het Programma Integraal Riviermanagement (IRM) werken regionale overheden en het Rijk aan een gezamenlijke visie voor het Maas- en Rijngebied. Het hoofddoel van IRM is een toekomstbestendig riviersysteem dat meervoudig bruikbaar is en als systeem goed functioneert. Dit hoofddoel is aan de hand van een aantal opgaven vertaald in te realiseren doelen voor verschillende rivierfuncties, waar IRM een bijdrage aan levert. Deze doelen zijn:

- **Veilige afvoer van hoogwater:** Zorgen voor een veilige afvoer van hoogwater door het beperken van (te) hoge waterstanden, het vergroten van de waterbergingscapaciteit en het verdelen van de afvoer over de Rijntakken conform de afgesproken verdeling;
- **Dynamisch riviersysteem met robuuste riviernatuur:** Zorgen voor een dynamisch riviersysteem met robuuste riviernatuur door het realiseren van een natuurlijke hydro- en morfodynamiek, een goede ecologische waterkwaliteit en het borgen van voldoende ruimte voor natuur;
- **Robuuste waterbeschikbaarheid en (drink)watervoorziening:** Zorgen voor een robuuste zoetwaterbeschikbaarheid door een bijdrage te leveren aan het veiligstellen van de nationale zoetwater-buffers in het hoofdwatersysteem en de wateraanvoer naar kanalen en het regionale watersysteem;
- **Vlot en veilig transport over water:** Zorgen voor het bevaarbaar houden van vaarwegen en het behouden en ontwikkelen van toegankelijke- en bereikbare havens en sluisen; en
- **Ruimtelijke ontwikkeling met versterking van de ruimtelijke kwaliteit:** Creëren van ruimte voor en het stimuleren van regionale ontwikkelingen passend bij de kernkwaliteiten van het gebied.

Onderdeel van het Programma IRM is een Programma onder de Omgevingswet (POW). Het POW zal door de minister van Infrastructuur en Waterstaat in de loop van 2023 in ontwerp worden vastgesteld, in afstemming met de minister voor Natuur en Stikstof en de minister voor Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening. Definitieve vaststelling van het POW is voorzien voor begin 2024.

1.2 Kengetallen kosten-batenanalyse

Ter ondersteuning van de beleidskeuzes in het POW-IRM is een planMER en een (maatschappelijke) kengetallen kosten-batenanalyse (KKBA; dit rapport)³ opgesteld. De KKBA richt zich op een globale raming van de kosten en baten van drie binnen IRM ontwikkelde

³ Tijdens het opstellen van de kosten-batenanalyse voor IRM zijn er verschillende benamingen gebruikt om het type analyse te duiden. Uiteindelijk is volstaan met de duiding kengetallen kosten-batenanalyse (KKBA). De term KKBA werd in het verleden vaker toegepast om aan te geven dat de (M)KBA een globale analyse van kosten en baten betreft die gebruik maakt van bestaande kengetallen. Na het afronden van de KKBA werd dan soms, mede op basis van de uit de KKBA verkregen inzichten, een volwaardige MKBA gemaakt. Inhoudelijk volgen de KKBA en MKBA dezelfde stappen. Tegenwoordig wordt de term KKBA niet vaak meer gebruikt. Zie verder <https://www.mkba-informatie.nl/mkba-basics/abc-van-de-mkba/kengetallen-mkba-kkba/>.

beleidsalternatieven alsmede van die van het voorkeursalternatief (VKA). Met de term 'kengetallen' wordt aangegeven dat zowel kosten als baten merendeels bepaald zijn op basis van beschikbare, globale kengetallen. Dat is noodzakelijk, omdat er binnen het POW-IRM niet gekeken wordt naar concrete maatregelen. Hier wordt later in het rapport op teruggekomen.

In een KKBA worden, net als in een MKBA, zo veel mogelijk aan welvaart gerelateerde effecten van een voorgesteld project in beeld gebracht. De KKBA wordt uitgevoerd op het nationale schaalniveau, dat wil zeggen dat er gekeken wordt naar de totale effecten voor de Nederlandse samenleving als geheel.⁴ Effecten worden geïdentificeerd en gekwantificeerd door voor minimaal één, maar liefst meerdere projectalternatieven de effecten die door de uitvoering van het alternatief ontstaan, te vergelijken met de effecten die op zouden treden in het nulalternatief (vaak ook als referentiealternatief aangeduid). In een KKBA beschrijft het nulalternatief de meest waarschijnlijke ontwikkeling wanneer het project niet wordt uitgevoerd.

De KKBA richt zich op het vaststellen van de waarde die de samenleving als geheel toekent aan de effecten. Deze effecten kunnen deels in geld worden uitgedrukt, maar waar dat niet mogelijk is, worden deze op een andere wijze (kwantitatief of kwalitatief) in het overzicht van kosten en baten verwerkt. Een KKBA verschilt daarmee van een financiële analyse, die vaak vanuit het perspectief van één van de bij een project betrokken partijen (zoals de overheid of een private initiatiefnemer) wordt opgesteld, en enkel naar de financiële kosten en baten kijkt.

Het opstellen van een KKBA gebeurt in een aantal stappen, die ook in het kader van de KKBA IRM zijn gevolgd. Figuur 1.1 geeft deze stappen weer.

Figuur 1.1: Stappenplan KKBA



Bron: Op basis van Romijn en Renes (2013)

1.3 Randvoorwaarden en kanttekeningen

Voor het POW-IRM is er geen formele MKBA opgesteld volgens de thans geldende MKBA richtlijnen, zoals die zijn vastgelegd door het PBL en CPB (zie Romijn en Renes, 2013). Dit is aan het begin van het MKBA traject vastgelegd in een aantal afspraken (zie *Nota van Uitgangspunten voor de MKBA IRM* (Kind e.a., 2022)). Ook daarom wordt gesproken van een KKBA. Dit volgt ook uit een aantal randvoorwaarden die door de opdrachtgever aan de opsteller van de KKBA zijn meegegeven:

- In het POW-IRM worden geen concrete maatregelen voor specifieke problemen beoordeeld. In plaats daarvan worden beleidsalternatieven op het systeemniveau van de Rijn en Maas vastgesteld en beoordeeld, door te variëren met de afvoercapaciteit en bodemligging, en wordt nagegaan in welke mate hiermee gesignaleerde problemen worden opgelost.

⁴ De verdeling van de effecten (over regio's, sectoren, of inkomensgroepen) wordt wel vaak in een aanvullende analyse op de KBA beschouwd.

- zowel de beleidsalternatieven, het nulalternatief als de probleemanalyse zijn door de opdrachtgever aangeleverd.
- de door de opdrachtgever aangeleverde probleemanalyse en het nulalternatief zijn enkel (volledig) doorgerekend voor het Deltascenario Stoom.

Deze randvoorwaarden komen voort uit het voortraject van IRM en de KKBA en golden mede in het licht van de korte doorlooptijd die beschikbaar was voor de uitvoering en oplevering van de KKBA van enkele maanden.

Daarnaast gelden vanuit de opdrachtnemer de volgende opmerkingen en kanttekeningen:

- Voor besluitvorming over de POW IRM is er, volgens de opdrachtgever, geen formele MKBA nodig.
- Er is door de opdrachtgever geen formele begeleidingsgroep ingesteld om de kwaliteit en onafhankelijkheid van de KKBA te waarborgen.⁵
- Pas tijdens de uitvoering van de KKBA zijn de consequenties duidelijk geworden van de keuze om niet alleen de compensatie van de hogere waterstanden als gevolg van de de ecologische systeemopgave voor de PAGW Rivieren mee te nemen, maar om ook het bijbehorende areaal nieuwe natuurgebied integraal in IRM op te nemen. De hiermee samenhangende batenposten (de zgn. ecosysteemdiensten en natuurpunten) konden binnen de randvoorwaarden van de KKBA niet worden geraamd.

Desalniettemin maakt de KKBA de te verwachten omvang van kosten en baten van de verschillende beleidsalternatieven globaal inzichtelijk en worden de belangrijkste onzekerheden en vervolgstappen in de KKBA benoemd.

1.4 Leeswijzer

De opbouw van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 vat de [probleemanalyse](#) van IRM samen. Hoofdstuk 3 laat het [plangebied](#) en de [trajectindeling](#) zien zoals die binnen IRM geldt. Hoofdstuk 4 gaat in op de drie voor het POW-IRM ontwikkelde [beleidsalternatieven](#) en het [nulalternatief](#). Hoofdstuk 5 geeft een [beschrijving en raming van de verschillende kosten en batenposten](#). De [kosten-batenanalyse](#) van de IRM alternatieven is terug te vinden in Hoofdstuk 6, waarna Hoofdstuk 7 in gaat op de kosten en baten van de een aantal losse [bouwstenen](#) waaruit de alternatieven zijn opgebouwd. Hoofdstuk 8 beschrijft en presenteert de kosten en baten van het [voorkeursalternatief \(VKA\)](#). Hoofdstuk 9 [vat samen en concludeert](#).

Bij dit rapport horen bijlagen A tot en met N.

Een aparte management samenvatting van de KKBA zal nog als los document verschijnen.

⁵ Wel heeft een informele review van een concept van het KKBA rapport plaatsgevonden op 3 april 2023. Hierbij waren naast vertegenwoordigers van de opdrachtgever (I&W en RWS) en opdrachtnemer (Waterkracht; een consortium bestaande uit RHDHV, Ecorys en HKV) vertegenwoordigers aanwezig van het CPB, PBL, Wageningen Economic Research en Deltares. De belangrijkste aanbevelingen uit deze review zijn in dit rapport zo goed mogelijk verwerkt. Een verslag van de reviewbijeenkomst is aanwezig bij de opdrachtgever (I&W).

2 Probleemanalyse

2.1 Beschikbare brondocumenten

De probleemanalyse voor IRM is beschreven in 3 verschillende brondocumenten:

- *Systeembeschouwing Rijn en Maas* (IRM, 2022), met een beschrijving van hoe de rivierensystemen Rijn en Maas [op dit moment](#) functioneren en hoe dat zich in de voorzienbare toekomst ontwikkelt;
- *Effectbepaling Nulalternatief IRM* (Deltares, 2022), met een kwantitatieve effectbepaling van de verwachte ontwikkelingen op natuur, zoetwatervoorziening, bevaarbaarheid en hoogwaterveiligheid in het rivierengebied volgens het Deltascenario Stoom en voor het [zichtjaar 2050](#); en
- *Ecologische Systeemopgave PAGW-Rivieren* (Heusden e.a., 2021), welke de systeemingrepen en oppervlakten beschrijft die nodig zijn om tot een toekomstbestendige robuuste natuur en ecologische waterkwaliteit in het rivierengebied te komen, gericht op de [lange termijn 2050](#).

De effectbepaling voor het nulalternatief voor 2050 door Deltares is in eerste instantie gebaseerd op het Deltascenario [Stoom](#) (een combinatie van snelle klimaatverandering en hoge economische groei). Een beperkt uitgewerkte gevoeligheidsanalyse is in tweede instantie toegevoegd voor het Deltascenario [Rust](#) (gematigde klimaatverandering in combinatie met een lage economische groei). De KKBA volgt deze lijn en wordt eerst uitgewerkt voor het Deltascenario Stoom, waarna een deels kwantitatieve en deels kwalitatieve gevoeligheidsanalyse volgt voor het Deltascenario Rust.

Onderstaande tekst is voor een belangrijk deel gebaseerd op bovenstaande brondocumenten.

2.2 Samenvatting probleemanalyse

2.2.1 *Klimaatverandering en bodemerosie*

Het rivierengebied staat onder druk. Door klimaatverandering zal het gebied naar verwachting in de toekomst in toenemende mate te maken krijgen met frequentere en hogere hoogwaters, en mogelijk ook met langdurigere en lagere laagwaters. Tegelijkertijd hebben de rivieren steeds minder ruimte gekregen, doordat de dijken dichterbij de rivier zijn gelegd, rivierbochten zijn afgesneden, het zomerbed is aangepast en sediment is gewonnen. Dit heeft geleid tot uitschuring van de rivierbodem, waardoor deze lokaal zelfs tot enkele meters is gedaald (IRM, 2022). Dit leidt tot verschillende problemen, met name voor de Rijntakken, die in de volgende paragrafen worden beschreven.

Probleembeschrijving voor de Maas

Omdat de Maas een met stuwen gekanaliseerde rivier is, hebben klimaatverandering en rivierbodemerrosie niet of nauwelijks effect op de bevaarbaarheid. Scheepvaart op de Maas is daarom binnen de probleemanalyse van het nulalternatief IRM (Deltares, 2022) niet meegenomen. Hetzelfde geldt voor de zoetwaterproblematiek: de maatregelen die binnen IRM worden bekeken, hebben geen significante invloed op de omvang van de problematiek langs de Maas en zijn daarom eveneens in de effectbepaling van het nulalternatief buiten beschouwing gelaten (Deltares, 2022). De probleembeschrijving richt zich daarom voor een belangrijk deel op de Rijntakken.

2.2.2 Zoetwatervoorziening

Voor de zoetwatervoorziening treden als gevolg van klimaatverandering en bodemerrosie verschillende problemen op, zoals:

- door de lage afvoeren is er steeds vaker onvoldoende water voor de landbouw, drinkwater en industrie;
- door de lage afvoeren neemt de waterkwaliteit af (minder verdunning, waardoor concentraties van stoffen toenemen);
- een lage Rijnafvoer heeft nadelige effecten op de verzilting in het westen van Nederland, waar aanvoer van zoetwater nodig is om het zoute water terug te dringen;
- door de dalende rivierbodempligging wordt bij laagwater op de Rijn op verschillende punten de inlaat van water ten behoeve van het regionale watersysteem beperkt;
- door de dalende rivierbodempligging dalen ook de grondwaterstanden, met nadelige effecten voor landbouw en natuur (verdroging); en
- doordat de rivierbodem van de Waal sneller zakt dan die van het Pannerdensch Kanaal, krijgt de Waal bij lage rivierafvoeren relatief meer water dan de IJssel. De vulling van het IJsselmeer blijft hierdoor achter, waardoor zowel het oosten als noorden van Nederland in droge perioden verhoudingsgewijs steeds minder water krijgen.

In het nulalternatief nemen in noorden van Nederland in het scenario Stoom de watertekorten toe van eens in de 50 jaar nu, naar eens in de circa 10 jaar in 2050. Ook de watertoevoer naar de Twentekanalen zal in 2050 volgens dit scenario aanzienlijk vaker dan nu gehinderd worden, omdat het kritieke waterpeil bij het inlaatpunt Eefde vaker wordt overschreden (Deltares, 2022).

2.2.3 Scheepvaart

Ook de scheepvaart ondervindt hinder bij laagwater, omdat schepen minder diep beladen kunnen worden. Door de voortschrijdende bodemerrosie vormen harde lagen en ondiep liggende rivier kruisende kabels en leidingen in de toekomst steeds vaker een steeds grotere drempel voor de scheepvaart.

De voortschrijdende bodemerosie heeft overigens ook een (per saldo) gunstig effect voor de scheepvaart. Deze zorgt bij laagwater voor meer afvoer over de Waal en minder afvoer over de IJssel. Per saldo is dit voor de scheepvaart gunstig, omdat de Waal een belangrijker transportader vormt voor de binnenvaart dan de IJssel.

In het nulalternatief zijn de effecten van een voortgaande verslechtering van het watersysteem voor de scheepvaart beschreven voor de Rijn. Uit de berekeningen volgt dat de internationale criteria met betrekking tot de minimale diepgang nu al in gemiddeld 49 dagen per jaar niet worden gehaald, en dat dit door klimaatverandering en bodemerosie in 2050 zal toenemen tot 84 dagen volgens het scenario Stoom. Hierbij wordt opgemerkt dat de belangrijkste oorzaak hiervan de lagere verwachte rivierafvoer als gevolg van klimaatverandering is, en niet de voortgaande bodemerosie. Het effect van klimaatverandering is circa twee keer groter dan dat van bodemerosie (Deltares, 2022).

Ook de bereikbaarheid van havens, kaden en sluizen verslechtert in de toekomst, met name als gevolg van de lagere afvoeren en het niet mee zakken van betonnen sluisdrempels (Deltares, 2022).

2.2.4 *Infrastructuur*

Naar schatting enkele honderden kabels en leidingen kruisen ondergronds de Rijntakken.⁶ Door het proces van bodemdaling als gevolg van erosie neemt de gronddekking op deze kabels en leidingen af. Bij een dekking van minder dan 1,5 meter ontstaan er risico's op schade door aanvaring, of door het gebruik van scheepsankers. Beschadiging van kabels en leidingen kan bij weglekkende vloeistoffen of uitval van systemen (energie, water, telecom, etc.) leiden tot (milieu-)calamiteiten. Bij de Rijntakken is op dit moment voor circa 25 procent van de in totaal 600 kabels en leidingen de gronddekking onvoldoende. Hiervan is 10 procent acuut (Min. I&W, 2019). Bij doorgaande erosie neemt dat iets toe. Kabels en leidingen waarover nu voldoende informatie voorhanden is, komen dan echter niet bloot te liggen (Deltares, 2022b).

Kademuren en brugpijlers zijn veelal gefundeerd op palen en berekend op het bodemniveau ten tijde van de aanleg. De stabiliteit van deze constructies wordt gereduceerd door de daling van de rivierbodem. Vooral voor oudere kunstwerken kan dit tot problemen leiden. De ernst en omvang van deze problematiek is tot op heden niet onderzocht en derhalve onbekend, omdat de benodigde (geotechnische) gegevens voor de beoordeling van potentiële stabiliteitsproblemen niet beschikbaar zijn. Een analyse per kademuur en brug(pijler) is maatwerk en kost veel tijd en onderzoeksinspanning (Min. I&W, 2019).

2.2.5 *Waterveiligheid*

In het rivierengebied speelt nu al een forse opgave om de waterkeringen aan de huidige (in 2017 geactualiseerde) hoogwaterveiligheidsnormen te laten voldoen. Deze dijkversterkingsopgave wordt binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) ingevuld en is daarmee strikt genomen geen opgave voor IRM. Door klimaatverandering neemt de opgave voor het HWBP in de toekomst echter verder toe. In het nulalternatief van IRM zijn de kosten van deze dijkversterkingsopgave voor 2050 voor het scenario Stoom geraamd. Het betreft een

⁶ Vergelijkbare gegevens voor de Maas zijn ons niet bekend.

totaalbedrag van € 7,1 miljard, waarvan € 5,4 miljard voor de Rijn en € 1,7 miljard voor de Maas (Deltares, 2022).⁷

De benodigde dijkversterkingen leiden niet alleen tot (financiële) kosten, maar zijn in bepaalde gebieden ook lastig in te passen zonder verlies aan landschappelijke of cultuurhistorische waarden. Zo zijn er zowel langs de Rijntakken als langs de Maas kwetsbare dijken in beeld waar verdere dijkverhogingen nog slechts in beperkte mate, of in zijn geheel niet als wenselijk worden gezien.

Ook nemen, door de dijken te verhogen, in de toekomst de maatgevende hoogwaterstanden in de rivieren toe. Bij een dijkdoorbraak kan hierdoor (bij dezelfde overstromingskans of waterveiligheidsnorm) de overstromingsschade in het achterliggende gebied toenemen, en nemen de verwachte schadekosten (lees: overstromingsrisico's) derhalve toe.

2.2.6 Natuur

Vooraf door grote waterstaatkundige ingrepen uit de vorige eeuw, is het oppervlak van het gebied dat onder directe invloed van de rivier staat sterk verkleind, is de bewegingsruimte van de rivieren beperkt, en is de natuurlijke waterafvoerdynamiek verdwenen. Dit heeft tot gevolg dat er veel minder ruimte beschikbaar is voor landschapsvormende en biologische processen, en dat de variatie in gradiënten en mozaïeken sterk is afgenomen. Kenmerkende onderdelen als oobossen en overstromingsvlakten ontbreken. Veel planten en dieren missen geschikte leefgebieden en kunnen hun levenscyclus niet volbrengen, met als gevolg dat populaties niet duurzaam zijn. De biodiversiteit is laag, waardoor de veerkracht gering is met als gevolg dat het systeem gevoelig is voor klimaatverandering en de negatieve effecten van medegebruik.

Omdat processen van het riviersysteem veranderlijk zijn in ruimte en tijd, vraagt dit om een zekere schaal van het systeem: ze kunnen pas optreden in gebieden van voldoende grootte. Die gebieden van voldoende grootte zorgen er voor dat de omvang van leefgebieden van soorten op orde is en dat er zich levensvatbare populaties kunnen vormen. Daarom is in 2019 en 2020 door Wageningen Environmental Research en Deltares onderzoek gedaan naar de ecotoopverdeling en het benodigde oppervlak voor duurzame populaties van karakteristieke soorten in het rivierengebied, ook bij veranderende klimaatomstandigheden. De uitkomsten van deze studies vormden de wetenschappelijke onderbouwing van de *Ecologische Systeemopgave PAGW-Rivieren* (Heusden e.a., 2021). Deze opgave is een onderdeel geworden van IRM.

Daarnaast zijn door sedimentatie de uiterwaarden hoger geworden, terwijl door erosie het zomerbed lager is komen te liggen. In combinatie met lagere lage afvoeren leidt dit tot verdroging en minder frequente inundatie van de uiterwaarden en daarmee tot verdroging van de natte riviernatuur.

⁷ Let op, deze bedragen zijn geen nominale kosten, maar contante waardes van de dijkinvesteringen tot 2050 minus de restwaarde van deze investeringen (Deltares, 2022). De raming van deze kosten is zonder kosten voor beheer en onderhoud (ca. 0,5% van de investeringskosten per jaar).

2.2.7 Kansen

Binnen de KBA methodiek is het gebruikelijk om niet alleen naar problemen te kijken waar een project een oplossing voor zoekt, maar ook naar mogelijke kansen die voorliggen en die met de uitvoering van het project verzilverd zouden kunnen worden.

Naast de hierboven beschreven ontwikkelingen en problemen spelen er ook een aantal ontwikkelingen in het rivierengebied die door IRM kunnen worden ondersteund, zoals buitendijkse natuurontwikkeling en ruimtelijke ontwikkelingen. Deze 'kansen' worden binnen IRM als 'overige opgave' meegenomen en zijn verder beschreven in paragraaf 4.3.2.

3 Plangebied en trajectindeling

Het plangebied van IRM is opgedeeld in 26 IRM-riviertrajecten – 17 voor de Rijn takken en 9 voor de Maas. Veel van de informatie die gebruikt wordt in de KKBA, is verzameld (of gegenereerd) op het niveau van deze trajecten. Figuur 3.1 geeft de trajectindeling weer die aangehouden wordt binnen IRM.

Figuur 3.1 Indeling van het IRM plangebied in IRM-riviertrajecten (blauwe lijnstukken)



Bron: IRM

4 Beleidsalternatieven en nulalternatief

In dit hoofdstuk komen kort de drie IRM beleidsalternatieven en het nulalternatief aan bod. Ook worden de opgaven voor hoogwaterveiligheid, laagwater en natuur in dit hoofdstuk nader geconcretiseerd.

4.1 Nulalternatief

De kosten en baten van de IRM beleidsalternatieven worden bepaald door de effecten die optreden met de drie IRM beleidsalternatieven, te vergelijken met de effecten welke op zouden treden volgens het nulalternatief. In algemene zin is het nulalternatief de meest waarschijnlijke ontwikkeling die zou ontstaan wanneer IRM niet wordt uitgevoerd. In de context van de KKBA is dit niet gelijk aan de huidige situatie (van ca. het jaar 2020) of de situatie die in de toekomst (bijv. in 2050) zou ontstaan bij 'nietsdoen'. Het nulalternatief in de KKBA is een ontwikkelpad in de tijd, dat begint bij de huidige situatie en zich ontwikkelt naar de situatie in 2050 (en verder), zonder uitvoering van IRM. Daarbij wordt enerzijds rekening gehouden met autonome ontwikkelingen (zoals klimaatverandering, bodemerosie en sociaaleconomische ontwikkelingen) en anderzijds met autonoom beheer en beleid (zoals projecten waarover al besluitvorming heeft plaatsgevonden, het continueren van het gangbare beheer en onderhoud van de vaarwegen, en het behalen en blijven waarborgen van de wettelijke waterveiligheidsnormen).

Het nulalternatief voor IRM is reeds in een eerdere fase ontwikkeld en op belangrijke onderdelen doorgerekend voor het deltasceario Stoom met als zichtjaar 2050 (zie Asselman en Snoek (2021) en Deltares (2022)) en vormt ook een belangrijk onderdeel van de probleem-analyse zoals besproken in Hoofdstuk 2. In de KKBA wordt bij dit reeds ontwikkelde nulalternatief aangesloten. De belangrijkste kenmerken van dit nulalternatief zijn:

- De waterveiligheidsnormen worden gehaald en gehandhaafd door middel van dijkversterkingen in het HWBP (met uitzondering van een aantal rivierverruimingsprojecten dat al onderdeel uitmaakt van het nulalternatief).
- Voortgaande erosie van het zomerbed van de Rijn en Maas.
- De PAGW natuur opgave wordt (op een enkel uitzondering na) niet gerealiseerd.⁸

⁸ In het kader van het ontwikkelen van het VKA heeft er een discussie plaatsgevonden over de vraag of een deel de PAGW opgave als 'wettelijk' dient te worden beschouwd, omdat deze naar verwachting onvermijdelijk is voor het behalen van KRW en N2000 doelen. Uitvoering van zo'n wettelijk deel zou dan ook zonder IRM plaats moeten vinden en behoort daarmee feitelijk tot het nulalternatief. Hierover is geen duidelijkheid ontstaan en derhalve is dit in het nulalternatief niet opgenomen. Uit de review van de KKBA (zie voetnoot 5) volgt evenwel de aanbeveling om door middel van nieuw of aanvullend onderzoek naast het nulalternatief een nulalternatief-plus m.b.t. de PAGW-opgave toe te voegen waarin het deel dat nodig is om te voldoen aan wettelijke instandhoudingsverplichtingen is opgenomen.

4.2 IRM beleidsalternatieven

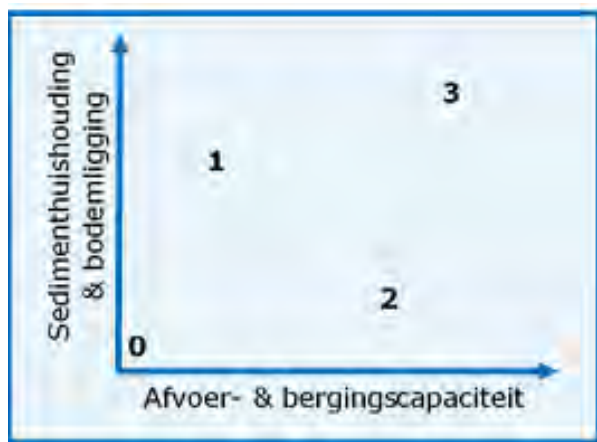
Om de in hoofdstuk 2 geschetste problemen het hoofd te bieden, zijn er drie IRM beleidsalternatieven ontwikkeld (Maronier, 2022). Deze alternatieven hebben als zichtjaar het jaar 2050 en zijn (voor zover van toepassing) gebaseerd op de ontwikkelingen volgens het deltasenario Stoom.⁹ De alternatieven zijn aangeleverd door de opdrachtgever.¹⁰

Elk alternatief heeft een gecombineerde ambitie op het gebied van afvoer- en bergingscapaciteit (lees: richt zich op de hoogwaterproblematiek) en op het gebied van sedimenthuishouding en bodemligging (lees: richt zich op de laagwaterproblematiek). De drie IRM beleidsalternatieven lossen een deel van de geschetste hoog- en laagwaterproblemen in verschillende mate op. De binnen IRM ontwikkelde beleidsalternatieven zijn:

- alternatief 1, met een accent op sedimenthuishouding en bodemligging;
- alternatief 2, met een accent op afvoer- en bergingscapaciteit; en
- alternatief 3, een maximum alternatief voor zowel sedimenthuishouding en bodemligging als afvoer- en bergingscapaciteit.

Figuur 4.1 geeft de positionering van de drie beleidsalternatieven ten opzichte van elkaar en ten opzichte van het nulalternatief weer.

Figuur 4.1: Positionering van de drie beleidsalternatieven, en van het nulalternatief



Bron: Maronier, 2022

In alle drie alternatieven is ook de volledige PAGW natuur opgave voor het rivierengebied meegenomen.

⁹ Dit betreft met name de klimaatopgave als onderdeel van de opgave voor afvoer- en bergingscapaciteit.

¹⁰ Wat betreft de alternatieven die in IRM zijn meegenomen, komt uit de review (zie ook voetnoot 5) de aanbeveling naar voren om (door middel van nieuw en/of aanvullend onderzoek) de problematiek ook vanuit een sectoraal perspectief te benaderen. Dat wil zeggen dat voor de verschillende sectoren de problemen, mogelijke oplossingen en eventuele meekoppelkansen afzonderlijk in beeld gebracht worden. Daarnaast beveelt de review groep aan om (door middel van nieuw en/of locatie-specifiek onderzoek) na te gaan in hoeverre locatie-specifieke maatregelen effectiever kunnen zijn om de problemen op te lossen dan de systeemkeuzes die middels de IRM-beleidsalternatieven zijn onderzocht.

Globale werking van de alternatieven

Door het handhaven of omhoog brengen van de rivierbodempligging komen (op de Rijn) de laagwaterstanden ook omhoog. Dit heeft positieve effecten voor de scheepvaart (lokale ondieptes boven vaste lagen nemen af), voor de zoetwatervoorziening (bij regionale waterinlaatpunten), voor de natuur (hogere grondwaterstanden waardoor minder verdroging) en de stabiliteit van oevers, kunstwerken en infrastructuur. Het aanpassen van de rivierbodempligging kan ook effect hebben op de verdeling van de laagwaterafvoer, waardoor er meer water naar de IJssel gaat en minder naar de Waal. Meer water naar de IJssel is met name gunstig voor de landbouw in het noorden van Nederland die afhankelijk is van de zoetwatervoorraad in het IJsselmeer, maar is ongunstig voor de scheepvaart (de Waal krijgt minder water waardoor de vaardiepte afneemt). Het omhoog brengen van de bodem betekent ook dat de hoogwaterstanden omhoog gaan, waardoor het overstromingsrisico toeneemt. De toename van de hoogwaterstanden wordt binnen de IRM alternatieven gecompenseerd door aanvullende rivierverruimende maatregelen te nemen.

Het vergroten van de afvoercapaciteit (lees: rivierverruiming) verlaagt de hoogwaterstanden en reduceert de noodzaak om dijken in de toekomst te versterken. Ook bieden rivierverruimende maatregelen kansen voor natuur, recreatie en ruimtelijke kwaliteit, en kunnen rivierverruimende maatregelen een bijdrage leveren aan het stoppen van bodemerosie wanneer de stroomsnelheid in de rivierbedding ook afneemt.

De drie IRM beleidsalternatieven zijn buiten de KKBA ontwikkeld en gelden voor de KKBA als een vaststaand gegeven. Er zijn vanuit de KKBA geen aanvullende alternatieven opgesteld. Ook heeft er vanuit de KKBA geen optimalisatie op de alternatieven plaatsgevonden, met als doel om bijvoorbeeld een alternatief te vinden met een zo gunstig mogelijk saldo van kosten en baten, of met zo laag mogelijke kosten.

4.3 Opgaven per IRM beleidsalternatief

De POW en de drie IRM beleidsalternatieven doen géén uitspraken over de concrete maatregelen die uitgevoerd dienen te worden om de verschillende ambitieniveaus voor bodempligging en sedimenthuishouding (hierna 'bodempligging') en afvoer- en bergingscapaciteit (hierna 'afvoercapaciteit') te verwezenlijken. In plaats daarvan geven de IRM beleidsalternatieven aan wat de gewenste afvoer- en bergingscapaciteit en rivierbodempligging van de Rijn en Maas in 2050 is. Deze worden geconcretiseerd door ze uit te drukken als **opgaven**. De opgaven zijn uitgedrukt in termen van centimeters waterstandsverlaging (voor afvoercapaciteit) en centimeters bodemophoging (voor bodempligging). Deze opgaven zijn afgeleid per IRM-riviertraject. De opgave voor natuur is uitgedrukt in aantal hectare te realiseren ecotopen in het rivierengebied. Zie de volgende paragrafen.

4.3.1 Opgaven voor bodemligging

Tabel 4.1 geeft een overzicht van de gewenste bodemligging in de drie IRM beleidsalternatieven en in het nulalternatief.

Tabel 4.1: Bodemligging in de IRM beleidsalternatieven en in het nulalternatief

	Maas	Rijn
Nulalternatief	Omlaag a.g.v. voortgaande erosie	Omlaag a.g.v. voortgaande erosie
Alternatief 1	Huidig niveau (jaar 2018) handhaven	Herstellen naar het niveau van jaar 2000
Alternatief 2	Huidig niveau (jaar 2018) handhaven	Huidig niveau (jaar 2018) handhaven
Alternatief 3	Herstellen naar niveau voor de Maaswerken + ongedaan maken zomerbedverdiepingen	Herstellen naar niveau van jaar 1980 + ongedaan maken zomerbedverdiepingen uit Ruimte voor de Rivier

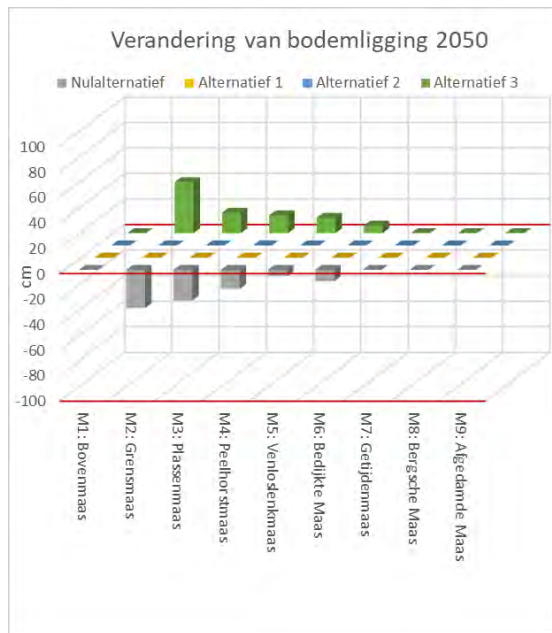
Bron: op basis van Maronier (2022).

Het stopzetten van de (netto) sedimentonttrekking (m.a.w., oppervlakedelfstoffenwinning) uit het zomerbed is onderdeel van alle drie IRM beleidsalternatieven, omdat deze onttrekking op gespannen voet staat met de ambitie om de huidige rivierbodem te handhaven dan wel omhoog te brengen. In het nulalternatief is er geen wijziging in het beleid ten aanzien van de sedimentonttrekking uit het zomerbed verondersteld.

Maas

Figuur 4.2 geeft voor de Maas per IRM-traject de bijbehorende verandering van de bodemligging in 2050 ten opzichte van de huidige situatie weer, zowel voor het nulalternatief als voor de drie IRM beleidsalternatieven.

Figuur 4.2: Verandering van bodemligging in 2050 op eroderende trajecten (de verandering van de bodemligging voor sedimenterende trajecten is op nul gesteld), Maas.



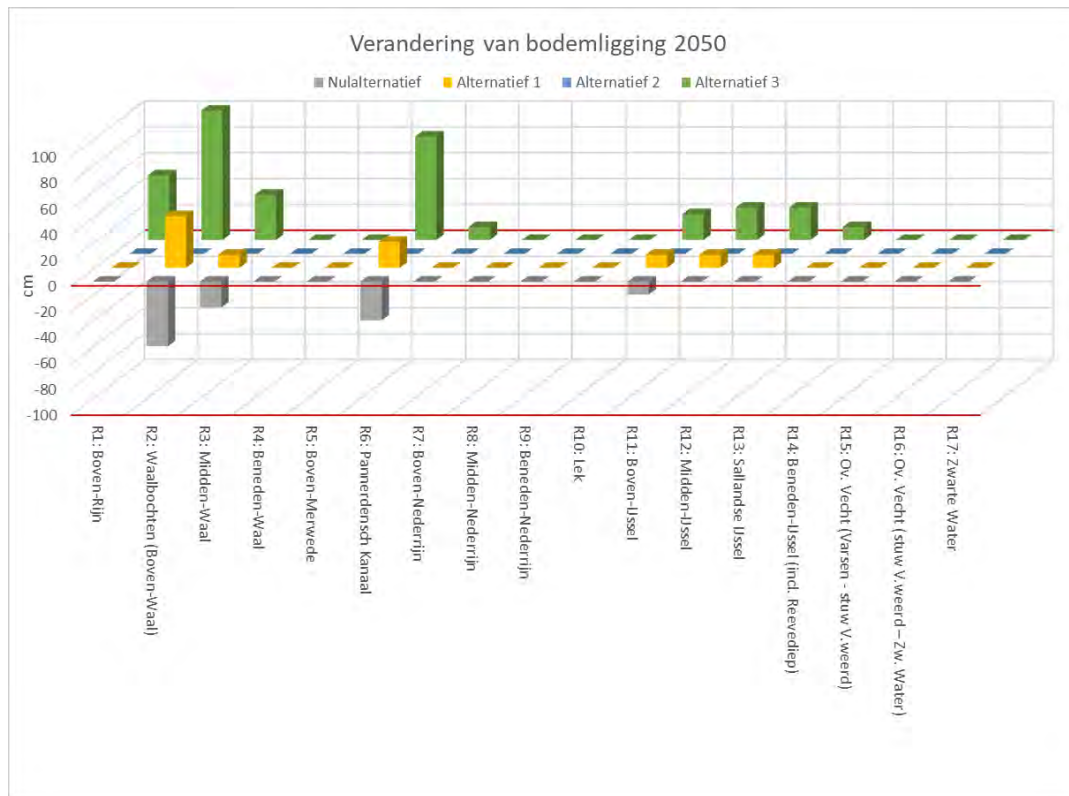
Bron: op basis van Gensen (2022a), opgenomen als Bijlage A.

Zoals Figuur 4.2 laat zien, zal in het nulalternatief bij voortschrijdende bodemerrosie op de Maas de bodem in 2050 tot 30 cm lager komen te liggen ten opzichte van de huidige situatie (zie traject M2 - Grensmaas). In de IRM beleidsalternatieven 1 en 2 wordt de bodem op het huidige niveau gehandhaafd. In IRM beleidsalternatief 3 wordt de bodem opgehoogd. Op de Grensmaas (traject M2) bedraagt deze ophoging 40 cm. Ook op de Plassenmaas, Peelhorstmaas, Venloslenkmaas en Bedijkte Maas (trajecten M3, M4, M5 en M6) wordt de bodem in IRM beleidsalternatief 3 opgehoogd.

Rijntakken

Figuur 4.3 geeft voor de Rijn de verandering van de bodemligging in 2050 ten opzichte van de huidige situatie weer, zowel voor het nulalternatief als voor de drie IRM beleidsalternatieven.

Figuur 4.3: Verandering van bodemligging in 2050 op eroderende trajecten (de verandering van de bodemligging voor sedimenterende trajecten is op nul gesteld), Rijn.



Bron: op basis van Gensen (2022a), opgenomen als Bijlage A.

Zoals Figuur 4.3 laat zien, zal in het nulalternatief als gevolg van de voortschrijdende bodemerosie de rivierbodembodem in 2050 tot 50 cm lager komen te liggen dan in de huidige situatie (zie Waalbochten, traject R2). In het IRM beleidsalternatief 1 wordt de bodem terug gelegd naar het niveau van het jaar 2000. Voor de Waal betekent dat een verhoging tot ca. 40 cm (R2). Ook op het Pannerdensch Kanaal (R6) en de IJssel (R12-R14) wordt de bodem verhoogd, met 20 cm respectievelijk 10 cm. In beleidsalternatief 2 wordt de bodem op het huidige niveau gehouden. In het IRM beleidsalternatief 3 wordt de bodem het meest vergaand omhoog gebracht, naar het niveau van het jaar 1980. Voor de Waalbochten (R2) betekent dit dat ten opzichte van de huidige situatie de bodem met 100 cm wordt verhoogd; voor het Pannerdensch kanaal (R6) is de verhoging 80 cm en langs de IJssel (R12-R14) 10 tot 25 cm. Ten opzichte van het nulalternatief is het verschil op dit traject zelfs een 150 cm hogere bodemligging. Ook andere trajecten langs de Waal, het Pannerdensch Kanaal en de IJssel kennen in alternatief 3 een forse inspanning voor bodemherstel.

4.3.2 Afvoercapaciteit

In de drie IRM beleidsalternatieven wordt de afvoercapaciteit van de Rijn en Maas door middel van rivierverruimende maatregelen in verschillende mate vergroot. Het vergroten van de afvoercapaciteit heeft binnen IRM als doel om (geheel of gedeeltelijk) aan vier verschillende opgaven te voldoen:

- **Compensatie PAGW:** het uitvoeren van de PAGW natuurprojecten in het rivierbed leidt tot een toename van de hoogwaterstanden, omdat de vegetatie het hoogwater opstuwt. Door de afvoercapaciteit te vergroten met behulp van rivierverruimende maatregelen, wordt deze toename weer gecompenseerd.¹¹
- **De klimaatopgave:** klimaatverandering leidt tot een toename van de hoogwaterafvoer en van de hoogwaterstanden op de rivieren. Bij het bepalen van deze opgave is uitgegaan van het Deltascenario Stoom, met snelle klimaatverandering. Binnen de drie IRM beleidsalternatieven wordt er in verschillende mate door middel van rivierverruiming voor gezorgd dat de toekomstige klimaatopgave voor het HWBP (als onderdeel van de dijkversterkingsopgave) beperkt blijft.
- **Compensatie bodemligging:** het verhogen van de rivierbodem (zie paragraaf 4.3.1) leidt tot een verhoging van de hoogwaterstanden. Deze toename wordt binnen de IRM beleidsalternatieven middels rivierverruiming gecompenseerd.
- Het faciliteren van een aantal 'overige opgaven' (zie Gensen, 2022a). Het gaat hierbij om de volgende opgaven:
 - **Systeemopgave Maas:** de vraag naar waterstands­daling volgt uit het laten vervallen van de overstroombaarheidseis van de dijken in de Maasvallei en het versterken van een aantal dijken, waardoor de hoogwaterstanden langs de Maas tot 25 centimeter zijn toegenomen. Daarvoor zijn inmiddels 12 systeem­maatregelen gepland. Het voorziene effect van deze systeem­maatregelen is onvoldoende om het laten vervallen van de overstroombaarheidseis volledig te compenseren. In de IRM-beleidsalternatieven wordt het restant (deels) gefaciliteerd.¹²
 - **Natuurontwikkeling:** Ontwikkelingen in het kader van Natura2000 en NatuurNetwerk Nederland (NNN) zijn bestaand beleid. Over het algemeen vinden deze ontwikkelingen plaats in de stroom­luwe delen van het winterbed, waardoor ze voor een beperkte op­stuw­ing van de waterstanden zorgen. In het nulalternatief is aangenomen dat deze projecten water­stands­neutraal worden uit­ge­voerd. In de IRM-beleidsalternatieven wordt de natuuropgave gefaciliteerd, door ruimte te creëren voor het water­stands­verhogende effect van natuurontwikkeling.
 - **Buitendijkse versterking:** Om alle dijktrajecten in 2050 te laten voldoen aan de water­veiligheidsnorm, ligt er een grote dijk­versterkingsopgave (zie Hoofdstuk 2). Vaak vraagt dit ook om een dijk­ver­breeding, wat binnen­waarts niet altijd mogelijk of gewenst is. Conform afspraken dient bij een buitendijkse versterking het effect op de hoogwater­standen gecompenseerd te worden. In de IRM-beleidsalternatieven wordt deze compensatie opgave (deels) gefaciliteerd, waardoor buitendijks versterken kansrijker wordt.

¹¹ Een alternatief zou zijn om de opstuw­ing van de water­standen te compenseren door de dijken te ver­ho­gen: verticale ruimte voor de rivier. Verticale ruimte voor de rivier is strijdig met de Be­leids­lijn Grote Rivieren, volgens welke de hoogwater­standen op de rivier als gevolg van ingrepen niet mogen toenemen.

¹² Merk op dat deze opgave ook in het nulalternatief gefaciliteerd dient te worden. In Gensen (2022a) is aangenomen dat deze opgave in het IRM nulalternatief middels dijk­versterking wordt ingevuld.

- **Beheerruimte:** Het rivierengebied is dynamisch en verandert als gevolg van natuurlijke processen (groei vegetatie, morfologie) en vanuit menselijke ingrepen. Om als beheerder niet altijd direct te hoeven reageren op deze ontwikkelingen (bijv. een te ruwe vegetatie waardoor de hoogwaterstand toeneemt), kan enige 'beheerruimte' nuttig zijn. Dit geeft een marge om effecten van veranderingen (tijdelijk) op te vangen en ook natuurlijke processen tot in zekere mate te laten plaatsvinden. In de IRM-beleidsalternatieven wordt (deels) in deze beheerruimte voorzien.
- **Bestaande en nieuwe gebiedsontwikkelingen.** Het betreft lokale en regionale initiatieven om (o.a.) buitendijks gebied te ontwikkelen. Het gaat vaak om geïntegreerde ontwikkelplannen voor bedrijven (op- en overslag, havens, scheepswerven, etc.), woningbouw, recreatie en natuur. Een verhoging van de hoogwaterstanden die het gevolg zijn van deze ontwikkelingen, dient te worden gecompenseerd. In de IRM-beleidsalternatieven wordt (deels) in deze compensatie voorzien.

Meer achtergrond bij deze overige opgaven staat beschreven in de IRM QuickScan Afvoercapaciteit (Huthoff e.a., 2020).

Tabel 4.2 geeft de mate aan waarin bovenstaande opgaven voor afvoercapaciteit deel uitmaken van het nulalternatief en van de 3 IRM beleidsalternatieven.

Tabel 4.2: Mate waarin de verschillende opgaven voor afvoercapaciteit zijn opgenomen in de drie IRM beleidsalternatieven en in het nulalternatief

	Faciliteren PAGW	Klimaatopgave	Compenseren bodempligging	Faciliteren overige opgaven
Nulalternatief	Nee	Nee	n.v.t.	Nee
Alternatief 1	100%	Nee	Ja (Rijn) n.v.t. (Maas)	Nee
Alternatief 2	100%	50%	n.v.t.	50%
Alternatief 3	100%	100%	Ja	100%

Bron: op basis van Maronier (2022).

Zoals al eerder is aangegeven, wordt de opgave voor afvoercapaciteit uitgedrukt in een te realiseren daling van de hoogwaterstanden per IRM traject, in centimeter voor het jaar 2050. Omdat het hier om een verlaging gaat, wordt in de volgende twee figuren de te realiseren waterstandsopgave d.m.v. rivierversuiming uitgedrukt als een negatief getal. De opgaven kunnen echter ook worden gerealiseerd door dijken te verhogen. De dijkverhogingen zijn in de figuren weergegeven als een positief getal.

Maas

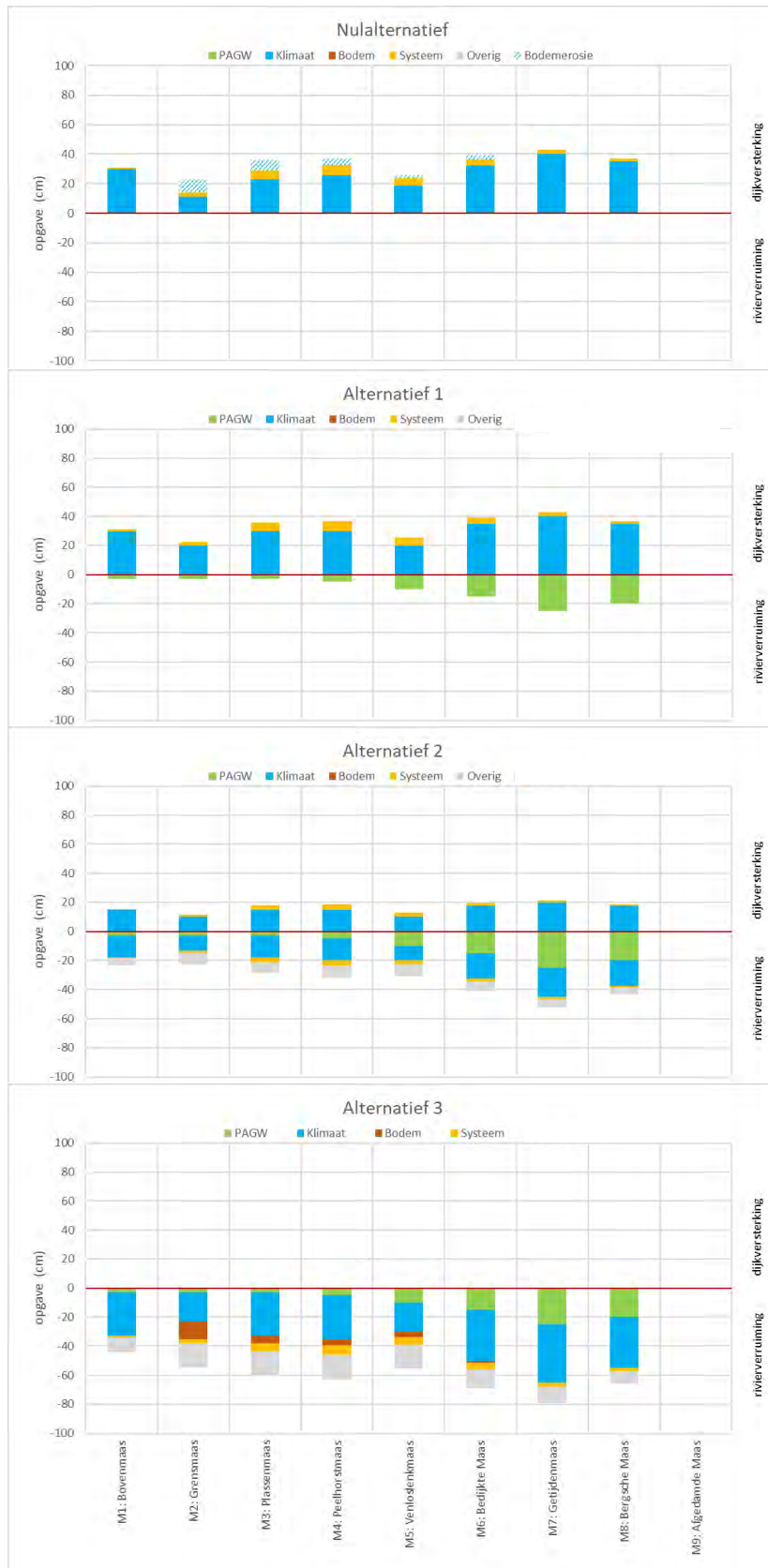
Figuur 4.4 laat de verschillende opgaven voor rivierverruiming en dijkversterking zien voor het zichtjaar 2050 voor de Maas. In het nulalternatief (bovenaan het figuur) bestaat de opgave uit klimaatverandering en de systeemopgave; deze bedraagt ongeveer 20 tot 50 cm in totaal. De opgave wordt enigszins beperkt door de voortgaande erosie van de rivierbodem, die zorgt voor een reductie van de toename van de hoogwaterstanden. Deze laatste is voor het nulalternatief middels een arcering aangegeven.

In alternatief 1 (en ook in alternatief 2 en 3) wordt de voortgaande erosie gestopt en aan de huidige bodemligging vastgehouden. Het vanuit hoogwater gezien gunstige effect van de bodemerosie vervalt waardoor de totale dijkversterkingsopgave enigszins toeneemt. Compensatie van de PAGW opgave wordt bereikt middels rivierverruiming, het betreft een opgave van maximaal zo'n 25 cm op de Getijdenmaas (M7).

In alternatief 2 wordt de helft van de klimaatopgave, de systeemopgave Maas en de helft van de overige opgaven middels rivierverruiming bereikt. De opgave voor rivierverruiming bedraagt zo'n 20 tot 50 cm. De dijkversterkingsopgave neemt in vergelijking met het nulalternatief hierdoor forst af, tot maximaal zo'n 20 cm.

In alternatief 3 wordt de gehele opgave middels rivierverruiming bereikt. Daarnaast worden ook de hogere waterstanden als gevolg van het bodemherstel gecompenseerd. De opgave bedraagt zo'n 40 tot 80 cm.

Figuur 4.4: Opgave waterstands-verandering, Maas



Rijntakken

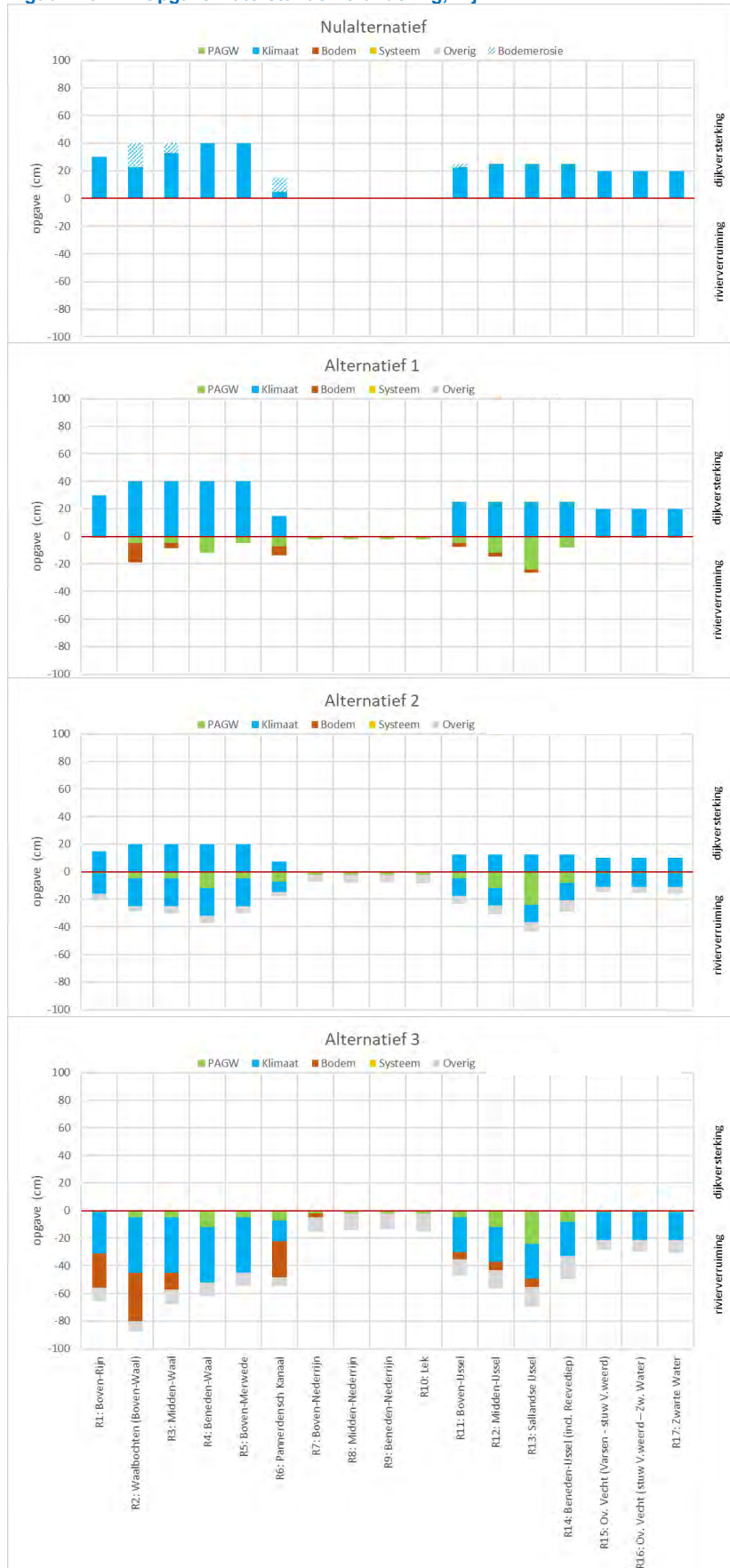
Figuur 4.5 laat de verschillende opgaven voor rivierverruiming en dijkversterking zien voor het zichtjaar 2050 voor de Rijn. In het nulalternatief bestaat de opgave uit klimaatverandering. Deze bedraagt ongeveer 40 cm op de Waal en 15 tot 25 cm op het Pannerdensch Kanaal en IJssel. De Nederrijn/Lek wordt hierbij ontzien (geen opgave). De opgave wordt enigszins beperkt door de voortgaande erosie van de rivierbodem, die zorgt voor een reductie van de toename van de hoogwaterstanden. Deze laatste is voor het nulalternatief middels een arcering aangegeven.

In alternatief 1 wordt de voortgaande erosie gestopt en aan de huidige bodemligging vastgehouden. Het vanuit hoogwater gezien gunstige effect van de bodemerosie vervalt, waardoor de totale dijkversterkingsopgave enigszins toeneemt. Compensatie van de PAGW en van het herstel van de bodemligging wordt bereikt middels rivierverruiming, het betreft een opgave van maximaal zo'n 25 cm op de Sallandse IJssel (R13).

In alternatief 2 wordt de helft van de klimaatopgave en de helft van de overige opgaven middels rivierverruiming bereikt. De opgave voor rivierverruiming is lokaal verschillend en bedraagt gemiddeld zo'n 20 cm. De dijkversterkingsopgave neemt hierdoor ten opzichte van het nulalternatief fors af, tot maximaal zo'n 20 cm.

In alternatief 3 wordt de gehele opgave middels rivierverruiming bereikt. Daarnaast worden ook de hogere waterstanden als gevolg van bodemherstel gecompenseerd. De opgave is lokaal sterk verschillend en bedraagt maximaal 90 cm (R2).

Figuur 4.5: Opgave waterstands-verandering, Rijn



4.3.3 PAGW Rivieren

Binnen alle 3 IRM beleidsalternatieven wordt de PAGW opgaven voor het rivierengebied volledig gerealiseerd. Deze opgave betreft het realiseren van nieuwe natuur van in totaal 33.500 hectare, verdeeld over vier hotspots en over stapstenen en corridors, zie Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Opgave PAGW-rivieren (hotspots en stapstenen/corridors) (in hectare)

Te realiseren ecotoop	Totaal	IJssel-Vechtdelta	Biesbosch	Gelderse Poort	Grensmaas	Stapstenen en corridors
Droog grasland	6.500	3.400	200	900	900	1.100
Nat grasland	4.400	2.000	100	1.000		1.300
Riet/moerasruigte	5.700	1.100	1800	1.300		1.500
Zachthoutoibos/struweel	2.900		1.000	1.400		500
Hardhoutoibos/struweel	6.100	700	1.600	1.300	1.500	1.000
Kale oever	1.300	100	200	600	400	
Geulen/strangen	3.700	500	2.300	700	200	
Ondiep/matig diep rivierbegeleidend water	2.900	500		200		2.200
Totaal	33.500	8.300	7.200	7.400	3.000	7.600

Bron: Heusden e.a. (2021)

Het gebied waar de PAGW natuuropgave wordt gerealiseerd, kan niet op een eenduidige wijze worden toegewezen aan de IRM- trajecten, riviertakken of zelfs rivieren Rijn en Maas. In de KKBA zijn de kosten en baten die samenhangen met de natuurontwikkeling van de hotspots IJssel-Vechtdelta en Gelderse Poort in zijn geheel en 50% van de Biesbosch en van de Stapstenen en Corridors opgenomen in de KKBA voor de Rijntakken. Het gaat dan in totaal om 23.100 ha. Bij de KKBA voor Maas is dit de gehele Grensmaas en de andere 50% van de Biesbosch en van de Stapstenen en Corridors; in totaal 10.400 ha.¹³

Een deel van het totale areaal (ca. 40%) is reeds in bezit van RWS, Staatsbosbeheer of natuurbeheer-organisaties, maar is niet van het gewenste natuurtype. Ongeveer 40% van de gronden dient van andere partijen te worden aangekocht, en naar schatting 20% van het areaal kan worden gerealiseerd op landbouwgrond in de vorm van natuurinclusieve landbouw (zie Bijlage E).

¹³ Dit is een pragmatische aanname die specifiek in het kader van de KKBA is gedaan, ingegeven door de wens om een KKBA te presenteren op het niveau van de Rijn en Maas afzonderlijk.

5 Overzicht van kosten- en batenposten

5.1 Overzicht

Dit hoofdstuk geeft een overzicht van de verschillende kosten en batenposten die samenhangen met de implementatie van de drie IRM beleidsalternatieven. Tabel 5.1 geeft dit overzicht weer. Daarbij geldt het volgende:

- kosten en baten die in deze tabel met een groene kleur zijn weergegeven, zijn ook in de KKBA opgenomen; en
- een lichtgele kleur geeft aan dat de betreffende kosten- of batenpost in de KKBA niet kon worden geraamd.

Merk op dat de kolommen voor kosten- en baten verticaal, dus los van elkaar, gelezen dienen te worden: kosten- en batenposten op eenzelfde regel hebben geen (bedoelde) directe samenhang met elkaar. De verschillende posten worden in de paragrafen na Tabel 5.1 besproken.

Tabel 5.1: Overzicht van kosten en batenposten

Kosten		Baten	
Kostenpost	Beschrijving	Batenpost	Beschrijving
Kosten voor afvoer-capaciteit	<ul style="list-style-type: none"> • Investeringskosten voor verschillende typen van rivierversuimende maatregelen om de afvoercapaciteit te vergroten voor verschillende doelen: <ul style="list-style-type: none"> • compensatie van de PAGW opgave • klimaatopgave • compensatie bodemligging • systeemopgave Maas • overige opgaven • Kosten van beheer en onderhoud 	Reductie scheepvaart-kosten	<ul style="list-style-type: none"> • Reductie scheepvaartkosten NL verladers • Reductie scheepvaartkosten buitenlandse verladers • Reductie emissies
Kosten voor bodemherstel	<ul style="list-style-type: none"> • Investeringskosten voor verschillende typen maatregelen om de bodemligging vast te houden en/of te herstellen: <ul style="list-style-type: none"> • langsdammen • rivierversuiming • kosten van initiële suppleties • Kosten van jaarlijkse suppleties • Kosten van beheer en onderhoud 	Reductie droogteschade	<ul style="list-style-type: none"> • Reductie landbouwschade • Reductie tijdelijke pompkosten bij inlaatpunt Twente (Eefde)

Kosten		Baten	
Kostenpost	Beschrijving	Batenpost	Beschrijving
Kosten voor natuurontwikkeling (PAGW)	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten van verwerving en inrichting • Kosten van graafwerkzaamheden • Kosten van beheer en onderhoud 	Baten van zelfrealisatie	<ul style="list-style-type: none"> • Netto opbrengst van verkoop van delfstoffen uit zelfrealisatie wanneer projecten worden uitgevoerd door een private partij
Synergie	<ul style="list-style-type: none"> • Kostenvoordeel dat ontstaat doordat maatregelen aan meerdere opgaven (afvoer, bodem en natuur) tegelijkertijd bijdragen <ul style="list-style-type: none"> - Synergie afvoercapaciteit-bodemherstel - Synergie verwerving en inrichting (PAGW) - Synergie vergraven (PAGW) 	Reductie overstromingsrisico door waterstands-daling	<ul style="list-style-type: none"> • Verschil in verwachte overstromingsschade wanneer gekozen wordt voor rivierverruiming i.p.v. dijkversterking
Milieukosten maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> • Emissies van vervuilende stoffen als gevolg van het realiseren van de maatregelen 	Reductie kosten dijkversterkingen HWBP	<ul style="list-style-type: none"> • Reductie toekomstige dijkversterkingskosten HWBP
		Baten van natuur	<ul style="list-style-type: none"> • Biodiversiteit • Ecosysteemdiensten: <ul style="list-style-type: none"> - Recreatie - Vastgoedwaarde - Bestuiving - Koolstofvastlegging - Zuiverende functie - Overige • Proxy: aantal ha nieuwe natuur (enkel PAGW) • Overig areaal natuur (omvang niet bekend)
		Delfstoffenwinning zomerbed	<ul style="list-style-type: none"> • Saldo kosten/baten stopzetten sedimentwinning uit het zomerbed
		Kabel en leidingen; stabiliteit oevers en kunstwerken; beheer en onderhoud.	<ul style="list-style-type: none"> • Vermeden kosten beheer en onderhoud • Vermeden herstelkosten

5.2 Kosten

5.2.1 Algemeen

Binnen IRM worden er geen concrete maatregelen voorgesteld om aan de verschillende opgaven voor afvoercapaciteit, bodemligging en natuurontwikkeling te voldoen. Ook zijn er binnen IRM geen (schets-)ontwerpen gemaakt van **typen** maatregelen op basis waarvan de kosten (en baten) konden worden bepaald. In plaats daarvan is gebruik gemaakt van reeds beschikbare **kengetallen** en globale **aannames** om de kosten van de verschillende opgaven (afvoercapaciteit, bodemligging en natuurontwikkeling) in te schatten. De daarbij gevolgde

werkwijze wordt in dit hoofdstuk kort beschreven en toegelicht. Voor een verdere toelichting wordt veelal verwezen naar een van de bijlagen die zijn opgenomen achterin dit rapport.

Voor de kostenschatting van de verschillende opgaven geldt dat door deze als drie aparte ramingen op te stellen, deze waarschijnlijk leidt tot een overschatting van de totale kosten wanneer de verschillende opgaven binnen een IRM beleidsalternatief worden gecombineerd. Daarom is ook een globale inschatting gemaakt van het kostenvoordeel (aangeduid als synergie) dat naar verwachting binnen de verschillende IRM alternatieven kan worden behaald door de opgaven te combineren. Ook de werkwijze voor het schatten van deze synergie staat hieronder kort beschreven.

Tenslotte wordt ook ingegaan op de externe milieukosten die gepaard gaan met het implementeren van de maatregelen.

5.2.2 *Kosten afvoercapaciteit*

De schatting van de kosten voor het vergroten van de afvoercapaciteit is gebaseerd op gemiddelde eenheidskosten die afgeleid zijn voor verschillende typen rivierverruimende maatregelen zoals die zijn opgenomen in de Blokkendoos van het Deltaprogramma Rivieren (DPR) (Levelt en Prins, 2014).¹⁴ In deze Blokkendoos zijn voor ruim 350 maatregelen gegevens opgenomen over de locatie, de lengte van de maatregel (langs de rivier), het waterstandsverlagende effect en de investeringskosten. De op basis hiervan afgeleide eenheidskosten (in € per m² waterstandsaling) zijn, voor zover de beschikbare gegevens dat toelaten, ruimtelijk gedifferentieerd naar het niveau van riviertakken. Een beschrijving van het bepalen van deze eenheidskosten is terug te vinden in Bijlage B.

De kosten voor het vergroten van de afvoercapaciteit in de verschillende IRM alternatieven zijn in het KKBA spreadsheet geraamd op het niveau van IRM-trajecten, door de eenheidskosten van de rivierverruimende maatregelen te vermenigvuldigen met de opgave voor waterstandsaling (zie de figuren in paragraaf 4.3.2) en de lengte van het IRM traject (in m).¹⁵ De kosten van de alternatieven zijn gebaseerd op een (in het kader van de KKBA) veronderstelde mix van rivierverruimende maatregelen, waarbij de verschillende typen maatregelen uit de Blokkendoos DPR (dit zijn: uiterwaardvergraving, dijkteruglegging, nevengeul/hoogwatergeul en zomerbedmaatregel) steeds verondersteld worden een gelijke bijdrage te leveren aan de totale waterstandsopgave. Uitzonderingen zijn de trajecten langs de Nederrijn/Lek, waar geen dijkterugleggingen zijn aangenomen.

¹⁴ De Blokkendoos DPR stamt van rond het jaar 2014 en is gedateerd. Ook zijn niet alle kosten in de Blokkendoos even goed onderbouwd. Het ontbreekt echter aan een alternatieve mogelijkheid die past binnen de randvoorwaarden van de KKBA IRM om de kosten van de opgave voor afvoercapaciteit beter te onderbouwen.

¹⁵ Dit veronderstelt dat het gehele waterstandsverlagende effect optreedt op het IRM-traject waarop de maatregel wordt uitgevoerd. In de praktijk is dat vaak niet het geval en strekt de werking van een maatregel zich ook verder boven- of benedenstrooms uit. In IRM worden echter geen concrete maatregelen geanalyseerd en wordt deze veronderstelling voor het doel acceptabel geacht.

Voorbeeld:

In het IRM-beleidsalternatief 1 wordt voor het IRM traject R2 (Waalbochten) de waterstand door middel van rivierverruimende maatregelen met 19 cm verlaagd (zie

Figuur 4.5). Dit traject is 19,5 km lang, zodat de totale opgave $19,5 \times 1000 \times 0,19 = 3705 \text{ m}^2$ waterstands­daling bedraagt. De eenheidskosten voor een uiterwaardproject op dit traject bedraagt € 73 duizend per m^2 (zie Bijlage B). Wanneer de opgave in zijn geheel met uiterwaardmaatregelen zou worden ingevuld, dan bedragen de investeringskosten voor rivierverruiming voor dit traject $3705 \times 73 \times 1000 = € 270$ miljoen. Merk op dat de kostenraming voor dit traject in de KKBA niet gebaseerd is op enkel uiterwaardmaatregelen, maar op de hierboven al eerder genoemde veronderstelde mix van verschillende typen van maatregelen.

De kosten voor het vergroten van de afvoercapaciteit zijn steeds bepaald voor de vier afzonderlijke opgaven – de compensatieopgave ten behoeve van de PAGW, de klimaatopgave, compensatieopgave voor het herstellen van de bodemligging, de systeemopgave Maas, en de overige opgaven, zie Tabel 5.2 voor de Maas en Tabel 5.3 voor de Rijn.

Omdat de baten voor de compensatie voor de overige opgaven in de KKBA niet goed kunnen worden geduid en geraamd, is in overleg met de opdrachtgever besloten deze verder buiten de KKBA te houden. Daarom zijn deze bij de investeringskosten apart genoemd en met een grijze kleur weergegeven.

Maas

Tabel 5.2: Investeringskosten voor het vergroten van de afvoercapaciteit, Maas (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

Opgave afvoercapaciteit	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Compensatie PAGW	992	992	992
Klimaat	-	1.288	2.577
Compensatie bodemligging	-	-	359
Systeemopgave Maas	-	354	354
Totaal voor de KKBA	992	2.635	4.282
Compensatie overige opgaven ^{*)}	-	260	863
Totaal	992	2.895	5.145

^{*)} Wordt buiten de KKBA gehouden

De totale investeringskosten voor het vergroten van de afvoercapaciteit (rivierverruiming) van de Maas bedraagt circa € 1,0 miljard in alternatief 1, € 2,9 miljard in alternatief 2 en € 5,1 miljard in alternatief 3. In alternatief 1 bestaat deze in zijn geheel uit het compenseren van het effect van de PAGW op de hoogwaterstanden. In alternatief 2 en 3 bestaat het grootste gedeelte uit de klimaatopgave. Van de totale investeringskosten worden ca. 10% (alternatief 2) tot 15% (alternatief 3) in de KKBA niet meegenomen; deze zijn ten behoeve van het compenseren van de overige opgaven.

Rijntakken

Tabel 5.3: Investeringskosten voor het vergroten van de afvoercapaciteit, Rijn (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

Opgave afvoercapaciteit	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Compensatie PAGW	1.226	1.226	1.226
Klimaat	-	1.965	3.931
Compensatie bodemligging	377	-	1.085
Totaal voor de KKBA	1.603	3.191	6.241
Compensatie overige opgaven ¹⁾	-	942	1.884
Totaal	1.603	4.133	8.125

¹⁾ Wordt buiten de KKBA gehouden

De totale investeringskosten voor het vergroten van de afvoercapaciteit (rivierverruiming) voor de Rijn bedraagt circa € 1,6 miljard in alternatief 1, € 4,1 miljard in alternatief 2 en € 8,1 miljard in alternatief 3. In alternatief 1 bestaat deze hoofdzakelijk uit het compenseren van het effect van de PAGW op de hoogwaterstanden. In alternatief 2 en 3 bestaat het grootste gedeelte uit de klimaatopgave. Van de totale investeringskosten is ca. 25% (in alternatief 2 en 3) ten behoeve van de compensatie van overige opgaven; deze worden in de KKBA niet meegenomen.

De jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud van rivierverruimende maatregelen bedragen circa 0,5% van de totale investeringskosten (Levelt en Prins, 2014; Bijlage B).

5.2.3 Kosten bodemherstel

De methode voor het ramen van de kosten voor het realiseren van de verschillende bodemliggingen in de 3 IRM beleidsalternatieven is uitgebreid beschreven in Gensen (2023), opgenomen als Bijlage C.

Voor het ramen van de benodigde dimensies van de verschillende typen maatregelen is uitgegaan van een zgn. morfologisch evenwichtsmodel. In deze analyse is uitgegaan van twee verschillende mogelijkheden ('pakketten van maatregelen') om de gewenste bodemliggingen te realiseren. In 'bodempakket 1' wordt een relatief groot deel van de bodemligging gerealiseerd door middel van jaarlijkse suppleties. Dit pakket richt zich daarmee vooral op de symptoombestrijding van bodemerosie en het verlies aan sediment. In 'bodempakket 2' wordt een relatief groot deel van de bodemligging gerealiseerd met rivierverruimende maatregelen en met langsdammen. Hiermee wordt de oorzaak van bodemerosie aangepakt. Naast deze maatregelen is bij de IRM beleidsalternatieven 1 (Rijn) en 3 (Maas en Rijn) ook een forse initiële suppletie nodig om de gewenste bodemligging al voor 2050 (het zichtjaar van IRM) te behalen.

De eenheidskosten voor de rivierverruimende maatregelen ten behoeve van bodemherstel zijn, net als bij de raming van de kosten voor afvoercapaciteit, afgeleid uit de Blokkendoos DPR. Daarnaast is voor langsdammen en suppleties uitgegaan van een bedrag van respectievelijk € 9,5 miljoen per km en € 47 per m³ (zie Bijlage B). De jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud bedragen voor rivierverruiming en langsdammen ca. 0,5% per jaar (Levelt en Prins, 2014; Bijlage B).

Maas

Tabel 5.4 presenteert de schattingen van investeringskosten ten behoeve bodemherstel voor de Maas voor het bodempakket 1 en 2. Deze zijn zonder de kosten van de jaarlijkse suppleties, die relatief bescheiden zijn, zie Tabel 5.5.

Tabel 5.4: Investeringskosten voor bodemherstel, Maas (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Bodempakket 1			Bodempakket 2		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Langsdammen	-	-	-	-	-	-
Rivierverruiming	-	770	858	429	1.585	1.868
Initiële suppleties	-	-	184	-	-	184
Totaal	-	770	1.042	429	1.585	2.052

Bron: Gensen (2023), zoals opgenomen in bijlage C.

Tabel 5.5: Jaarlijkse suppletiekosten voor bodemherstel, Maas (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Bodempakket 1			Bodempakket 2		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Totaal	0,9	0,6	1,6	0,6	-	-

Bron: Gensen (2023), zoals opgenomen in bijlage C.

De investeringskosten voor bodemherstel voor de Maas op basis van bodempakket 1 zijn nihil voor alternatief 1 (de huidige bodemligging wordt in zijn geheel gehandhaafd middels jaarlijkse suppleties), € 0,8 miljard voor alternatief 2 (de huidige bodemligging wordt gehandhaafd door een samenspel van jaarlijkse suppleties en rivierverruimende maatregelen) en € 1,0 miljard voor alternatief 3.

De investeringskosten voor bodemherstel voor de Maas volgens het bodempakket 2 (met een nadruk op rivierverruiming) zijn € 0,4 miljard voor alternatief 1, € 1,6 miljard voor alternatief 2 en € 2,1 miljard voor alternatief 3.

Rijn

Tabel 5.6 laat de investeringskosten ten behoeve bodemherstel zien voor de Rijn, voor bodempakket 1 en 2, en Tabel 5.7 de jaarlijkse suppletiekosten.

Tabel 5.6: Investeringskosten voor het bodemherstel, Rijn (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief BTW)

	Bodempakket 1			Bodempakket 2		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Langsdammen	-	-	796	580	-	830
Rivierverruiming	-	376	722	289	639	1.513
Initiële suppleties	380	-	1.022	380	-	1.022
Totaal	380	376	2.590	1.249	639	3.365

Bron: Gensen (2023), zoals opgenomen in bijlage C.

Tabel 5.7: Jaarlijkse suppletiekosten voor bodemherstel, Rijn (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Bodempakket 1			Bodempakket 2		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Totaal	3,2	1,5	6,6	2,6	-	-

Bron: Gensen (2023), zoals opgenomen in bijlage C

De investeringskosten voor bodemherstel voor de Rijn volgens het bodempakket 1 (met nadruk op suppleties) zijn € 0,4 miljard voor alternatief 1 en alternatief 2, waarbij de bodemligging in alternatief 1 met een forse initiële suppletie wordt gerealiseerd, en in alternatief 2 middels rivierverruiming. In beide gevallen worden deze alternatieven aangevuld met jaarlijkse suppleties. De investeringskosten voor bodemherstel in alternatief 3 bestaan ook uit langsdammen; de kosten bedragen € 2,6 miljard.

De investeringskosten voor bodemherstel voor de Rijn volgens het bodempakket 2 (met nadruk op rivierverruiming en langsdammen) zijn € 1,2 miljard voor alternatief 1, € 0,6 miljard voor alternatief 2 en € 3,4 miljard voor alternatief 3.

Bovenstaande tabellen laten zien dat zowel voor de Rijn als voor de Maas de investeringskosten voor bodemherstel volgens bodempakket 2 fors hoger zijn dan die volgens bodempakket 1. Of de kosten in zijn totaliteit ook hoger zullen uitvallen, hangt echter af van drie aanvullende posten die nog niet in de bovenstaande investeringskosten zijn opgenomen, dit zijn (i) de jaarlijkse kosten van suppleties; (ii) de jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud, en (iii) de mate waarin, door combinatie met de andere opgaven, synergie bereikt kan worden met de verschillende typen rivierverruimende maatregelen. Hierop wordt later teruggekomen.

5.2.4 Kosten natuurontwikkeling (PAGW)

De realisatie van de PAGW opgave voor de rivieren betreft het realiseren van verschillende typen ecotopen op een totaal areaal van 33.500 ha. De kostenraming bestaat uit twee onderdelen:

- Kosten van grondverwerving of afwaardering van grond, en de kosten voor inrichting; zie Bijlage E.
- Kosten voor het afgraven van de grond. Om de gewenste natte ecotopen te verkrijgen, dient grond te worden afgegraven, zodat de gewenste grondwaterstand wordt bereikt en/of de gewenste inundatieduur en -frequentie kan optreden. De kostenberekening is beschreven in Gensen (2022b), opgenomen als Bijlage D.

Bij de kosten voor grondverwerving, afwaardering en inrichting is er van uitgegaan dat van de benodigde gronden ca. 40% reeds in bezit is van natuurorganisaties of het ministerie van lenW; deze gronden worden verondersteld om niet-beschikbaar te worden gesteld. De overige 60% van de gronden dient te worden aangekocht of, in geval van natuurinclusieve landbouw, te worden afgewaardeerd. Uitgegaan is van een prijs voor landbouwgrond van € 6,50 per m²

en een afwaarderingspercentage van 70%.^{16,17} Daarnaast is een opslag voor (mogelijke) onteigening aangenomen van 10% en een opslag van 17% voor overige kosten (planstudie, monitoring, evaluatie en interne kosten). Voor de inrichtingskosten is uitgegaan van de inrichtingskosten van verschillende natuurtypen uit het Instrumentarium Kosten Natuurbeleid (IKN, Michels e.a., 2018).

De mate waarin de grond afgegraven dient te worden om de gewenste hydrologische condities te realiseren, is gebaseerd op een GIS analyse (Bijlage D). Per te realiseren ecotoop-type¹⁸ is nagegaan welke eisen deze stelt aan inundatieduur en grondwaterstand. Op basis van deze eisen en de huidige hoogte is vervolgens het te vergraven volume grond bepaald. Hiervoor is een gemiddelde eenheidsprijs gehanteerd van € 15,- per m³. Tabel 5.8 geeft de kosten voor de PAGW voor het onderdeel vergraven. Deze kosten verschillen enigszins per alternatief. In de alternatieven 1 en 3 voor de Rijn en in alternatief 3 voor de Maas wordt de rivierbodem verhoogd waardoor de rivierwaterstanden en daarmee de grondwaterstanden omhoog gaan. Hierdoor zijn er minder vergravingen nodig om de gewenste hydrologische condities te bereiken. Dit verschil is echter zeer gering; zo zijn de kosten in alternatief 3 circa 7% lager dan in alternatief 2 waarin de bodem op het huidige niveau gehandhaafd blijft.

Tabel 5.8: Investeringskosten voor de PAGW, onderdeel vergraven (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Gelderse Poort	1.060	1.075	1.000
IJssel-Vechtdelta	368	374	324
Grensmaas	152	155	141
Biesbosch	608	610	580
Overig	229	228	219
Totaal	2.417	2.442	2.264

Bron: Gensen (2022b), zoals opgenomen in bijlage D

Tabel 5.9 geeft de kosten voor verwerving en inrichting van de PAGW gebieden weer. Deze kosten zijn voor elk alternatief in principe gelijk (synergie in de verwerving van deze gronden wordt in de volgende paragraaf 5.2.5 behandeld). De kosten voor verwerving zijn hierbij veel hoger dan die voor inrichting.

¹⁶ Afwaardering wil zeggen dat de boer wel eigenaar blijft, maar een vergoeding krijgt vanwege de functieverandering van de grond.

¹⁷ Voor een inschatting van het welvaartsverlies door het uit productie nemen van landbouwgrond (zoals die hoort te worden opgenomen in een MKBA/KKBA), is de financiële prijs van 6,50 per m² wellicht aan de hoge kant. Een waardering op basis van 'resource' rents, waarbij rekening wordt gehouden met de toegevoegde waarde die toegerekend mag worden aan grond, en waarbij gecorrigeerd wordt voor externe effecten, valt echter buiten de scope van de KKBA.

¹⁸ Hierbij is uitgegaan van een kaart van WenR waarop een indicatie van de ligging van de ecotoop staat aangegeven. Aan deze kaart mag echter geen formele status worden ontleend en een optimalisatie van de ligging van de ecotopen kan leiden tot een daling van de kosten. Zie Bijlage D.

Tabel 5.9: Investeringskosten voor de PAGW, onderdeel verwerving en inrichting (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

Onderdeel	Verwerving	Inrichting	Totaal
Gelderse Poort	386	22	408
IJssel-Vechtdelta	415	16	431
Grensmaas	163	10	173
Biesbosch	200	20	219
Overig	363	17	380
Totaal	1.527	85	1.612

Voor details, zie Bijlage E.

De totale investeringskosten voor het realiseren van de PAGW opgave komen daarmee op zo'n € 4 miljard (≈ € 2,4 + € 1,6 miljard). Dit is nog exclusief de kosten voor het compenseren van de hogere waterstanden die ontstaan door het realiseren van de PAGW natuuropgave, die geraamd zijn als onderdeel van de kosten voor afvoercapaciteit op zo'n € 1,2 miljard (zie Tabel 5.2 en Tabel 5.3). Inclusief dit bedrag zijn de totale kosten voor de PAGW opgave geschat op ca. € 5,2 miljard.

Voor de kosten van jaarlijks beheer en onderhoud wordt uitgegaan van een percentage van 0,5% van de investeringskosten (Bijlage E).

5.2.5 Synergie

Omdat de maatregelen in IRM niet bekend zijn, zijn in bovenstaande paragrafen de kosten voor afvoercapaciteit, bodemligging en natuur (PAGW) gebaseerd op drie van elkaar losstaande schattingen die gebruik maken van globale kengetallen. Wanneer de uiteindelijk te nemen maatregel echter bijdraagt aan het realiseren van meerdere IRM doelen of opgaven tegelijkertijd, leidt deze werkwijze met aparte schattingen tot een overschatting van de totale kosten. Als voorbeeld: een nevengeul zorgt ervoor dat de stroomsnelheid in de rivier afneemt, waardoor bodemerosie minder wordt (of sedimentatie optreedt). Dezelfde nevengeul zorgt voor extra afvoercapaciteit bij hoogwater en geeft ruimte aan natuurontwikkeling. Om deze reden zullen de totale kosten lager kunnen uitvallen dan het totaal van de losse schattingen. De mate waarin kosten worden bespaard door de verschillende opgaven voor afvoer, bodem en natuur binnen IRM te combineren, wordt 'synergie' genoemd. In welke mate deze synergie gerealiseerd kan worden, valt zonder duidelijkheid over de keuze en ontwerp van de maatregel eigenlijk niet goed vast te stellen.

In de KKBA is een inschatting van deze synergie als negatieve kostenpost in het overzicht van kosten- en baten verwerkt. Hier worden drie mogelijke vormen van synergie onderscheiden.

Synergie tussen afvoercapaciteit en bodemherstel

In de KKBA is ervan uit gegaan dat, op het niveau van de afzonderlijke IRM-trajecten, het laagste investeringsbedrag voor rivierverruimende maatregelen ten behoeve van het vergroten van afvoercapaciteit, dan wel ten behoeve van het herstel van bodemligging, kan worden bespaard. Deze besparing wordt aangeduid als 'synergie tussen afvoercapaciteit en bodemherstel'.

Synergie vergraven (PAGW)

Ook de kosten die nodig zijn voor het realiseren van de PAGW natuuropgave zijn in bepaalde mate afhankelijk van de mate waarin de andere opgaven worden gerealiseerd. Zo zijn er minder vergravingen nodig om de hydrologische condities voor natte ecotooptypen te realiseren, wanneer er in de alternatieven reeds extra afvoercapaciteit door middel van vergravingen wordt gerealiseerd. Dit betekent dat er met name synergie optreedt in de IRM beleidsalternatieven 2 en 3. De omvang hiervan is ingeschat in Bijlage D.

Synergie verwerving en inrichting

Een derde mogelijke vorm van synergie treedt op bij de grondverwerving, wanneer arealen ten behoeve van de PAGW natuuropgave reeds zijn aangekocht omwille van rivierverruimende maatregelen. In welke mate dit optreedt, is door het ontbreken van concrete maatregelen en ontwerpen binnen IRM niet bekend. In de KKBA is ervan uitgegaan dat voor iedere € 1,5 miljoen investering in rivierverruiming, er gemiddeld 1 ha nieuwe natuur wordt gerealiseerd, en dat dit areaal niet meer ten behoeve van de realisatie van de PAGW opgave hoeft te worden aangekocht. De onderbouwing van dit kengetal is beschreven in onderstaand tekstkader.

Synergie in de kosten van grondverwerving ten behoeve van de PAGW en ten behoeve van rivierverruiming

Omdat het niet duidelijk is hoeveel hectare grond er in totaal in de IRM beleidsalternatieven wordt omgezet in nieuwe natuur, en waar dat het geval is, is het onmogelijk om na te gaan hoeveel van de grondaankoop ten behoeve van de PAGW opgave overeenkomt (synergie vertoont) met de grondaankoop ten behoeve van rivierverruiming. Daarom is een aannname op basis van eerdere studies gedaan.

In de MKBA voor de Spankrachtstudie (Kind, 2002) zijn de investeringskosten voor 4 pakketten maatregelen om de afvoercapaciteit van de Rijn te vergroten van 15.000 m³/s naar 18.000 m³/s geraamd. Voor wat betreft de kosten en het areaal natuur lopen de investeringskosten uiteen van € 6,0 miljard tot € 16,8 miljard (prijspeil 2001, inclusief btw) (Zie Kind 2002, Tabel 8). Geïndexeerd naar 2021 (op basis van de GWW-index) komt dat overeen met een bedrag van € 9,5 miljard respectievelijk € 26,7 miljard. Hiervoor wordt o.a. een nieuw natuurgebied gerealiseerd van 3.844 ha respectievelijk 26.088 ha (Kind 2002, Tabel 14). Dat betekent dat in de Spankracht strategieën voor iedere € 1 à 2,5 miljoen aan investering in rivierverruiming, er gemiddeld 1 ha nieuwe natuur wordt gerealiseerd.

Een vergelijkbaar kengetal kan worden afgeleid voor de voorkeursstrategie van de PKB Ruimte voor de Rivier. De kosten van deze strategie bedroegen in 2004 € 2,2 miljard; geïndexeerd naar 2021 komt dat overeen met een bedrag van € 3,3 miljard. Hiervoor is ca. 1.800 ha nieuwe natuur gerealiseerd.¹⁹ Dat betekent dat voor iedere € 1,8 miljoen investering in rivierverruiming, er gemiddeld 1 ha nieuwe natuur is gerealiseerd.

In de Maaswerken (Grensmaas) zijn de overstromingskansen verkleind en is zo'n 1000 ha nieuwe natuur gerealiseerd. De kosten in de periode 2005-2017 bedroegen ca. € 0,7 miljard. Uitgaande van een gemiddeld prijspeil van 2011 is dit geïndexeerd naar 2021 ca. € 0,8 miljard. Dat betekent dat voor iedere € 0,8 miljoen investering in rivierverruiming, er gemiddeld 1 ha nieuwe natuur is gerealiseerd.²⁰

In NURG zijn de kosten voor de gerealiseerde natuur veel lager. Hier werd tussen 1993 en 2012 ca. 6.700 ha nieuwe natuur aangelegd voor een bedrag van ca. € 0,35 miljard. Uitgaande van een gemiddeld prijspeil 2003 komt dit overeen met een bedrag van € 0,54 miljard prijspeil 2021; in dit geval levert € 0,08 miljoen investering gemiddeld 1 ha nieuwe natuur op.²¹

In de MKBA IRM gaan we voor het inschatten van de synergie voor grondverwerving uit dat € 1,5 miljoen euro investering in rivierverruiming 1 ha nieuwe PAGW natuur oplevert. Het gemiddelde bedrag van NURG wordt hierin niet meegenomen; NURG had oorspronkelijk geen doelstelling op het gebied van waterveiligheid; daarnaast zijn de relatief goedkopere natuurprojecten in het rivierengebied niet meer beschikbaar.

¹⁹ <https://www.commissiener.nl/docs/mer/p12/p1252/1252-106mer.pdf>

²⁰ <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/bescherming-tegen-het-water/maatregelen-om-overstromingen-te-voorkomen/maaswerken/grensmaas>

²¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/01/31/waardevolle-natuurontwikkeling-langs-de-grote-rivieren>

Maas

Tabel 5.10 geeft een schatting van de verschillende vormen van synergie op basis van de bovenstaande uitgangspunten voor de Maas, voor zowel bodempakket 1 als 2.

Tabel 5.10: Synergie in de investeringskosten, Maas (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief BTW)

	Bodempakket 1			Bodempakket 2		
	Alternatief	Alternatief	Alternatief	Alternatief	Alternatief	Alternatief
	1	2	3	1	2	3
Synergie afvoercapaciteit – bodemherstel	-	770	858	285	1.143	1.795
Synergie verwerving en inrichting (PAGW)	50	211	303	86	271	401
Synergie vergraven (PAGW)	49	202	311	49	202	311
Totaal	99	1.183	1.471	420	1.616	2.507

Zoals deze tabellen laten zien, is de totale potentiële synergie aanzienlijk en bedraagt deze voor alternatief 1 € 0,1 tot 0,4 miljard voor bodempakket 1 en 2, voor alternatief 2 € 1,2 tot 1,6 miljard en voor alternatief 3 € 1,5 tot 2,5 miljard. Voor alle drie alternatieven geldt dat de synergie met bodempakket 2 (met een groter deel aan rivierverruimende maatregelen) aanzienlijk groter is dan met bodempakket 1.

Rijntakken

Tabel 5.11 geeft een schatting van de synergie voor de alternatieven voor de Rijn, op basis van beide bodempakketten.

Tabel 5.11: Synergie in de investeringskosten, Rijn (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief BTW)

	Bodempakket 1			Bodempakket 2		
	Alternatief	Alternatief	Alternatief	Alternatief	Alternatief	Alternatief
	1	2	3	1	2	3
Synergie afvoercapaciteit – bodemherstel	-	376	722	289	639	1.513
Synergie verwerving en inrichting (PAGW)	95	234	462	130	266	551
Synergie vergraven (PAGW)	166	647	955	166	647	955
Totaal	261	1.258	2.188	585	1.551	3.018

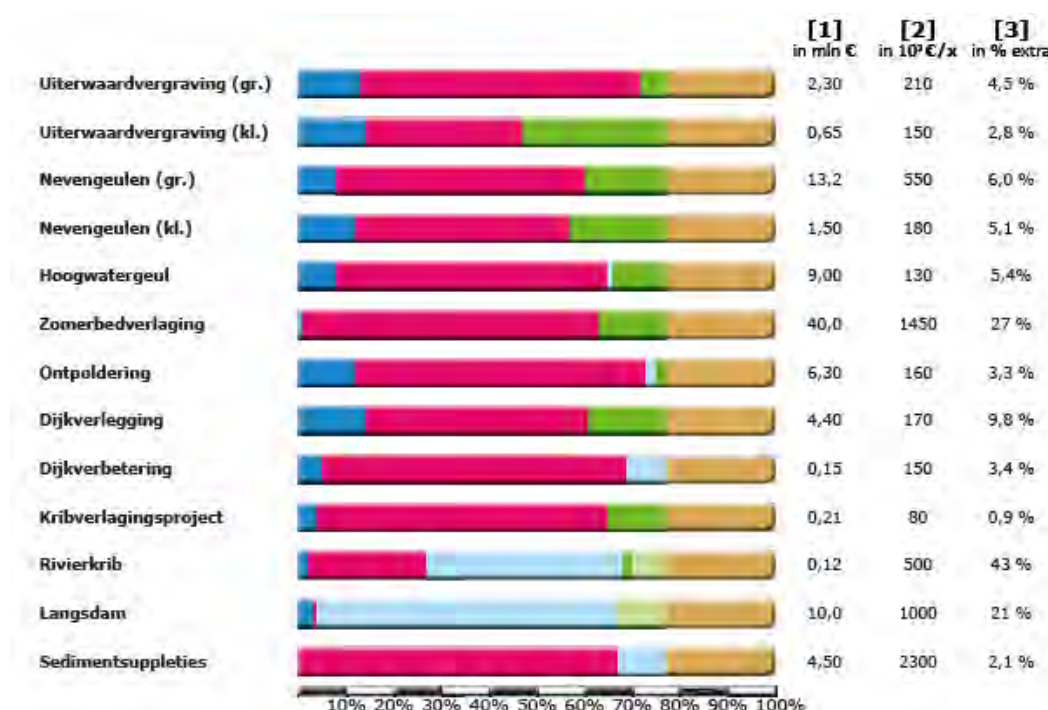
Ook voor de Rijn is de totale synergie aanzienlijk en bedraagt voor alternatief 1 € 0,3 tot 0,6 miljard voor bodempakket 1 en 2, voor alternatief 2 € 1,3 tot 1,6 miljard en voor alternatief 3 € 2,2 tot 3,0 miljard. Ook hier is de synergie met bodempakket 2 aanzienlijk groter dan met bodempakket 1.

Tenslotte is er ook nog synergie mogelijk tussen de eenheidskosten voor het vergraven ten behoeve van de PAGW opgave en de kosten voor de realisatie van rivierverruimende maatregelen. Naarmate er meer grond lokaal kan worden gebruikt, zullen de eenheidskosten van deze maatregelen lager kunnen uitvallen. Hiervoor ontbreekt echter elke informatie en deze vorm van synergie is verder niet meegenomen.

5.2.6 Milieukosten

Bij de realisatie van de verschillende maatregelen worden er, als gevolg van transport, graafwerkzaamheden en dergelijke, vervuilende stoffen uitgestoten. Een inschatting van de externe kosten door verschillende emissies (waaronder CO₂, stikstof en fijnstof) van de verschillende typen rivierverruimende maatregel is beschreven in Van Kouwen (2021a,b). De extra kosten (als percentage van de levensduurkosten) die nodig zijn voor het compenseren van deze milieukosten, liggen tussen 0,9% (voor kribverlaging) en 43% (voor nieuwe kribben). Andere typen maatregelen met een hoge milieubelasting zijn zomerbedverlagingen (27% extra kosten) en langsdammen (21% extra kosten), zie Figuur 5.1.

Figuur 5.1: Milieukosten van verschillende typen rivierverruimende maatregelen. Donkerblauw: aandeel materieel; rood: aandeel transport; lichtblauw: aandeel ingevoerd materiaal; donker groen: verwerking van het materiaal; lichtgroen: einde levensduur; bruin: algemene toeslag



Bron: Van Kouwen (2021b)

In de KKBA zijn de milieukosten op basis van deze studie geraamd als 5% van de totale kosten van rivierverruimende maatregelen.²²

²² Zomerbedverlaging en rivierkrib zijn maatregelen met relatief hoge milieukosten, maar deze maatregelen zijn niet erg waarschijnlijk als maatregel om de IRM alternatieven mee in te vullen. Een percentage van 5% lijkt daarmee een redelijke inschatting voor de IRM pakketten, met als bandbreedte 2,5% tot 10%.

5.2.7 Totaaloverzicht

Maas

Tabel 5.12 geeft de totale investeringskosten voor de 3 IRM beleidsalternatieven voor de Maas op basis van bodempakket 1 en 2.

Tabel 5.12: Totale investeringskosten, Maas (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Bodempakket 1			Bodempakket 2		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Afvoercapaciteit						
t.b.v. Compensatie PAGW	992	992	992	992	992	992
t.b.v. Klimaat	-	1.288	2.577	-	1.288	2.577
t.b.v. Compensatie bodemligging	-	-	359	-	-	359
t.b.v. Systeemopgave Maas	-	354	354	-	354	354
Totale kosten afvoercapaciteit	992	2.635	4.282	992	2.635	4.282
Bodemherstel						
Langsdammen	-	-	-	-	-	-
Rivierverruiming	-	770	858	429	1.585	1.868
Initiële suppleties	-	-	184	-	-	184
Totale kosten bodemherstel	-	770	1.042	429	1.585	2.052
PAGW						
Verwerving en inrichting	473	473	473	473	473	473
Vergraving	571	574	541	571	574	541
Totale kosten PAGW	1.043	1.047	1.013	1.043	1.047	1.013
Synergie						
Synergie afvoercapaciteit-bodemherstel	-	-770	-858	-285	-1.143	-1.795
Synergie verwerving en inrichting	-50	-211	-303	-86	-271	-401
Synergie vergraven	-49	-202	-311	-49	-202	-311
Totaal synergie	-99	-1.183	-1.471	-420	-1.616	-2.507
Totaal kosten	1.937	3.269	4.866	2.045	3.650	4.840
Afvoercapaciteit t.b.v. compensatie overig	-	260	863	-	260	863
Totaal kosten	1.937	3.530	5.729	2.045	3.910	5.704

Voor de Maas bedragen de totale investeringskosten op basis van bodempakket 1 zo'n € 1,9 miljard voor alternatief 1, € 3,5 miljard voor alternatief 2 en € 5,7 miljard voor alternatief 3. Op basis van bodempakket 2 bedragen de investeringskosten zo'n € 2,0 miljard voor alternatief 1, € 3,9 miljard voor alternatief 2 en € 5,7 miljard voor alternatief 3.

Tabel 5.13: Totale investeringskosten, Rijn (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Bodempakket 1			Bodempakket 2		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Afvoercapaciteit						
t.b.v. Compensatie PAGW	1.226	1.226	1.226	1.226	1.226	1.226
t.b.v. Klimaat	-	1.965	3.931	-	1.965	3.931
t.b.v. Compensatie bodemligging	377	-	1.085	377	-	1.085
Totale kosten afvoercapaciteit	1.603	3.191	6.241	1.603	3.191	6.241
Bodemherstel						
Langsdammen	-	-	796	580	-	830
Rivierverruiming	-	376	722	289	639	1.513
Initiële suppleties	380	-	1.022	380	-	1.022
Totale kosten bodemherstel	380	376	2.590	1.249	639	3.365
PAGW						
Verwerving en inrichting	1.139	1.139	1.139	1.139	1.139	1.139
Vergraving	1.847	1.868	1.724	1.847	1.868	1.724
Totale kosten PAGW	2.985	3.007	2.862	2.985	3.007	2.862
Synergie						
Synergie afvoercapaciteit-bodemherstel	-	-376	-772	-289	-639	-1.513
Synergie verwerving en inrichting	-95	-234	-462	-130	-266	-551
Synergie vergraven	-166	-647	-955	-166	-647	-955
Totaal synergie	-261	-1.258	-2.188	-585	-1.551	-3.018
Totaal kosten	4.708	5.317	9.505	5.253	5.286	9.450
Afvoercapaciteit t.b.v. compensatie overig	-	942	1.884	-	942	1.884
Totaal kosten	4.708	6.259	11.389	5.253	6.228	11.334

Voor de Rijn bedragen de totale investeringskosten op basis van bodempakket 1 zo'n € 4,7 miljard voor alternatief 1, € 6,3 miljard voor alternatief 2, en € 11,4 miljard voor alternatief 3. Op basis van bodempakket 2 bedragen de totale investeringskosten € 5,3 miljard voor alternatief 1, € 6,2 miljard voor alternatief 2 en € 11,3 miljard voor alternatief 3.

5.3 Baten

5.3.1 Reductie scheepvaartkosten

In het nulalternatief zullen als gevolg van voortschrijdende bodemerrosie en klimaatverandering richting 2050 steeds vaker vaardieptebeperkingen voor de scheepvaart op de Rijn optreden. Dit leidt tot een toename van de transportkosten voor de scheepvaart en een toename van de bijbehorende externe milieukosten (emissies).

Bij de IRM beleidsalternatieven verandert de vaardiepte voor de binnenvaart. De wijze waarop de baten hiervan voor de scheepvaart als gevolg van de drie IRM beleidsalternatieven binnen de KKBA zijn geraamd, is beschreven in een aparte achtergrondnotitie (zie Bijlage F). Hierbij is gebruik gemaakt van recente gegevens en kengetallen. De baten bestaan uit een reductie van de transportkosten en de milieukosten voor een vaste hoeveelheid te vervoeren vracht. Een deel van de baten van een reductie van de transportkosten komt overigens ten goede aan het buitenland. Deze horen in een formele MKBA (die een nationaal perspectief heeft) niet te worden opgenomen. Deze zijn in het KKBA overzicht daarom apart inzichtelijk gemaakt. Zie Tabel 5.14.

Tabel 5.14: Reductie van transportkosten en milieukosten voor de binnenvaart ten opzichte van het nulalternatief voor het jaar 2050 (miljoen € per jaar, prijspeil 2021)

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
	Waterdiepte met 2000 bodem	Waterdiepte met 2018 bodem	Waterdiepte met 1980 bodem
Transportkosten – Nederland	0,8	1,1	-1,1
Transportkosten – Buitenland	0,6	1,2	-1,9
Transportkosten – Totaal	1,5	2,3	-3,0
Milieukosten	2,4	4,0	-5,3
Totaal	3,9	6,3	-8,3

Bron: Janse en De Swart (2023), opgenomen als Bijlage F.

Alternatief 1 en 2 leveren in 2050 een totale besparing in de transportkosten op van € 3,9 miljoen respectievelijk € 6,3 miljoen per jaar. De besparingen in de milieukosten maken hier het grootste deel van uit (ca 60% van het totaal).²³ Ongeveer 15% tot 20% van de totale baten komt ten gunste aan het buitenland. In alternatief 3 nemen de totale transportkosten ten opzichte van het nulalternatief niet af, maar juist toe. Dit komt omdat er in dit alternatief beduidend meer water over de IJssel wordt afgevoerd, en minder over de Waal.

Ook door Deltares zijn – in het kader van het nulalternatief – een aantal berekeningen voor de scheepvaart gemaakt (Deltares 2022a,b). Door Deltares zijn enkel de totale besparingen in transportkosten bepaald voor de alternatieven 1 en 2; zie Tabel 5.15.

²³ De raming van de transport- en milieukosten in deze tabel is gebaseerd op de huidige vlootsamenstelling en huidige technologie (fossiele brandstof). In de KKBA wordt slechts een deel van de reductie van de emissiekosten meegenomen; zie later in de tekst.

Tabel 5.15: Reductie van transportkosten en milieukosten voor de binnenvaart ten opzichte van het nulalternatief voor het jaar 2050 (miljoen € per jaar, prijspeil 2021) (Deltares)

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
	Waterdiepte met 2000 bodem	Waterdiepte met 2018 bodem	Waterdiepte met 1980 bodem
Transportkosten – Nederland			
Transportkosten – Buitenland			
Transportkosten – Totaal	0,8	36,1	
Milieukosten			
Totaal			

Bron: Deltares 2022a,b.

Naar aanleiding van het grote verschil in de totale transportkostenbesparing voor de binnenvaart volgens de berekeningen van Ecorys en Deltares (met name voor alternatief 2; het verschil in de besparing van transportkosten bedraagt hier maar liefst een factor 15 (= 36,1 / 2,3)) is een werksessie met de betrokken deskundigen gehouden en is aanvullend enig onderzoekwerk gedaan. Binnen de randvoorwaarden die hieraan door de opdrachtgever zijn meegegeven, kon een bevredigende verklaring voor het verschil echter niet worden gevonden. Zie Bijlage K voor de verslaglegging van de werksessie en van het onderzoekwerk.

In de KKBA is daarom gewerkt met twee sets aan gegevens voor de binnenvaart. De eerste set is op basis van de eigen berekeningen van Ecorys, zoals die gepresenteerd zijn in Tabel 5.14. De tweede set is een afgeleide set op basis van de berekening van Deltares, waarbij de verdeling tussen de transportkosten in Nederland en de transportkosten buitenland, en de milieukosten zijn gebaseerd op de verhoudingen die volgen uit de berekeningen van Ecorys. Dit levert Tabel 5.16 op.

Tabel 5.16: Reductie van transportkosten en milieukosten voor de binnenvaart ten opzichte van het nulalternatief voor het jaar 2050 (miljoen € per jaar, prijspeil 2021) ('Deltares')

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
	Waterdiepte met 2000 bodem	Waterdiepte met 2018 bodem	Waterdiepte met 1980 bodem
Transportkosten – Nederland	0,5	17,3	NB
Transportkosten – Buitenland	0,3	18,8	NB
Transportkosten – Totaal	0,8	36,1	NB
Milieukosten	1,3	62,8	NB
Totaal	2,1	98,9	NB

Noot: *cursief* zijn de getallen van 'Deltares', geschaald naar de berekeningsresultaten van 'Ecorys'. NB = niet beschikbaar (alternatief 3 is niet doorgerekend door Deltares).

Opgemerkt wordt dat de externe milieukosten in bovenstaande tabellen gebaseerd zijn op de huidige vloot en het huidige brandstofgebruik. In het Nationaal Water Programma 2022-2027 is echter afgesproken dat de binnenvaart in 2050 zowel emissievrij als klimaatneutraal is. De (besparingen op de) externe milieukosten als gevolg van de 3 IRM alternatieven komen in dat geval te vervallen. In de KKBA zijn de reductie van de milieukosten derhalve enkel

meegenomen over de periode 2029-2050. Daarnaast zijn er ook ontwikkelingen in de vlootsamenstelling en de reactie van de binnenvaartsector zelf (zoals het ontwikkelen van nieuwe scheepstypen) die van invloed zijn op de in deze paragraaf gepresenteerde kosten voor de binnenvaart; deze zijn in deze globale analyse achterwege gelaten.

5.3.2 Reductie van droogteschade

In de 3 IRM alternatieven zal er, als gevolg van de verandering van de bodemligging en afvoerverdeling, relatief meer water via de IJssel naar het IJsselmeer stromen en dus ook relatief minder via de Waal naar zee. Hierdoor is er ten tijde van droogte meer water in het IJsselmeer beschikbaar voor verschillende doeleinden, waaronder de landbouw. De landbouw zal, als gevolg van de zgn. verdringingsreeks bij watertekort,²⁴ als een van de eerste sectoren de gevolgen van een beperkte waterbeschikbaarheid zal ondervinden. Een grotere zoetwaterbeschikbaarheid komt daarom ook in de eerste plaats ten gunste van de landbouw.

De wijze waarop de baten van een grotere zoetwaterbuffer in het IJsselmeer is meegenomen in de KKBA is, is beschreven in Bijlage G. Deze aanpak sluit nauw aan bij die van Deltares voor het nulalternatief en bij de aanpak die gevolgd is voor de economische analyse van het Deltaprogramma Zoetwater. Tabel 5.17 vat de resultaten samen.

Tabel 5.17: Reductie in jaarlijks te verwachten landbouwschade ten opzichte van het nulalternatief als gevolg van zoetwatertekorten in het IJsselmeer, voor het jaar 2050 (miljoen € per jaar, prijspeil 2021)

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
	Waterdiepte met 2000 bodem	Waterdiepte met 2018 bodem	Waterdiepte met 1980 bodem
Totaal	7,1	1,8	14,1

Voor meer informatie, zie Bijlage G.

Het verschil in jaarlijks te verwachten landbouwschade als gevolg van zoetwatertekort in het IJsselmeer in het jaar 2050 ten opzichte van de referentiesituatie, bedraagt € 7,1 miljoen per jaar in alternatief 1, € 1,8 miljoen per jaar in alternatief 2 en € 14,1 miljoen per jaar in alternatief 3.

Naast de landbouwschade is ook gekeken naar het effect van een verandering van de bodemligging op de watertoevoer naar de Twentekanalen, zie Bijlage G. Deze analyse gaat ervan uit dat - net als bij de economische analyse voor het Deltaprogramma Zoetwater - er bij een onvoldoende waterstand bij het inlaatpunt bij Eefde tijdelijk pompinstallaties kunnen worden ingezet. Met de 3 IRM beleidsalternatieven zal dit minder vaak nodig zijn dan in het nulalternatief, waardoor kosten voor het inzetten van de pompen kunnen worden bespaard. De besparingen zijn echter zodanig gering (in het meest vergaande alternatief 3 betreft het in 2050 een verwachte besparing van circa € 30 duizend per jaar; in de andere alternatieven betreft dit een lager bedrag), dat deze in de KKBA niet verder zijn meegenomen. Ze zouden immers niet zichtbaar worden in het geheel.

²⁴ De verdringingsreeks geeft de rangorde van maatschappelijke behoeften aan, die in geval van schaarste bij de verdeling van het beschikbare water in acht wordt genomen. De landbouw krijgt hierin een relatief lage prioriteit (zie <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/watertekort/verdringingsreeks/>).

5.3.3 *Baten van zelfrealisatie*

Bij het realiseren van rivierverruimende maatregelen kunnen vermarktbaar delfstoffen vrijkomen, zoals zand, grind en klei. Bij de oorspronkelijke kostenramingen van de verschillende typen rivierverruimende maatregelen, zoals die zijn opgenomen in de Blokkendoos DPR, is daar – conform de standaardsystematiek voor kostenramingen (SSK), in de regel al rekening mee gehouden. Volgens deze systematiek worden de verwachte opbrengsten van delfstoffen op de kosten van de maatregel in mindering gebracht. De kengetallen die in IRM gebruikt worden, zijn afgeleid van deze kosten, zoals die zijn opgenomen in de Blokkendoos DPR. De baten van deze delfstoffenwinning zijn dus al als (negatieve) kosten verwerkt in de gebruikte kostenkengetallen en mogen om deze reden niet opnieuw worden opgenomen in de KKBA, omdat dit tot een dubbeltelling zou leiden.

In een aantal gevallen kunnen de rivierverruimende maatregelen echter ook gerealiseerd worden door private partijen door middel van ‘zelfrealisatie’. In dit geval krijgt de eigenaar van de grond een vergunning om de grond af te graven en om op deze manier een bijdrage te leveren aan het verlagen van de hoogwaterstanden. Er wordt dan vaak ook een grotere hoeveelheid delfstoffen gewonnen (doordat er met name dieper vergraven wordt) dan het geval zou zijn geweest wanneer de maatregel door de overheid zou zijn gerealiseerd. Ook zijn deze private partijen over het algemeen beter in staat om deze delfstoffen tijdelijk op te slaan en commercieel te vermarkten. In de eerdere MKBA Lange Termijn Ambitie Rivieren (LTAR) werden de potentiële baten (de extra netto-opbrengsten) door zelfrealisatie voor de Waal-Merwedede geraamd op ca. 10% tot 40% van de investeringskosten. Voor de Maas werden deze globaal geraamd op ca. 25% tot 50% van de investeringskosten. Voor de IJssel werden in het kader van de MKBA LTAR tenslotte geen mogelijkheden voor zelfrealisatie geïdentificeerd. Details zijn terug te vinden in Bijlage J.

Op basis van deze gegevens zijn in de KKBA de netto baten van zelfrealisatie voor de Waal-Merwedede geraamd op 10% van de investeringskosten van rivierverruiming. Voor de Maas is uit gegaan van 25% van de investeringskosten van rivierverruiming.

Door de netto-baten van zelfrealisatie in de KKBA op te nemen, nemen de totale investeringskosten voor de IRM beleidsalternatieven niet af, maar verschuift een deel van de kosten van de alternatieven van publieke partijen naar private partijen. Hoe groot dit is, valt uit de ons beschikbare gegevens niet direct op te maken.

5.3.4 *Reductie overstromingsrisico door waterstandsdeling*

Zowel in het nulalternatief als in de drie IRM beleidsalternatieven dienen de dijken in het rivierengebied uiterlijk in 2050 aan de wettelijke waterveiligheidsnormen te voldoen. Om die reden wordt er in de KKBA verondersteld dat de overstromingskansen in 2050 in zowel de 3 IRM beleidsalternatieven als in het nulalternatief getalsmatig gelijk zijn aan de wettelijke overstromingskansnormen.²⁵

²⁵ In de praktijk kunnen er wel verschillen in de overstromingskansen optreden als gevolg van dimensionering en fasering van maatregelen, maar dit vraagt om een gedetailleerde uitwerking en gaat voor de KKBA veel te ver.

De schade die optreedt bij een eventuele overstroming in de toekomst kan echter wel groter zijn wanneer de dijken zijn verhoogd, vergeleken met een situatie waarin de rivieren zouden zijn verruimd. Hierdoor ontstaat ook een verschil in de omvang van het overstromingsrisico (d.w.z., kans maal schade) tussen het nulalternatief en de IRM beleidsalternatieven. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van gegevens uit het Deltaprogramma (WV21 en DPV). Bijlage I schetst de daarbij gevolgde benadering.

Tabel 5.18 en Tabel 5.19 geven de reductie van het overstromingsrisico in 2050 voor de 3 IRM beleidsalternatieven zoals die berekend is voor de Maas en Rijn. Merk op dat in Alternatief 1 het overstromingsrisico en opzichte van de referentie licht toeneemt, omdat de dijken in Alternatief 1 meer worden verhoogd dan in de referentie het geval zou zijn geweest, als gevolg van het stopzetten van de bodemerosie. In het IRM beleidsalternatief 2 bedraagt de reductie van het overstromingsrisico in 2050 € 3,6 miljoen voor de Maas en € 1,9 miljoen per jaar voor de Rijn. Voor beleidsalternatief 3 gaat het om respectievelijk € 8,1 miljoen en € 4,1 miljoen per jaar.

Tabel 5.18: Reductie van het overstromingsrisico in 2050 ten opzichte van het nulalternatief, Maas (miljoen € per jaar, prijspeil 2021)

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Totaal	-0,8	3,6	8,1

Tabel 5.19: Reductie van het overstromingsrisico in 2050 ten opzichte van het nulalternatief, Rijn (miljoen € per jaar, prijspeil 2021)

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Totaal	-0,2	1,9	4,1

5.3.5 Reductie kosten dijkversterking HWBP

In het IRM nulalternatief wordt de hoogwaterveiligheid geborgd door middel van dijkversterkingsprojecten die uitgevoerd worden binnen het HWBP. In het nulalternatief is voor de versterkingsopgave tot 2050 een totaal bedrag aan investeringen geraamd van € 7,1 miljard, waarvan € 1,7 miljard voor de Maas en € 5,4 miljard voor de Rijntakken (Deltares, 2022). Dit is het bedrag dat nodig is om zowel aan de huidige waterveiligheidsnormen als aan de toekomstige klimaatopgave (volgens het scenario Stoom) te voldoen. Dit bedrag is door Deltares berekend met het model OKADER (Van Vuren e.a., 2017).²⁶

Rivierverruimende maatregelen in IRM reduceren de totale dijkversterkingsopgave van het HWBP, doordat de in de toekomst te verwachten hoogwaterstanden worden gereduceerd. Om deze besparing te ramen, is een aantal aanvullende berekeningen gemaakt met OKADER (zie Bijlage H). Hierin is nagegaan hoeveel van de toekomstige dijkversterkingskosten kunnen worden bespaard wanneer de toekomstige hoogwaterstanden lager uitvallen dan de waterstanden die zijn aangenomen in het nulalternatief. In deze berekeningen is er van uitgegaan dat van dijkprojecten die al voor 2029 in het HWBP worden uitgevoerd, de levensduur wordt verlengd als gevolg van de rivierverruimende maatregelen van IRM. Voor projecten die die

²⁶ OKADER is het instrument Opgave en Kosten Analyse Dijken En Rivierverruiming. Dit instrument van RWS-WVL wordt veelvuldig toegepast voor het berekenen van de omvang van de vermeden dijkversterkingskosten als gevolg van rivierverruiming.

vanaf 2029 worden uitgevoerd, is ervan uitgegaan dat als gevolg van IRM ook de daadwerkelijke omvang kan wordt gereduceerd.^{27,28}

Tabel 5.20 en Tabel 5.21 geven de reductie van de kosten van dijkversterking van de Rijn en Maas bij de verschillende IRM beleidsalternatieven. Let op dat het hier, in tegenstelling tot de eerdere batenposten, niet om de verwachte besparing per jaar gaat in het jaar 2050, maar om de totale contante waarde inclusief de contante waarde van beheer en onderhoud van 0,5% per jaar.

Tabel 5.20: Contante waarde van de reductie van de kosten van dijkversterking, Maas (miljoen €, prijspeil 2021)

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Totaal	-44	251	545

Tabel 5.21: Contante waarde van de reductie van de kosten van dijkversterking, Rijn (contante waarde, miljoen €, prijspeil 2021)

	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Totaal	-101	495	939

Merk op dat in alternatief 1 de dijkversterkingskosten in vergelijking met de referentie toenemen, doordat de voortgaande bodemerrosie – die gunstig is vanuit het perspectief van hoogwaterveiligheid – in dit alternatief wordt gestopt en de klimaatopgave (net als in het nulalternatief) volledig door dijkversterking wordt gerealiseerd. Zie ook de eerdere discussie en figuren in paragraaf 4.3.2.

In alternatief 2 wordt er circa € 0,25 miljard contante waarde aan dijkversterkingen bespaard langs de Maas, en circa € 0,5 miljard langs de Rijn. In alternatief 3 gaat het om een bedrag van circa € 0,5 miljard langs de Maas en € 0,9 miljard langs de Rijn.

5.3.6 Baten van natuur

Bij het bepalen van de natuurbaten in een MKBA wordt er over het algemeen een onderscheid gemaakt tussen ecosysteemdiensten en biodiversiteit (Klooster e.a., 2018).

Waardering van biodiversiteit

Biodiversiteit wordt in de Nederlandse MKBA praktijk niet in geld gewaardeerd, omdat dit als een weinig zinvolle exercitie wordt ervaren en hiervoor geen goede methode beschikbaar is. Als alternatief voor een waardering in geld, wordt daarom in Nederland voor het gebruik in MKBA's de zgn. natuurpuntenmethodiek van het PBL aanbevolen. Deze methodiek berekent

²⁷ In Bijlage H zijn de (besparingen) in de dijkkosten berekend voor waterstanden die 10 tot 70 cm lager liggen dan in het nulalternatief, waarbij gewerkt is in stappen van 10 cm. Voor tussenliggende waterstandsverlagingen is in de KKBA geïnterpoleerd. In Bijlage H zijn geen berekeningen gemaakt de investeringskosten bij hogere waterstanden, die tot extra investeringskosten leiden. De extra kosten voor hogere waterstanden in de KKBA zijn daarom (in absolute zin) gelijk verondersteld aan de kostenreductie bij lager waterstanden.

²⁸ De contante waarde van de kostenbesparing blijft nagenoeg gelijk wanneer er enkel uitgegaan wordt van levensduurverlenging i.p.v. het reduceren van de omvang (dimensies). Dit betekent dat de baten als gevolg van het besparen van dijkversterkingskosten met name optreden na 2050. Zie Bijlage H.

een indicator voor de waarde van biodiversiteit op basis van areaal, kwaliteit, en een weegfactor die de relatieve bedreiging van het ecosysteem of natuurtype aangeeft.

Het gebruik van de PBL natuurpuntenmethodiek biedt met name enig houvast wanneer er keuzes voorliggen ten aanzien van beleidsvarianten met verschillende doelen of effecten op het gebied van biodiversiteit. Voor de drie IRM beleidsvarianten geldt echter dat de ingeschatte effecten op biodiversiteit voor alle 3 IRM beleidsvarianten ongeveer dezelfde is.²⁹ Inzetten van de natuurpuntenmethodiek heeft dan geen of slechts een beperkte meerwaarde. Vanuit dit perspectief is in overleg met de opdrachtgever besloten deze methodiek binnen de KKBA IRM niet verder in te zetten.

Ecosysteemdiensten

Natuurlijke ecosystemen leveren ook verschillende diensten waar mensen direct of indirect welvaart aan ontleen en die wel in een MKBA gewaardeerd en in geld uitgedrukt kunnen worden. Een gebruikelijk onderscheid bij deze ecosysteemdiensten is het onderscheid tussen productiediensten (zoals voedsel, hout of water), regulerende diensten (zoals kustbescherming en bodemvruchtbaarheid) en culturele diensten (zoals culturele betekenis, ruimtelijke ervaring, recreatie en esthetisch genot). Zie ter illustratie het volgende tekstkader.

Ecosysteemdiensten in de MKBA Ruimte voor Levende Rivieren

In de MKBA Ruimte voor Levende Rivieren (RvLR) zijn de kosten en baten van een integrale visie voor het riviertraject Midden-Waal verkend (Wienhoven e.a., 2021). In het RvLR alternatief zijn voor ca. 2.000 ha nieuwe natuur onder andere de volgende ecosysteemdiensten gekwantificeerd en gemonetariseerd:

Grondwater	€ 4 miljoen contante waarde
Woonfunctie	€ 12 miljoen contante waarde
Recreatie	€ 56 miljoen contante waarde
Koolstofvastlegging	€ 12 miljoen contante waarde
Zuiverende functie	€ 41 miljoen contante waarde

Het totaal van deze ecosysteemdiensten is volgens de MKBA € 125 miljoen contante waarde. Dit komt overeen met een gemiddelde van € 62.500,- per ha.

Binnen de gegeven randvoorwaarden voor de KKBA IRM is het niet mogelijk om de ecosysteemdiensten op een grofstoffelijke wijze te kwantificeren en te monetariseren. In het KKBA overzicht met kosten en baten van de alternatieven wordt daarom enkel het totale PAGW areaal als PM-batenpost vermeld.³⁰ Voor de overige (kwalitatieve) effectbeschrijving voor natuur wordt verwezen naar de planMER voor IRM.

²⁹ Temeer omdat binnen IRM enkel van de PAGW opgave het areaal natuur ook daadwerkelijk geïdentificeerd kan worden. Kwantitatieve effecten van natuur buiten het PAGW areaal zijn onbekend.

³⁰ Zowel internationaal als nationaal ligt er een grote opgave voor het beschermen en herstellen van natuur en biodiversiteit. Het realiseren van de PAGW natuuropgave in het rivierengebied levert hier een bijdrage aan. In de context van de KKBA IRM kan echter geen uitspraak gedaan worden over de effectiviteit om deze opgave via de PAGW rivieren te realiseren (in vergelijking met andere mogelijkheden voor natuur- en biodiversiteitsherstel).

5.3.7 Stopzetten van delfstoffenwinning uit het zomerbed

Als onderdeel van de drie IRM alternatieven wordt de netto onttrekking (winning) van delfstoffen uit het zomerbed stopgezet. Dit betreft een relatief klein gedeelte van de totale delfstoffenwinning die vrijkomt in het kader van het beheer en onderhoud van het zomerbed;³¹ grootschalige winning vindt hoofdzakelijk in het winterbed plaats. Bij het stopzetten van de netto onttrekking dient, in plaats van het gebaggerde materiaal te vermarkten, het materiaal nu (elders) in het systeem te worden teruggestort.

Het stopzetten van deze delfstoffenwinning heeft zowel positieve als negatieve effecten (kosten en baten). Deze kunnen – mede door het ontbreken van betrouwbare gegevens – niet op een eenvoudige wijze worden geraamd. Het ligt echter in de lijn der verwachting dat, als onderdeel van de alternatieven, de baten van het stopzetten groter zijn dan de kosten. Immers, binnen de IRM alternatieven betekent stopzetten (a) dat RWS in de toekomst minder kosten hoeft te maken voor het handhaven dan wel omhoog brengen van de bodem. Dit zijn de baten. Tegelijkertijd betekent de verplichting tot terugstorten van het materiaal dat (b) een door RWS ingehuurde baggeraar of hogere kosten bij RWS in rekening zal brengen, omdat hij het zand en grind zelf niet meer mag vermarkten, of dat bestaande concessiehouders die al het recht hebben om bepaalde delen van het rivierbed op diepte houden, zonder de verplichting het gebaggerde materiaal terug te storten (zoals eigenaars/gebruikers van havens en loswallen), hierdoor nadeel ondervinden en mogelijk een claim bij RWS indienen. Dit zijn de kosten. Het ligt voor de hand dat (a) > (b). Immers, stopzetten betekent ook minder af- en aanvoer en opslag van de delfstoffen en derhalve lagere totale kosten. Ook de bijkomende milieukosten als gevolg van het transport zijn lager door de afname van het aantal vervoersbewegingen. Het stopzetten van de delfstoffenwinning komt verder niet meer terug in de KKBA. Daarom is deze in de overzichtstabel (Tabel 5.1) met een lichtgele kleur weergegeven.

5.3.8 Kabels en leidingen; stabiliteit oevers en kunstwerken; beheer en onderhoud

Op basis van de op dit moment beschikbare informatie en uitgevoerde analyses, zoals het door Deltares doorgerekende nulalternatief, kan niet de conclusie getrokken worden dat de kosten voor het afdekken van kabels en leidingen, de kosten van instabiele oevers en kunstwerken, alsmede het beheer en onderhoud ten behoeve van rivierfuncties in het algemeen, in het nulalternatief in de toekomst significant zullen toenemen door oorzaken zoals voortschrijdende bodemerrosie, watertekort of hoogwaters. Ook zijn er – voor zover ons bekend – bij RWS geen gegevens voorhanden die een indicatie geven in welke mate het beheer en onderhoud van het rivierbed sinds de jaren 1980 toegenomen is als gevolg van voortschrijdende bodemerrosie. In het overzicht van kosten en baten worden ze daarom als een PM-post aangeduid.

³¹ Voor de Rijntakken gaat het om ca. 200.000 m³ per jaar, waarvan 100.000 m³ op de Waal. Vergelijkbare gegevens voor de Maas zijn niet bekend. Naast deze geregistreerde onttrekkingen vinden er ook niet-geregistreerde onttrekkingen plaats. Zie ook Bijlage L.

6 Kosten en baten van IRM beleidsalternatieven

In dit hoofdstuk worden de in het vorige hoofdstuk besproken kosten en baten van de drie IRM beleidsalternatieven met elkaar geconfronteerd. Het hoofdstuk begint met een korte opsomming van de belangrijkste uitgangspunten die daarbij zijn gehanteerd.

6.1 Uitgangspunten

Het overzicht van de kosten en baten van de drie IRM beleidsalternatieven die gepresenteerd worden in dit hoofdstuk, zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

- kosten en baten zijn bepaald door het vergelijken van de effecten van het IRM alternatief met de effecten die optreden in het nulalternatief;
- voor de ontwikkelingen van de huidige situatie naar het jaar 2050 is uitgegaan van het Deltascenario Stoom: een combinatie van snelle klimaatverandering en hoge economische groei. Daarnaast is een reflectie opgenomen hoe de resultaten er uit zouden kunnen zien wanneer het Deltascenario Rust – een combinatie van langzame klimaatverandering gecombineerd met lage economische groei – zou zijn gehanteerd;
- alle kosten en baten zijn prijspeil 2021 en zijn inclusief btw; en
- de contante waarde van de kosten (inclusief de bespaarde dijkversterkingskosten) zijn berekend op basis van een discontovoet van 1,6% per jaar. Voor baten geldt een discontovoet van 2,25% per jaar (Werkgroep Discontovoet, 2020). De contante waarden zijn teruggerekend naar het basisjaar 2025.

Met betrekking tot de fasering van de maatregelen (dat wil zeggen, het moment waarop ze worden verondersteld te worden uitgevoerd), geldt in de KKBA het volgende:

- alle maatregelen worden verondersteld gelijkmatig te worden uitgevoerd in de periode tussen 2029 en 2050. Zowel de kosten als baten nemen hierdoor gedurende deze periode geleidelijk toe, elk jaar met 4,5 procentpunt ($=1/22$), totdat in 2050 de maatregelen volledig zijn geïmplementeerd. De investeringen zijn dan afgerond en de volledige baten worden dan gerealiseerd;
- contante waarden van kosten en baten worden bepaald over een 'oneindige' periode, waarbij er van uitgegaan wordt dat deze na het jaar 2050 niet meer veranderen. Immers, mits goed beheerd en onderhouden, hebben de maatregelen die meegenomen worden in IRM, een min of meer 'oneindige' levensduur, maar zullen er na 2050 waarschijnlijk wel aanvullende maatregelen nodig zijn om nieuwe of aanvullende opgaven het hoofd te bieden. In de MKBA praktijk wordt vaak een 'oneindige' periode geoperationaliseerd door kosten en baten nog 100 jaar na realisatie mee te nemen. Voor IRM betekent dit, dat zowel de baten als de kosten van beheer en onderhoud tot 2150 worden meegerekend, waarbij deze constant worden verondersteld over de periode 2050-2150.³²

³² Dit is in lijn met het advies van RWS/SEE. Zie ook <https://www.rwseconomie.nl/documenten/publicaties/2021/maart/29/toepassing-mkba-methodiek>

- Een uitzondering op het voorgaande punt zijn de bespaarde externe milieukosten voor de binnenvaartsector. Omdat ervan uitgegaan wordt dat deze in 2050 klimaatneutraal en emissievrij is, worden de bespaarde milieukosten enkel meegenomen tot het jaar 2050.

Van nominale naar contante waarde

In hoofdstuk 5 zijn verschillende kosten- en batenposten besproken. De meeste hiervan betreffen zgn. 'nominale waarden' van eenmalige of jaarlijks terugkerende bedragen. Nominaal wil hier zeggen dat er geen rekening gehouden wordt met het moment waarop de kosten of baten optreden, bijvoorbeeld in 2030 of 2050. Wel zijn alle nominale waarden uitgedrukt in hetzelfde prijspeil – dat van 2021. In een MKBA worden alle toekomstige kosten en baten echter teruggerekend naar het nu, dit wordt een contante waarde genoemd. Toekomstige kosten en baten krijgen daardoor een lager gewicht dan kosten en baten in het heden. Dit gewicht wordt bepaald door de zgn. discontovoet.

Ten behoeve van de KKBA zijn een aantal factoren afgeleid die de berekeningen van contante waarden vereenvoudigen.

Investeringskosten

De contante waarde van de investeringskosten worden in de KKBA berekend als $0,79 \times$ de nominale waarde. Als voorbeeld, voor een investering van € 1 miljoen wordt, als gevolg van gelijkmatige spreiding over de periode 2029-2050 (22 jaar) de contante waarde in 2025 opgenomen als € 0,79 miljoen.

Kapitalisatiefactor jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud

Een kapitalisatiefactor geeft aan met welke factor jaarlijkse gelijkblijvende kosten en baten moeten worden vermenigvuldigd om de contante waarde te berekenen. De kapitalisatiefactor voor de jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud (als percentage van de nominale waarde van de investeringskosten) bedraagt afgerond een factor 53 (op basis een discontovoet van 1,6% en een analyseperiode van 121 jaar (2029-2150)). Als voorbeeld, voor een investering van € 1 miljoen met een jaarlijkse percentage van beheer en onderhoud van 0,5% is de contante waarde van het beheer en onderhoud van deze investering $0,5\% \times € 1 \text{ miljoen} \times 53 = € 0,27 \text{ miljoen}$. Als ook rekening gehouden wordt met de fasering van de investeringskosten (en dus dat de kosten van beheer en onderhoud niet meteen volledig hoeven te worden gemaakt, maar geleidelijk toenemen in de periode 2029-2050), dan neemt de kapitalisatiefactor af tot een factor 42 ($=0,79 \times 53$).

Kapitalisatiefactor jaarlijkse baten

De kapitalisatiefactor voor de gemonetariseerde baten (als factor van de baat die de strategie vanaf 2050 jaarlijks oplevert) bedraagt afgerond een factor 30. Hierbij is uitgegaan van een discontovoet van 2,25%; een geleidelijke implementatie tussen 2029-2050 en een constant bedrag tussen 2051-2150. Als voorbeeld, als de baat van een maatregel in 2050 € 0,5 miljoen per jaar bedraagt, dan is – al rekening houdend met de fasering over de eerste 22 jaar – de contante waarde van deze baat gelijk aan $30 \times € 0,5 \text{ miljoen} = € 15 \text{ miljoen}$. Merk op dat bij de kapitalisatiefactoren voor de baten uitgegaan is van de baten in het jaar 2050 en er geen correctie is uitgevoerd voor de toename van de baten tussen 2029 en 2050 als gevolg van economische groei. Dit betekent dat de baten in de periode 2029-2050 enigszins worden overschat. Omdat het grootste deel (ca 75%) van de kapitalisatiefactor bepaald wordt door de baten vanaf 2050 (die vanaf 2050 ook constant verondersteld worden), maakt dit echter nauwelijks een verschil voor de uitkomsten in de KKBA.

6.2 Resultaten van de kengetallen kosten-batenanalyse

6.2.1 Analysevarianten

Vanwege de spreiding in de kosten van het bodemherstel (als gevolg van de 2 bodempakketten, zie paragraaf 5.2.3) en de sterk uiteenlopende inschattingen van de baten voor de binnenvaart (zie paragraaf 5.3.1), worden de resultaten van de KKBA naast elkaar gepresenteerd voor 2 analysevarianten, aangeduid als analysevariant A en analysevariant B.

- Variant A, waarin de kosten voor bodemherstel zijn gebaseerd op het bodempakket 2, en de baten voor de scheepvaart zoals berekend door Ecorys;
- Variant B, waarin de kosten voor bodemherstel zijn gebaseerd op bodempakket 1, en de baten voor de scheepvaart gebaseerd op de analyses van 'Deltares'.

De keuze van deze twee analysevarianten (uit de vier mogelijke combinaties van de kosten voor bodemherstel en scheepvaarbaten) is gebaseerd op de wens om met name voor IRM alternatief 2 voor de Rijn een onder- en bovengrens inschatting van het maatschappelijk rendement te bepalen. Zoals later uit de uitkomst van de KKBA zal blijken, blijkt dat voor dit alternatief het meest relevant te zijn.

6.2.2 KKBA Maas

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de **contante waarde** van de verschillende kosten en batenposten voor de 3 IRM beleidsalternatieven voor de Maas, voor zowel de analysevarianten A als B.

Volgens analysevariant A zijn de totale kosten € 2,1 miljard voor alternatief 1, € 3,8 miljard voor alternatief 2 en € 5,1 miljard voor alternatief 3. De in geld uitgedrukte baten die hier tegenover staan, zijn relatief gering: € 0,2 miljard voor alternatief 1, € 1,0 miljard voor alternatief 2 en € 1,8 miljard voor alternatief 3. Per saldo leidt dit tot een negatief resultaat van € -1,9 miljard voor alternatief 1, € -2,8 miljard voor alternatief 2 en € -3,2 miljard voor alternatief 3.

De uitkomsten voor variant B wijken niet veel af van die van A. In dit geval zijn de totale kosten € 2,0 miljard voor alternatief 1, € 3,4 miljard voor alternatief 2 en € 5,2 miljard voor alternatief 3. De in geld uitgedrukte baten die hier tegenover staan zijn relatief gering: € 0,1 miljard voor alternatief 1, € 0,9 miljard voor alternatief 2 en € 1,8 miljard voor alternatief 3. Per saldo leidt dit tot een negatief resultaat van € -1,8 miljard voor alternatief 1, € -2,5 miljard voor alternatief 2 en € -3,4 miljard voor alternatief 3.

Het saldo van kosten en baten voor bodemherstel middels suppleties (bodempakket 1; variant B) lijkt voor alternatief 1 en 2 iets gunstiger dan die van bodemherstel door middel van rivierverruiming (bodempakket 2, variant A). Voor alternatief 3 lijkt, vanwege de relatief hoge synergievoordelen, het saldo op basis van bodempakket 2 (variant A, rivierverruiming) iets gunstiger. De verschillen zijn echter relatief gering. De hogere kosten van rivierverruiming ten behoeve van bodemherstel lijken zich grotendeels of geheel terug te verdienen door de synergie met afvoercapaciteit.

De negatieve saldi van de kosten-en baten dienen in het licht geplaatst te worden van de niet-in-geld uitgedrukte effecten die onder aan de tabel als PM-post zijn opgenomen. Het gaat dan om de ecosysteemdiensten en toename van de biodiversiteit op een areaal van ca. 10.400 ha (PAGW), om de vermeden kosten van beheer en onderhoud en vermeden herstelkosten als gevolg van het stopzetten van de huidige bodemerosie, en om een aantal andere milieu- en natuureffecten zoals die zijn opgenomen in de planMER (zie voor een nadere toelichting paragraaf 6.3 en de planMER).

Tabel 6.1: Kosten en baten van 3 IRM beleidsalternatieven voor de Maas (contante waarde, miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'			Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
KOSTEN						
Afvoercapaciteit						
t.b.v. Compensatie PAGW	1.011	1.011	1.011	1.011	1.011	1.011
t.b.v. Klimaat	-	1.314	2.628	-	1.314	2.628
t.b.v. Compensatie bodemligging	-	-	367	-	-	367
t.b.v. Systeemopgave Maas	-	360	360	-	360	360
Totale kosten afvoercapaciteit	1.011	2.686	4.366	1.011	2.686	4.366
Bodemherstel						
Langsdammen	-	-	-	-	-	-
Rivierverruiming	427	1.578	1.860	-	767	854
Initiële suppleties	-	-	145	-	-	145
Jaarlijkse suppleties	30	-	-	45	30	80
Totale kosten bodemherstel	457	1.578	2.004	45	797	1.079

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'			Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
PAGW						
Verwerving en inrichting	471	471	471	471	471	471
Vergraving	448	451	425	448	451	425
Totale kosten PAGW	919	922	895	919	922	895
Synergie						
Synergie afvoercapaciteit-bodemherstel	-288	-1.147	-1.798	-	-767	-854
Synergie verwerving en inrichting	-87	-273	-405	-51	-213	-307
Synergie vergraven	-38	-159	-244	-38	-159	-244
Totaal synergie	-414	-1.579	-2.448	-89	-1.139	-1.405
Milieukosten	99	180	241	94	163	247
TOTAAL KOSTEN *)	2.073	3.786	5.059	1.980	3.429	5.182
BATEN						
Reductie scheepvaartkosten						
Vaarkosten NL	-	-	-	-	-	-
Vaarkosten internationaal	-	-	-	-	-	-
Emissies	-	-	-	-	-	-
Totale reductie scheepvaartkosten	-	-	-	-	-	-
Reductie droogteschade						
Landbouw	-	-	-	-	-	-
Pompkosten	-	-	-	-	-	-
Totale reductie droogteschade	-	-	-	-	-	-
Zelfrealisatie	227	668	1.048	200	583	1.036
Reductie overstroomingsrisico	-23	109	240	-23	109	240
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP	-44	251	545	-44	251	545
TOTAAL BATEN	160	1.027	1.833	132	942	1.821
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-1.913	-2.759	-3.227	-1.848	-2.487	-3.362
PM-POSTEN						
Ecosysteemdiensten en toename biodiversiteit (PAGW)				10.400 ha		
Vermeden beheer en onderhoud, herstelkosten				PM		
Overige effecten uit de planMER	Dit betreft onder meer de (veelal) <u>positieve</u> effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/ verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal) <u>negatieve</u>) effecten/op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe. In de planMER zijn deze enkel kwalitatief (op een schaal van -- tot ++) bepaald. Zie voor een verder toelichting paragraaf 6.3.					

*) exclusief de kosten voor de overige opgaven voor afvoercapaciteit

Het negatieve saldo van de kosten-batenanalyse per hectare (PAGW) natuur bedraagt in IRM beleidsalternatief 1 gemiddeld ca. € 180.000,-- per hectare nieuwe of verbeterde natuur. Dit bedrag lijkt relatief hoog in vergelijking met de kosten per hectare in andere natuurprojecten, zoals die verzameld zijn door Oerlemans e.a. (2021), die uitkomt op een gewogen gemiddelde van € 34.000 per ha (zie Tabel 6.2, kolom 8).³³ Daarmee is niet gezegd dat deze hectares natuur ook onderling vergelijkbaar zijn en is ook onduidelijk welke conclusie hieraan verbonden mogen worden. In de beleidsalternatieven 2 en 3 zijn de kosten (negatieve saldi van kosten-baten) zo rond de € 250.000,-- á € 300.000,-- per hectare.

Tabel 6.2: Kengetallen van verschillende Bouwen met Natuurprojecten

Project	Jaar	Uitvoering / type ontwerp	Ca. kosten aanleg [M euro]	Ca. meerkosten [M euro]	Ca. oppervlakte boven-water natuur (ha)	Type natuur (ZP; Zandplaat, D; Duinen, K; Kwelder, RO; Rietoevers, L; Lagune, M; Moeras)	Ca. kosten per ha [K euro]	Ca. kosten per km dijk [M euro]	Recreatiedruk	Bron
Zandmotor	2011	Schiereiland, vooroeversuppletie	50	20 ¹	100	ZP, D, L	200	-	Hoog	[2]
Houtribdijk	2012	Harde en zachte versterking, vooroeversuppletie	90	0	530	ZP, RO, L	0	3,6	Laag	[3]
Prins Hendrikzanddijk	2018	Langs bestaande dijk, duin/kwelder	55	12 ²	100	ZP, D, K	120	18,3	Gemiddeld	[4], [5]
Hondsbossche Duinen	2015	Langs bestaande dijk, duin	210	30	100	D, L	300	26,3	Gemiddeld	[6]
Veur-Lent	2015	Nevengeul, stadseiland	338	183	-	-	-	-	Hoog	[7]
Noordwaard	2014	Ontpoldering	365	71	4500	RO, M	1,6	-	Laag	[7]
Kierbesluit Haringvliet	2018	Natuurherstel zilte ecosystemen	75	-	1500 ³	-	50 ³	-	Laag	[8], [9]
Kop van Schouwen	2010	Duinherstel	5	-	800 ⁴	D	6 ⁴	-	Gemiddeld	[10]
Marker Wadden	2021	Aanleg eilanden, geulensysteem	90	-	500	ZP, RO, L	180	-	Hoog	[11]
Eiland Griend	2016	Natuurherstel, vooroeversuppletie	2	-	16	ZP, K	125	-	Laag	[12]
Hertogin Hedwigepolder	2023	Ontpoldering, geulensysteem, panorama heuvel	50	-	300	D,K,L	166	-	Laag	[13]

¹ Meerkosten zijn gelijkgesteld aan de kosten voor onderzoek en monitoring.
² Meerkosten zijn gelijkgesteld aan de subsidie van het Waddenfonds.
³ Getal is gelijk aan het aantal hectare onderwaternatuur.
⁴ Betreft duinherstel, wordt niet meegerekend in de beschouwing van de kosten.

Bron: Overgenomen uit Oerlemans e.a., H2O-Online / 27 mei 2021

<https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/effecten-en-kosten-van-bouwen-met-de-natuur-projecten>

³³ De kosten per ha in de getoonde tabel van Oerlemans e.a. zijn gemiddeld K€ 115, mediaan K€ 123; bandbreedte K€ 0 à 300; gewogen gemiddelde K€ 34. Dit zijn indicatieve waarden, zonder aanpassing van het prijspeil.

6.2.3 KKBA Rijntakken

In Tabel 6.3 worden voor de Rijn de kosten en baten van de 3 IRM beleidsalternatieven met elkaar vergeleken.

Het saldo van kosten en baten is voor alle 3 IRM beleidsalternatieven negatief. Voor analyse variant A bedraagt deze € -5,0 miljard voor alternatief 1, € -3,9 miljard voor alternatief 2 en € -8,4 miljard voor alternatief 3. Voor analyse variant B is deze € -4,5 miljard voor alternatief 1, en € -3,2 miljard voor alternatief 2 (inclusief de baten voor het buitenland). Voor alternatief 3 kan voor analyse variant B geen vergelijkbaar saldo worden berekend, omdat de scheepvaart baten voor dit alternatief door Deltares niet zijn bepaald.

Het meest opvallende in de KKBA voor de Rijn is het grote verschil in het saldo voor IRM beleidsalternatief 2 zoals dat berekend is voor de analyse varianten A en B. In beide analyse varianten van de KKBA komt alternatief 2 als (relatief) beste naar voren³⁴, maar het verschil is met name groot in analysevariant B met relatief grote baten voor de scheepvaart en lage kosten voor bodemherstel. In dit alternatief wordt uitgegaan van het vasthouden van de huidige bodemligging van 2018, een nadere analyse hiervan volgt in paragraaf 7.3.

Net als bij de Maas, dient het negatieve saldo voor de varianten voor de Rijn in het licht geplaatst te worden van de niet-in-geld uitgedrukte effecten die onder aan de tabel als PM-post zijn opgenomen. Het gaat dan om de ecosysteemdiensten en toename van de biodiversiteit op een areaal van ca. 23.400 ha, om de vermeden kosten van beheer en onderhoud en vermeden herstelkosten als gevolg van het stopzetten van de huidige bodemerosie, om mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkeling en om een aantal andere milieu- en natuureffecten zoals die zijn opgenomen in de planMER.

Per hectare natuur bedraagt het negatieve saldo van de KKBA zo rond de € 200.000,- voor alternatief 1, € 140.000 á € 190.000,- voor alternatief 2 en ca. € 340.000,- voor alternatief 3.

Tabel 6.3: Kosten en baten van 3 IRM beleidsalternatieven voor de Rijntakken

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'			Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
KOSTEN						
Afvoercapaciteit						
t.b.v. Compensatie PAGW	1.225	1.225	1.225	1.225	1.225	1.225
t.b.v. Klimaat	-	1.966	3.932	-	1.966	3.932
t.b.v. Compensatie bodemligging	377	-	1.086	377	-	1.086
t.b.v. Systeemopgave Maas	-	-	-	-	-	-
Totale kosten afvoercapaciteit	1.602	3.190	6.243	1.602	3.190	6.243
Bodemherstel						
Langsdammen	577	-	826	-	-	792
Rivierverruiming	288	636	1.506	-	375	768
Initiële suppleties	299	-	803	299	-	803
Jaarlijkse suppleties	130	-	-	160	75	330
Totale kosten bodemherstel	1.294	636	3.136	459	450	2.694

³⁴ Als we de niet in geld uitgedrukte posten in zijn geheel buiten beschouwing zouden laten, dan komt in feite het nulalternatief als beste naar voren omdat deze als enige geen negatief saldo heeft van kosten en baten.

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'			Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
PAGW						
Verwerving en inrichting	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134	1.134
Vergraving	1.451	1.468	1.354	1.451	1.468	1.354
Totale kosten PAGW	2.585	2.602	2.488	2.585	2.602	2.488
Synergie						
Synergie afvoercapaciteit- bodemerstel	-288	-636	-1.506	-	-375	-768
Synergie verwerving en inrichting	-129	-265	-550	-95	-234	-462
Synergie vergraven	-130	-508	-750	-130	-508	-750
Totaal synergie	-548	-1.410	-2.806	-225	-1.117	-1.980
Milieukosten	247	251	453	221	256	472
TOTAAL KOSTEN *)	5.179	5.269	9.513	4.641	5.381	9.917
BATEN						
Reductie scheepvaartkosten						
Vaarkosten NL	22	31	-35	12	485	NB
Vaarkosten internationaal	17	33	-58	9	515	NB
Emissies	16	28	-40	9	434	NB
Totale reductie scheepvaartkosten	55	91	-133	29	1.434	NB
Reductie droogteschade						
Landbouw	212	54	420	212	54	420
Pompkosten	-	-	-	-	-	-
Totale reductie droogteschade	212	54	420	212	54	420
Zelfrealisatie	45	131	290	45	131	290
Reductie overstromingsrisico	-7	57	123	-7	57	123
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP	-101	495	939	-101	495	939
TOTAAL BATEN	204	828	1.640	178	2.171	NB
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-4.976	-4.441	-7.873	-4.463	-3.210	NB
SALDO (BATEN-KOSTEN) (NL)	-4.993	-4.474	-7.816	-4.472	-3.725	NB
PM-POSTEN						
Ecosysteemdiensten en toename biodiversiteit (PAGW)					23.100 ha	
Vermeden beheer en onderhoud, herstelkosten					PM	
Overige effecten uit de planMER	Dit betreft onder meer de (veelal <u>positieve</u>) effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/ verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal <u>negatieve</u>) effecten/op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe. In de planMER zijn deze enkel kwalitatief (op een schaal van -- tot ++) bepaald. Zie voor een verder toelichting paragraaf 6.3.					

*) exclusief de overige opgaven voor afvoercapaciteit

6.3 Aanvullende effecten uit de planMER

In de planMER zijn de drie IRM beleidsalternatieven en het voorkeursalternatief (VKA) beoordeeld voor verschillende thema's op meerdere aspecten. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen thema's die vallen onder 'doelbereik' en onder 'overige milieueffecten'. Onder doelbereik vallen de thema's (/doelen) (i) veilige afvoer van water; (ii) dynamisch riviersysteem met robuuste riviernatuur (PAGW, KRW); (iii) robuuste waterbeschikbaarheid en (drink-) watervoorziening; (iv) vlot en veilig transport over water; en (v) ruimtelijke ontwikkeling van het rivierengebied waarbij bestaande kernkwaliteiten zijn behouden en versterkt. Onder de milieueffecten vallen voorts de thema's (vi) natuur; (vii) landschap, cultuurhistorie en archeologie; (viii) bodem en zout-indringing; (ix) scheepvaart; (x) gebruiksfuncties en (xi) duurzaamheid. Deze aspecten zijn in de planMER beoordeeld op een kwalitatieve schaal lopend van '- - ' tot en met '+ + '.

De thema's en aspecten uit de planMER overlappen voor een groot deel met de effecten die bekeken zijn in de KKBA, maar vullen deze ook voor een deel aan. De belangrijkste thema's/aspecten uit de planMER die én aanvullend op de KKBA zijn, én die onderscheidend tussen de alternatieven zijn, zijn samengevat in Tabel 6.4 (merk op dat in deze tabel ook al wordt vooruitgelopen op het VKA dat in hoofdstuk 8 beschreven wordt). Verder wordt opgemerkt dat de kleurcodering overeenstemt met die uit de planMER, maar dat in onderstaande tabel een aantal aspecten en de deelgebieden (voor de Rijn) zijn samengenomen. De wijze waarop dat samennemen is gedaan, is een interpretatie van de opstellers van de KKBA. Voor het volledige overzicht van de thema's en aspecten, inclusief de onderbouwing van de beoordeling, wordt verwezen naar het rapport van de planMER.

Tabel 6.4: Aanvullende aspecten op de KKBA afkomstig uit de planMER

Thema	Aspect	Rijntakken					Maas				
		1	2	3	VKA ondergrens	VKA bovengrens	1	2	3	VKA ondergrens	VKA bovengrens
iii. Robuuste waterbeschikbaarheid en (drink) water voorziening	Effect op laagwaterstanden (natuur en landbouw)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
vi. Ruimtelijke ontwikkeling van het rivierengebied waarbij bestaande kernkwaliteiten zijn behouden en versterkt	Ruimtelijke ontwikkelingen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Ruimtelijke kwaliteit	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+
vi. Natuur	Natura 2000, NNN en KRW	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
vii Landschap, cultuurhistorie en archeologie	Landschap	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Cultuur en archeologie	+	0	-	0	-	+	0	-	0	-
x Gebruiksfuncties	Wonen/werken	0	0	-	0	0	0	0	-	0	0
	Landbouw	+	0	0	0	0	0	0	-	0	-
	Overig	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Bron: Interpretatie Ecorys, op basis van planMER. Groen is positief (waarbij geldt hoe groener hoe beter) oranje/rood is negatief, grijs is neutraal.

Uit deze Tabeltabel volgt voor zowel de Rijntakken als de Maas dat met name alternatief 3 en het VKA-bovengrens een aantal aanvullende positieve effecten heeft, zoals de effecten op laagwaterstanden/grondwaterstanden (gunstig voor de natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling en ruimtelijke kwaliteit, Natuur 2000, NNN en KRW gebieden, landschap en overige gebruiksfuncties (zoals recreatie). Deze alternatieven scoren juist weer ongunstig voor de potententiele aantasting van cultuurhistorische en archeologische waarden, wonen/werken en landbouw. In de alternatieven 2 en VKA-ondergrens zijn deze positieve en negatieve effecten minder aanwezig, en in alternatief 1 is dit het minst het geval.

6.4 Onzekerheid

De uitkomsten van de KKBA zijn omgeven met een forse onzekerheid. Een klein deel van de onzekerheid ten aanzien van de kosten voor maatregelen voor het bodemherstel en de hoogte van de scheepvaartbaten is in de KKBA geadresseerd door het werken met twee analysevarianten (A en B). Desalniettemin bestaan er tal van andere bronnen van onzekerheid die hun oorsprong vinden in zaken als onvoldoende kennis over de precieze maatregelen en strategieën, de (on)nauwkeurigheid van modellen, en onzekerheid over de waarde van de gebruikte parameters en kengetallen. In de KKBA kan hier maar beperkt rekening mee worden gehouden.

In een eerdere fase van de KKBA is overwogen om de te presenteren getallen van de KKBA sterk af te ronden en/of om te werken met globale bandbreedtes voor alle kosten- en batenposten. Het werken met afgeronde getallen leverde echter onvoldoende inzicht op, met name bij het vergelijken van de onderlinge KKBA uitkomsten, waar niet zozeer absolute getallen, maar relatieve verschillen belangrijk zijn. Het werken met bandbreedtes bleek lastig te onderbouwen en niet direct tot andere conclusies of inzichten te leiden dan die op basis van een centrale waarde. Daarom is ook dit in de uiteindelijke KKBA achterwege gelaten.

Voor veel van de gepresenteerde kosten en batenposten lijkt een bandbreedte van -50% tot +100% een redelijke indicatie te geven van de onzekerheid die hierin besloten zit. Dergelijke bandbreedtes zijn niet ongebruikelijk bij vergelijkbare studies en kengetallen (zie onder meer Levelt en Prins, 2014; Eijsbergen e.a., 2019; Kind, 2011).

6.5 Gevoeligheidsanalyses

Er zijn twee gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.

6.5.1 *Discontovoet*

In de basisberekening is uitgegaan van een discontovoet van 1,6% voor kosten en 2,25% voor baten. In de gevoeligheidsanalyse is uitgegaan van een discontovoet van 2,0% voor kosten en 2,65% voor baten, conform het advies van de Werkgroep Discontovoet (voor het hoge scenario). Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat het effect het kosten-batensaldo van de IRM beleidsalternatieven beperkt te zijn en niet tot andere inzichten leidt.

6.5.2 Deltascenario Rust

In de basisberekening is uitgegaan van het Deltascenario Stoom, met snelle klimaatverandering en hoge economische groei, conform de analyse van Deltares voor het nulalternatief IRM.

Er is onvoldoende informatie beschikbaar om de KKBA ook volledig uit te voeren voor het Deltascenario Rust, met langzamere klimaatverandering en lagere economische groei. Wel zijn op onderdelen gevoeligheidsanalyses beschikbaar.

Klimaatopgave (hoogwater)

De klimaatopgave voor afvoercapaciteit die meegenomen is bij de ontwikkeling van de IRM beleidsalternatieven, is gebaseerd op het hoge klimaatscenario (Deltascenario Stoom). In het deltasenario Rust bedraagt deze opgave ongeveer de helft (Deltares 2022; p. 133). Wanneer de klimaatopgave zou halveren, dan levert dit lagere investeringskosten op van ca. € 0,6 à € 1,3 miljard voor de Maas en van ca. € 1 à € 2 miljard voor de Rijn (zie Tabel 5.12 en Tabel 5.13).

Scheepvaart

Bij een gematigder klimaatscenario (volgens het deltasenario Rust) neemt het aantal dagen dat de minimale waterdiepte niet wordt gehaald in de toekomst niet toe ten opzichte van de huidige situatie (Deltares, 2022a). Ook het aantal vaarbewegingen neemt in de toekomst in het deltasenario Rust minder toe dan in Stoom. Dit leidt in het deltasenario Rust tot beduidend minder baten voor de scheepvaart dan in het deltasenario Stoom.

Volgens de berekeningen van Ecorys nemen de baten voor de scheepvaart in IRM beleidsalternatief 1 (bodemplugging van 2000) af met ca. 80%, in IRM beleidsalternatief 2 (bodemplugging 2018) met ca. 60% en in IRM beleidsalternatief 3 (bodemplugging 1980) met ca. 30% (zie Bijlage G). Ook hier geldt dat de reductie van de transportkosten (baten) als gevolg van bodemherstel in het deltasenario Rust dus aanmerkelijk lager zal liggen dan die in Stoom.

Droogteschade

Bij gemaakte berekening is uitgegaan van het deltasenario Stoom. De kans op een watertekort neemt daarin toe van $1/50^{\circ}$ per jaar naar $1/9^{\circ}$ per jaar. Door voortschrijdende bodemerosie neemt deze kans toe tot ca. $1/5^{\circ}$ per jaar in 2050. Bij een gematigder klimaatscenario (deltascenario Rust) neemt de kans op watertekorten als gevolg van klimaatverandering ($1/50^{\circ}$ per jaar) in de toekomst niet toe. Door voortgaande bodemerosie verdubbelt deze kans in 2050 tot ca. $1/25^{\circ}$ per jaar in 2050 (Deltares, 2022a). De reductie van de droogteschade (baten) door bodemherstel zal in het deltasenario Rust aanmerkelijk lager liggen dan die in Stoom.

Conclusie

De gevoeligheidsanalyse voor het deltasenario Rust geeft aan dat (1) de opgave en kosten voor de klimaatopgave voor hoogwater lager uitvalt dan voor Stoom, en (2) dat de baten voor het herstel van de bodem significant lager uit zullen vallen dan die gepresenteerd in de berekeningen voor het deltasenario Stoom. Dat geeft het belang aan van het beoordelen van de alternatieven bij verschillende scenario's voor de toekomst dat in de huidige KKBA, gegeven de randvoorwaarden, niet heeft kunnen plaatsvinden.

Als aanvullend aandachtspunt geldt dat de huidige set van deltasenario's gedateerd is (de onderliggende klimaatscenario's zijn uit 2014), dat er eind 2023 nieuwe klimaatscenario's en in 2024 nieuwe economische scenario's worden verwacht en dat op basis daarvan nieuwe deltasenario's kunnen worden opgesteld.

7 Analyse van bouwstenen

7.1 Achtergrond

Vanuit de MKBA richtlijn is het gewenst om integrale beleidsalternatieven, plannen en projecten zoveel mogelijk te ontrafelen in onderdelen die in principe ook als een zelfstandig project zouden kunnen functioneren en worden uitgevoerd. Op deze wijze wordt inzicht verschaft in de kosten en baten van deze afzonderlijke onderdelen. Hierbij wordt het ook inzichtelijk in hoeverre er onrendabele onderdelen in de alternatieven zitten, die in de besluitvorming als het ware 'meeliften' op de wel rendabele, andere onderdelen. Tenslotte wordt het op deze manier duidelijk in welke mate synergie optreedt tussen de verschillende onderdelen – synergie die ontstaat door de integraliteit van het voorgestelde beleidsalternatief. Op basis van inzicht in de kosten en baten van de verschillende onderdelen (of bouwstenen) zou dan vervolgens een zo optimaal mogelijk voorkeursalternatief kunnen worden samengesteld.

7.2 Analyse van bouwstenen voor de Maas

In Tabel 7.1 zijn de kosten en baten van enkele losse bouwstenen (voor PAGW/natuur, bodemligging en afvoercapaciteit) van de IRM beleidsalternatieven voor de Maas gepresenteerd. Hierbij is steeds aangenomen dat geen van de andere bouwstenen wordt uitgevoerd.

Bij de bouwsteen 'PAGW' zijn er twee alternatieven doorgerekend, één waarbij er is aangenomen dat de compensatie van de verhoogde hoogwaterstanden door middel van het vergroten van de afvoercapaciteit wordt gerealiseerd, en één waarbij deze compensatie plaats vindt middels dijkverhoging.^{35,36} Deze laatste geeft de goedkoopste mogelijkheid om de PAGW als losse bouwsteen uit te voeren. De totale kosten (inclusief de kosten voor dijkversterking en de toename van het overstromingsrisico) voor de Maas zijn € 1,3 miljard. Per hectare natuur komt dit overeen met ca. € 130.000,-- per hectare. In combinatie met rivierverruiming als compenserende maatregel neemt het bedrag per ha toe tot circa € 170.000,--

De bouwsteen 'Bodem' is uitgewerkt voor de bouwsteen bodemligging van 2018 en bodemligging van voor de Maaswerken, voor beide analysevarianten A en B. Omdat er voor de Maas geen scheepvaartbaten zijn, wordt het verschil enkel bepaald door de kosten van het bodempakket. In analysevariant A is het saldo van de in geld gewaardeerde effecten voor beide varianten van de bouwsteen negatief, € -0,5 miljard voor het vasthouden van de bodem 2018 en € -1,8 miljard voor het verhogen van de bodem naar het niveau van voor de Maaswerken. In analysevariant B is het saldo € -0,1 miljard voor het vasthouden van de bodem 2018 en € -1,1 miljard voor het verhogen van de bodem naar het niveau van voor de

³⁵ Merk op dat doordat aan dezelfde opbouw is vastgehouden als die van de eerdere tabellen, de extra dijkversterkingskosten in dit geval zijn opgenomen als een negatieve baat.

³⁶ Deze compensatie van de waterstandstoename door middel van dijkverhoging is strijdig met de Beleidslijn Grote Rivieren en dient hier enkel een illustratief doel.

Maaswerken. Dit wijst erop dat het realiseren van het bodemherstel middels jaarlijkse suppleties (variant B, bodempakket 1) als losstaande opgave (dus zonder veel synergie) fors goedkoper is dan het realiseren van bodemherstel door middel van rivierverruiming (variant A, bodempakket 2).

Ten slotte geeft de tabel ook de kosten en baten voor twee varianten voor de bouwsteen 'Afvoercapaciteit ten behoeve van de Klimaatopgave'. Tegenover de kosten staan enige baten van delfstoffen (bij zelfrealisatie), een reductie van het overstromingsrisico en een reductie van de toekomstige kosten van dijkversterkingen. De overige baten (zoals natuur, ruimtelijke kwaliteit, recreatie) zijn in de KKBA niet in beeld gebracht. Het saldo van de wel in geld uitgedrukte kosten en baten is € -0,8 miljard en € -1,6 miljard.

Tabel 7.1: Kosten en baten van bouwstenen voor de Maas (contante waarde, miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	PAGW		Bodem		Bodem		Afvoer t.b.v. Klimaat	
	Afvoer	Dijken	Analyse variant A 2018	<MW	Analyse variant B 2018	<MW	50%	100%
KOSTEN								
Afvoercapaciteit								
t.b.v. Compensatie PAGW	1.011	-	-	-	-	-	-	-
t.b.v. Klimaat	-	-	-	-	-	-	1.314	2.628
t.b.v. Compensatie bodemligging	-	-	-	367	-	367	-	-
t.b.v. Systeemopgave Maas	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale kosten afvoercap.	1.011	-	-	367	-	367	1.314	2.628
Bodemherstel								
Langsdammen	-	-	-	-	-	-	-	-
Rivierverruiming	-	-	427	1.860	-	854	-	-
Initiële suppleties	-	-	-	145	-	145	-	-
Jaarlijkse suppleties	-	-	30	-	45	80	-	-
Totale kosten bodemherstel	-	-	457	2.004	45	1.079	-	-
PAGW								
Verwerving en inrichting	471	471	-	-	-	-	-	-
Vergraving	448	448	-	-	-	-	-	-
Totale kosten PAGW	919	919	-	-	-	-	-	-
Synergie								
Synergie afvoercapaciteit-bodemherstel	-	-	-	-367	-	-272	-	-
Synergie verwerving en inrichting	-51	-	-	-	-	-	-	-
Synergie vergraven	-38	-	-	-	-	-	-	-
Totaal synergie	-89	-	-	-367	-	-272	-	-
Milieukosten	92	46	23	100	2	59	66	131
TOTAAL KOSTEN	1.933	965	480	2.105	47	1.232	1.380	2.759

	PAGW		Bodem Analyse variant A		Bodem Analyse variant B		Afvoer t.b.v. Klimaat	
	Afvoer	Dijken	2018	<MW	2018	<MW	50%	100%
BATEN								
Reductie scheepvaartkosten								
Vaarkosten NL	-	-	-	-	-	-	-	-
Vaarkosten internationaal	-	-	-	-	-	-	-	-
Emissies	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale reductie scheepvaartkosten	-	-	-	-	-	-	-	-
Reductie droogteschade								
Landbouw	-	-	-	-	-	-	-	-
Pompkosten	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale reductie droogteschade	-	-	-	-	-	-	-	-
Zelfrealisatie	200	-	84	367	-	187	262	519
Reductie overstromingsrisico	-	-99	-23	-23	-23	-23	90	205
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP	-	-254	-44	-44	-44	-44	219	482
TOTAAL BATEN	200	-353	17	300	-67	120	571	1.206
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-1.733	-1.318	-463	-1.805	-114	-1.112	-809	-1.553

Noot: de zgn. PM-posten zijn in de tabel voor deze bouwstenen niet verder in beeld gebracht, o.a. omdat ook de planMER geen uitsplitsing geeft van de effecten naar de verschillende bouwstenen waaruit de beleidsstrategieën zijn opgebouwd.

7.3 Analyse van bouwstenen voor de Rijn

In Tabel 7.2 zijn de kosten en baten van verschillende losse bouwstenen (natuur/PAGW; bodem en afvoercapaciteit) van de IRM beleidsalternatieven voor de Rijn geraamd, waarbij steeds is aangenomen dat de andere bouwstenen niet worden uitgevoerd.

Bij de bouwsteen 'PAGW' zijn er, net als bij de Maas, twee alternatieven bekeken, een waarbij er is aangenomen dat de compensatie van de verhoogde hoogwaterstanden door middel van het vergroten van de afvoercapaciteit wordt gerealiseerd, en een waarbij deze compensatie plaats vindt middels dijkverhoging. Deze laatste geeft de goedkoopste mogelijkheid om de PAGW als losse bouwsteen uit te voeren; de totale kosten (inclusief de kosten voor dijkversterking en de toename van het overstromingsrisico) voor de Rijn zijn € 3,3 miljard. Per hectare natuur komt dit overeen met ca. € 140.000,-- per hectare. In combinatie met rivierverruiming als compenserende maatregel neemt het bedrag per ha toe tot ca. € 160.000,--

De bouwsteen 'Bodem' is uitgewerkt voor de bodemligging van 2000, 2018 en 1980 (zoals die voorkomen in de IRM beleidsalternatieven 1, 2 en 3, respectievelijk) voor analysevarianten A en B. In analysevariant A is het saldo van de in geld gewaardeerde effecten voor alle 3 varianten van de bouwsteen negatief, € -1,4 miljard voor het verhogen van de bodem naar de bodemligging van 2000, € -0,5 miljard voor het vasthouden van de huidige bodem, en € -3,1 miljard voor het verhogen van de bodem naar het niveau van 1980. In analysevariant B bedraagt het saldo € -0,7 miljard voor het verhogen van de bodem naar de bodemligging van 2000 en bedraagt deze € +1,0 miljard (positief) voor het vasthouden van de huidige bodem (incl. de baten voor buitenlandse verladers; exclusief de buitenlandse baten bedraagt het saldo € +0,5 miljard (positief)). Voor het herstellen van de bodemligging van 1980 kan geen saldo worden bepaald, aangezien de scheepvaartbaten door Deltares voor dit alternatief niet zijn bepaald.

Ten slotte geeft de tabel ook de kosten en baten voor twee varianten voor de bouwsteen 'Afvoercapaciteit ten behoeve van de Klimaatopgave'. Tegenover de kosten staan enige baten van delfstoffen (bij zelfrealisatie), een reductie van het overstromingsrisico en een reductie van de toekomstige kosten van dijkversterkingen. De overige baten (zoals natuur, ruimtelijke kwaliteit, recreatie) zijn in de KKBA niet in beeld gebracht. Het saldo van de wel in geld uitgedrukte kosten en baten is € -1,4 miljard en € -2,9 miljard.

Tabel 7.2: Kosten en baten van bouwstenen voor de Rijn (contante waarde, miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	PAGW		Bodem - Analyse variant A			Bodem - Analyse variant B			Afvoer t.b.v. Klimaat	
	Afvoer	Dijken	2000	2018	1980	2000	2018	1980	50%	100%
KOSTEN										
Afvoercapaciteit										
t.b.v. Compensatie PAGW	1.225	-	-	-	-	-	-	-	-	-
t.b.v. Klimaat	-	-	-	-	-	-	-	-	1.966	3.932
t.b.v. Compensatie bodemligging	-	-	377	-	1.086	377	-	1.086	-	-
t.b.v. Systeemopgave Maas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale kosten afvoercap.	1.225	-	377	-	1.086	377	-	1.086	1.966	3.932
Bodemherstel										
Langsdammen	-	-	577	-	826	-	-	792	-	-
Rivierverruiming	-	-	288	636	1.506	-	375	768	-	-
Initiële suppleties	-	-	299	-	803	299	-	803	-	-
Jaarlijkse suppleties	-	-	130	-	-	160	75	330	-	-
Totale kosten bodemherstel	-	-	1.294	636	3.136	459	450	2.694	-	-
PAGW										
Verwerving en inrichting	1.134	1.134	-	-	-	-	-	-	-	-
Vergraving	1.451	1.451	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale kosten PAGW	2.585	2.585	-	-	-	-	-	-	-	-
Synergie										
Synergie afvoercapaciteit- bodemherstel	-	-	-184	-54	-1.086	-	-54	-485	-	-
Synergie verwerving en inrichting	-73	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Synergie vergraven	-130	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal synergie	-203	-	-184	-54	-1.086	-	-54	-485	-	-
Milieukosten	180	129	74	29	157	42	20	165	98	197
TOTAAL KOSTEN	3.787	2.714	1.562	611	3.292	878	415	3.460	2.064	4.128

	PAGW		Bodem - Analyse variant A			Bodem - Analyse variant B			Afvoer t.b.v. Klimaat	
	Afvoer	Dijken	2000	2018	1980	2000	2018	1980	50%	100%
BATEN										
Reductie scheepvaartkosten										
Vaarkosten NL	-	-	22	31	-35	12	485	NB	-	-
Vaarkosten internationaal	-	-	17	33	-58	9	515	NB	-	-
Emissies	-	-	16	28	-40	9	434	NB	-	-
Totale reductie scheepvaartkosten	-	-	55	91	-133	29	1.434	NB	-	-
Reductie droogteschade										
Landbouw	-	-	212	54	420	212	54	420	-	-
Pompkosten	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale reductie droogteschade	-	-	212	54	420	212	54	420	-	-
Zelfrealisatie	28	-	17	34	60	17	18	55	82	165
Reductie overstromingsrisico	-	-43	-7	-7	-7	-7	-7	-7	57	123
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP	-	-532	-101	-101	-101	-101	-101	-101	495	939
TOTAAL BATEN	28	-575	175	71	240	150	1.398	NB	634	1.227
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-3.758	-3.289	-1.386	-540	-3.053	-728	982	NB	-1.430	-2.901
SALDO (BATEN-KOSTEN) (NL)	-3.758	-3.289	-1.403	-572	-2.995	-737	468	NB	-1.430	-2.901

Noot: de zgn. PM-posten zijn in de tabel voor deze bouwstenen niet verder in beeld gebracht, o.a. omdat ook de planMER geen uitsplitsing geeft van de effecten naar de verschillende bouwstenen waaruit de beleidsstrategieën zijn opgebouwd.

8 Beoordeling van het VKA

Het voorkeursalternatief voor IRM is indicatief vastgesteld door het kernteam van IRM, mede op basis van informatie over de effecten van de 3 IRM beleidsalternatieven afkomstig uit het planMER en op basis van informatie uit de KKBA. Dit VKA kent een eenduidige keuze voor de bodemligging: het handhaven van de huidige bodem (2018/2020) voor de Maas en het (op geërodeerde trajecten) herstellen van de bodem van het jaar 2000 voor de Rijn. Daarnaast voorziet het VKA voor de Maas en Rijn in het stopzetten van de sedimentonttrekking uit het zomerbed, en het VKA voor de Maas ook in faciliteren van de systeemopgave voor de Maas.

Op het gebied van natuur (PAGW) en het realiseren van afvoercapaciteit ten behoeve van de klimaatopgave en overige opgaven kent het VKA een ondergrens (25%) en bovengrens (100%).

Tabel 8.1 vat het VKA voor de Maas en Rijn samen.

Tabel 8.1: Voorkeursalternatief Maas en Rijn

			VKA	
			Ondergrens	Bovengrens
Maas	Natuur (PAGW) ¹⁾		25%	100%
	Bodemligging	Bodemherstel	Huidig niveau handhaven (bodem 2018)	
		Stopzetten sedimentonttrekking zomerbed	√	
	Afvoercapaciteit	Compensatie PAGW	√	
		Klimaatopgave	25%	100%
		Compensatie bodemligging	√	
		Systeemopgave Maas	√	
		Overige opgaven	25%	100%
Rijn	Natuur (PAGW) ¹⁾		25%	100%
	Bodemligging	Bodemherstel	Herstellen naar niveau bodem 2000	
		Stopzetten sedimentonttrekking zomerbed	√	
	Afvoercapaciteit	Compensatie PAGW	√	
		Klimaatopgave	25%	100%
		Compensatie bodemligging	√	
		Overige opgaven	25%	100%

¹⁾ Volgens de meest recente inzichten bedraagt het benodigde PAGW areaal 28.300 i.p.v. 33.500 hectare. Dit kon in de KKBA niet meer worden verwerkt.

Bron: op basis van email Corné de Leeuw, 28 februari 2023.

VKA Maas

De investeringskosten voor het VKA Maas zijn opgenomen in Bijlage M en bedragen in totaal tussen € 1,5 miljard (VKA-ondergrens) en € 5,6 miljard (VKA-bovengrens) (zie Tabel M1). Deze bandbreedte is groter dan de bandbreedte in de investeringskosten zoals die gepresenteerd is voor de 3 IRM beleidsalternatieven, die uiteenloopt van € 1,9 miljard (Alternatief 1) en € 5,7 miljard (Alternatief 3) (zie Tabel 5.12). Dit komt omdat in het VKA meer variatie zit tussen de mate waarin de PAGW wordt geïmplementeerd (25% tot 100% in het VKA, tegenover 100% in alle 3 beleidsalternatieven). Hierbij wordt nog opgemerkt dat in het proces om te komen tot het VKA, de samenstelling van de indicatieve maatregelen voor bodempakket 1 en 2 enigszins zijn aangepast (zie Bijlage C), maar dat dit nauwelijks invloed heeft op de totale kosten. Zowel in de ramingen van Alternatief 1 als van het VKA wordt de investering in bodemherstel middels rivierverruiming immers volledig 'terugverdiend' door synergievoordelen met afvoercapaciteit.

Ook het overzicht en saldo van kosten en baten van het VKA is opgenomen in Bijlage M (zie Tabel M3). De uitkomst voor de bovengrens van het VKA van € -3,2 miljard ligt erg dicht tegen dat van Alternatief 3 (€ -3,2 miljard tot € -3,3 miljard; zie Tabel 6.1). Aangezien het voornaamste verschil tussen het VKA-bovengrens en IRM beleidsalternatief 3 de grotere ambitie in alternatief 3 is op het gebied van bodemherstel, roept dit de vraag op of het VKA-bovengrens alternatief niet meer ambitie zou moeten tonen op dit vlak (omdat in dit geval de meerkosten van deze extra ambitie zeer gering zijn). Hiervoor is meer inzicht nodig in het verschil van baten tussen de bodem vasthouden op het niveau van 2020 en het teruggaan naar de bodemligging van voor de Maaswerken. Dit betreft effecten op de natuur die niet zijn opgenomen in de KKBA en die evenmin expliciet aan de orde zijn in het planMER (waarin enkel de effecten van de integrale IRM alternatieven en het totale VKA zijn onderzocht).

VKA Rijn

De investeringskosten voor het VKA Rijn zijn opgenomen in Bijlage M en bedragen tussen € 2,7 miljard (ondergrens) en € 10,7 miljard (bovengrens) (zie Tabel M2). Deze bandbreedte is groter dan de bandbreedte in de investeringskosten zoals die gepresenteerd is voor de 3 IRM beleidsalternatieven, die uiteenloopt van € 4,7 miljard en € 11,3 miljard (zie Tabel 5.12). Opgemerkt wordt dat in het proces om te komen tot het VKA, de samenstelling van de indicatieve maatregelen voor bodempakket 1 en 2 zijn aangepast (zie Bijlage C), maar dat dit maar beperkt invloed heeft op de totale kosten.

Ook het saldo van kosten en baten van het VKA is opgenomen in Bijlage M (zie Tabel M4). De uitkomst voor de bovengrens van het VKA van € -6,9 à -7,3 miljard ligt erg dicht tegen dat van Alternatief 3 (€ -7,8 miljard, zie Tabel 6.3). Het saldo van het VKA-ondergrens van € -2,3 à -2,8 miljard is niet goed vergelijkbaar met de saldi gepresenteerd in de KKBA voor de alternatieven, omdat hier een veel kleiner (25% i.p.v. 100%) deel van het totale natuurareaal wordt gerealiseerd.

Een belangrijke constatering is dat de KKBA de keuze in het VKA voor de Rijn om terug te gaan naar de bodemligging van 2000 niet direct ondersteunt: vanuit de KKBA heeft, op basis van de in geld uitgedrukte kosten en baten, het vasthouden aan de huidige bodemligging de voorkeur. De motivatie voor een de keuze van de bodemligging van 2000 zou dan gevonden moeten worden in de niet in geld uitgedrukte effecten, zoals die (deels) zijn beschreven in Tabel 6.4 en in de planMER.

9 Samenvatting en conclusies

9.1 Opgaven en oplossingen

Door klimaatverandering, bodemerosie en rivierkundige ingrepen uit het verleden spelen er in het rivierengebied meerdere uitdagingen die gerelateerd zijn aan hoogwaterbescherming, zoetwatervoorziening en natuur. Binnen IRM zijn daarom voor de Rijn en Maas op het niveau van het gehele riviersysteem 3 integrale beleidsalternatieven en een nulalternatief ontwikkeld met elk eigen ambitieniveau (of opgave) op het gebied van bodemligging, afvoercapaciteit/ klimaatopgave en natuurontwikkeling. De belangrijkste kenmerken van deze alternatieven zijn gegeven in Tabel 9.1.

Tabel 9.1: Belangrijkste kenmerken van de IRM beleidsalternatieven

		Nulalternatief	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Maas	Bodemligging	Voortgaande erosie	Huidig niveau handhaven (bodem 2018)	Huidig niveau handhaven (bodem 2018)	Herstellen naar niveau voor Maaswerken en ongedaan maken zomerbedverdieping
	Klimaatopgave	Middels dijkversterking (HWBP)	Middels dijkversterking (HWBP)	50% dijkversterking 50% rivierverruiming	100% rivierverruiming
	Natuur (PAGW)	Wordt niet uitgevoerd ¹⁾	100% uitvoering	100% uitvoering	100% uitvoering
Rijn	Bodemligging	Voortgaande erosie	Herstellen naar niveau bodem 2000	Huidig niveau handhaven (bodem 2018)	Herstellen naar niveau van jaar 1980 en ongedaan maken zomerbedverdieping uit Ruimte voor de Rivier
	Klimaatopgave	Middels dijkversterking (HWBP)	Middels dijkversterking (HWBP)	50% dijkversterking 50% rivierverruiming	100% rivierverruiming
	Natuur (PAGW)	Wordt niet uitgevoerd ¹⁾	100% uitvoering	100% uitvoering	100% uitvoering

¹⁾Met uitzondering van een aantal kleine projecten

In deze alternatieven worden – voor zover van toepassing – de effecten van het herstel van de bodemligging en het realiseren van nieuwe riviernatuur op de hoogwaterstanden middels rivierverruiming gecompenseerd. In IRM worden deze compensatie opgaven samen met de opgave voor rivierverruiming die volgt uit de verwachte klimaatverandering aangeduid met de term ‘afvoercapaciteit’. Mede op basis van inzicht in de verschillende effecten van deze alternatieven – in beeld gebracht in de planMER en KKBA – is een voorkeursalternatief (VKA) voor IRM opgesteld.

9.2 Kengetallen kosten-batenanalyse

Voor het POW-IRM is er een kengetallen-kostenbatenanalyse (KKBA) opgesteld; een globale analyse van kosten en baten. Hieraan zijn door de opdrachtgever de volgende randvoorwaarden meegegeven:

- In het POW-IRM worden geen concrete maatregelen voor specifieke problemen beoordeeld. In plaats daarvan worden beleidsalternatieven op het systeemniveau van de Rijn en Maas vastgesteld en beoordeeld, door te variëren met de afvoercapaciteit en bodemligging, en wordt nagegaan in welke mate hiermee gesignaleerde problemen worden opgelost.
- zowel de beleidsalternatieven, het nulalternatief als de probleemanalyse zijn door de opdrachtgever aangeleverd.
- de door de opdrachtgever aangeleverde probleemanalyse en het nulalternatief zijn enkel (volledig) doorgerekend voor het Deltascenario Stoom.

Deze randvoorwaarden komen voort uit het voortraject van IRM en de KKBA en golden mede in het licht van de korte doorlooptijd die beschikbaar was voor de uitvoering en oplevering van de KKBA van enkele maanden.

9.2.1 Kosten

De kosten voor afvoercapaciteit zijn gebaseerd op kengetallen afgeleid uit de kosten van rivierverruimende maatregelen zoals die zijn opgenomen in de Blokkendoos van het Deltaprogramma Rivieren. Ook de kosten van de PAGW natuur opgave zijn gebaseerd op kengetallen voor grondaankoop, inrichting en graafwerkzaamheden. De kosten voor het bodemherstel zijn tenslotte gebaseerd op de kosten voor sediment suppleties, langsdammen en bovenstaande rivierverruimende maatregelen.

Bij de uitwerking van de kosten voor het bodemherstel is gebruik gemaakt van twee zgn. ‘bodempakketten’. Hierdoor ontstaat een globale bandbreedte in de mogelijke kosten van het bodemherstel en mogelijkheden voor synergie. In het eerste pakket (bodempakket 1) ligt de nadruk op suppleties. Dit kan worden gekenmerkt als symptoombestrijding van bodemerrosie. In het tweede pakket (bodempakket 2) ligt de nadruk op rivierverruimende maatregelen, in combinatie met suppleties. Door de rivieren te verruimen, wordt de erosieve kracht (deels) uit de rivier gehaald. Dit pakket valt te typeren als oorzaakbestrijding van bodemerrosie.

Maas

Tabel 9.2 geeft de investeringskosten op basis van beide bodempakketten voor de Maas.

Tabel 9.2: Totale investeringskosten Maas (miljard €, prijspeil 2021, inclusief BTW)

	Op basis van bodempakket 1			Op basis van bodempakket 2		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
Afvoercapaciteit ¹⁾	1,0	2,6	4,3	1,0	2,6	4,3
Bodemherstel	- ²⁾	0,8	1,0	0,4	1,6	2,1
PAGW ³⁾	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Synergie ⁴⁾	-0,1	-1,1	-1,5	-0,4	-1,6	-2,5
SUBTOTAAL	1,9	3,3	4,9	2,0	3,7	4,8
Afvoercapaciteit t.b.v. compensatie overige opgaven ⁵⁾	-	0,3	0,9	-	0,3	0,9
TOTAAL	1,9	3,5	5,7	2,0	3,9	5,7

- 1) Dit betreft het totaal van de kosten voor de klimaatopgave, compensatie PAGW, compensatie bodemligging en systeemopgave Maas.
- 2) Deze wordt in zijn geheel middels jaarlijkse suppleties bereikt (m.a.w., dit zijn geen investeringskosten. De jaarlijkse kosten worden wel meegenomen in de KKBA).
- 3) Ten behoeve van de KKBA zijn het totale areaal en de kosten van de PAGW Rivieren op een pragmatische wijze gesplitst in een deel Rijn (23.100 ha) en een deel Maas (10.400 ha).
- 4) Met synergie wordt bedoeld op de te verwachten kostenvoordelen door de bovenstaande opgaven te combineren. De synergievoordelen zijn opgenomen als negatieve kostenpost.
- 5) Deze overige opgaven zijn niet specifiek genoeg om op te nemen in de KKBA. De kosten voor compensatie van het effect op de hoogwaterstand van deze overige opgaven maakt daarom geen onderdeel uit de KKBA.

De totale investeringskosten zijn, afhankelijk van het bodempakket, € 1,9 à 2,0 miljard voor alternatief 1, € 3,5 à 3,9 miljard voor alternatief 2 en € 5,7 miljard voor alternatief 3. De investeringskosten in afvoercapaciteit maken in elk alternatief ongeveer de helft of meer uit van de totale investeringskosten. Een belangrijk deel van de hogere kosten van bodempakket 2 (bestrijding van de oorzaak van bodemerosie d.m.v. rivierverruiming) ten opzichte van bodempakket 1 (symptoombestrijding van bodemerosie d.m.v. suppleties) verdient zich naar verwachting terug door synergie (kostenvoordelen) met de andere opgaven.

Rijntakken

Tabel 9.3 geeft de investeringskosten op basis van beide bodempakketten voor de Rijntakken.

Tabel 9.3: Totale investeringskosten Rijn (miljard €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Op basis van bodempakket 1			Op basis van bodempakket 2		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
Afvoercapaciteit ¹⁾	1,6	3,2	6,2	1,6	3,2	6,2
Bodemherstel	0,4	0,4	2,6	1,2	0,6	3,4
PAGW ²⁾	3,0	3,0	2,9	3,0	3,0	2,9
Synergie ³⁾	-0,3	-1,3	-2,2	-0,6	-1,6	-3,0
SUBTOTAAL	4,7	5,3	9,5	5,3	5,3	9,5
Afvoercapaciteit t.b.v. compensatie overige opgaven ⁴⁾	-	0,9	1,9	-	0,9	1,9
TOTAAL	4,7	6,3	11,4	5,3	6,2	11,3

- 1) Dit betreft het totaal van de kosten voor de klimaatopgave, compensatie PAGW en de compensatie bodemligging.
- 2) Ten behoeve van de KKBA zijn het totale areaal en de kosten van de PAGW Rivieren op een pragmatische wijze gesplitst in een deel Rijn (23.100 ha) en een deel Maas (10.400 ha).
- 3) Met synergie wordt bedoeld op de te verwachten kostenvoordelen door de bovenstaande opgaven te combineren. De synergievoordelen zijn opgenomen als negatieve kostenpost.
- 4) Deze overige opgaven zijn niet specifiek genoeg om op te nemen in de KKBA. De kosten voor compensatie van het effect op de hoogwaterstand van deze overige opgaven maakt daarom geen onderdeel uit de KKBA.

De totale investeringskosten zijn, afhankelijk van het bodempakket, € 4,7 à 5,3 miljard voor alternatief 1, € 6,2 à 6,3 miljard voor alternatief 2 en € 11,3 à 11,4 miljard voor alternatief 3. De investeringskosten in afvoercapaciteit en de PAGW maken in elk alternatief het grootste deel uit van de totale investeringskosten, met uitzondering van alternatief 3, bodempakket 2, waar de kosten voor bodemherstel het hoogst zijn. Een belangrijk deel van de hogere kosten van bodempakket 2 (oorzaakbestrijding d.m.v. rivierversuiming) ten opzichte van bodempakket 1 (symptoombestrijding d.m.v. suppleties) verdient zich in de alternatieven 2 en 3 naar verwachting terug door synergie met de andere opgaven. In alternatief 1 is dat niet het geval, doordat de opgave voor afvoercapaciteit hier beperkt is. In dit geval lijken suppleties (bodempakket 1) het meest efficiënte alternatief.

Naast bovenstaande investeringskosten zijn ook de (externe) milieukosten (emissies van schadelijke stoffen die vrijkomen bij de realisatie van de maatregelen), de jaarlijkse suppletiekosten en de jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud, op basis van globale aannames en kengetallen in de KKBA verwerkt.

9.2.2 Baten

De baten van de IRM beleidsalternatieven die in de KKBA in geld konden worden geraamd, bestaan uit een reductie van de scheepvaartkosten, een reductie van het zoetwatertekort (droogteschade) voor de landbouwsector, de netto baten van extra delfstoffenwinning (in de situatie dat een maatregel d.m.v. zelfrealisatie wordt gerealiseerd),³⁷ een reductie van het overstromingsrisico (als gevolg van lagere hoogwaterstanden bij rivierversuiming ten opzichte van dijkversterking bij een gelijkblijvende hoogwaterbeschermingsnorm), en een reductie van de toekomstige kosten van dijkversterkingen in het HWBP.

De baten die in de KKBA niet in geld uitgedrukt konden worden, zijn de baten van natuur (zowel biodiversiteit als ecosysteemdiensten)³⁸ en de eventueel lagere of vermeden kosten voor beheer en onderhoud en herstelkosten als gevolg van een stabielere rivierbodem.

Daarnaast zijn in de planMER ook nog effecten onderscheiden, die in zijn geheel niet in de KKBA zijn opgenomen en ook geen onderdeel uitmaken van de hierboven genoemde posten. Het betreft onder meer de (veelal) positieve effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal negatieve) effecten op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe.

³⁷ De opbrengst van delfstoffenwinning bij een 'normale' uitvoering van de maatregel wordt over het algemeen verwerkt als negatieve kostenpost in de kostenraming en wordt derhalve niet als afzonderlijke baat opgevoerd.

³⁸ In tegenstelling tot biodiversiteit kan van ecosysteemdiensten wel een monetaire waarde worden geraamd. De randvoorwaarden die gesteld zijn voor de KKBA IRM lieten dit echter niet toe.

9.2.3 Twee analysevarianten

Tijdens de uitwerking van de effecten voor de scheepvaartsector zijn (te) grote verschillen geconstateerd tussen de in het kader van deze studie berekende effecten voor de binnenvaart en de effecten voor de binnenvaart zoals die in een eerdere fase van IRM zijn berekend voor het nulalternatief door Deltares. Deze verschillen zijn besproken in een daartoe belegde werksessie, maar de oorzaken voor deze verschillen konden binnen de randvoorwaarden van de opdracht niet worden achterhaald en bleven daardoor onverklaard. Daarom is besloten om in de KKBA te werken met twee sets aan mogelijke scheepvaarbaten, die worden aangeduid als 'Ecorys' en 'Deltares'. In combinatie met de al eerder gepresenteerde set met een hoge en lage ramingen voor de kosten van bodemherstel (bodempakket 1 en bodempakket 2), levert dit 4 mogelijke analysevarianten op. In de KKBA zijn er hiervan 2 uitgewerkt:

- Analyse variant A: Bodempakket 2 i.c.m. 'Ecorys'
- Analyse variant B: Bodempakket 1 i.c.m. 'Deltares'

9.2.4 KKBA Maas

De resultaten van de KKBA voor de Maas worden voor deze twee analyse varianten gepresenteerd in Tabel 9.4.

Tabel 9.4: Kosten en baten van 3 IRM beleidsopties voor de Maas (contante waarde, miljard €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Analyse variant A (Bodempakket 2, Ecorys)			Analyse variant B (Bodempakket 1, Deltares)		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
KOSTEN						
Afvoercapaciteit	1,1	2,7	4,4	1,0	2,7	4,4
Bodemherstel	0,5	1,6	2,0	0,05	0,8	1,1
PAGW	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Synergie	-0,4	-1,6	-2,4	-0,1	-1,1	-1,4
Milieukosten	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
TOTAAL KOSTEN	2,1	3,8	5,1	2,0	3,4	5,2
BATEN						
Reductie scheepvaartkosten	-	-	-	-	-	-
Reductie droogteschade	-	-	-	-	-	-
Zelfrealisatie	0,2	0,7	1,0	0,2	0,6	1,0
Reductie overstromingsrisico ¹⁾	-0,02	0,1	0,2	-0,02	0,1	0,2
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP ¹⁾	-0,04	0,3	0,5	-0,04	0,3	0,5
TOTAAL BATEN	0,2	1,0	1,8	0,1	0,9	1,8
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-1,9	-2,8	-3,2	-1,8	-2,5	-3,4
PM-POSTEN						
Ecosysteemdiensten en toename biodiversiteit (PAGW)				10.400 ha		
Vermeden beheer en onderhoud, herstelkosten				PM		

	Analyse variant A (Bodempakket 2, Ecorys)			Analyse variant B (Bodempakket 1, Deltares)		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
Overige effecten uit de planMER	Dit betreft onder meer de (veelal) <u>positieve</u> effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal <u>negatieve</u>) effecten/op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe. In de planMER zijn deze enkel kwalitatief (op een schaal van -- tot ++) bepaald. Zie voor een verder toelichting paragraaf 6.3.					

- 1) In alternatief 1 nemen, door het stoppen van de doorgaande erosie in het winterbed, de toekomstige dijkversterkingskosten ten opzichte van het nulalternatief licht toe. Hierdoor neemt het overstromingsrisico ook licht toe (grotere schade bij eenzelfde overstromingskansnorm).

In de contante waarde van de kosten zijn de kosten van de jaarlijkse suppleties en van het beheer en onderhoud opgenomen. Daarnaast is rekening gehouden met een geleidelijke fasering in de tijd, en zijn de milieukosten opgenomen. Het totaalbeeld dat ontstaat voor de kosten wijkt echter niet erg af van dat in Tabel 9.2.

Vanwege het gestuwde karakter van de Maas hebben de IRM ingrepen geen effect voor de scheepvaart en landbouwsector (droogteschade); deze zijn daarom nihil. Aan de batenkant vormen de (netto) baten als gevolg van zelfrealisatie de grootste monetaire batenpost, gevolgd door de reductie van de toekomstige dijkversterkingskosten. De in geld uitgedrukte baten zijn gering ten opzichte van de kosten (5% in het ongunstigste en 35% in het gunstigste geval) en het saldo van de KKBA is duidelijk negatief voor alle alternatieven (ca. € -1,9 à -1,8 miljard voor alternatief 1 tot ca. € -3,4 à -3,2 miljard voor alternatief 3). Deze saldi dienen beschouwd te worden mede in het licht van de niet-in geld uitgedrukte posten, die onderaan de Tabel als PM-post staan benoemd.

9.2.5 KKBA Rijn

De resultaten van de KKBA voor de Rijn worden gepresenteerd in Tabel 9.5.

Tabel 9.5: Kosten en baten van 3 IRM beleidsalternatieven voor de Rijn (contante waarde, miljard €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Analyse variant A (Bodempakket 2, Ecorys)			Analyse variant B (Bodempakket 1, Deltares)		
	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
KOSTEN						
Afvoercapaciteit	1,6	3,2	6,2	1,6	3,2	6,2
Bodemherstel	1,3	0,6	3,1	0,5	0,5	2,7
PAGW	2,6	2,6	2,5	2,6	2,6	2,6
Synergie	-0,5	-1,4	-2,8	-0,2	-1,1	-2,0
Milieukosten	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5
TOTAAL KOSTEN	5,2	5,3	9,5	4,6	5,4	9,9
BATEN						
Reductie scheepvaartkosten ¹⁾	0,1	0,1	-0,1	0,03	1,4	NB ²⁾
Reductie droogteschade	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,4
Zelfrealisatie	0,05	0,1	0,3	0,05	0,1	0,3
Reductie overstromingsrisico ³⁾	-0,01	0,1	0,1	-0,01	0,1	0,1
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP ³⁾	-0,1	0,5	0,9	-0,1	0,5	0,9
TOTAAL BATEN	0,2	0,8	1,6	0,2	2,2	NB
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-5,0	-4,4	-7,9	-4,5	-3,2	NB
PM-POSTEN						
Ecosysteemdiensten en toename biodiversiteit (PAGW)				23.100 ha		
Vermeden beheer en onderhoud, herstelkosten				PM		
Overige effecten uit de plan MER	Dit betreft onder meer de (veelal) <u>positieve</u> effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal <u>negatieve</u>) effecten/op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe. In de planMER zijn deze enkel kwalitatief (op een schaal van -- tot ++) bepaald. Zie voor een verder toelichting paragraaf 6.3.					

¹⁾ Inclusief de baten voor internationale verladings en de externe milieukosten tot het jaar 2050.

²⁾ NB = niet bekend (niet berekend door Deltares)

³⁾ In Alternatief 1 nemen, door het stoppen van de doorgaande erosie in het winterbed, de toekomstige dijkversterkingskosten ten opzichte van het nulalternatief licht toe. Hierdoor neemt het overstromingsrisico ook licht toe (grotere schade bij eenzelfde overstromingskansnorm).

In de contante waarde van de kosten zijn de kosten van de jaarlijkse suppleties en van het beheer en onderhoud opgenomen. Daarnaast is rekening gehouden met een geleidelijke fasering in de tijd, en zijn de milieukosten opgenomen. Het totaalbeeld dat ontstaat van de kosten wijkt echter niet erg af van dat in Tabel 9.3.

Vergeleken met de kosten zijn de in geld uitgedrukte baten van de 3 IRM alternatieven bescheiden. In [analyse variant A](#) zijn de belangrijkste batenposten de reductie van de toekomstige dijkversterkingskosten, de reductie van de droogteschade voor de landbouw (in alternatief 3) en de baten van zelfrealisatie. In alternatief 3 zijn de baten voor de scheepvaart negatief, doordat er bij laagwater meer water via de IJssel gaat, en minder via de Waal. De in geld uitgedrukte baten zijn gering ten opzichte van de kosten (ca 5% in het slechtste en ca. 15% in het gunstigste geval) en het saldo van de KKBA is sterk negatief voor alle alternatieven (€ -5,0 miljard voor alternatief 1, € -4,4 miljard voor alternatief 2 en € -7,9 miljard voor alternatief 3). Deze saldi dienen te worden beschouwd in het licht van de niet-in geld uitgedrukte (PM-) posten, die onderaan de tabel staan benoemd.

In [analyse variant B](#) valt meteen de hoge batenpost voor de scheepvaart op voor alternatief 2. Het saldo van dit alternatief is daardoor veel gunstiger dan het saldo van alternatief 2 in analyse variant A (op basis van de getallen van Ecorys). Ook deze saldi dienen te worden beschouwd in het licht van de niet-in geld uitgedrukte (PM-) posten, die onderaan de tabel staan benoemd.

9.2.6 Analyse van bouwstenen

Als aanvulling op de analyse van kosten en baten van de 3 IRM beleidsopties is ook gekeken naar de kosten en baten van een aantal losse bouwstenen. Dit geeft beter inzicht in de opbouw van de kosten en baten van deze bouwstenen en in de synergie tussen de bouwstenen. Deze informatie kan worden gebruikt bij het denken over, en vormgeven van, het VKA.

PAGW-Maas. Wanneer de PAGW als losse bouwsteen zou worden uitgevoerd, dan zouden de (contant gemaakte) kosten hiervan, inclusief de compensatie van de hogere hoogwaterstanden middels rivierverruiming, ca. € 1,7 miljard bedragen. Dit komt overeen met ca. € 170.000,- per ha. Wanneer de compensatie van de hogere waterstanden wordt gerealiseerd door middel van dijkversterking, dan nemen de kosten af tot ca. € 1,3 miljard (€ 130.000,- per ha). Voor de **PAGW-Rijn** zijn de vergelijkbare getallen ca. € 170.000,- per ha en ca. € 140.000,- per ha. Dergelijke kosten per ha natuur zijn fors hoger dan de (gewogen) gemiddelde kosten bij zgn. Bouwen met Natuurprojecten van ca. € 34.000,- per ha zoals gevonden door Oerlemans e.a. (2021).

Bodemligging-Maas. Het vasthouden van de bodemligging 2018 voor de Maas door middel van jaarlijkse suppleties (Bodempakket 1 = Analyse variant B) is een relatief goedkope bouwsteen. De contante waarde van de kosten hiervoor bedragen € 0,1 miljard, inclusief de (ten opzichte van het nulalternatief) extra benodigde dijkversterkingskosten vanwege het stopzetten van de bodemerosie (die gunstig is voor de hoogwaterstanden). Ook voor de **Bodemligging-Rijn** komt het vasthouden aan de huidige bodem (2018) als meest gunstige uit de analyse. In analysevariant B, op basis van de cijfers van Deltares, heeft deze bouwsteen ook als enige bouwsteen in de KKBA een duidelijk zeer **positief rendement**; het saldo (inclusief de baten voor buitenlandse verladers en bedrijven van ca. € 0,5 miljard) komt uit op € +1,0 miljard.

Klimaatopgave-Maas. Het realiseren van de gehele (100%) klimaatopgave Maas middels rivierverruiming levert een negatief saldo op van € -1,6 miljard; voor 50% van de klimaatopgave is dit € -0,8 miljard. De verhouding tussen baten en kosten is voor de Maas 0,4. Het realiseren van 100% van de **Klimaatopgave-Rijn** levert een negatief saldo op van € -2,9 miljard; voor 50% van de klimaatopgave is dit € -1,4 miljard. De verhouding tussen baten en kosten is voor de Rijn 0,3. Door het ontbreken van concrete maatregelen en de overlap met het PAGW areaal is het niet mogelijk om aan te geven wat de extra, niet-gekwantificeerde en niet-gemonetariseerde baten zijn van het realiseren van de klimaatopgave door middel van rivierverruiming.

Voor de volledigheid wordt nog opgemerkt dat de **overige opgaven** voor afvoercapaciteit die voortkomen uit het compenseren van de waterstandseffecten van deze overige opgaven (natuur, buitendijks versterken, beheerruimte, ruimtelijke ontwikkeling), vanwege het lastig te duiden karakter en in overleg met de opdrachtgever, in zijn geheel niet in KKBA zijn opgenomen.

9.2.7 Analyse van het Voorkeursalternatief

Als opmaat naar het definitieve VKA is door de opdrachtgever een VKA met een ondergrens en bovengrens geformuleerd. Dit VKA is onder andere gebaseerd op één keuze voor bodemligging (bodem 2000 voor de Rijn, en huidige bodemligging voor de Maas) en een bandbreedte voor de PAGW opgave, klimaatopgave en overige opgave van 25% (ondergrens) tot 100% (bovengrens). Voor de Maas leidt dit investeringskosten van tussen € 1,5 miljard (ondergrens) en € 5,6 miljard (bovengrens). Deze bandbreedte is groter dan de bandbreedte in de investeringskosten voor de 3 IRM beleidsalternatieven. Ook voor de Rijn is de bandbreedte van het VKA van tussen € 2,7 miljard (ondergrens) en € 10,7 miljard (bovengrens) groter dan de bandbreedte voor de 3 IRM beleidsalternatieven.

De keuze in het VKA van het herstellen van de bodemligging van het jaar 2000 voor de Rijn wordt niet ondersteund vanuit de KKBA (op basis van de in geld uitgedrukte kosten en baten). In de KKBA komt het vasthouden van de huidige bodem voor de Rijn als gunstigste naar voren.

Voor de Maas geldt dat het kiezen voor een grotere ambitie op het gebied van bodemherstel dan die is opgekomen in het VKA, in de bovengrens van het VKA naar verwachting maar tot geringe meerkosten leidt en daarom overwogen zou kunnen worden. De baten die hiermee samenhangen, zijn echter niet duidelijk (zowel in de KKBA als in het planMER).

Tabel 9.6 en Tabel 9.7 vatten de kosten en baten voor het VKA voor de Maas en Rijn samen.

Tabel 9.6: Kosten en baten van het VKA voor de Maas (contante waarde, miljard €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'		Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'	
	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens
KOSTEN				
Afvoercapaciteit	1,3	4,0	1,3	4,0
Bodemherstel	0,1	0,1	0,1	0,1
PAGW	0,2	0,9	0,2	0,9
Synergie	-0,1	-0,4	-0,1	-0,4
Milieukosten	0,1	0,2	0,1	0,2
TOTAAL KOSTEN	1,6	4,9	1,6	4,9
BATEN				
Reductie scheepvaartkosten	-	-	-	-
Reductie droogteschade	-	-	-	-
Zelfrealisatie	0,3	1,0	0,3	1,0
Reductie overstromingsrisico	0,1	0,2	0,1	0,2
Reductie kosten dijkversterkingen HWB	0,2	0,5	0,2	0,5
TOTAAL BATEN	0,5	1,7	0,5	1,7
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-1,1	-3,2	-1,1	-3,2
PM-POSTEN				
Ecosysteemdiensten en toename biodiversiteit (PAGW)	2.600 ha	10.400 ha	2.600 ha	2.600 ha
Vermeden beheer en onderhoud, herstelkosten	PM			
Overige effecten uit de planMER	Dit betreft onder meer de (veelal) <u>positieve</u> effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal) <u>negatieve</u> effecten/op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe. In de planMER zijn deze enkel kwalitatief (op een schaal van -- tot ++) bepaald. Zie voor een verder toelichting paragraaf 6.3.			

Details in Bijlage K.

Tabel 9.7: Kosten en baten van het VKA voor de Rijn (contante waarde, miljard €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'		Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'	
	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens
KOSTEN				
Afvoercapaciteit	1,7	5,5	1,7	5,5
Bodemherstel	1,8	1,8	1,1	1,1
PAGW	0,7	2,6	0,6	2,6
Synergie	-1,0	-1,5	-0,7	-1,2
Milieukosten	0,2	0,4	0,1	0,4
TOTAAL KOSTEN	3,3	8,8	2,8	8,4
BATEN				
Reductie scheepvaartkosten	0,1	0,1	0,03	0,03
Reductie droogteschade	0,2	0,2	0,2	0,2
Zelfrealisatie	0,1	0,3	0,1	0,3
Reductie overstromingsrisico	0,03	0,1	0,03	0,1
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP	0,2	0,9	0,2	0,9
TOTAAL BATEN	0,6	1,6	0,5	1,6
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-2,8	-7,3	-2,3	-6,9
PM-POSTEN				
Ecosysteemdiensten en toename biodiversiteit (PAGW)	5.775 ha	23.100 ha	5.775 ha	23.100 ha
Vermeden beheer en onderhoud, herstelkosten	PM			
Overige effecten uit de planMER	Dit betreft onder meer de (veelal <u>positieve</u>) effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal <u>negatieve</u>) effecten/op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe. In de planMER zijn deze enkel kwalitatief (op een schaal van -- tot ++) bepaald. Zie voor een verder toelichting paragraaf 6.3.			

Details in Bijlage K.

9.2.8 Robuustheid van de uitkomsten

De in de KKBA gepresenteerde getallen zijn omgeven met een forse bandbreedte en de kosten- en batenposten zijn niet volledig. Door het ontbreken van concrete maatregelen is dit ook niet eenvoudig aan te vullen. De meest in het oog springende gevoeligheid is (i) de al eerder besproken gevoeligheid van de uitkomsten voor de methode waarmee de scheepvaartbaten worden berekend, en (ii) die voor het gehanteerde deltasceenario. Wanneer uitgegaan wordt van het lagere deltasceenario Rust in plaats van het in IRM gehanteerde deltasceenario Stoom, dan zal (a) de klimaatopgave afnemen en de berekende reductie voor de dijkversterkingskosten niet of in minder mate optreden, en (b) zullen de baten van bodemherstel (reductie scheepvaartkosten, droogteschade) lager uitvallen. Door het ontbreken van de benodigde gegevens is dit niet kwantitatief uitgewerkt, maar voor het vervolg nog wel gewenst.

9.3 Conclusies

PAGW. De (in het kader van de KKBA geraamde) kosten van het realiseren van de natuuropgave van de PAGW van gemiddeld ca. € 160.000,- à € 170.000,- per ha (inclusief de kosten van compensatie van waterstanden d.m.v. rivierverruiming) zijn fors hoger wanneer deze vergeleken worden met de kosten van andere natuurprojecten. De baten (ecosysteembaten en natuurlandpunten) zijn in het kader van de KKBA niet bepaald waardoor een verdere conclusie niet mogelijk is.

Bodemligging-Maas. Op basis van de in geld uitgedrukte kosten en baten lijkt voor de Maas geen enkel bodemalternatief rendabel.³⁹ De kosten van het stoppen van de bodemerosie, het vasthouden aan de huidige bodemligging of het herstel van de bodemligging naar de situatie van voor de Maaswerken, zijn groter dan de in geld uitgedrukte baten, op basis waarvan strikt genomen het nulalternatief met voortschrijdende bodemerosie de voorkeur verdient. De kosten van het vasthouden van de huidige bodem van 2018 zijn echter relatief bescheiden, waardoor het negatieve saldo van kosten en baten ook bescheiden negatief is, tussen ca. € -0,1 tot -0,5 miljard (als losse bouwsteen; zie Tabel 7.1). Dit saldo zou beschouwd kunnen worden in het licht van de niet in de KKBA gekwantificeerde baten (zie de planMER). Door synergie met andere opgaven kunnen de netto kosten wat gunstiger uitvallen.

Bodemligging-Rijn. Op basis van de scheepvaartbaten zoals berekend door Ecorys, komt ook voor de Rijn geen enkel bodemalternatief als rendabel naar voren wanneer alleen rekening gehouden wordt met de in geld uitgedrukte kosten en baten, en komt ook hier het nulalternatief als meest gunstige naar voren. Van de 3 IRM beleidsopties is het vasthouden van de bodem op het niveau van 2018 relatief het meest gunstige, maar levert deze nog steeds een negatief resultaat op van ca. € -0,6 miljard (als losse bouwsteen; zie Tabel 7.2).⁴⁰

Op basis van de scheepvaartbaten zoals berekend door Deltares, levert het vasthouden van de bodem van 2018 als enige wel een duidelijk positief rendement (Tabel 7.2).

³⁹ In feite betekent dit dat het – op grond van enkel de in geld uitgedrukte kosten en baten – het nulalternatief (voortschrijdende bodemerosie) als beste uit de KKBA komt, omdat de kosten van de alternatieven niet opwegen tegen de in geld uitgedrukte baten.

⁴⁰ *Ibid.*

Ook dit dient in het licht gezien te worden van de niet in de KKBA gekwantificeerde baten (zie de planMER). Door synergie met andere opgaven kunnen de netto kosten gunstiger uitvallen.

Klimaatopgave/afvoercapaciteit/rivierverruiming. Ruim twintig jaar ervaring met kosten-batenanalyses van rivierverruimende maatregelen leert dat deze zelden tot een positief saldo van kosten en monetaire baten leiden.⁴¹ Ook dit is binnen IRM het geval.

Een belangrijke kanttekening daarbij is dat een aantal voordelen (baten) van rivierverruiming vaak niet goed genoeg gemeten of gewaardeerd kunnen worden en derhalve niet in het saldo worden betrokken. De MKBA (KEA) voor de PKB Ruimte voor de Rivier heeft laten zien dat er desondanks wel verstandig keuzes te maken zijn, omdat de ene rivierverruimingsmaatregel per geïnvesteerde euro nu eenmaal meer (niet-in-geld-gewaardeerde) baten oplevert dan de andere.

In de context van het POW-IRM, waarin geen concrete maatregelen voorliggen, kon de KKBA een dergelijke 'screening'-rol niet vervullen.

9.4 Aanbevelingen voor het vervolg

Op basis van het conceptrapport van de KKBA heeft een reviewgroep⁴² een vijftal belangrijke aanbevelingen geformuleerd.

Aanbevelingen van de reviewgroep voor nieuw en/of aanvullend onderzoek

De reviewbijeenkomst heeft op 3 april 2023 vijf belangrijke aanbevelingen gedaan die – gegeven de randvoorwaarden die zijn meegegeven aan de KKBA IRM – als nieuw of aanvullend onderzoek dienen te worden beschouwd. Deze aanbevelingen zijn:

1. om de problematiek niet alleen als een systeemopgave, maar (ook) vanuit een sectoraal perspectief te benaderen, door voor verschillende sectoren na te gaan wat precies de problemen zijn, de mogelijke oplossingen, en de eventuele meekoppelkansen;
2. om te overwegen om een nulplus-alternatief toe te voegen m.b.t. de PAGW natuuropgave, waarin het 'wettelijke deel' van de PAGW-opgave wordt opgenomen;
3. om na te gaan in welke mate locatie-specifieke maatregelen effectiever zijn dan de systeemkeuzes met betrekking tot afvoercapaciteit en bodemligging zoals die ten grondslag liggen aan de IRM beleidsalternatieven;
4. om in de beoordeling rekening te houden met meer toekomstscenario's en ook met meer extreme situaties; en
5. om vervolgonderzoek te doen naar de kwantificering van de natuurbaten.

Naast deze aanbevelingen is het noodzakelijk dat er nader onderzoek gedaan wordt naar de grote verschillen in de ramingen van de baten voor de scheepvaart, zoals die in de KKBA naar voren zijn gekomen.⁴³

⁴¹ Uitgaande van dijkversterking als nulalternatief. De eerste in deze reeks is Stolwijk, H. en A. Verrips (2000), Ruimte voor water; kosten en baten van zes projecten en enige alternatieven, CPB Werkdocument 130.

⁴² Zie voetnoot 4.

⁴³ Deze is niet expliciet opgenomen als aanbeveling voor nieuw en/of aanvullend onderzoek van de reviewgroep, omdat er vanuit deze groep twee verschillende suggesties kwamen met betrekking tot de scheepvaarbaten. De ene suggestie betrof: duidelijkheid verschaffen voordat de KKBA definitief en gepubliceerd wordt, de andere suggestie betrof: het agenderen van de scheepvaarbaten voor nieuw/aanvullend onderzoek. De opdrachtgever (I&W) heeft er voor gekozen om geen aanvullend onderzoek uit te voeren voor publicatie van de KKBA.

10 Overzicht van bijlagen en literatuur

Bijlagen

Bijlage A.	Gensen, Matthijs (2022a). Veranderingen rivierbodemplugging en waterstanden in de IRM alternatieven t.b.v. MKBA en PlanMER. HKV Memo PR4445.13. 12 oktober 2022.
Bijlage B.	Kind, Jarl, Hermjan Barneveld en Matthijs Gensen (2022). Eenheidskosten IRM. 19 augustus 2022.
Bijlage C.	Gensen, Matthijs (2023). Kosten IRM-alternatieven bodemplugging, t.b.v. MKBA, inclusief VKA. HKV Memo PR4445.13. 10 februari 2023.
Bijlage D.	Gensen, Matthijs (2022b). Indicatieve kosten vergraving PAGW t.b.v. een voldoende hoge inundatieduur. HKV Memo PR4445.13. 25 november 2022
Bijlage E.	Kostenraming PAGW - Verwervings- en inrichtingskosten
Bijlage F.	Binnenvaart
Bijlage G.	Zoetwatervoorziening en natuur
Bijlage H.	Caspers, Jochem en Joost Pol (2022). Rekeninstellingen voor OKADER voor de MKBA IRM. HKV Memo PR4445.13, 14 december 2022.
Bijlage I	Schade in relatie tot hoogwaterstanden
Bijlage J	Zelfrealisatie in LTAR
Bijlage K	Verslag werksessie scheepvaart
Bijlage L.	Doorn, T. Notitie IRM Delfstoffenwinning
Bijlage M.	Beoordeling VKA.

Overige documenten IRM:

Asselman, N. en Y. Snoek (2021). Nulalternatief Integraal Riviermanagement (IRM). 4 oktober 2021.

Deltares (2022a). Effectbepaling nulalternatief IRM. Versie 05. 10-11-2022.

Deltares (2022b). Effectbepaling IRM. Gevoeligheidsanalyse verandering in rivierbodempligging (doorgaande erosie tot 2050 of ophoging tot de ligging in het jaar 2000). Versie 0.1. 17-11-2022.

Huthoff, Freek, Sonja Ouwerkerk, Roy Daggenvoorde, Yvo Snoek en Bert Voortman (2020). IRM QuickScan Afvoercapaciteit. Eindrapport. Definitief, 5/10/2020.

IRM (2022). Systeembeschouwing Rijn en Maas.

Kind, Jarl, Manfred Wienhoven, Linette de Swart, Hannah Schutte, Tim van Doorn en Matthijs Gensen (2022). Nota van Uitgangspunten – Verkennende MKBA voor het scenario Stoom.

Maronier, Véronique (2022). Concept Nota van Uitgangspunten planMER. 27-7-2022

Quee, Niki, Matthijs Gensen, Jasper Leuven, Veronique Maronier, Clim Sorée, Martin de Haan, Dorien Grote Beverborg (2023). PlanMER Integraal Riviermanagement. 100% versie, 15 maart 2023.

Overige literatuur:

Ecorys, 2017. MKBA Rivierverruiming Rapportage ronde 2. Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rotterdam, 6 december 2017

Ecorys, 2018. MKBA Rivierverruiming Bedijkte Maas en Maasvallei 2de ronde. Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, Rotterdam, 13 april 2018

Eijsbergen, Evelien van, Jan Gert Rinsema, Bert Voortman en David Kroekenstoel (2019). Maximale omvang en kostenindicatie maatregelen in riviereengebied

Heusden, W. van, H. Sluiter, M. Tijnagel, W. Vercrujssse, A. Zuidhof (2021). Ecologische Systeemopgave PAGW-Rivieren – Naar klimaatbestendige robuuste riviernatuur in 2050. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer.

Kind, Jarl (2011). Maatschappelijke Kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21^e eeuw.

Kouwen, Niels van (2021a). De Duurzaamheid van rivierkundige maatregelen. Circulair- en klimaatneutraal ingrijpen op het riviersysteem. 19-3-2021.

Kouwen, Niels van (2021b). De Duurzaamheid van rivierkundige maatregelen. Circulair- en klimaatneutraal ingrijpen op het riviersysteem. Beknopte IRM versie. 1-7-2021.

Levelt, Otto en Siemen Prins (2014). Kostenramingen ruimtelijke maatregelen Deltaprogramma Rivieren. Totstandkoming ramingen en ramingen per maatregel. Deltares rapport 1209392-000.

Min I&W & UvW (2018). Dijkversterkingen langs de grote rivieren, redeneerlijn buitendijks versterken. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Unie van Waterschappen. Versie maart 2018.

Min I&W (2019). MIRT Onderzoek Duurzame Bodemligging Rijntakken. Eindrapportage. 'De Rivierbodem is de basis van alle belangen'. Bijlage 1: Eindrapport MIRT Onderzoek inclusief kostenramingen.

Romijn, G. en G. Renes (2011). Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse

Stratelligence (2019). Economische analyse Zoetwater

Van Vuren, Saskia, Otto Levelt, Joost Pol, Raymond van der Meij, Peter de Grave, David Nugroho, Wouter ter Horst, Rimmer Koopmans, Peter van der Scheer, Nathalie Asselman en Arno de Kruif (2017). Beleidsstudie Kostenreductie Dijkversterking door Rivierverruiming. Toepassing methodiek op Rijntakken.

Werkgroep discontovoet (2020). Rapport Werkgroep discontovoet 2020.

Klooster, J., e.a. (2018). WERKWIJZER NATUUR. Maatschappelijke Kosten-Baten Analyses

Wienhoven, M. e.a., (2021). MKBA Ruimte voor Levende Rivieren. Verkenning kosten en baten integrale visie voor het riviertraject

Bijlage A: Veranderingen rivierbodempligging en waterstanden in de IRM alternatieven

MEMO

Aan: Corné de Leeuw, Jarl Kind, Sonja Ouwerkerk
Van: Matthijs Gensen
Datum: 12 oktober 2022
Projectnummer: PR4445.13
Onderwerp: Veranderingen rivierbodempligging en waterstanden in de IRM alternatieven t.b.v. MKBA en PlanMER

1 Introductie

1.1 IRM alternatieven

In het kader van het programma Integraal Rivier Management (IRM) wordt een planMER en MKBA opgesteld. Daarin worden de te maken keuzes binnen IRM beoordeeld. Deze keuzes betreffen de zogenaamde knopstanden voor afvoer- & bergingscapaciteit en bodempligging & sedimenthuishouding. In het traject van de planMER zijn naast de referentiesituatie (de situatie in 2050 met staand beleid en projecten) drie alternatieven geformuleerd. Deze zijn:

- Alternatief 1: accent op rivierbodempligging en sedimenthuishouding.
- Alternatief 2: accent op afvoer- en bergingscapaciteit.
- Alternatief 3: maximale ambitie voor beide beleidskeuzes (rivierbodempligging & sedimenthuishouding en afvoer- & bergingscapaciteit).

De knopstanden in de alternatieven worden uitgedrukt in een bepaalde rivierbodempligging bodempligging (uit te drukken in centimeters bodemverhoging t.o.v. de huidige situatie en de referentiesituatie) en een ambitie voor afvoercapaciteit (uit te drukken in centimeters waterstandsverlaging waarin wordt voorzien met rivierverruiming t.o.v. de huidige situatie), met differentiatie op riviertrajectniveau. De specificatie van de alternatieven is gegeven in Tabel 1. (Notitie doelbereik & milieueffecten, versie 12 oktober 2022).

Tabel 1: IRM alternatieven op hoofdlijnen

	Referentiesituatie	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
		Sediment en bodem	Afvoer- en bergingscapaciteit	Combinatie –maximaal
1. Bodempligging & sedimenthuishouding				
Wat is de ambitie voor bodempligging & sedimenthuishouding?	Bodempligging gaat autonoom verder omlaag in eroderende trajecten.	Rijn: Bodempligging omhoog brengen naar het niveau van het jaar 2000 op eroderende trajecten. Bodempligging handhaven op overige trajecten. Maas: Huidige bodempligging	Rijn en Maas: Huidige bodempligging handhaven in eroderende trajecten.	Rijn: Bodempligging omhoog brengen naar niveau van het jaar 1980 in eroderende trajecten. Maas: Terugbrengen van het bodemniveau naar de situatie van voor de Maaswerken en Ruimte voor de Rivier (op trajecten met zomerbedverdiepingen).

		handhaven door middel van suppleties in eroderende trajecten.		
Met welke maatregelen kan de ambitie gerealiseerd worden?	Er worden autonoom geen maatregelen genomen.	Rijn: met sediment suppleties en langsdammen / kribverlaging. Maas: met suppleties in eroderende trajecten.	Rijn en Maas: Met sediment suppleties.	Rijn: met sedimentsuppleties en ingrepen uit plan 'Ruimte voor middenafvoeren' (nevengeulen, zomerkadeverlaging, langsdammen). Maas: via natuurlijke aanzanding. en/of suppleties
Hoe gaan we om met sediment-onttrekking?	Er is geen beleid. Hierdoor kan autonoom sediment onttrekking door blijven gaan (zand- klei- en grindwinning).	Sediment-onttrekking stopt.	Sediment-onttrekking stopt.	Sediment-onttrekking stopt.
2. Afvoer- en bergingscapaciteit				
Welke binnen- en buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen treffen we om de afvoer- en bergingscapaciteit te vergroten?	Alleen lopende projecten (enkel buitendijks) zoals Klimaatpark en Meanderende Maas.	Nevengeulen en uiterwaardverlaging (enkel buitendijks)	Grootschalige uiterwaardverlaging en zomerkadeverlaging (buitendijks). Aangevuld met gebruik van bestaande binnendijkse reserveringen waar nodig.	Grootschalige uiterwaardverlaging, nevengeulen, langsdammen, zomerkadeverlagingen (buitendijks). Aangevuld met zoeklocaties voor nieuwe binnendijkse ingrepen indien nodig (naast het gebruik van bestaande binnendijkse reserveringen)
Als onderdeel van deze rivierverruimingsmaatregelen wordt invulling gegeven aan het faciliteren van de volgende opgaven:				
Faciliteren klimaatopgave en waterveiligheid	Waterveiligheid is geborgd met HWBP. Rivierverruiming is beperkt tot lopende projecten.	Waterveiligheid is geborgd met het HWBP. Rivierverruiming is beperkt tot lopende projecten.	Waterveiligheid is geborgd met het HWBP en IRM. Buitendijkse rivierverruiming vangt een deel van de klimaatopgave op.	Waterveiligheid is geborgd met IRM en HWBP. Binnen- en buitendijkse rivierverruiming vangt zo veel mogelijk van de klimaatopgave op.
Faciliteren opgave bodemligging	Geen compensatie nodig voor verhoogde bodemligging (bodemligging gaat niet omhoog)	De verhoogde bodemligging wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen (nevengeulen en uiterwaardverlaging)	Geen compensatie nodig voor verhoogde bodemligging (bodemligging gaat niet omhoog)	De verhoogde bodemligging wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen.
Faciliteren opgave natuur/PAGW	Geen compensatie nodig voor de PAGW opgave (wordt niet uitgevoerd)	De PAGW-opgave wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen.	De PAGW-opgave wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen.	De PAGW-opgave wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen.
Faciliteren overige opgaven	Geen ruimte voor faciliteren overige opgaven	Geen ruimte voor faciliteren overige opgaven	Beperkt ruimte voor faciliteren overige opgaven	Ruimte voor faciliteren overige opgaven

1.2 Doel van het memo

In dit memo worden de rivierbodemligging en de waterstandsverlaging geconcretiseerd voor de drie alternatieven. Dit wordt gedaan op riviertrajectniveau met de indeling zoals eerder vastgesteld (zie Tabel 2 en 3; bron: *Maas- en Rijntrajecten ingedeeld op basis van een aantal rivierkarakteristieken*, Rijkswaterstaat, 2022). Het in dit memo gepresenteerde resultaat is:

- Twee tabellen voor de rivierbodemligging t.o.v. de huidige situatie en de referentiesituatie in de drie alternatieven, één tabel voor de Rijntakken en één tabel voor de Maas.

- Twee tabellen voor de waterstandsontwikkeling in de referentiesituatie in 2050, één tabel voor de Rijntakken en één tabel voor de Maas.
- Twee tabellen voor de waterstandsverlaging waarin in de alternatieven wordt voorzien met rivierverruiming, één tabel voor de Rijntakken en één tabel voor de Maas.

Tabel 2: Indeling van de Rijntakken in riviertrajecten. Aangegeven is ook of het traject een erosieve of sedimenterende langjarige bodemtrend kent. Antropogene processen (bijv. sedimentonttrekkingen) in het verleden kunnen de waargenomen langjarige trend beïnvloeden hebben.

	Rijntrajecten	Rivier km (van - tot)	Lengte (km)	Langjarige bodemtrend
R1	Boven-Rijn	857,7 – 867,5	9,8	Stabiel of sedimenterend
R2	Waalbochten (Boven-Waal)	867,5 – 887,0	19,5	Erosief
R3	Midden-Waal	887,0 – 917,5	30,5	Erosief
R4	Beneden-Waal	917,5 – 953,0	30,5	Stabiel of sedimenterend
R5	Boven-Merwede	953,0 – 962,5	9,5	Stabiel of sedimenterend
R6	Pannerdensch Kanaal	867,5 – 878,5	11,0	Erosief
R7	Boven-Nederrijn	878,5 – 891,5	12,5	Stabiel of sedimenterend
R8	Midden-Nederrijn	891,5 – 922,3	31,0	Stabiel of sedimenterend
R9	Beneden-Nederrijn	922,3 – 946,9	25,0	Stabiel of sedimenterend
R10	Lek	946,9 – 971,4	24,5	Stabiel of sedimenterend
R11	Boven-IJssel	878,5 – 911,5	24,0	Erosief
R12	Midden-IJssel	911,5 – 945,0	30,5	Erosief
R13	Sallandse IJssel	945,0 – 980,7	38,7	Stabiel of sedimenterend
R14	Beneden-IJssel	980,7 – 1005	24,3	Stabiel of sedimenterend
R15	Overijsselse Vecht (Varsen - stuw Vechterweerd)	35,5 – 49,0	13,5	Stabiel of sedimenterend
R16	Overijsselse Vecht (stuw Vechterweerd – Zwarte Water)	49,0 – 60,0	11,0	Stabiel of sedimenterend
R17	Zwarte Water	1,0 – 20,0	19,0	Stabiel of sedimenterend

Tabel 3: Indeling van de Maas in riviertrajecten. Aangegeven is ook of het traject een erosieve of sedimenterende langjarige bodemtrend kent. Antropogene processen (bijv. sedimentonttrekkingen) in het verleden kunnen de waargenomen langjarige trend beïnvloeden hebben. Hierdoor kunnen eroderende riviertrajecten van nature aanzijdende trajecten zijn.

	Maastrajecten	Rivier km (van-tot)	Lengte (km)	Langjarige bodemtrend
M1	Bovenmaas	2,5 – 15,4	12,9	n.v.t.
M2	Grensmaas	15,4 – 67,9z	52,5	Erosief
M3	Plassenmaas	67,9z – 87,0	20,1	Erosief
M4	Peelhorstmaas	87,0 – 121,0	34,0	Erosief
M5	Venloslenkmaas	121,0 – 165,9	44,9	Erosief
M6	Bedijkte Maas	165,9 – 200,8	34,9	Erosief
M7	Getijdenmaas	200,8 – 230,5	29,7	Sedimenterend
M8	Bergsche Maas	230,5 – 251,0	20,5	Sedimenterend
M9	Afgedamde Maas	230,5 – 247,5	17,0	Sedimenterend

1.3 Voornaamste bronnen

1.3.1 QuickScan Afvoercapaciteit

In de QuickScan Afvoercapaciteit is het speelveld van (mogelijk) extra benodigde afvoercapaciteit bij hoogwater voor het zichtjaar 2050 onderzocht. Vanuit de diverse functies en ontwikkelingen in het rivierensysteem is inzichtelijk gemaakt hoeveel vraag naar waterstandsdeling er is. In dit memo zijn de in de QuickScan genoemde centimeters toegekend aan de verschillende alternatieven, conform de beschrijving van de alternatieven. Afwijkingen van de QuickScan worden expliciet uitgelicht.

1.3.2 Notitie Systeemknoppen

De Notitie Systeemknoppen is een intern IRM werkdokument. Het document geeft per IRM-traject de benodigde veranderingen in rivierbodempligging om terug te gaan naar een historische bodempligging. Deze informatie is in dit memo gebruikt voor de invulling van de alternatieven voor rivierbodempligging van de Rijntakken.

1.3.3 IRM informatiebladen Maas 2.0

Uit verschillende bronnen en interne IRM werkdokumenten is informatie gebundeld op de informatiebladen. Dit geeft onder andere de mogelijke beleidsopties voor afvoercapaciteit en voor Rivierbodempligging. Voor elk IRM-traject is een informatieblad, waarin alle relevante informatie over dit riviertraject is gebundeld. In dit memo gebruiken we de genoemde (historische) veranderingen in rivierbodempligging voor de Maas voor de invulling van de alternatieven van rivierbodempligging Maas.

2 Rijntakken

2.1 Rivierbodempligging

Voor de Rijntakken zijn er drie knopstanden van de rivierbodempligging die worden beschouwd. Eerst is dat de huidige bodempligging (referentiejaar 2020) vasthouden in alternatief 2. In dit alternatief is alleen een inspanning nodig op de riviertrajecten met een erosief karakter. In alternatief 1 en 3 wordt de rivierbodempligging teruggebracht naar een historisch niveau, dat van 2000 en 1980 respectievelijk. Naast het terugbrengen van de rivierbodempligging naar die niveaus dienen de erosieve trends gestopt te worden.

2.1.1 Referentiesituatie t.o.v. de huidige situatie

De ontwikkeling van de Rijntakken en de alternatieven voor de rivierbodempligging van deze rivertakken zijn als volgt:

- Boven-Rijn: de erosieve trend is afgenomen en tegenwoordig is de rivierbodempligging van de Bovenrijn relatief stabiel. Om de bodempligging van de Bovenrijn terug te brengen naar het niveau van 1980 moet deze 50 centimeter trajectgemiddeld verhoogd worden.
- Waal: kent een sterk erosieve trend in de bovenlopen en een van nature (licht) sedimenterende trend in de benedenlopen. In de referentiesituatie zal de bodempligging in het traject Waalbochten maar liefst 50 centimeter verder dalen. Het historische niveau van 1980 ligt één meter hoger dan het huidige niveau. De opgave is dus zeer groot voor dit traject. In de benedenlopen wordt sediment uit het zomerbed onttrokken, waardoor de huidige bodempligging gehandhaafd blijft in de referentiesituatie.
- Nederrijn-Lek: kent een licht sedimenterend karakter. Er wordt aangenomen dat geen actief beleid binnen IRM wordt ontwikkeld om deze ontwikkeling tegen te gaan (op basis van advies Notitie Systeemknoppen; Projectteam Systeemknoppen, 2022). Enkel de Boven-Nederrijn (tot stuw Driel) moet iets opgehoogd worden (10 cm) om terug te gaan naar het historische niveau van 1980.
- Pannerdensch Kanaal/IJsseldelta/IJssel-Vechtdelta: kent een erosieve trend in de bovenlopen en een stabiele of sedimenterende trend in de benedenlopen. In de Beneden-IJssel is over een traject van 7 km het zomerbed met 2m verlaagd. Het opvullen van deze zomerbedverdieping kan onderdeel uitmaken van alternatief 3. Dit dient in een nadere uitwerking op kleiner schaalniveau verder beschouwd te worden.

2.1.2 Alternatieven

Tabel 4 geeft de veranderingen van de rivierbodempligging in de referentiesituatie en de drie alternatieven. De genoemde centimeters zijn trajectgemiddeld en komen uit de Notitie Systeemknoppen (Projectteam Systeemknoppen, 2022). In die notitie wijkt de trajectindeling iets af van de hier gehanteerde trajectindeling. Hiervoor zijn pragmatische keuzes gemaakt:

- IJssel: In de Notitie systeemknoppen is de IJssel opgedeeld in drie trajecten: Boven-IJssel (879-888), Midden-IJssel (889-970) en Beneden-IJssel (971-1005). Er wordt aangenomen dat de gewenste bodempligging t.o.v. de huidige situatie van de Sallandse IJssel overeenkomt met dat van de Midden-IJssel.

- Nederrijn-Lek: In de Notitie systeemknoppen loopt de "Beneden Nederrijn-Lek" van rivierkilometer 949 tot 970, wat in de hier gehanteerde trajectindeling als Lek wordt aangeduid. Midden-Nederrijn en Beneden-Nederrijn de hier gehanteerde trajectindeling komen gezamenlijk grotendeels overeen met het traject "Midden Nederrijn-Lek" in de Notitie systeemknoppen.

Tabel 4: Verandering van de rivierbodempligging in de referentiesituatie (t.o.v. de huidige situatie) en in de drie alternatieven (t.o.v. huidig / referentiesituatie) voor de Rijntakken

Rijntrajecten	Bodemligging	Bodemligging t.o.v. huidig / referentie		
	2050 t.o.v. huidig	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
	Referentie			
Boven-Rijn	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	+50cm / +50cm
Waalbochten (Boven-Waal)	-50 cm	+40cm / +90cm	0cm / +50cm	+100cm / +150cm
Midden-Waal	-20 cm	+10cm / +30cm	0cm / +20cm	+35cm / +55cm
Beneden-Waal	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm
Boven-Merwede*	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm
Pannerdensch Kanaal	-30 cm	+20cm / +50cm	0cm / +30cm	+80cm / +110cm
Boven-Nederrijn	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	+10cm / +10cm
Midden-Nederrijn	+10 cm	+10cm / 0cm	+10cm / 0cm	+10cm / 0cm
Beneden-Nederrijn	+10 cm	+10cm / 0cm	+10cm / 0cm	+10cm / 0cm
Lek	+10 cm	+10cm / 0cm	+10cm / 0cm	+10cm / 0cm
Boven-IJssel	-10 cm	+10cm / +20cm	0cm / +10cm	+20cm / +30cm
Midden-IJssel	0 cm	+10cm / +10cm	0cm / 0cm	+25cm / +25cm
Sallandse IJssel	0 cm	+10cm / +10cm	0cm / 0cm	+25cm / +25cm
Beneden-IJssel	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	+10cm (+200cm**) / +10cm (+200cm**)
Overijsselse Vecht (Varsen-Vechterweerd) *	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm
Overijsselse Vecht (Vechterweerd-Zwarte Water) *	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm
Zwarte Water *	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm

* Geen gegevens beschikbaar voor de Boven-Merwede, Overijsselse Vecht en Zwarte Water. Er is een stabiel of sedimentarend karakter aangenomen, waarvoor geen actief beleid binnen IRM wordt ontwikkeld.

** Dit betreft de zomerbedverdieping.

2.2 Faciliteren opgaven met rivierverruiming

Het faciliteren van opgaven door middel van rivierverruiming is opgedeeld in 4 categorieën:

- Klimaatopgave (en waterveiligheid) (2.2.1)
- Verandering bodempligging (2.2.2)
- PAGW (2.2.3)
- Overige opgaven (2.2.4)

De geaggregeerde resultaten voor de referentiesituatie en de drie alternatieven wordt gegeven in paragraaf 2.2.5.

Waar de hier gebruikte trajectindeling niet overeenkomt met die uit de bronnen zijn pragmatische keuzes gemaakt. Dit geldt voornamelijk voor de IJssel en Nederrijn-Lek (zie opmerkingen in paragraaf 2.1.2).

2.2.1 Faciliteren klimaatopgave en waterveiligheid

Klimaatverandering zorgt voor een toename van de hoogwaterstanden. Voor de Rijnakken varieert dit van 0 tot 40 centimeter (bron: bijlage 5.2 stuurgroep IRM 4 juli 2022). Het gaat hier nadrukkelijk om het effect van klimaatverandering op de terugkeertijd van de afvoeren en als gevolg daarvan de waterstanden. Rekening wordt gehouden met het toenemen van de afvoer bij Lobith met een herhalingstijd van 1:10.000 jaar van 16.000 m³/s naar 17.000 m³/s. Het faciliteren van de daarmee gemoeide waterstandsverhoging is een mogelijke opgave voor IRM. Het gaat hier nadrukkelijk niet om het volledig faciliteren van de dijkversterkingsopgave d.m.v. rivierverruiming (hierin zit ook dat de huidige dijken niet voldoen aan de norm).

Een belangrijk uitgangspunt is dat de beleidsmatige afvoerverdeling bij 17.000 m³/s gerealiseerd kan worden, waarbij het beleid "Lek ontzien" overeind blijft. Dit betekent dat bij de toename van de afvoer van 16.000 m³/s naar 17.000 m³/s de afvoeren en de hoogwaterstanden op de Nederrijn-Lek gelijk blijven. De totale klimaatopgave voor alle riviertrajecten is gegeven in Tabel 9.

De alternatieven maken een onderscheid in de mate waarin rivierverruiming de klimaatopgave faciliteert. Dit betreft 0%, 50% en 100% in alternatief 1, 2 en 3, respectievelijk. De te faciliteren klimaatopgaves zijn gegeven in Tabel 5.

Het faciliteren van de klimaatopgave reduceert de opgave voor dijkversterking.

Tabel 5: Te faciliteren klimaatopgave Rijnakken

Rijntrajecten	Met rivierverruiming te faciliteren klimaatopgave t.o.v. de huidige situatie		
	Alternatief 1 (0%)	Alternatief 2 (50%)	Alternatief 3 (100%)
Boven-Rijn	0 cm	-15 cm	-30 cm
Waalbochten (Boven-Waal)	0 cm	-20 cm	-40 cm
Midden-Waal	0 cm	-20 cm	-40 cm
Beneden-Waal	0 cm	-20 cm	-40 cm
Boven-Merwede	0 cm	-20 cm	-40 cm
Pannerdensch Kanaal	0 cm	-8 cm	-15 cm
Boven-Nederrijn	0 cm	0 cm	0 cm
Midden-Nederrijn	0 cm	0 cm	0 cm
Beneden-Nederrijn	0 cm	0 cm	0 cm
Lek	0 cm	0 cm	0 cm
Boven-IJssel	0 cm	-13 cm	-25 cm
Midden-IJssel	0 cm	-13 cm	-25 cm
Sallandse IJssel	0 cm	-13 cm	-25 cm
Beneden-IJssel	0 cm	-13 cm	-25 cm

Overijsselse Vecht (Varsen-Vechterweerd)	0 cm	-10 cm	-20 cm
Overijsselse Vecht (Vechterweerd-Zwarte Water)	0 cm	-10 cm	-20 cm
Zwarte Water	0 cm	-10 cm	-20 cm

2.2.2 Faciliteren opgave bodemligging

Als de rivierbodempligging verandert, veranderen de hoogwaterstanden in bepaalde mate mee. Deze relatie is niet 1 op 1. Voor de Rijntakken varieert dit tussen de 25% en 50% (Huthoff et al. 2020), zie hieronder Tabel 6.

Op erosieve trajecten dalen de hoogwaterstanden in de referentiesituatie (zie Tabel 9). Omgekeerd is dit het geval voor de sedimenterende trajecten. Een te faciliteren opgave volgt uit alternatieven 1 en 3, waarin op trajecten de rivierbodem omhoog wordt gebracht t.o.v. het huidige niveau. Gegeven de veranderingen van de rivierbodempligging en de aanname dat 30% daarvan doorwerkt in de hoogwaterstanden, levert dat de te faciliteren opgave bodemligging gepresenteerd in Tabel 6 op. In deze tabel is opgave volgend uit het opvullen van de zomerbedverdiepingen niet meegenomen. Deze effecten zijn lokaler en dienen meegenomen te worden in een nadere uitwerking op kleiner schaalniveau.

Het faciliteren van de opgave voor de veranderde bodempligging zorgt niet voor een reductie van de dijkversterkingsopgave.

Tabel 6: Te faciliteren opgave rivierbodempligging Rijntakken

Rijntrajecten		Met rivierverruiming te faciliteren opgave vanuit een veranderde rivierbodempligging t.o.v. de huidige situatie		
	Percentage waarin bodemverandering doorwerkt in hoogwaterstanden	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Boven-Rijn	50%	0 cm	0 cm	-25 cm
Waalbochten (Boven-Waal)	35%	-14 cm	0 cm	-35 cm
Midden-Waal	35%	-4 cm	0 cm	-12 cm
Beneden-Waal	35%	0 cm	0 cm	0 cm
Boven-Merwede	35%	0 cm	0 cm	0 cm
Pannerdensch Kanaal	33%	-7 cm	0 cm	-26 cm
Boven-Nederrijn	30%	0 cm	0 cm	-3 cm
Midden-Nederrijn	30%	0 cm	0 cm	0 cm
Beneden-Nederrijn	30%	0 cm	0 cm	0 cm
Lek	30%	0 cm	0 cm	0 cm
Boven-IJssel	25%	-3 cm	0 cm	-5 cm
Midden-IJssel	25%	-3 cm	0 cm	-6 cm
Sallandse IJssel	25%	-3 cm	0 cm	-6 cm
Beneden-IJssel	25%	0 cm	0 cm	0 cm
OV Vecht (Varsen-Vechterw.)	?	0 cm	0 cm	0 cm

OV Vecht (Vechterw.- Zwarte Water)	?	0 cm	0 cm	0 cm
Zwarte Water	?	0 cm	0 cm	0 cm

2.2.3 Faciliteren opgave PAGW

PM na duidelijkheid over hoeveel van PAGW in de alternatieven komt. In Tabel 10 is de inschatting uit het "Memo Natuuropgave - effect van de aangepaste ecotoopkartering" meegenomen (100% in alle alternatieven).

2.2.4 Faciliteren overige opgaven

De drie alternatieven faciliteren voor respectievelijk 0%, 50% en 100% in overige opgaven. Deze overige opgaven zijn: natuurontwikkeling (Natura2000 & Natuurnetwerk Nederland), buitendijkse dijkversterking, bestaande en nieuwe gebiedsontwikkeling en beheerruimte. De kwantificering van deze overige opgaven is te vinden in de QuickScan Afvoercapaciteit (Huthoff et al. 2020) en zijn weergegeven in Tabel 8 en geaggregeerd in Tabel 7.

Voor deze vijf opgaven geldt dat het faciliteren ervan niet leidt tot een reductie van de dijkversterkingsopgave. Het zorgt er wel voor dat deze (gewenste) ontwikkelingen meer kans hebben om uitgevoerd te kunnen worden. Immers, projecten in het riviergebied dienen waterstandsneutraal te worden uitgevoerd. Door de afvoercapaciteit te verhogen en daarmee de waterstanden te verlagen, wordt ruimte gecreëerd voor de ontwikkelingen.

Ten opzichte van de QuickScan is de trajectgemiddelde vraag naar waterstandsdaling vanuit de systeemwerking van de Rijntakken niet meegenomen. Dit betreft de waterstandsdaling die nodig is om regelbereik te op de regelwerken Pannerden en Hondsbroeksche Pleij te verkrijgen en te behouden bij een afvoer bij Lobith van 17.000 m³/s. Lokaal zorgt dit voor een forse opgave voor afvoercapaciteit (orde 20 á 30 cm, Huthoff et al. 2020). In een nadere uitwerking op kleiner schaalniveau dient dit beschouwd te worden.

De vraag naar waterstandsdaling vanuit overige opgaven volgt uit:

Natuurontwikkeling:

Ontwikkelingen in het kader van Natura2000 en NatuurNetwerk Nederland zijn bestaand beleid. Over het algemeen vinden deze ontwikkelingen zich plaats in de stroomluwe delen van het winterbed. Daardoor zorgen ze voor slechts beperkte opstuwning van de waterstanden, in de orde van 1 á 2 cm (zie QuickScan Afvoercapaciteit, Huthoff et al. 2020). Op basis van de locaties van geplande natuurontwikkelingsprojecten is een trajectgemiddelde inschatting gemaakt van de vraag naar waterstandsdaling uit deze projecten. Deze varieert tussen de 1 en 6 cm.

Buitendijkse versterking:

Om alle dijktrajecten in 2050 te laten voldoen aan de norm ligt er een grote versterkingsvraag langs de Rijntakken. Vaak vraagt dit om ook om een verbreding, wat binnenwaarts niet altijd mogelijk (of gewenst) is. Conform afspraken dient dit binnen de versterkingsprojecten gecompenseerd te worden om het project waterstandsneutraal te kunnen uitvoeren. IRM kan in deze opgave faciliteren, zodat buitendijks versterken kansrijker wordt. Het betreft 2 á 4 cm aan waterstandsdaling

Bestaande en nieuwe gebiedsontwikkelingen:

Het betreft lokale en regionale initiatieven om (o.a.) buitendijks gebied te ontwikkelen. In de QuickScan Afvoercapaciteit zijn die gebiedsontwikkelingen beschouwd die een dusdanig ruimtebeslag hebben dat er een significant waterstandseffect van is te verwachten. Het gaat vaak om grootschalige en geïntegreerde ontwikkelplannen voor woningbouw, recreatie en natuur. Het uitgangspunt bij de kwantificering is niet dat er helemaal niet meer gecompenseerd wordt voor de waterstandseffecten binnen de gebiedsontwikkelingen. Daarom is de vraag naar waterstandsvaling vrij lokaal en geaggregeerd naar trajectniveau klein in omvang, maximaal orde 2 cm.

Beheerruimte:

Het rivierengebied is dynamisch en verandert als gevolg van natuurlijke processen (groei vegetatie, morfologie) en vanuit menselijke ingrepen. Om als beheerder niet altijd direct te hoeven reageren op deze ontwikkelingen (bijv. een te ruwe vegetatie) doordat de hoogwaterstand toeneemt, is beheerruimte nuttig. Dit geeft een marge om effecten van veranderingen (tijdelijk) te kunnen opvangen en ook natuurlijke processen (binnen de perken) te laten plaatsvinden. Een praktische beheerruimte is in de orde van 2,5 á 5 cm. In het splitsingspuntengebied is er minder vraag naar beheerruimte. Dit gebied moet namelijk beheerd worden om verschuivingen van de afvoerverdeling te voorkomen.

Tabel 7: Totaal te faciliteren overige opgaven in de alternatieven van de Rijn. De uitsplitsing van deze opgaven is gegeven in Tabel 8.

Rijntrajecten	Met rivierverruiming te faciliteren overige opgaven t.o.v. de huidige situatie		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Boven-Rijn	0 cm	-5 cm	-10 cm
Waalbochten (Boven-Waal)	0 cm	-4 cm	-8 cm
Midden-Waal	0 cm	-5 cm	-11 cm
Beneden-Waal	0 cm	-5 cm	-10 cm
Boven-Merwede	0 cm	-5 cm	-10 cm
Pannerdensch Kanaal	0 cm	-3 cm	-6 cm
Boven-Nederrijn	0 cm	-5 cm	-11 cm
Midden-Nederrijn	0 cm	-6 cm	-12 cm
Beneden-Nederrijn	0 cm	-6 cm	-12 cm
Lek	0 cm	-7 cm	-13 cm
Boven-IJssel	0 cm	-6 cm	-12 cm
Midden-IJssel	0 cm	-7 cm	-13 cm
Sallandse IJssel	0 cm	-7 cm	-15 cm
Beneden-IJssel	0 cm	-8 cm	-17 cm
OV Vecht (Varsen-Vechterw.)	0 cm	-4 cm	-7 cm
OV Vecht (Vechterw.-Zw.Wa)	0 cm	-4 cm	-9 cm
Zwarte Water	0 cm	-5 cm	-10 cm

Tabel 8: Te faciliteren overige opgaven in de alternatieven voor de Rijn (afgerond op hele centimeters).

Rijntrajecten	Met rivierverruiming te faciliteren overige opgaven t.o.v. de huidige situatie [cm]		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3

	Natura2000 & NNN	Buitendijkse versterking	Beheer ruimte	Gebiedsontwikkeling bestaand	Gebiedsontwikkeling nieuw	Natura2000 & NNN	Buitendijkse versterking	Beheer ruimte	Gebiedsontwikkeling bestaand	Gebiedsontwikkeling nieuw	Natura2000 & NNN	Buitendijkse versterking	Beheer ruimte	Gebiedsontwikkeling bestaand	Gebiedsontwikkeling nieuw
Boven-Rijn	0	0	0	0	0	-1	-1	-3	0	0	-2	-2	-5	-1	0
Waalbochten (Boven-Waal)	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	-2	-2	-3	0	-1
Midden-Waal	0	0	0	0	0	-1	-1	-3	0	0	-3	-2	-5	-1	-1
Beneden-Waal	0	0	0	0	0	-1	-1	-3	0	0	-2	-2	-5	0	-1
Boven-Merwede	0	0	0	0	0	-1	-1	-3	0	-1	-1	-2	-5	0	-1
Pannerdensch Kanaal	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	0	0	-2	-2	-1	-1	-1
Boven-Nederrijn	0	0	0	0	0	0	-2	-3	0	0	-1	-4	-5	-1	0
Midden-Nederrijn	0	0	0	0	0	-1	-2	-3	0	0	-2	-4	-5	0	-1
Beneden-Nederrijn	0	0	0	0	0	-1	-2	-3	0	0	-2	-4	-5	0	-1
Lek	0	0	0	0	0	-2	-2	-3	0	0	-4	-4	-5	0	-1
Boven-IJssel	0	0	0	0	0	-1	-2	-2	-1	-1	-2	-4	-3	-2	-2
Midden-IJssel	0	0	0	0	0	-1	-2	-3	0	0	-3	-4	-5	0	-1
Sallandse IJssel	0	0	0	0	0	-2	-2	-3	0	-1	-4	-4	-5	-1	-1
Beneden-IJssel	0	0	0	0	0	-3	-2	-3	0	0	-6	-4	-5	-1	-1
OV Vecht (Varsen-Vechterw.)	0	0	0	0	0	-1	-2	-1	0	0	-2	-4	-1	0	0
OV Vecht (Vechterw.-Zw.Wa)	0	0	0	0	0	-2	-2	-1	0	0	-3	-4	-1	0	0
Zwarte Water	0	0	0	0	0	-2	-2	-1	0	-1	-3	-4	-1	0	-1

2.2.5 Samenvatting waterstandsdeling alternatieven

Tabel 9: Waterstandsverandering Rijntakken in de referentiesituatie in 2050 t.o.v. de huidige situatie.

Rijntrajecten	Waterstandsverandering in referentiesituatie 2050 t.o.v. huidig	
	Als gevolg van klimaat	Als gevolg van veranderde bodemligging
Boven-Rijn	+30 cm	0 cm
Waalbochten (Boven-Waal)	+40 cm	-18 cm
Midden-Waal	+40 cm	-7 cm
Beneden-Waal	+40 cm	0 cm
Boven-Merwede	+40 cm	0 cm
Pannerdensch Kanaal	+15 cm	-10 cm

Boven-Nederrijn	0 cm	0 cm
Midden-Nederrijn	0 cm	0 cm
Beneden-Nederrijn	0 cm	0 cm
Lek	0 cm	0 cm
Boven-IJssel	+25 cm	-3 cm
Midden-IJssel	+25 cm	0 cm
Sallandse IJssel	+25 cm	0 cm
Beneden-IJssel	+25 cm	0 cm
OV Vecht (Varsen-Vechterw.)	+20 cm	0 cm
OV Vecht (Vechterw.-Zw.Wa)	+20 cm	0 cm
Zwarte Water	+20 cm	0 cm

Tabel 10: Het aantal centimeters waterstandsverandering waarin rivierverruimende maatregelen voorzien om opgaven te kunnen faciliteren in de drie alternatieven in de Rijntakken

Rijntrajecten	Waterstandsverandering door rivierverruiming [cm]		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Boven-Rijn	-1 cm	-21 cm	-66 cm
Waalbochten (Boven-Waal)	-19 cm	-29 cm	-88 cm
Midden-Waal	-9 cm	-30 cm	-68 cm
Beneden-Waal	-12 cm	-37 cm	-62 cm
Boven-Merwede	-5 cm	-30 cm	-55 cm
Pannerdensch Kanaal	-14 cm	-18 cm	-55 cm
Boven-Nederrijn	-2 cm	-7 cm	-16 cm
Midden-Nederrijn	-2 cm	-8 cm	-14 cm
Beneden-Nederrijn	-2 cm	-8 cm	-14 cm
Lek	-2 cm	-9 cm	-15 cm
Boven-IJssel	-8 cm	-24 cm	-47 cm
Midden-IJssel	-15 cm	-31 cm	-56 cm
Sallandse IJssel	-27 cm	-44 cm	-70 cm
Beneden-IJssel	-8 cm	-29 cm	-50 cm
OV Vecht (Varsen-Vechterw.)	-1 cm	-15 cm	-28 cm
OV Vecht (Vechterw.-Zw.Wa)	-1 cm	-15 cm	-30 cm
Zwarte Water	-1 cm	-16 cm	-31 cm

2.2.6 Opmerkingen

De gepresenteerde waterstandsveranderingen in de drie alternatieven die gefaciliteerd dienen te worden met rivierverruiming zijn trajectgemiddelde waarden. Lokaal kunnen de effecten groter zijn, bijvoorbeeld op locaties waar in het kader van PAGW veel verruiming van de vegetatie plaatsvindt.

Lokale effecten kunnen ook voor een extra te faciliteren opgave zorgen:

- Het (actief) opvullen van de zomerbedverdieping in de Beneden-IJssel zorgt lokaal en bovenstrooms ervan voor een verhoging van de waterstanden dat gecompenseerd dient te worden.
- Het ontzien van kwetsbare dijken en/of aangezichten. Op enkele korte trajecten langs de Rijntakken zijn kwetsbare dijken aanwezig, trajecten grote cultuurhistorische of landschappelijke waarde. Om deze te ontzien voor dijkversterking moet lokaal extra afvoercapaciteit gerealiseerd worden.
- In de Waalbochten en in de Boven-IJssel is mogelijk extra afvoercapaciteit nodig om de beleidsmatige afvoerverdeling over de Rijntakken te realiseren waarbij er op de regelwerken ook voldoende regelbereik overblijft.

3 Maas

3.1 Rivierbodempligging

Voor de Maas zijn er twee knopstanden van de rivierbodempligging die worden beschouwd. Enerzijds is dat de huidige bodempligging (referentiejaar 2020) vasthouden in alternatief 1 en alternatief 2. In deze twee alternatieven is dus alleen een inspanning nodig op de riviertrajecten met een erosief karakter. Anderzijds is dat de bodempligging terugbrengen naar de situatie van voor Maaswerken (referentiejaar 1997). Dit betreft voornamelijk het compenseren van de rivierbodemdaling die in de periode van 1997 tot 2020 heeft plaatsgevonden. Ook dient de erosieve bodemtrend gestopt te worden. Ten slotte zijn er in het kader van Maaswerken drie grote zomerbedverdiepingen uitgevoerd. Hiervoor zijn drie algemene opties denkbaar: A) onderhouden op het huidige niveau, B) niet meer onderhouden en natuurlijk dicht laten slibben, C) actief opvullen. Waar optie B) (beperkte) effecten heeft op het doelbereik van IRM met een kleine inspanning, heeft optie C) de grootste effecten binnen het MKBA en PlanMER en wordt daarom binnen alternatief 3 verkend.

3.1.1 Beschrijving trajecten en invulling alternatieven

De ontwikkeling van de Maastrajecten en de alternatieven voor de rivierbodempligging van deze trajecten zijn als volgt:

- Bovenmaas: heeft zich in het verre verleden diep ingesneden en stroomt nu grotendeels over een niet erodeerbare bodem. Voor dit traject zal dus de huidige situatie worden behouden in de referentiesituatie en in de 3 alternatieven.
- Grensmaas: is een ongestuwd deel van de Maas worden laagwaterstanden 1-op-1 meeveranderen met de rivierbodempligging. Er vinden sedimentonttrekkingen uit het zomerbed plaats, wat deels de sterk erosieve trend veroorzaakt. Voor elk alternatief dient de huidige erosieve trend gestopt te worden, waardoor de bodem hoger zal liggen dan in de referentiesituatie in 2050. De grootte van de trend verschilt langs het traject (Deltares, 2022). In de referentiesituatie is de waarde van 30 cm verschil t.o.v. de huidige situatie aangehouden. Deze waarde ligt dicht bij de informatie uit de IRM informatiebladen. In alternatief 3 komt de rivierbodempligging gemiddeld nog 40 cm extra hoger te liggen.
- Plassenmaas: kent een erosief karakter. Daarom zal trajectgemiddeld de rivierbodempligging 24 zakken in de referentiesituatie t.o.v. de huidige situatie. Het niveau van voor de uitvoering van Maaswerken is 16 cm hoger dan het huidige niveau (40 cm hoger dan in de referentiesituatie).
- Peelhorstmaas: het traject kent verschillen in de waargenomen bodemtrends. Trajectgemiddeld vindt er erosie plaats, dat naar verwachting doorzet en in 2050 voor een verlaging van de rivierbodempligging met 15 cm zorgt t.o.v. de huidige situatie. De afgelopen ruim 20 jaar heeft er ook erosie plaats gevonden (trajectgemiddeld ca. 14 cm), wat wordt opgenomen in alternatief 3. Ten slotte is in het kader van Maaswerken in het stuwpand Sambeek (Sambeek – Venlo) de rivierbodempligging met 2 tot 3 meter verlaagd. In alternatief 3 wordt deze ongedaan gemaakt.
- Venloslenkmaas: kent een (licht) erosief karakter dat in 2050 voor een trajectgemiddelde erosie van 5 cm zorgen t.o.v. de huidige situatie. Een deel van deze erosie wordt veroorzaakt door de sedimentonttrekkingen. Om terug te gaan naar het niveau van voor

Maaswerken zou de bodem trajectgemiddeld 12 cm hoger moeten liggen dan het huidige niveau. Ook is in het kader van Maaswerken een zomerbedverdieping uitgevoerd op dit traject; in stuwpand Grave is de bodem met 1,5 tot 3 meter verlaagd over een lengte van plusminus 20 km.

- Bedijkte Maas: kent een (licht) erosief karakter en zal trajectgemiddeld nog 9 cm zakken in de referentiesituatie. T.o.v. de huidige situatie lag de bodem voor uitvoering van Maaswerken 6 cm hoger. Daarbovenop is in het kader van Maaswerken het zomerbed in stuwpand Lith tussen Grave en Ravenstein met gemiddeld 3 meter verdiept.
- Getijdenmaas: kent een sedimentierend karakter en de bodem zal trajectgemiddeld 15 cm hoger liggen in de referentiesituatie t.o.v. nu. Er wordt vanuit gegaan dat er geen actief beleid gericht op de bodemligging wordt gevormd (op basis van advies Notitie Systeemknoppen; Projectteam Systeemknoppen, 2022)
- Bergsche Maas: kent een sedimentierend karakter en de bodem zal trajectgemiddeld 27 cm hoger liggen in de referentiesituatie t.o.v. nu. Er wordt vanuit gegaan dat er geen actief beleid gericht op de bodemligging wordt gevormd (op basis van advies Notitie Systeemknoppen; Projectteam Systeemknoppen, 2022)
- Afgedamde Maas: is niet afvoerend en kent waarschijnlijk een sedimentierend karakter (geen gegevens beschikbaar). Er wordt vanuit gegaan dat er geen actief beleid gericht op de bodemligging wordt gevormd.

3.1.2 Alternatieven

Tabel 11: Alternatieven rivierbodemligging Maas

Maastrajecten	Bodemligging 2050	Bodemligging t.o.v. huidig / referentie		
	t.o.v. huidig	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Bovenmaas	0 cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm	0cm / 0cm
Grensmaas	-30 cm	0cm / +30cm	0cm / +30cm	+40cm / +70cm
Plassenmaas	-24 cm	0cm / +24cm	0cm / +24cm	+16cm / +40cm
Peelhorstmaas*	-15 cm	0cm / +15cm	0cm / +15cm	+14cm / +29cm
Venloslenkmaas*	-5 cm	0cm / +5cm	0cm / +5cm	+12cm / +17cm
Bedijkte Maas*	-9 cm	0cm / +9cm	0cm / +9cm	+6cm / +15cm
Getijdenmaas	+15 cm	+15cm / +15cm	+15cm / +15cm	+15cm / +15cm
Bergsche Maas	+27 cm	+27cm / +27 cm	+27cm / +27 cm	+27cm / +27 cm
Afgedamde Maas**	0 cm	0 cm / 0cm	0 cm / 0cm	0 cm / 0cm

* In deze trajecten heeft een zomerbedverdieping plaatsgevonden in het kader van Maaswerken

** Voor dit traject zijn geen gegevens beschikbaar.

3.2 Faciliteren opgaven met rivierverruiming

Het faciliteren van opgaven door middel van rivierverruiming is opgedeeld in 4 categorieën:

- Klimaatopgave (en waterveiligheid) (3.2.1)
- Verandering bodemligging (3.2.2)
- PAGW (3.2.3)
- Overige opgaven (3.2.4)

De geaggregeerde resultaten voor de referentiesituatie en de drie alternatieven wordt gegeven in paragraaf 3.2.5.

3.2.1 Faciliteren klimaatopgave en waterveiligheid

Klimaatverandering zorgt voor een toename van de hoogwaterstanden. Voor de Maasvallei (Bovenmaas t/m de Venloslenkmaas) wordt rekening gehouden met een toename van de afvoer met een kans van voorkomen van 1:300 jaar van 3.500 m³/s naar 3.900 m³/s. Voor de Bedijkte Maas (Bedijkte Maas t/m de Bergsche Maas) wordt rekening gehouden met een toename van de afvoer met een kans van voorkomen van 1:10.000 jaar van 4.350 m³/s naar 4.700 m³/s. Deze toenames van de afvoer zijn het uitgangspunt voor het bepalen van de klimaatopgave (bron: bijlage 5.2 stuurgroep IRM 4 juli 2022).

Via de betrekkinglijnen Maas 2020-2021 is het effect op de waterstanden van deze afvoertoesnames bepaald. Dat resulteert in de in Tabel 16 gepresenteerde verandering van de hoogwaterstanden als gevolg van klimaatverandering. De alternatieven maken een onderscheid in de mate waarin rivierverruiming deze klimaatopgave faciliteert. Dit betreft 0%, 50% en 100% in alternatief 1, 2 en 3, respectievelijk. Deze zijn gegeven in Tabel 12.

Het faciliteren van de klimaatopgave reduceert de opgave voor dijkversterking.

Tabel 12: Te faciliteren klimaatopgave Maas

Maastrajecten	Met rivierverruiming te faciliteren klimaatopgave t.o.v. de huidige situatie		
	Alternatief 1 (0%)	Alternatief 2 (50%)	Alternatief 3 (100%)
Bovenmaas	0 cm	-15 cm	-30 cm
Grensmaas	0 cm	-10 cm	-20 cm
Plassenmaas	0 cm	-15 cm	-30 cm
Peelhorstmaas	0 cm	-15 cm	-30 cm
Venloslenkmaas	0 cm	-10 cm	-20 cm
Bedijkte Maas	0 cm	-18 cm	-35 cm
Getijdenmaas	0 cm	-20 cm	-40 cm
Bergsche Maas	0 cm	-18 cm	-35 cm
Afgedamde Maas	0 cm	0 cm	0 cm

3.2.2 Faciliteren opgave bodemligging

Als de rivierbodemligging verandert, veranderen de hoogwaterstanden in bepaalde mate mee. Deze relatie is niet 1 op 1. Voor de Maas werkt een verandering van de rivierbodemligging voor plusminus 30% door in de hoogwaterstanden (IRM informatiebladen 2.0).

Op erosieve trajecten dalen de hoogwaterstanden in de referentiesituatie (zie Tabel 16). Omgekeerd is dit het geval voor de sedimenterende trajecten. Een te faciliteren opgave volgt uit alternatief 3 als de rivierbodem omhoog wordt gebracht t.o.v. het huidige niveau. Gegeven de veranderingen van de rivierbodemligging en de aanname dat 30% daarvan doorwerkt in de hoogwaterstanden, levert dat de te faciliteren opgave bodemligging gepresenteerd in Tabel 13 op. In deze tabel is opgave volgend uit het opvullen van de zomerbedverdiepingen niet meegenomen.

Deze effecten zijn lokaler en dienen meegenomen te worden in een nadere uitwerking op kleiner schaalniveau.

Het faciliteren van de opgave voor de veranderde bodemligging zorgt niet voor een reductie van de dijkversterkingsopgave.

Tabel 13: Te faciliteren opgave rivierbodemligging Maas

Maastrajecten	Met rivierverruiming te faciliteren opgave vanuit een veranderde rivierbodemligging t.o.v. de huidige situatie		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Bovenmaas	0 cm	0 cm	0 cm
Grensmaas	0 cm	0 cm	-12 cm
Plassenmaas	0 cm	0 cm	-5 cm
Peelhorstmaas	0 cm	0 cm	-4 cm
Venloslenkmaas	0 cm	0 cm	-4 cm
Bedijkte Maas	0 cm	0 cm	-2 cm
Getijdenmaas	0 cm	0 cm	0 cm
Bergsche Maas	0 cm	0 cm	0 cm
Afgedamde Maas	0 cm	0 cm	0cm

3.2.3 Faciliteren opgave PAGW

PM na duidelijkheid over hoeveel van PAGW in de alternatieven komt. In Tabel 17 is de inschatting uit het "Memo Natuuropgave - effect van de aangepaste ecotoopkartering" meegenomen (100% in alle alternatieven).

3.2.4 Faciliteren overige opgaven

De drie alternatieven faciliteren voor respectievelijk 0%, 50% en 100% in overige opgaven. Deze overige opgaven zijn: natuurontwikkeling (Natura2000 & Natuurnetwerk Nederland), buitendijkse dijkversterking, bestaande en nieuwe gebiedsontwikkeling, beheerruimte en het aanvullen van de systeemmaatregelen voor de Maas. De eerste vijf opgaven zijn voor de Rijntakken al toegelicht (paragraaf 2.2.4). De kwantificering van deze overige opgaven is te vinden in de QuickScan Afvoercapaciteit (Huthoff et al. 2020). Voor deze vijf opgaven geldt dat het faciliteren ervan niet leidt tot een reductie van de dijkversterkingsopgave.

Enige vraag naar waterstandsvaling volgt uit het laten vervallen van de overstroombaarheidseis van de dijken in de Maasvallei en het versterken van een aantal dijken. Daardoor zijn de hoogwaterstanden langs de Maas met 0 tot 25 centimeter toegenomen. Daarvoor worden 12 systeemmaatregelen getroffen. Het voorziene effect van deze systeemmaatregelen kan onvoldoende zijn om het laten vervallen van de overstroombaarheidseis volledig te compenseren (Bron: RWS Advies systeemwerkingsmaatregelen, 2019), wat wel als voorwaarde is gesteld voor het laten vervallen van de eis. In dat geval kan het restant een te faciliteren opgave vormen voor IRM: "Wanneer na verkenning blijkt dat met een systeemwerkingsmaatregel niet het ingeschatte effect kan worden bereikt, worden in het kader van het programma IRM in afstemming met SDM compenserende maatregelen afgewogen". De trajectgemiddelde resterende systeemopgave voor de Maas is bepaald in de QuickScan (Huthoff et al. 2020) en bedraagt 1 tot 7 cm.

Ten opzichte van de QuickScan is de trajectgemiddelde vraag naar waterstandsdeling vanuit het ontzien van kwetsbare dijken/fronten niet meegenomen. Lokaal langs de Maas is dijkverhoging niet gewenst. Om deze kwetsbare locaties te ontzien is lokaal veel verruiming nodig. In een nadere uitwerking op kleiner schaalniveau dient dit beschouwd te worden.

De totaal te faciliteren overige opgaven voor de drie alternatieven is gegeven in Tabel 14 en de uitsplitsing naar de bronnen is gegeven in Tabel 15.

Tabel 14: Totaal te faciliteren overige opgaven in de alternatieven van de Maas. De uitsplitsing van deze opgaven is gegeven in Tabel 16.

Maastrajecten	Met rivierverruiming te faciliteren overige opgaven t.o.v. de huidige situatie		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Bovenmaas	0 cm	-5 cm	-10 cm
Grensmaas	0 cm	-8 cm	-17 cm
Plassenmaas	0 cm	-8 cm	-16 cm
Peelhorstmaas	0 cm	-9 cm	-17 cm
Venloslenkmaas	0 cm	-8 cm	-16 cm
Bedijkte Maas	0 cm	-6 cm	-13 cm
Getijdenmaas	0 cm	-6 cm	-11 cm
Bergsche Maas	0 cm	-5 cm	-9 cm
Afgedamde Maas	0 cm	0 cm	0 cm

Tabel 15: Te faciliteren overige opgaven in de alternatieven voor de Maas (afgerond op hele centimeters).

Maastrajecten	Met rivierverruiming te faciliteren overige opgaven t.o.v. de huidige situatie [cm]																	
	Alternatief 1					Alternatief 2					Alternatief 3							
	Systeemopgave	Natura2000 & NNN	Buitendijkse versterking	Beheerruimte	Gebiedsontwikkeling bestaand	Gebiedsontwikkeling nieuw	Systeemopgave	Natura2000 & NNN	Buitendijkse versterking	Beheerruimte	Gebiedsontwikkeling bestaand	Gebiedsontwikkeling nieuw	Systeemopgave	Natura2000 & NNN	Buitendijkse versterking	Beheerruimte	Gebiedsontwikkeling bestaand	Gebiedsontwikkeling nieuw
Bovenmaas	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	0	-1	-1	-2	-2	-5	-1	0
Grensmaas	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-1	-1	0	-1	-3	-7	-2	-5	0	0
Plassenmaas	0	0	0	0	0	0	-3	-1	-1	-1	0	-3	-6	-3	-2	-5	0	0
Peelhorstmaas	0	0	0	0	0	0	-3	-1	-1	-1	0	-3	-7	-3	-2	-5	0	0
Venloslenkmaas	0	0	0	0	0	0	-3	-1	-1	-1	0	-3	-6	-3	-2	-5	0	0
Bedijkte Maas	0	0	0	0	0	0	-2	0	-1	-1	0	-2	-4	-2	-2	-5	0	0
Getijdenmaas	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	0	-1	-3	-1	-2	-5	0	0
Bergsche Maas	0	0	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	0	-1	-2	0	-2	-5	0	0
Afgedamde Maas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3.2.5 Samenvatting waterstandsdeling alternatieven

Tabel 16: Waterstandsverandering in de referentiesituatie in 2050 t.o.v. de huidige situatie in de Maastrajecten

Maastrajecten	Waterstandsverandering in referentiesituatie 2050 t.o.v. huidig	
	Als gevolg van klimaat	Als gevolg van veranderde bodemligging
Bovenmaas	+30 cm	0 cm
Grensmaas	+20 cm	-9 cm
Plassenmaas	+30 cm	-7 cm
Peelhorstmaas	+30 cm	-5 cm
Venloslenkmaas	+20 cm	-2 cm
Bedijkte Maas	+35 cm	-3 cm
Getijdenmaas	+40 cm	+5 cm
Bergsche Maas	+35 cm	+8 cm
Afgedamde Maas	0 cm	0 cm

Tabel 17: Het aantal centimeters waterstandsverandering waarin rivierverruimende maatregelen voorzien om opgaven te kunnen faciliteren in de drie alternatieven in de Maastrajecten

Maastrajecten	Waterstandsverandering door rivierverruiming [cm]		
	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Bovenmaas	-3 cm	-23 cm	-43 cm
Grensmaas	-3 cm	-21 cm	-52 cm
Plassenmaas	-3 cm	-26 cm	-53 cm
Peelhorstmaas	-5 cm	-29 cm	-56 cm
Venloslenkmaas	-10 cm	-28 cm	-50 cm
Bedijkte Maas	-15 cm	-39 cm	-65 cm
Getijdenmaas	-25 cm	-51 cm	-76 cm
Bergsche Maas	-20 cm	-42 cm	-64 cm
Afgedamde Maas	0 cm	0 cm	0 cm

3.2.6 Opmerkingen

De gepresenteerde waterstandsveranderingen in de drie alternatieven die gefaciliteerd dienen te worden met rivierverruiming zijn trajectgemiddelde waarden. Lokaal kunnen de effecten groter zijn, bijvoorbeeld op locaties waar in het kader van PAGW veel verruiming van de vegetatie plaatsvindt.

Lokale effecten kunnen ook voor een extra te faciliteren opgave zorgen:

- Het (actief) opvullen van de zomerbedverdiepingen zorgt voor een effect op de hoogwaterstanden van enkele decimeters ter hoogte van de zomerbedverdiepingen en werkt bovenstrooms door.
- Het ontzien van kwetsbare dijken en/of aangezichten. Langs de Maas zijn er trajecten waar gestreefd wordt naar een beperkte toename van de dijkhoogten. Om dit te faciliteren kan lokaal veel verruiming nodig zijn.

Referenties

HKV (2020). Memo Natuuropgave - effect van de aangepaste ecotoopkartering

Huthoff et al. (2020) IRM QuickScan Afvoercapaciteit. PR4162.10

Informatiebladen Maas Integraal Riviermanagement (2021). www.bouwplaatsirm.nl

Maronier (2022) Notitie milieueffecten alternatieven, onderdeel van planMER IRM. Concept. Versie 12 oktober 2022. BH8949.

Projectgroep systeemknoppen (2022) Notitie systeemknoppen IRM

Rijkswaterstaat (2022). Maas- en Rijntrajecten ingedeeld op basis van een aantal rivierkarakteristieken.

Zuijderwijk et al. (2020) QuickScan rivierbodempligging ten behoeve van Integraal Riviermanagement. Witteveen+Bos & HKV

Bijlage B: Eenheidskosten IRM

MEMO

Aan: IRM
 Cc.:
 Van: Jarl Kind, met bijdrage van Hermjan Barneveld en Matthijs Gensen
 Onderwerp: Eenheidskosten IRM
 Datum: 28 november 2022 Onze ref. 1001785 MKBA IRM

1 Inleiding

Dit concept memo beschrijft de eenheidskosten van maatregelen zoals die gebruikt zullen worden in IRM. Omdat binnen IRM geen besluiten genomen worden over concrete maatregelen, zijn er ook geen ontwerpen van de maatregelen gemaakt. De eenheidskosten zijn globale kengetallen die op basis van eerdere studies en databases (met name de Blokkendoos DPR) zijn afgeleid. De kwaliteit en consistentie van deze ramingen en databases bepalen de kwaliteit van de kengetallen. Over die kwaliteit zijn in het verleden kritische vragen gesteld en voorstellen gedaan voor verbetering (Levelt 2018). Deze zijn in dit memo niet doorgevoerd en ook niet perse relevant, omdat het ook verbeteringen van de ramingen van specifieke maatregelen betreft, terwijl IRM behoefte heeft aan gemiddelde kostenkengetallen.

In IRM wordt er gerekend met kosten en baten in prijspeil van (januari) 2021. Alle kosten en baten zijn, conform de algemene leidraad voor de MKBA, inclusief BTW. Naast de kengetallen voor de (initiële) investeringskosten zijn ook de kengetallen voor het jaarlijkse (extra) beheer en onderhoud gegeven. De beheer en onderhoudskosten worden in de MKBA contant gemaakt met behulp van de voorgeschreven discontovoet voor (vaste) kosten van 1,6% per jaar.¹

De volgende maatregelen worden in de beleidsalternatieven genoemd en worden gebruikt voor het ramen van de kosten voor sedimenthuishouding/bodemligging en afvoer- en bergingscapaciteit.

¹ Bij een percentage van 1% voor de jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud en een discontovoet van 1,6% betekent dit dat voor een periode van 100 jaar de investeringskosten met 50% dienen worden te verhoogd om de contante waarde van de beheer en onderhoud in rekening te brengen. Over een zgn. "oneindige" periode bedraagt deze verhoging 62,5%. In de MKBA gaan we uit van deze laatste.

Tabel 1: Overzicht maatregelen t.b.v. kostenramingen²

	Sedimenthuishouding / bodempligging	Afvoer- en bergingscapaciteit
Sediment suppleties	X	
Kribverlaging	X	
Zomerkadeverlaging	X	(X)
Langsdammen	X	(X)
Zomerbedverbreding	X	(X)
Nevengeulen	X	X
Uiterwaardverlaging / Weerdvergraving	X	X
Dijkverlegging	X	X

(X). Deze kostenkengetallen kunnen niet worden gebruikt in de methodiek van IRM voor het ramen van de kosten van afvoer- en bergingscapaciteit, omdat de zgn. kosteneffectiviteitsgetallen (€/m² MWH/waterstandsvaling, zie bijlage A) hiervoor ontbreken. Zie verder hoofdstuk 3.

2 Maatregelen sedimenthuishouding/bodempligging

2.1 Sediment suppleties

In het memo van Eijsbergen et al. (2019) wordt uitgegaan van € 32 per m³ op basis van een RHDHV studie uit 2016. Indexatie naar prijspeil 2021 zou betekenen dat de kosten € 38 per m³ zijn (voor indexcijfers, zie Bijlage B). In een recente WNF studie is uitgegaan van € 47 per m³ (prijspeil 2021) (Wienhoven et al., 2021). **In IRM rekenen we met het hogere bedrag van € 47 per m³.**

2.2 Kribverlaging

Volgens Eijsbergen et al (2019) zijn de kosten als volgt:

IJssel en Nederrijn: € 0,55 miljoen per km
 Waal/Boven-Rijn: € 1,05 miljoen per km
 Pannerdensch kanaal: € 1,45 miljoen per km

Indexatie naar 2021 geeft de volgende kosten:

IJssel en Nederrijn: € 0,59 miljoen per km
Waal/Boven-Rijn: € 1,13 miljoen per km
Pannerdensch kanaal: € 1,57 miljoen per km

Deze kosten zijn gebaseerd op een kribverlaging op beide oevers waarbij de kribben met orde grootte 1,5 meter worden verlaagd. Omdat bij het herstellen van de bodempligging/sedimenthuishouding grotere verlagingen in beeld zijn, **maken we deze kosten volledig afhankelijk (variabel) van de mate van kribverlaging.**

Uitgangspunt is dat kribverlaging niet leidt tot (extra) kosten voor beheer en onderhoud.

² De Blokkendoos DPR onderscheidt de volgende categorieën maatregelen: Uiterwaardproject, Dijkverlegging, Hydraulisch obstakel, Nevengeul / Hoogwatergeul, Zomerbedmaatregel, Groene rivier / retentie / Rivierkering en Overig.

2.3 Zomerkadeverlaging

Volgens Eijsbergen et al. (2019) zijn de kosten € 3 miljoen per km. Indexatie naar 2021 geeft een kostenkengetal van **€ 3,2 miljoen per km**. Door het verlagen van zomerkades zijn er geen (extra) kosten voor beheer en onderhoud.

2.4 Langsdammen

Volgens Eijsbergen et al. (2019) zijn de kosten van langsdammen € 4,5 miljoen per km (prijspeil 2014). Geïndexeerd naar 2021 zou dat op € 4,9 miljoen per km uitkomen. Arcadis (2022) rekent met hogere kosten voor de Waal: € 8,3 miljoen per km, exclusief BTW. Inclusief BTW (stel gemiddeld 15%) zou dat dan neerkomen op een bedrag van € 9,5 miljoen per km.³

Om de oevergeul achter de langsdammen te realiseren, moet mogelijk de oever worden ontgraven. Bij de Waal zijn de oevergeulen ongeveer 80 meter breed. De kosten van de vergravingen die voor deze breedte van de oevergeul nodig zijn, zijn dus reeds opgenomen in het bedrag van Arcadis. Voor een bredere oevergeul zullen de kosten toenemen. Als we uitgaan van € 43 per m³ vergraving (zie paragraaf 2.6), en een gemiddelde diepte van de oevergeul van 5 meter (gemiddelde diepte kribvakken langs de Waal), nemen de kosten per meter verbreding van de oevergeul (t.o.v. een 80 meter brede oevergeul) toe met: € 43 x 5 x 1000 = €215.000. Langs de IJssel zijn de kribben dermate kort dat het aanleggen van langsdammen met een oevergeul direct tot vergraving van de oevers leidt. Voor elke meter breedte van de oevergeul langs de IJssel zijn de extra kosten dus € 215.000.

In IRM rekenen we met het hogere en meer recente bedrag van € 9,5 miljoen per km. Daar bovenop komt een variabel deel voor de vergraving van de oevergeul van € 215.000 per meter breedte van de geul (elke meter breedte langs de IJssel en boven de 80 meter langs de Waal).

Voor de jaarlijkse kosten van beheer en onderhoud nemen we een percentage van 0,5% (Levelt en Prins, 2014).

2.5 Zomerbedverbreding

Volgens Eijsbergen et al. (2019) zijn de kosten voor een zomerbedverbreding € 4 miljoen per km (prijspeil 2014). Indexatie naar 2021 geeft een kostenkengetal van € 4,4 miljoen per km. Deze kosten schatting is gebaseerd op een zomerbedverbreding met 12,5m. **Per meter zomerbedverbreding geeft dat kosten van € 352.000 per km.**

2.6 Nevengeulen, uiterwaardprojecten en zomerbedmaatregelen

Nevengeulen, uiterwaardprojecten, dijkverlegging en zomerbedmaatregelen zijn als “type maatregel” terug te vinden in de Blokkendoos DPR. De kosten uit de Blokkendoos zijn geactualiseerd naar 2021. Omdat er

³ In het Arcadis rapport wordt ook opgemerkt dat dit bedrag “hogere [is] dan het in het rapport van het Nationaal Groeifonds genoemde kengetal van ca €3.500.-- per meter. Dit is te verklaren door de volgende punten: (1) De kosten in uit het Nationaal Groeifonds gaan uit van hergebruik van de stortsteen die in de kribben verwerkt is. In de raming van deze [Arcadis] studie is echter uitgegaan van de aanvoer van breuksteen. Dit omdat het in dit stadium erg lastig is een goede inschatting van te maken van de vrijkomende en herbruikbare breuksteen. De beschikbaarheid hangt namelijk erg af van de lokale situatie (Zijn er kribben? Wat is de kwaliteit/grootte van de breuksteen?). Zonder hergebruik van materialen zou het kengetal van het Groeifonds uitkomen op ca €5.000.--per meter. (2) In deze [Arcadis] studie zijn naast de bouwkosten (ca. €6.000.-- per meter) ook standaard opslagen zijn opgenomen (conform de SSK systematiek): 20% Engineeringskosten, 8% Overige bijkomende kosten en 10% Objectoverstijgende risico's. Die opslagen zijn niet in het kengetal van het Groeifonds opgenomen.”

van elk type maatregel voldoende aanwezig dienen te zijn in de Blokkendoos om tot een enigszins betrouwbaar, gemiddelde kostentotal te komen, laat de Blokkendoos een inschatting van de eenheidskosten toe voor de Rijn op het niveau van de drie riviertakken, en voor de Maas op het niveau van de 3 trajecten (zie Tabel 4 in Hoofdstuk 3 voor het aantal maatregelen voor deze indeling van trajecten). Deze onderverdeling naar riviertak is van belang voor het ramen van de kosten van verschillende opgaven voor afvoer- en bergingscapaciteit.

Tabel 2: Kosten van verschillende maatregelen (in miljoen € per km) (prijspeil 2021)

	Bovenrijn, Waal en Merwede	Panner- densch Kanaal en IJssel	Nederrijn/ Lek	Bedijkte Maas	Noordelijke Maasvallei	Zuidelijke Maasvallei	Gemiddeld
Uiterwaardproject	25	10	10	6	5	13	13
Dijkverlegging	32	15	26	17	2	6	18
Nevengeul / Hoogwatergeul	18	32		14	23	13	17
Zomerbedmaatregel	5	1	1	7	6	4	4

Ter vergelijking, Eijsbergen et al. (2019) komen op basis van de info uit de Blokkendoos DPR voor alle riviertrajecten op gemiddelde kosten voor een uiterwaardproject van € 12,5 miljoen per km (pp 2014, € 13,5 miljoen per km prijspeil 2021). Voor een nevengeul op € 20 miljoen per km (pp. 2014; € 21,6 miljoen per km prijspeil 2021) en voor een zomerbedmaatregel op € 4 miljoen per km (pp. 2014; € 4,3 miljoen per km prijspeil 2021). De gemiddelde kosten zijn dus orde van grootte gelijk, maar de verschillen tussen de takken zijn aanzienlijk.

Voor beheer en onderhoud gaan we uit van 0,5% voor uiterwaardprojecten en nevengeulen, 1% voor zomerbedmaatregelen en 0,4% voor dijkverleggingen (op basis van Levelt en Prins, 2014).

In de Blokkendoos DPR is geen informatie opgenomen over de volumes van de vergravingen in de verschillende maatregelen en derhalve kunnen ook geen gemiddelde kosten per m³ vergraving worden afgeleid. Eijsbergen geeft een getal van uiterwaardmaatregelen van € 40 per m³. Geactualiseerd naar 2021 komt dat overeen met **€ 43 per m³ vergraving**. Kosten voor beheer en onderhoud zijn als hierboven.

3 Methode kostenramingen afvoer- en bergingscapaciteit

De te onderzoeken alternatieven voor afvoer- en bergingscapaciteit worden gedefinieerd als een opgave (in cm waterstandsval) voor de verschillende IRM trajecten. Deze worden niet verder met concrete maatregelen ingevuld. Om tot een raming van de kosten te komen, zijn uit de Blokkendoos DPR de kosten per m² waterstandsval (MHW) afgeleid.

Tabel 3: Kosten per m² waterstandsdeling (duizend € /m²) (prijspeil 2021)

	Bovenrijn, Waal en Merwede	Panner- densch Kanaal en IJssel	Nederrijn / Lek	Bedijkte Maas	Noordelijk e Maasvallei	Zuidelijke Maasvallei	Gemiddeld
Uiterwaardproject	73	43	85	32	12	53	51
Dijkverlegging	54	50	65	55	12	17	47
Nevengeul / Hoogwatergeul	65	85		57	77	38	54
Zomerbedmaatregel	21	9	10	32	9	24	20

Op basis van deze informatie kunnen de kosten van rivierverruiming snel en makkelijk worden ingeschat. Stel dat we op een traject langs de Bovenrijn over een afstand van 20 kilometer langs de rivier de waterstanden met 0,2 meter willen verlagen. Als we dit door middel van uiterwaardprojecten willen realiseren, dan zijn de investeringskosten hiervoor $20 \times 1000 \times 0,2 \times 73 \times 1000 = \text{€ } 292$ miljoen. De kosten voor beheer en onderhoud dienen daarbij nog afzonderlijk te worden opgeteld.

4 Aantal maatregelen per traject

Zoals Tabel 2 en Tabel 3 laten zien, kunnen kosten en kosteneffectiviteit aanzienlijk verschillen per traject. Zo kunnen de kosten onder meer afhankelijk zijn van de mate van verstedelijking (infrastructuur, bebouwing). Het effect van 1 m³ vergraving op de waterstanden en waterstand (in m² MHW/waterstandswinst) is weer onder andere afhankelijk van de hoeveelheid water die een rivier afvoert (het debiet) en het profiel van de rivier. Daarom is het zinvol om de kengetallen per riviertak of riviertraject af te leiden. Om tot enigszins betrouwbare kostenkengetallen te komen, dienen er wel voldoende maatregel per tak of traject in de Blokkendoos DPR aanwezig te zijn. Het afleiden van kostenkengetallen op het niveau van de 26 IRM-trajecten blijkt om deze reden niet mogelijk. Daarom is ervoor gekozen om de kostenkengetallen af te leiden op het niveau van de volgende riviertakken. Deze worden dan voor de onderliggende IRM trajecten gebruikt. m²

1. Bovenrijn, Waal & Merwede
2. Pannerdensch Kanaal & IJssel
3. Nederrijn/Lek
4. Bedijkte Maas
5. Noordelijke Maasvallei
6. Zuidelijke Maas

Tabel 4: Aantal maatregelen per traject in de Blokkendoos

	Bovenrijn, Waal en Merwede	Panner- densch Kanaal en IJssel	Nederrijn/ Lek	Bedijkte Maas	Noordelijke Maasvallei	Zuidelijke Maasvallei
Uiterwaardproject	35	36	12	10	5	10
Dijkverlegging	15	5	5	7	10	9
Nevengeul / Hoogwatergeul	12	2	0	16	12	26
Zomerbedmaatregel	9	3	1	3	5	9

Merk op dat de zomerkadeverlagingen en langsdammen niet als afzonderlijke maatregel in de Blokkendoos DPR zijn onderscheiden. Daarom kunnen deze niet gebruikt worden voor het inschatten van de kosten van de afvoer- en bergingscapaciteit. Een herclassificatie van alle maatregelen in de Blokkendoos laat dat eventueel in de toekomst wel toe.

5 Kosten voor vergraven

In de raming van de PAGW worden ook kengetallen gebruikt voor vergraven. De gemiddelde kosten voor vergraven verschillen afhankelijk van tal van factoren, zoals

- Waar ligt het zwaartepunt van de ontgravingen, en waar die van de bestemmingen, i.c.m. hoeveelheden (gewogen gemiddelde)?
- Kan er werk met werk worden gemaakt?
- Is de grond wel of niet verontreinigd?
- Is de locatie wel of niet per schip bereikbaar?
- Zijn er tussendepots nodig, is overslag nodig?

Voor de verontreinigde grond die naar een rijksdepot gaat zijn daarnaast ook extra kosten van toepassing.

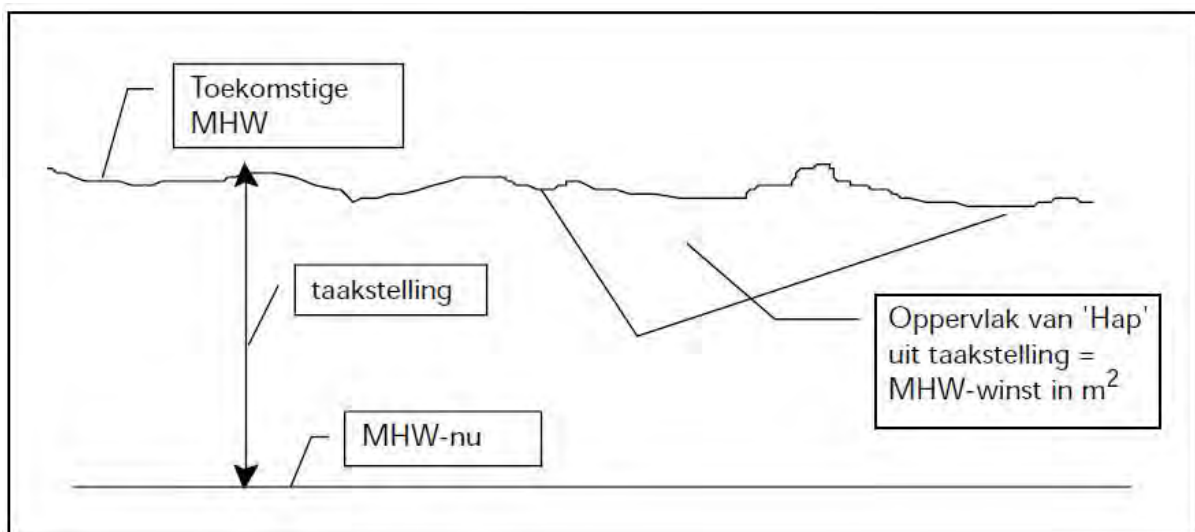
GPO heeft verschillende kosten voor vergraven afgeven op basis van verschillende scenario's voor transportmodaliteit en afstand. Op basis hiervan is een gemiddelde bepaald van € 15,- per m³. Zonder aanvullende analyses kan niet geverifieerd worden of dit ook een goed *gewogen* gemiddelde is. Daarom wordt in de MKBA naast dit gemiddelde ook uitgegaan van een range van eenheidskosten, die liggen tussen € 10,- en € 25,- per m³.

Bronnen

- Arcadis 2022. Handelingsperspectieven Droogte. 24 maart 2022.
- Eijsbergen, Evelien van, Jan Gert Rinsema, Bert Voortman en David Kroekenstoel, 2019. Maximale omvang en kostenindicatie maatregelen in rivierengebied
- Levelt, Otto (2018). Beoordeling en voorstel voor gebruik maatregelen in vervolg MKBA en verder. Concept memo 15 februari 2018.
- Levelt, Otto (Deltares) en Siemen Prins (RWS-WVL), 2014. Kostenramingen ruimtelijke maatregelen Deltaprogramma Rivieren. Totstandkoming ramingen en ramingen per maatregel. Deltares rapport 1209392-000.
- Rivierengebied. RWS memo, 28 november 2019.
- Van Vuren, Saskia, Otto Levelt, Joost Pol, Raymond van der Meij, Peter de Grave, David Nugroho, Wouter ter Horst, Rimmer Koopmans, Peter van der Scheer, Nathalie Asselman en Arno de Kruif 2017. Beleidsstudie Kostenreductie Dijkversterking door Rivierverruiming. Toepassing methodiek op Rijntakken.
- Wienhoven, Manfred, Walter Hulsker, Hannah Schutte, Dylan Bos, Louis Broersma en Tessa Andringa, 2021. MKBA Ruimte voor Levende Rivieren. Verkenning kosten en baten integrale visie voor het riviertraject.

Bijlage A: Kosteneffectiviteit van rivierverruimende maatregelen

De Blokkendoos is voor het eerst ontwikkeld voor de Spankrachtstudie (Projectgroep Spankrachtstudie, 2002). In de Blokkendoos voor de Spankrachtstudie en voor de PKB Ruimte voor de Rivier wordt de kosteneffectiviteit van een maatregel berekend als functie van de bereikte maatgevende hoogwaterstand MHW winst. Het onderstaande figuur geeft aan hoe deze MHW winst (in m^2) wordt berekend. Door een maatregel treedt over een bepaalde lengte langs de rivier een waterstandsval op. Er wordt als het ware een 'hap' uit de taakstelling genomen. Het oppervlak van die hap is de MHW-winst in m^2 . Ook in de latere Blokkendoos voor DPR is informatie per maatregel over MHW winst en kosten opgenomen, maar wordt de kosteneffectiviteit niet langer berekend. Ten behoeve van de IRM studie is dat alsnog gedaan en wordt deze uitgedrukt als $€/m^2$.



Bron: Projectgroep Spankracht, 2002.

Merk op dat door wisselende debieten en profielen van de riviertakken, de MHW winst en dus de kosteneffectiviteit van een maatregel alleen zinvol vergeleken kan worden met andere maatregelen langs dezelfde riviertak.

Met de overgang van overschrijdingskansnormen naar overstromingskansnormen in 2017 bestaat het begrip MHW formeel niet meer. Voor IRM geeft de MHW winst de waterstandswinst weer in het relevante kansbereik.

Literatuur:

Projectgroep Spankrachtstudie, 2002. De spankracht van ons rivierenland. Eindrapport Spankracht.

Bijlage B: CBS indexcijfers GWW – Waterbouwkundige werken

Grond-, weg- en waterbouw (GWW); inputprijsindex 2015=100

Gewijzigd op: 30 mei 2022



Variabelen kunnen gesleept worden naar de kop, rijen of kolommen van de tabel. In de kop is maar één item van een variabele te selecteren. X

Onderwerp Inputprijsindex ▼

Deelgebieden ▼

42/43: Grond-, weg- en waterbouw

Perioden ▼

2015=100

2012 januari	104,0
2013 januari	106,0
2014 januari	105,5
2015 januari	100,0
2016 januari	96,0
2017 januari	103,2
2018 januari	106,5
2019 januari	110,3
2020 januari	113,9
2020 april	111,1
2020 juli	113,0
2020 oktober	112,5
2021 januari ^o	114,0
2021 april ^o	117,6
2021 juli ^o	120,5
2021 oktober ^o	121,7
2022 januari ^o	127,3
2022 april ^o	139,8

Bron: CBS

<https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/84538NED>

Bijlage C: Kosten IRM-alternatieven bodemplugging

MEMO

Aan: Jarl Kind, Corné de Leeuw (RWS-ON), Jasper Leuven (RHDHV)
Van: Matthijs Gensen (HKV)
Datum: 10 februari 2023
Projectnummer: PR4445.13
Onderwerp: Kosten IRM-alternatieven bodemligging, t.b.v. MKBA, inclusief VKA

Update 10 februari 2023:

- Voor de IJssel zijn de langsdammen uit de maatregelpakketten gehaald. Langsdammen drukken een grote stempel op de kosten van de bodemmaatregelen voor de IJssel. Dit komt doordat de kribvakken heel smal zijn en er dus weinig ruimte is voor een oevergeul. Deze dient dus bijna altijd gegraven te worden. Het is niet zeker of dit voor de IJssel haalbaar is.
- Een kostenschätzung voor het VKA is toegevoegd. De belangrijkste gegevens van het VKA zijn:
 - o Voor de eroderende trajecten van de Rijntakken wordt uitgegaan van de bodemligging 2000 (alternatief 1) en voor de Grensmaas wordt uitgegaan van het handhaven van de huidige bodemligging (alternatief 1 & 2). Voor de overige Maas trajecten en niet eroderende trajecten van de Rijn wordt er geen streefbodem vastgelegd.
 - o De voorziene rivierverruiming zorgt voor zowel de Rijntakken als de Maas ten minste 7,5 cm verhoging van de rivierbodem (tussen alternatief 2 & 3 in). Voor maatregelpakket 1 wordt het restant van de opgave voorzien met suppleties. In maatregelpakket 2 wordt in de volledige opgave voorzien middels verruiming en langsdammen.
 - o De samenstelling van de maatregelpakketten (zie paragraaf 2.3 voor de alternatieven) is gelijk aan die van alternatief 3. Dat wil zeggen dat pakket 1 voornamelijk suppleties kent (op de 7,5 cm na; zie opmerking hierboven) en dat in pakket 2 langsdammen zijn opgenomen voor de Waal en Nederrijn en dat het restant van de opgave wordt verdeeld over uiterwaardmaatregelen.

1 Inleiding

Binnen IRM wordt een MKBA-analyse uitgevoerd voor de verschillende IRM alternatieven (Tabel 1) voor de Rijntakken en de Maas. We beschouwen de alternatieven zoals deze zijn geformuleerd in de Notitie doelbereik alternatieven (Maronier, 2022, versie 5 september 2022). De alternatieven variëren in de mate waarin extra afvoer- en bergingscapaciteit en een hogere bodemligging worden gerealiseerd; de zogenaamde 'systeemknoppen', zie Notitie systeemknoppen (Projectteam Systeemknoppen, 2022). In het nul-alternatief kan de rivierbodem verder eroderen in de eroderende trajecten en worden alleen lopende projecten voor rivierverruiming uitgevoerd.

In deze memo komen we tot een inschatting van de kosten van maatregelen om de hoogte van het zomerbed te krijgen en te houden op het niveau dat hoort bij de alternatieven (rij 'bodempligging' in Tabel 1). Het zichtjaar hierbij is 2050. De kosten voor (extra) beheer en onderhoud beschouwen we hier niet. De bodemopgaves horende bij de alternatieven zijn opgenomen in Tabel 2 en Tabel 3. Ook de verwachte verandering van de bodempligging met het volgen van het nul-alternatief is hierin opgenomen. In de eroderende trajecten zorgt dit voor een extra opgave. De gewenste verandering (bodemopgave) volgt namelijk uit het verschil tussen het nul-alternatief en de alternatieven.

De te gebruiken trajectindeling volgt uit "Maas- en Rijntrajecten ingedeeld op basis van een aantal rivierkarakteristieken" (Rijkswaterstaat, 2022). In geraadpleegde bronnen, bijv. de Notitie systeemknoppen (Projectteam Systeemknoppen, 2022) is de trajectindeling anders. De aannames die gedaan zijn om de vertaling naar de te gebruiken trajectindeling te maken, zijn in voetnoten onder Tabel 2 opgenomen.

De methodiek om te komen tot de kostenschatting is samengevat als volgt (zie H2 voor meer details):

1. Hoe groot maatregelen moeten zijn om een bepaalde verhoging van de rivierbodembodem (zomerbed) in de riviertrajecten te bereiken en te handhaven. Deze dimensies van de maatregelen bepalen we op basis van evenwichtsberekeningen en vuistregels.
2. Welke kosten per maatregel horen bij een bepaalde verhoging van de rivierbodembodem. Voor de kosten maken we gebruik van de eenheidskosten voor maatregelen uit de concept-memo van Kind (2022; versie 19 augustus 2022).
3. Een bandbreedte van de totale kosten van de alternatieven op basis van indicatieve maatregelpakketten. Dit doen we op basis van een mix van mogelijke en haalbare maatregelen die samen de gewenste verhoging van de rivierbodembodem realiseren. Deze gewenste verhoging volgt uit de bodemverandering behorende bij de alternatieven weergegeven in Tabel 2 en Tabel 3.

Na het beschrijven van de methodiek (H2) en de resultaten (H3) gaan we in de discussie (H4) in op hoe de berekende kosten te gebruiken zijn in de MKBA.

Tabel 1 IRM alternatieven op hoofdlijnen (versie uit Notitie doelbereik alternatieven (Maronier, 2022); onderdeel van PlanMER IRM)

	Referentiesituatie/ Nul-alternatief	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
		Sediment en bodem	Afvoer- en bergingscapaciteit	Combinatie – maximaal
1. Bodempligging & sedimenthuishouding				
Wat is de ambitie voor bodempligging & sedimenthuishouding?	Bodempligging gaat autonoom verder omlaag in eroderende trajecten.	Rijn: Bodempligging omhoog brengen naar het niveau van het jaar 2000 op eroderende trajecten. Bodempligging handhaven op overige trajecten. Maas: Huidige bodempligging handhaven door middel van suppleties in eroderende trajecten.	Rijn en Maas: Huidige bodempligging handhaven in eroderende trajecten.	Rijn: Bodempligging omhoog brengen naar niveau van het jaar 1980 in eroderende trajecten en de situatie voor Ruimte voor de Rivier (op trajecten met zomerbedverdiepingen). Maas: Terugbrengen van het bodemniveau naar de situatie van voor de Maaswerken en (op trajecten met zomerbedverdiepingen).

Met welke maatregelen kan de ambitie gerealiseerd worden?	Er worden autonoom geen maatregelen genomen.	Rijn: met sediment suppleties en langsdammen / kribverlaging. Maas: met suppleties in eroderende trajecten.	Rijn en Maas: Met sediment suppleties.	Rijn: met sedimentsuppleties en rivierverruimende ingrepen Maas: via natuurlijke aanzanding, en/of suppleties
Hoe gaan we om met sediment-Onttrekking?	Er is geen beleid. Hierdoor kan autonoom sediment onttrekking door blijven gaan (zand- klei- en grindwinning).	Sediment-onttrekking uit het zomerbed en de oeverzone stopt.	Sediment-onttrekking uit het zomerbed en de oeverzone stopt.	Sediment-onttrekking uit het zomerbed en de oeverzone stopt.
2. Afvoer- en bergingscapaciteit				
Welke binnen- en buitendijkse rivierverruimingsmaatregelen treffen we om de afvoer- en bergingscapaciteit te vergroten?	Alleen lopende projecten (enkel buitendijks) zoals Klimaatpark en Meanderende Maas.	Nevengeulen en uiterwaardverlaging (enkel buitendijks)	Grootschalige uiterwaardverlaging en zomerkadeverlaging (buitendijks). Aangevuld met gebruik van bestaande binnendijkse reserveringen waar nodig.	Grootschalige uiterwaardverlaging, nevengeulen, langsdammen, zomerkadeverlagingen (buitendijks). Aangevuld met zoeklocaties voor nieuwe binnendijkse ingrepen indien nodig (naast het gebruik van bestaande binnendijkse reserveringen)
Als onderdeel van deze rivierverruimingsmaatregelen wordt invulling gegeven aan het faciliteren van de volgende opgaven:				
Faciliteren klimaatopgave en waterveiligheid	Waterveiligheid is geborgd met HWBP. Rivierverruiming is beperkt tot lopende projecten.	Waterveiligheid is geborgd met het HWBP. Rivierverruiming is beperkt tot lopende projecten.	Waterveiligheid is geborgd met het HWBP en IRM. Buitendijkse rivierverruiming vangt een deel van de klimaatopgave op.	Waterveiligheid is geborgd met IRM en HWBP. Binnen- en buitendijkse rivierverruiming vangt zo veel mogelijk van de klimaatopgave op.
Faciliteren opgave bodemligging	Geen compensatie nodig voor verhoogde bodemligging (bodemligging gaat niet omhoog)	De verhoogde bodemligging wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen (nevengeulen en uiterwaardverlaging).	Geen compensatie nodig voor verhoogde bodemligging (bodemligging gaat niet omhoog)	De verhoogde bodemligging wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen.
Faciliteren opgave natuur/PAGW	Geen compensatie nodig voor de PAGW opgave (wordt niet uitgevoerd)	De PAGW-opgave wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen.	De PAGW-opgave wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen.	De PAGW-opgave wordt gecompenseerd met genoemde maatregelen.
Faciliteren overige opgaven	Geen ruimte voor faciliteren overige opgaven	Geen ruimte voor faciliteren overige opgaven	Beperkt ruimte voor faciliteren overige opgaven	Ruimte voor faciliteren overige opgaven

Tabel 2 Bodemverandering langs de Rijntrakken in 2050 in de alternatieven t.o.v. de huidige situatie (referentiejaar = 2020). De trajectindeling volgt uit 'Maas- en Rijntrajecten ingedeeld op basis van een aantal rivierkarakteristieken (Rijkswaterstaat, 2022). Bron gegevens nul-alternatief: Effectbepaling nul-alternatief (Deltares, 2022). Bron gegevens alternatieven: Notitie Systeemknoppen (Projectteam Systeemknoppen, 2022).

Rijn	Rivier-kilometers	Nul-alternatief	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Boven-Rijn	857,7 – 867,5	0 cm	0 cm	0 cm	+50 cm
Sallandse IJssel ¹	945,0 – 980,7	0 cm	+10 cm	0 cm	+25 cm
Waalbochten (Boven-Waal)	867,5 – 887,0	-50 cm	+40 cm	0 cm	+100 cm
Midden-Waal	887 – 917,5	-20 cm	+10 cm	0 cm	+35 cm
Pannerdensch kanaal	867,5 – 878,5	-30 cm	+20 cm	0 cm	+80 cm
Boven-IJssel ¹	878,5 – 911,5	-10 cm	+10 cm	0 cm	+20 cm
Midden-IJssel ¹	911,5 – 945,0	0 cm	+10 cm	0 cm	+25 cm
Beneden-Waal	917,5 – 953	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
Boven-Merwede ³	953 – 962,5	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
Lek ^{2,4}	946,9 – 971,4	+10 cm	+10 cm	+10 cm	+10 cm
Zwarte Water ³	1,0 – 20,0	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
Beneden-IJssel ^{1,5}	980,7 – 1005	0 cm	0 cm	0 cm	+10 cm

Overijsselse Vecht (Vechterweerd- Zwolle) ³	49,0 – 60,0	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
Boven-Nederrijn	878,5 – 891,5	0 cm	0 cm	0 cm	+10 cm
Midden-Nederrijn ^{2,4}	891,5 – 922,3	+10 cm	+10 cm	+10 cm	+10 cm
Beneden-Nederrijn ^{2,4}	922,3 – 946,9	+10 cm	+10 cm	+10 cm	+10 cm
Overijsselse Vecht (Varsen- Vechterweerd) ³	35,5 – 49,0	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm

¹ De trajectindeling voor de IJssel is anders dan in de Notitie systeemknoppen (Projectteam Systeemknoppen, 2022). In de Notitie systeemknoppen is de IJssel opgedeeld in drie trajecten: Boven IJssel (879-888), Midden IJssel (889-970) en Beneden IJssel (971-1005). Er wordt aangenomen dat de gewenste bodemverandering t.o.v. de huidige situatie van de Sallandse IJssel overeenkomt met dat van de Midden IJssel.

² De trajectindeling voor de Nederrijn-Lek is anders dan in de Notitie systeemknoppen (Projectteam Systeemknoppen, 2022). In de Notitie systeemknoppen loopt de "Beneden Nederrijn-Lek" van rivierkilometer 949 tot 970, wat in de tabel als Lek wordt aangeduid. Midden-Nederrijn en Beneden-Nederrijn in bovenstaande tabel komen gezamenlijk grotendeels overeen met het traject "Midden Nederrijn-Lek" in de Notitie systeemknoppen.

³ In de geraadpleegde bronnen zijn geen gegevens beschikbaar voor de Boven-Merwede, de Overijsselse Vecht en het Zwarte Water. Er wordt aangenomen dat deze trajecten stabiel of sedimentierend zijn.

⁴ De prognose is dat de rivierbodem van de Midden-NRL en Beneden-NRL tussen 2020 en 2050 met circa 10 cm stijgt. Het advies (vanuit o.a. de Notitie Systeemknoppen) is om geen alternatieven te ontwikkelen met maatregelen die er specifiek op gericht zijn dat deze stijging teniet gedaan wordt.

⁵ In de Beneden-IJssel is de bodem over een deeltraject met 2 meter verdiept. Het opvullen van deze verdieping vormt geen opgave voor de Beneden-IJssel. Wel is opgenomen dat deze zomerbedverdieping niet meer op diepte wordt gehouden. Daardoor zal deze, mede vanwege de voorziene suppleties, langzaam dichtslibben.

Tabel 3 Bodemverandering langs de Maas in de alternatieven t.o.v. de huidige situatie (referentiejaar = 2020). De trajectindeling volgt uit 'Maas- en Rijntrajecten ingedeeld op basis van een aantal rivierkarakteristieken (Rijkswaterstaat, 2022). Bron gegevens nul-alternatief (trajectgemiddeld): Effectbepaling nul-alternatief (Deltares, 2022). Bron gegevens alternatieven: IRM Informatiebladen Maas 2.0.

Maas	Rivier- kilometers	Nul- alternatief	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Bovenmaas	2,5 – 15,4	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
Grensmaas ²	15,4 – 67,9z	-30 cm	0 cm	0 cm	+40 cm
Plassenmaas	67,9z – 87,0	-24 cm	0 cm	0 cm	+16 cm
Peelhorstmaas	87,0 – 121,0	-15 cm	0 cm	0 cm	+14 cm
Venloslenkmaas	121,0 – 165,9	-5 cm	0 cm	0 cm	+12 cm ³
Bedijkte Maas	165,9 – 200,8	-9 cm	0 cm	0 cm	+6 cm ³
Getijdenmaas ⁴	200,8 – 230,5	+15 cm	+15 cm	+15 cm	+15 cm ⁴
Bergsche Maas ⁴	230,5 – 251,0	+27 cm	+27 cm	+27 cm	+27 cm ⁴
Afgedamde Maas ¹	230,5 – 247,5	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm

¹ In de geraadpleegde bronnen zijn geen gegevens voor de Afgedamde Maas beschikbaar. Er is aangenomen dat voor dit niet-doorstromende traject geen beleid voor de bodem wordt gevormd.

² De Grensmaas kent een groot verloop in de verwachte bodemligging in 2050 (Deltares, 2022). Er is gekozen voor de hoogste waarde (0,3 m), deze ligt ook dicht bij de gegevens uit de IRM informatiebladen 2.0.

³ In alternatief 3 is opgenomen dat de zomerbedverdiepingen die in het kader van Maaswerken zijn uitgevoerd niet meer op diepte worden gehouden. Daardoor zullen deze, mede vanwege de voorziene suppleties, langzaam dichtslibben. Dit is geen onderdeel van de gepresenteerde bodemverandering

⁴ De Getijdenmaas en de Bergsche Maas zijn sedimenterende trajecten. Er is aangenomen dat hier geen actief beleid op wordt ontwikkeld in de IRM-alternatieven t.o.v. het nulalternatief. Om voor de Getijdenmaas en de Bergsche Maas op het niveau van voor Maaswerken (alternatief 3) uit te komen, zou er t.o.v. de huidige situatie al gebaggerd moeten worden, traject-gemiddeld 10 en 18 centimeter voor de Getijdenmaas en Bergsche Maas respectievelijk.

2 Methodiek

2.1 Berekening dimensies maatregelen

Om de kosten van alternatieven (maatregelen) te bepalen maken we een schatting van de benodigde dimensies van de maatregelen. We berekenen met 'evenwichtsrelaties' de globale dimensionering van een maatregel om een x aantal centimeters verhoging van de bodemhoogte van het zomerbed te bewerkstelligen en te handhaven. Om de grootte van de maatregelen te bepalen, passen we de tool uit de QuickScan bodemligging toe (Zuijderwijk, et al. 2020). Deze tool wordt in de volgende paragraaf beschreven, gebaseerd op de beschrijving van Paarlberg & Schippers (2020).

De berekeningen gaan uit van evenwichtssituaties. Omdat het tientallen tot honderden jaren kan duren totdat dit evenwicht wordt bereikt, is voor het zichtjaar van IRM (2050, met doorkijk naar 2100) de gewenste bodemligging niet bereikt. Hiervoor is dan een initiële suppletie nodig; een groot volume sediment om de bodem 'in één keer' een stuk hoger te krijgen. Voor de Rijntakken zijn de daarvoor benodigde volumes sediment bepaald door Van der Deijl (2021). De bepaling van het benodigd volume voor de Maas in alternatief 3 is opgenomen in Bijlage B. De volumes en bijbehorende kosten zijn gegeven in paragraaf 3.1.

Vervolgens zijn nog wel maatregelen nodig om de bodem op dit niveau te houden. De hiervoor benodigde dimensies van de maatregelen zijn even groot als wanneer er geen initiële suppletie gedaan zou worden. Deze berekeningen gaan namelijk uit van een morfologisch evenwicht, dat niet wordt beïnvloed door een actuele bodemligging. Het uitvoeren van een initiële suppletie zorgt er dus enkel voor dat de gewenste bodemligging eerder wordt bereikt, maar heeft geen effect op de uiteindelijke structurele maatregelen die genomen moeten worden om het gewenste niveau te handhaven.

2.1.1 Beschrijving Tool Quickscan Bodemligging

Ten behoeve van de Quickscan Bodemligging is een analytisch model ontwikkeld, om op eenduidige en uniforme wijze, het effect van maatregelen op de rivierbodemligging te bepalen. Het model berekent met vuistregels de evenwichtsbodemhoogte en het evenwichtsverhang. Met het model kan op basis van een gewenste bodemverandering, de benodigde grootte van een maatregel worden bepaald.

De tool kent de volgende belangrijke uitgangspunten:

- De berekende effecten zijn de effecten op het morfologisch evenwicht (waarbij de huidige situatie dus niet in evenwicht hoeft te zijn).
- Een riviertraject wordt geschematiseerd met één representatieve dwarsdoorsnede
- Maatregelen hebben enkel een effect in het beschouwde traject, er is geen interactie met bovenstrooms en benedenstrooms gelegen riviertrajecten.
- Maatregelen worden ingepast over de gehele lengte van het riviertraject
- Het sedimenttransport vindt volledig plaats in het zomerbed. Als er netto transport van sediment richting het winterbed zou plaatsvinden, is het berekende effect van de maatregel kleiner (en is een grotere maatregel nodig om dezelfde bodemverandering te behalen).

- Het sedimenttransport wordt gemodelleerd met Engelund & Hansen (1967) of Meyer-Peter-Muller. Een belangrijk onderscheid tussen deze formules is dat de tweede formule ook een criterium voor 'begin van beweging' meeneemt, wat belangrijk is voor gestuwde trajecten en trajecten met relatief grof (en/of gemengd) sediment.
- Er wordt gerekend met uniform sediment (mediane korrelgrootte; D50)
- Het effect van stuwkrommes op de evenwichtsbodemligging wordt niet meegenomen.

Het model is gebaseerd op basisformules (vuistregels) die het morfologisch evenwicht in rivieren met een oneindig lang uniform rivierprofiel beschrijven (bijv Jansen et al., 1979, Blom et al., 2017). Door maatregelen verandert de evenwichtsdiepte en het evenwichtsverhang. Bij een verruiming neemt de evenwichtshelling toe (steiler) en neemt de evenwichtsdiepte af. De evenwichtssituatie wordt pas na (zeer) lange tijd bereikt (orde tientallen tot honderden jaren).

De invoer voor het model is:

- Indeling in riviertrajecten
- Een representatief, samengesteld dwarsprofiel (met en zonder maatregel) van het riviertraject (zie 2.1.3)
- De ruwheden van de verschillende delen in het dwarsprofiel (zie 2.1.3)
- Het jaarlijks sedimenttransport (zie 2.1.3)
- Welke transportformule gebruikt moet worden (zie 2.1.3)
- Afvoerstatistiek (zie 2.1.4)

Het model berekent met behulp van de formule van Chézy de afvoerverdeling over de secties in het dwarsprofiel (zomerbed, kribvakken en winterbed). Vanuit daar kan voor het zomerbed de evenwichtsdiepte (h_e) en het evenwichtsbodemverhang (i_{be}) worden berekend. De evenwichtscondities zijn gebaseerd op een zogenaamde 'dominante afvoer'. Vanuit een hydrograaf (afvoerstatistiek), is de dominante afvoer een constant debiet dat dezelfde evenwichtscondities geeft als de volledige hydrograaf. De sedimenttransportformules van Engelund & Hansen (1967) en van Meyer-Peter-Muller kunnen zo worden herschreven dat gegeven een bepaald jaartransport, de evenwichtscondities kunnen worden bepaald. Zie Paarlberg & Schippers (2020) voor meer details.

Voor de dwarsprofielen voor en na het inpassen van de maatregel kan dus de evenwichtsdiepte worden bepaald. Het verschil tussen de twee evenwichtsdieptes geeft de verandering van de bodemligging 'dz' (aannemende dat de waterstand aan het eind van het riviertraject niet verandert). We kunnen daardoor iteratief bepalen hoe groot een maatregel moet zijn om de gewenste (lange termijn/ evenwicht) bodemverandering te bereiken. De maatregel heeft ook een effect op de evenwichtsbodemhelling. Deze heeft (op zeer lange termijn) een effect op de bodemligging in het bovenstroomse deel van het beschouwde riviertraject en riviertrajecten bovenstrooms van het beschouwde riviertraject. We berekenen wel het effect op de evenwichtshelling, maar nemen deze vanwege de (zeer) lange tijdschaal niet mee in de bepaling van de benodigde dimensies van de maatregelen.

2.1.2 Toevoegingen aan de tool

We hebben enkele aanpassingen op de tool gedaan ten opzichte van de versie die is gebruikt bij de Quickscan bodemligging (Zuijderwijk et al., 2020). We nemen nu mee dat de veranderde

bodemligging ook een effect heeft op de afvoerverdeling over de dwarsdoorsnede¹ (bij een verhoogde bodemligging gaat er meer afvoer door het winterbed). Tevens nemen we nu eventuele zomerkades mee. Deze zorgen ervoor dat het winterbed pas bij hogere afvoer gaat meestromen. In de tool wordt de sectie van het winterbed pas als actief doorstroomprofiel toegevoegd als het niveau van de zomerkades wordt overschreden.

2.1.3 Gebruikte gegevens voor de riviertrajecten

Rijntakken

De representatieve dwarsdoorsneden van de Rijntakken zijn overgenomen uit de Quickscan Bodemligging (Tabel 4). De gegevens zijn als volgt tot stand gekomen:

- Breedtes: bepaald d.m.v. Baseline (beno2018). Aanvullend is op basis van Sobek berekeningen gesteld dat langs alle Rijntakken 70% van de uiterwaarden stroomvoerend is.
- Hoogtes: bepaald uit betrekkinglijnen (2018) met aanvullend gegevens voor welke afvoeren uiterwaarden en kribben mee/overstromen.
- Ruwheden: gebaseerd op een WAQUA-berekening met afvoeren tussen 2.500 en 8.000 m³/s.

Tabel 4 Karakteristieke dwarsdoorsneden Rijntakken (zie de voetnoten onder Tabel 2 voor opmerkingen over de trajectindeling; hier zijn dezelfde aannames voor de trajectindeling gemaakt). De variabelen en hun eenheden zijn onder de tabel toegelicht.

Rijntak	Bzb	Bkv	Buw	Hzb	Hkrib	Huw	Hzk	kzb	kkrib	kuw
Boven-Rijn	341	66	870	0	6.7	6.9	7.9	0.07	1.00	1.19
Boven Waal	263	74	562	-0.5	6.5	6.7	7.7	0.24	1.00	1.85
Midden Waal	253	76	532	-0.2	5.0	6.6	7.6	0.22	1.00	0.96
Beneden Waal	340	61	432	0	5.5	5.9	6.9	0.13	1.00	1.18
Pannerdensch Kanaal	136	46	559	-0.3	6.4	6.5	7.5	0.05	1.00	1.09
Boven Nederrijn-Lek	108	34	334	0	5.0	4.9	5.9	0.19	1.00	0.62
Midden Nederrijn-Lek	132	39	461	0.1	5.4	4.7	5.7	0.03	1.00	0.51
Beneden Nederrijn-Lek	211	40	180	0.1	6.1	5.4	6.4	0.05	1.00	0.70
Boven IJssel	81	15	450	-0.1	5.0	5.0	6.0	0.03	1.00	0.39
Midden IJssel	98	14	547	0	5.6	5.5	6.5	0.15	1.00	0.53
Beneden IJssel	147	11	401	0	4.9	4.1	5.1	0.08	1.00	0.40

In de tabel zijn de volgende gegevens opgenomen:

- Bzb: Breedte zomerbed tussen de kribkoppen [m]
- Bkv: Breedte kribvak op 1 oever [m].
- Buw: Breedte uiterwaard op 1 oever [m].
- Hzb: Hoogte zomerbed in 2050 t.o.v. de huidige situatie (gelijk aan nul-alternatief) [m]
- Hkrib: Kruinhoogte kribben t.o.v. het huidige zomerbedniveau [m]

¹ Zo kan tevens het effect van veranderingen in de rivierbodem op de afvoerverdeling over zomerbed en uiterwaard ook in beeld worden gebracht voor andere sporen van IRM.

- Huw: Hoogte van de uiterwaard t.o.v. het huidige zomerbedniveau [m]
- Hzk: Hoogte van de zomerkade t.o.v. het huidige zomerbedniveau [m] (een zomerkade van 1m hoog is aangenomen voor alle Rijntakken)
- kzb: Nikuradse ruwheidshoogte van het zomerbed [m]
- kkv: Nikuradse ruwheidshoogte van de kribben en kribvakken [m]
- kuw: Nikuradse ruwheidshoogte van de uiterwaarden [m]

Tabel 5 geeft de D50 (mediane korrelgrootte van het sediment), gebruikte transportformule (TF) en jaarlijkse sedimenttoevoer (Sjr) voor de Rijntakken. De jaarlijkse sedimenttoevoer is gebaseerd op Frings et al. (2015) en kent zoals door Frings et al. (2015) gezegd een grote onzekerheid. Ook zijn baggerwerkzaamheden meegenomen, zodat de balans over de takken niet hoeft te kloppen. Binnen de riviertakken zijn de jaarvrachten constant verondersteld (Frings et al. (2015) maakt geen differentiatie).

Tabel 5 Morfologische karakteristieken Rijntakken. TF staat voor transportformule, waarbij mpm de formule van Meyer-Peter-Muller is en EH die van Engelund & Hansen. Sjr geeft de jaarlijkse sedimentvracht.

Rijntak	D50 [mm]	TF	Sjr (m ³ /jaar)
Boven-Rijn	2.0	mpm	2.50E+05
Boven Waal	1.0	eh	2.00E+05
Midden Waal	1.0	eh	2.00E+05
Beneden Waal	1.0	eh	2.00E+05
Pannerdensch Kanaal	3.0	mpm	4.00E+04
Boven Nederrijn-Lek	1.5	eh	2.80E+04
Midden Nederrijn-Lek	1.5	eh	2.80E+04
Beneden Nederrijn-Lek	1.5	eh	2.80E+04
Boven IJssel	3.0	mpm	1.90E+04
Midden IJssel	1.0	eh	1.90E+04
Beneden IJssel	0.5	eh	1.90E+04

Maas

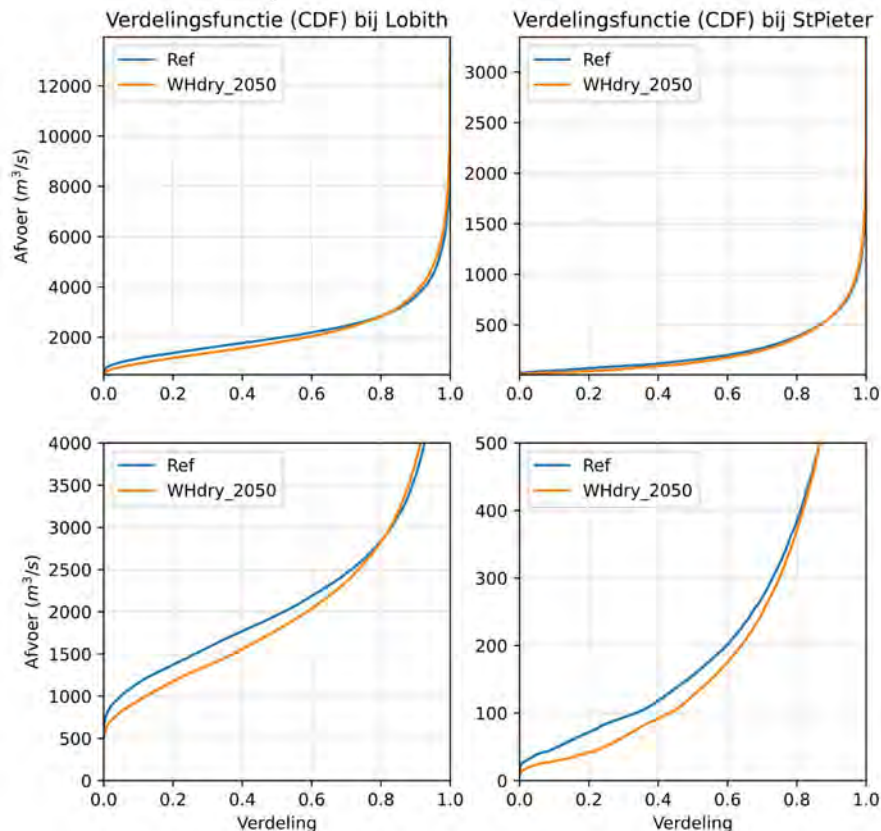
De representatieve dwarsdoorsneden van de Maastrajecten zijn overgenomen uit de Quickscan Bodemligging (Tabel 6). Het jaarlijks sedimenttransport is gebaseerd op Schropp et al. (2000). Er is aangenomen dat dit alleen plaatsvindt bij afvoeren (Eijsden) boven de 500 m³/s.

Tabel 6 Karakteristieken Maastrajecten.

Maastraject	Bzb [m]	Buw [m]	Hzb [m]	Huw [m]	kzb [m]	kuw [m]	D50 [mm]	TF	Sjr [m ³ /jaar]
Bovenmaas	120	700	0	7.0	0.35	0.68	15.0	mpm	3.00E+04
Grensmaas	140	1250	-0.6	6.0	0.15	0.91	15.0	mpm	3.00E+04
Plassenmaas	120	3000	-0.24	7.0	0.77	1.05	10.0	mpm	3.00E+04
Peelhorstmaas	130	1000	-0.21	9.0	0.28	0.49	1.0	mpm	3.00E+04
Venloslenkmaas	140	2000	-0.18	8.0	0.33	0.71	1.0	mpm	3.00E+04
Bedijkte Maas	150	1500	-0.09	8.0	0.24	0.46	1.0	mpm	3.00E+04
Getijdenmaas	160	1100	0.15	8.0	0.25	0.93	1.0	mpm	3.00E+04
Bergsche Maas	170	700	0.27	8.0	0.21	0.46	1.0	mpm	3.00E+04

2.1.4 Afvoerstatistiek

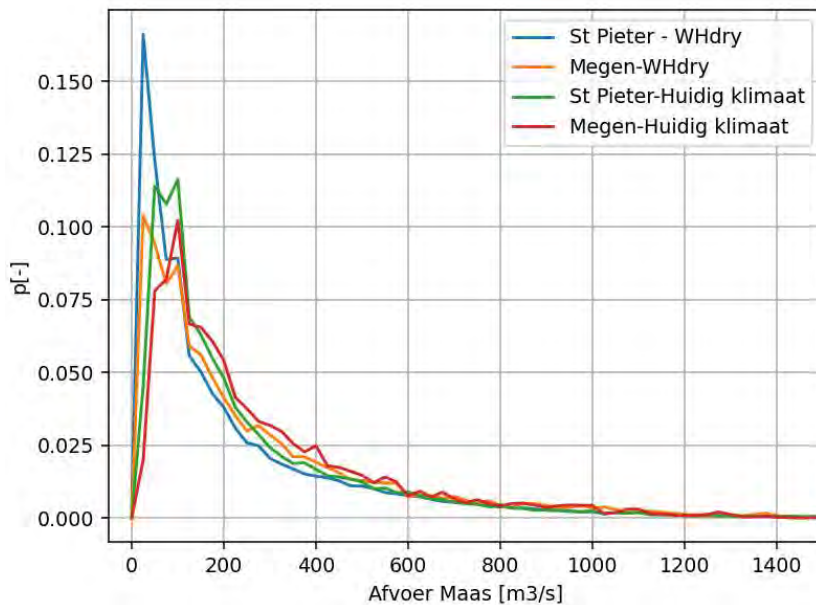
Er is voor gekozen om in lijn met de effectbepaling nul-alternatief (Deltares, 2022) de daar gebruikte afvoerstatistiek te gebruiken. Voor de Rijn (bij Lobith) en Maas (bij St. Pieter) zijn deze afvoerstatistieken weergegeven in Figuur 1. Er is gerekend met zowel de afvoerstatistiek uit de referentiesituatie (huidig klimaat) als dat van een toekomstig klimaat met het KNMI klimaatscenario WHdry.



Figuur 1 Afvoerstatistiek voor de Rijn (links) en Maas (rechts). De bovenste figuren geven de volledige verdelingsfunctie, de onderste figuren zoomen in op lagere afvoeren.

Om tot de afvoerstatistiek per Rijntak te komen is gebruik gemaakt van de afvoerverdeling uit Reeze et al. (2017).

Omdat de bovenstroomse en benedenstroomse Maas grote verschillen in de afvoerstatistiek kennen, is een vertaling gemaakt van de afvoerstatistiek bij St. Pieter (Bovenmaas) naar dat van Megen (Bedijkte Maas). Voor de Bedijkte Maas, Getijdenmaas en Bergsche Maas is deze laatste afvoerstatistiek gebruikt. De vertaling is gemaakt door lineaire interpolatie van de onderschrijdingskansen van afvoeren berekend uit historische gegevens (1990-2017). De gebruikte afvoerstatistieken voor het scenario WHdry voor de Maas zijn gegeven in Figuur 2. Opgemerkt wordt dat afvoeren onder de 500 m³/s niet worden meegenomen. Er wordt aangenomen dat bij deze afvoeren de stuwen geen sediment doorlaten.



Figuur 2 Afvoerstatistiek (discrete kansen van voorkomen) voor de Maas bij St. Pieter en Megen voor het huidige klimaat en het scenario WHdry. De figuur is ingezoomd op afvoeren tot 1500 m³/s.

2.1.5 Inpassing maatregelen

In het oorspronkelijke dwarsprofiel van een riviertraject passen we de maatregelen in. We beschouwen (ten minste) de maatregelen die worden overwogen bij de IRM alternatieven (zie Tabel 1). Elke maatregel kent een karakteristieke variabele. Dat is de variabele die wijzigt om de gewenste verhoging van de bodemligging te bereiken. De overige dimensies van de maatregel zijn gebaseerd op Eijsbergen et al. (2019). De maatregelen worden als volgt ingepast:

- Nevengeul: op 1 oever, diepte van 2 m ten opzichte van de uiterwaard. De breedte is de karakteristieke variabele. De ruwheid van de nevengeul is aangenomen als $k=0.3$ (Nikuradse ruwheid uit Paarlberg & Schippers, 2020).
- Kribverlaging: op beide oevers, de mate van verlaging is de karakteristieke variabele.
- Uiterwaardverlaging: op 1 oever over de volledige breedte, de mate van verlaging is de karakteristieke variabele.
- Langsdam: op 1 oever. De hoogte van de langsdam is hetzelfde als de kribben en de oevergeulhoogte is 2 m hoger dan het zomerbed. De oevergeulbreedte is variabel.
- Zomerbedverbreding²: verbreding over de gehele hoogte van het zomerbed waarbij de breedteverandering de karakteristieke variabele is.
- Zomerkadeverlaging: op 1 oever, hoogteverandering is variabel. In de QuickScan bodemligging is deze maatregel niet meegenomen in de geometrie van de dwarsdoorsnede. Hier nemen we aan dat de hoogte van de zomerkade op alle trajecten gemiddeld 1 m is (gebaseerd op expert judgement).
- Combinatie zomerkadeverlaging met uiterwaardverlaging: op 1 oever over de volledige breedte. De zomerkades en uiterwaarden worden in gelijke mate verlaagd. De mate van verlaging is de karakteristieke variabele.
- Suppleties: een vergroting van het jaarlijks sedimenttransport. Deze maatregel kent een aantal componenten:

² Zomerbedverbreding maakt geen deel uit van de alternatieven. We rekenen deze ter vergelijking wel door.

- De initiële suppletie. Deze volgt niet uit de tool en wordt gebaseerd op Van der Deijl (2021), zie paragraaf 2.3.
- Een jaarlijkse suppletie om de bodem te handhaven. Er is een jaarlijkse suppletie nodig om de evenwichtsdiepte en evenwichtshelling te handhaven. Na een initiële suppletie neemt het bodemverhang en daarmee de sedimenttransportcapaciteit toe, waardoor jaarlijks een groter volume gesuppleerd moet worden.

2.2 Eenheidskosten

Tabel 7 geeft de gebruikte eenheidskosten voor de maatregelen. Deze komen uit de memo eenheidskosten van Kind (versie 19 augustus 2022). In de tabel zijn de kosten voor beheer en onderhoud niet meegenomen. Deze kosten worden op een later moment binnen het MKBA meegenomen.

Tabel 7 Eenheidskosten voor maatregelen

Maatregel	Eenheid	Eenheidskosten	Opmerking kosten
Sedimentsuppleties	m ³	€ 47	
Kribverlaging	km	€ 0,59 miljoen (IJssel/Nederrijn) € 1,13 miljoen (Boven-Rijn/Waal) € 1,57 miljoen (Pannerdensch Kanaal)	Kosten zijn gebaseerd op 1,5 m kribverlaging. De kosten schalen lineair met de mate van verlaging.
Zomerkadeverlaging	km	€ 3,2 miljoen	Alleen volledige afgraving van de zomerkade
Langsdammen	km	Vast deel (per km): € 9,5 miljoen Variabel deel (per m extra oevergeulbreedte) € 215.000	Het variabele deel van de kosten gelden vanaf een 80 m brede oevergeul in de Waal, vanaf een 40 m brede oevergeul in het Pannerdensch Kanaal en voor elke m oevergeulbreedte in de IJssel ³ .
Zomerbedverbreding	km / m verbreding	€ 320.000	Per kilometer en per meter verbreding
Nevengeul	m ³	€ 43	
Uiterwaardvergraving	m ³	€ 43	

2.3 Samenstelling indicatieve maatregelpakketten

Om tot een inschatting van de kosten voor de IRM alternatieven te komen, is een keuze nodig voor welke maatregelen (indicatief) worden ingezet in welk alternatief en in welke mate. Hiervoor zijn diverse aannames nodig, omdat de maatregelpakketten nog niet zijn samengesteld. Maatregelen zijn ook geen onderdeel van de afwegingen, waardoor de pakketten alleen gebruikt worden voor inschattingen van kosten en geen status hebben.

We stellen voor elk alternatief twee indicatieve maatregelpakketten samen. Deze geven een indicatie voor de kosten voor dat alternatief. De pakketten voorzien in de gewenste verhoging van

³ Langsdammen zijn wellicht lastig te realiseren langs de IJssel. De kribvakken zijn smal, waardoor de uiterwaarden al snel grootschalig vergraven moeten worden om de oevergeul te realiseren. We nemen de optie wel mee in de berekeningen.

de rivierbodem ten opzichte van het nul-alternatief (de opgave; dus het verschil tussen het nul-alternatief en het beschouwde alternatief).

Deels zullen de maatregelen die gericht zijn op de vergroting van de afvoercapaciteit ook een mate van aanzanding (of handhaving bodemligging) zorgen. Bijv. in alternatief 2 is een vergroting van de afvoercapaciteit door het vergraven van uiterwaarden voorzien. Welke dimensies van de vergraving daarbij horen zijn niet bekend (anders zou de bijdrage aan de aanzanding wel bepaald kunnen worden). Daarom moet een aanname worden gedaan over hoeveel die maatregelen in de aanzanding voorzien. Dit aangenomen aantal centimeters wordt verdeeld over de maatregelen genoemd in Tabel 1. De aannames doen recht aan het groter worden van de verruimende maatregelen van het kleinst in alternatief 1 en het grootst in alternatief 3. Het aandeel van de verruimingen in het deel van de opgave dat erdoor wordt veroorzaakt, wordt namelijk groter naarmate de voorziene verruiming groter wordt.

Het eerste pakket voor elk alternatief heeft het zwaartepunt op jaarlijkse suppleties en het tweede pakket voor elk alternatief heeft het zwaartepunt op verruimende maatregelen.

De gedane aannames voor de indicatieve maatregelpakketten geven de volgende invulling van de alternatieven:

- Alternatief 1: Sediment en bodem
 - Pakket 1: De volledige opgave per traject gebeurt met jaarlijkse suppleties
 - Pakket 2: Langsdammen, kribverlaging, nevengeulen, en uiterwaardverlaging worden zo gedimensioneerd dat ze elk zorgen voor 2,5 cm verhoging van de rivierbodem. De rest van de opgave wordt in voorzien door jaarlijkse suppleties
- Alternatief 2: Afvoer- en bergingscapaciteit
 - Pakket 1: Een uiterwaardverlaging (met zomerkade) wordt zo gedimensioneerd dat deze zorgt voor 5 cm verhoging van de rivierbodem. De rest van de opgave wordt in voorzien door jaarlijkse suppleties.
 - Pakket 2: De uiterwaardverlaging (met zomerkade) wordt zo gedimensioneerd dat deze in de gehele bodemopgave kan veroorzaken⁴.
- Alternatief 3: Combinatie – maximaal
 - Pakket 1: De langsdammen, nevengeulen en uiterwaardverlaging (met zomerkade) worden zo gedimensioneerd dat ze elk 3,33 cm verhoging van de rivierbodem veroorzaken. De rest van opgave wordt in voorzien met jaarlijkse suppleties.
 - Pakket 2: De langsdammen worden zo gedimensioneerd dat ze voor 5 cm verhoging van de rivierbodem zorgen. De nevengeulen en uiterwaardverlaging (met zomerkade) worden zo gedimensioneerd dat in gelijke mate in de resterende opgave voorzien.

Ook is bij elk pakket een initiële suppletie nodig om de gewenste aanzanding binnen het zichtjaar van IRM te bereiken. Deze volumes zijn overgenomen uit Van der Deijl (2021). Dit heeft echter geen invloed op de benodigde maatregelen, omdat deze maatregelen alsnog nodig zijn om de bodem op het gewenste niveau (na de initiële suppletie) te handhaven.

⁴ In andere woorden, de aanname is dus dat de rivierverruimende maatregelen t.b.v. de afvoercapaciteit zo groot zijn dat deze volledig in de bodemopgave voorzien en er geen specifieke maatregelen t.b.v. de bodemligging nodig zouden zijn.

De samengestelde maatregelpakketten met de aannames voor het deel van de opgave waarin de ruimtelijke maatregelen voorzien zijn weergegeven in Tabel 8 voor de Rijntakken en Tabel 9 voor de Maas.

Tabel 8 Samenstelling pakketten (#) met maatregelen voor alternatieven Rijn. De volumes voor de initiële suppletievolume worden gepresenteerd in paragraaf 3.1

Alternatieven Rijn	#	Initieel suppletie volume	Deel opgave door ruimtelijke maatregelen	Deel opgave door jaarlijks suppleren	Maatregelen gericht op bodem	Verruimende maatregelen
Sediment en bodem	1	zie 3.1	-	Volledig	-	-
	2	zie 3.1	10 cm	Restant	Langsdammen	Kribverlaging, nevengeulen en uiterwaardverlaging
Afvoer- en bergingscapaciteit	1	-	5 cm	Restant	-	Uiterwaardverlaging (met zomerkade)
	2	-	Volledig	-	-	Uiterwaardverlaging (met zomerkade)
Combinatie-maximaal	1	zie 3.1	10 cm	Restant	Langsdammen	Nevengeulen en uiterwaardverlaging (met zomerkade)
	2	zie 3.1	Volledig	-	Langsdammen (max. 5 cm)	Nevengeulen en uiterwaardverlaging (met zomerkade)

Tabel 9 Samenstelling pakketten (#) met maatregelen voor alternatieven Maas

Alternatieven Maas	#	Initieel suppletie volume	Deel opgave door ruimtelijke maatregelen	Deel opgave door jaarlijks suppleren	Verruimende maatregelen
Sediment en bodem	1	-	Nul	Volledig	-
	2	-	5 cm	Restant	Nevengeulen en uiterwaardverlaging
Afvoer- en bergingscapaciteit	1	-	5 cm	Restant	Uiterwaardverlaging
	2	-	Volledig	Nul	Uiterwaardverlaging
Combinatie-maximaal	1	zie 3.1	10 cm	Restant	Nevengeulen en uiterwaardverlaging
	2	zie 3.1	Volledig	Nul	Nevengeulen en uiterwaardverlaging

3 Resultaten

3.1 Kosten initiële suppleties

Tabel 10 presenteert de volumes voor de initiële suppleties die nodig zijn om de rivierbodem in één keer naar het gewenste niveau te brengen. Voor de Rijntakken zijn deze volumes gebaseerd op Van der Deijl (2021). Voor de drie Rijntakken betreft het de volumes die aangevoerd dienen te worden van buiten het Rijntakkenstelsel. Aanvullend geeft de post "herverdeling sediment Rijntakken" wat er daarbovenop nodig is in de drie Rijntakken, maar dat van binnen het systeem kan worden gehaald, namelijk uit de sedimenterende trajecten. Zie Van der Deijl (2021) voor meer duiding van de volumes. Een belangrijke opmerking bij de tabel is, is dat het volume dat nodig is in de Beneden-IJssel om de daar uitgevoerde zomerbedverdieping op te vullen, niet is meegenomen. In paragraaf 4.3 is dit nader geduid.

Voor de Maas is het benodigd volume voor alternatief 3 bepaald. De methodiek en gebruikte bronnen zijn gegeven in Bijlage B. Het volume dat nodig zou zijn om de, in het kader van Maaswerken uitgevoerde, zomerbedverdiepingen op te vullen, zijn hierin niet meegenomen. Ter kennisneming, dit volume is wel bepaald in Bijlage B, en bedraagt 7,5 Mm³ en is daarmee veel groter dan het natuurlijk geërodeerde volume sediment.

In Tabel 11 zijn de kosten gepresenteerd horende bij de benodigde initiële suppleties. Hierbij is uitgegaan van de eenheidsprijs van €47 per m³. De genoemde kosten voor herverdeling van sediment geeft de bovengrens aan. Hier is met hetzelfde kengetal van €47 euro per m³ suppletie gerekend. Deze conservatieve aanname is gedaan, omdat het surplus aan sediment in de benedenlopen niet per se aansluit bij het gewenste suppletie materiaal in de bovenlopen (andere korrelgroottes).

Tabel 10 Benodigd volume voor de initiële suppletie per riviertak in de drie alternatieven. Voor de Rijntakken zijn de volumes gebaseerd op Van der Deijl (2021). Voor De Maas is de bepaling van het volume opgenomen in Bijlage B.

Riviertak	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Bovenrijn/Waal	2,2 Mm ³	0 Mm ³	14,4 Mm ³
Pannerdensch Kanaal/IJssel ¹	2,0 Mm ³	0 Mm ³	5,0 Mm ³
Nederrijn/Lek	1,7 Mm ³	0 Mm ³	1,8 Mm ³
Herverdeling sediment Rijntakken ³	2,0 Mm ³	0 Mm ³	0,5 Mm ³
Maas ²	0 Mm ³	0 Mm ³	3,9 Mm ³

¹ Hierbij is het volume dat benodigd zou zijn om de zomerbedverdieping in de Beneden-IJssel op te vullen niet meegenomen.

² Hierbij is het volume dat benodigd zou zijn om de zomerbedverdiepingen in de Maas in het kader van Maaswerken op te vullen niet meegenomen.

³ Op de sedimenterende trajecten van de Rijntakken is er t.o.v. de referentieniveaus van 1980 en 2000 sediment beschikbaar om te herverdelen. Dit volume komt bovenop de genoemde volumes per riviertak en dient aangevoerd te worden als er geen herverdeling zou plaatsvinden.

Tabel 11 Kosten van de initiële suppleties in de drie alternatieven op basis van de volumes in Tabel 10.

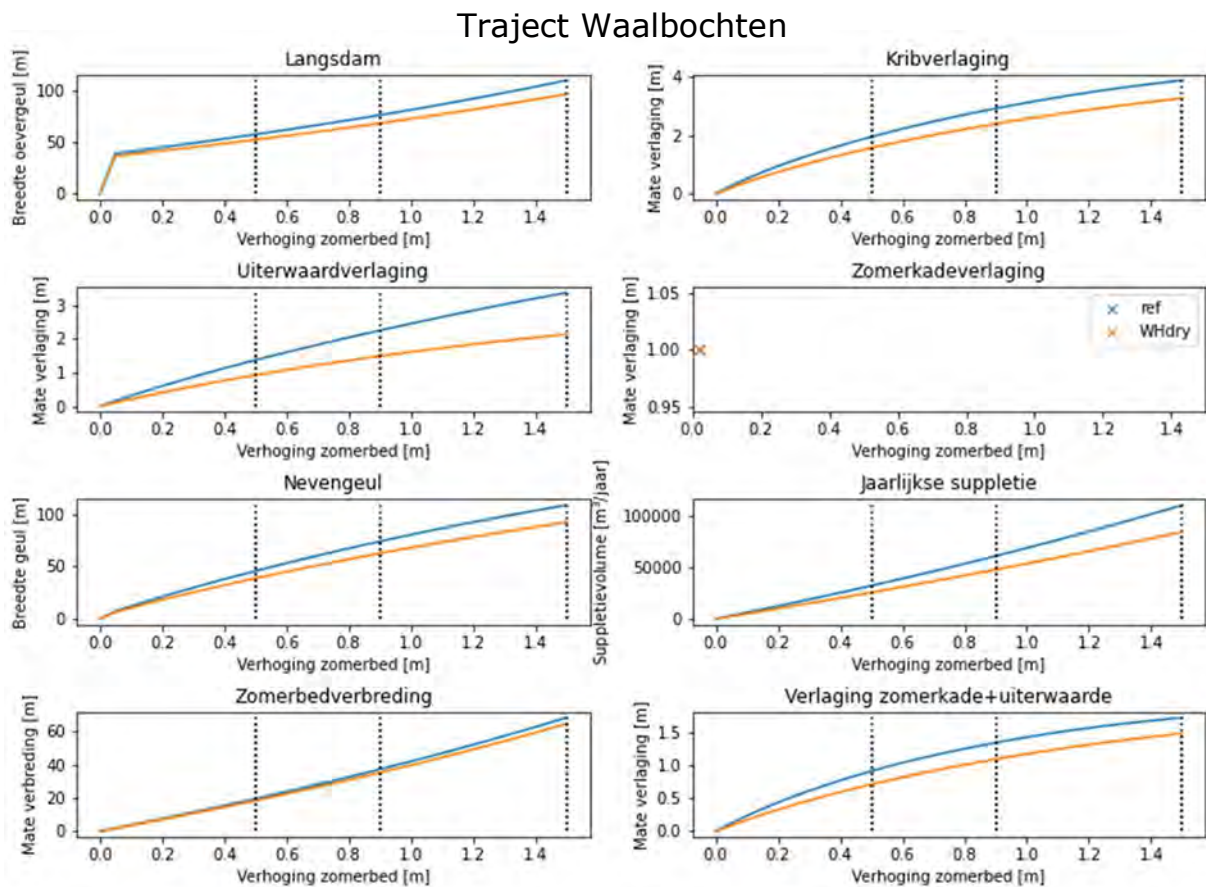
Riviertak	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Bovenrijn/Waal	106 M€	0 M€	678 M€

Pannerdensch Kanaal/IJssel	96 M€	0 M€	237 M€
Nederrijn/Lek	82 M€	0 M€	85 M€
Herverdeling sediment Rijntakken	96 M€	0 M€	22 M€
Maas	0 M€	0 M€	184 M€

3.2 Dimensies maatregelen per 5 cm gewenste aanzanding

Figuur 3 laat, ter illustratie, voor het traject Waalbochten (Boven Waal) zien hoe groot de maatregelen (karakteristieke variabele) moeten zijn om bepaalde verhogingen van de rivierbodem te bereiken en te handhaven. De stippellijnen geven de opgaven; dit zijn de gewenste verandering per alternatief plus de verandering in het nul-alternatief (om de erosieve trend te stoppen), zoals gegeven in Tabel 2.

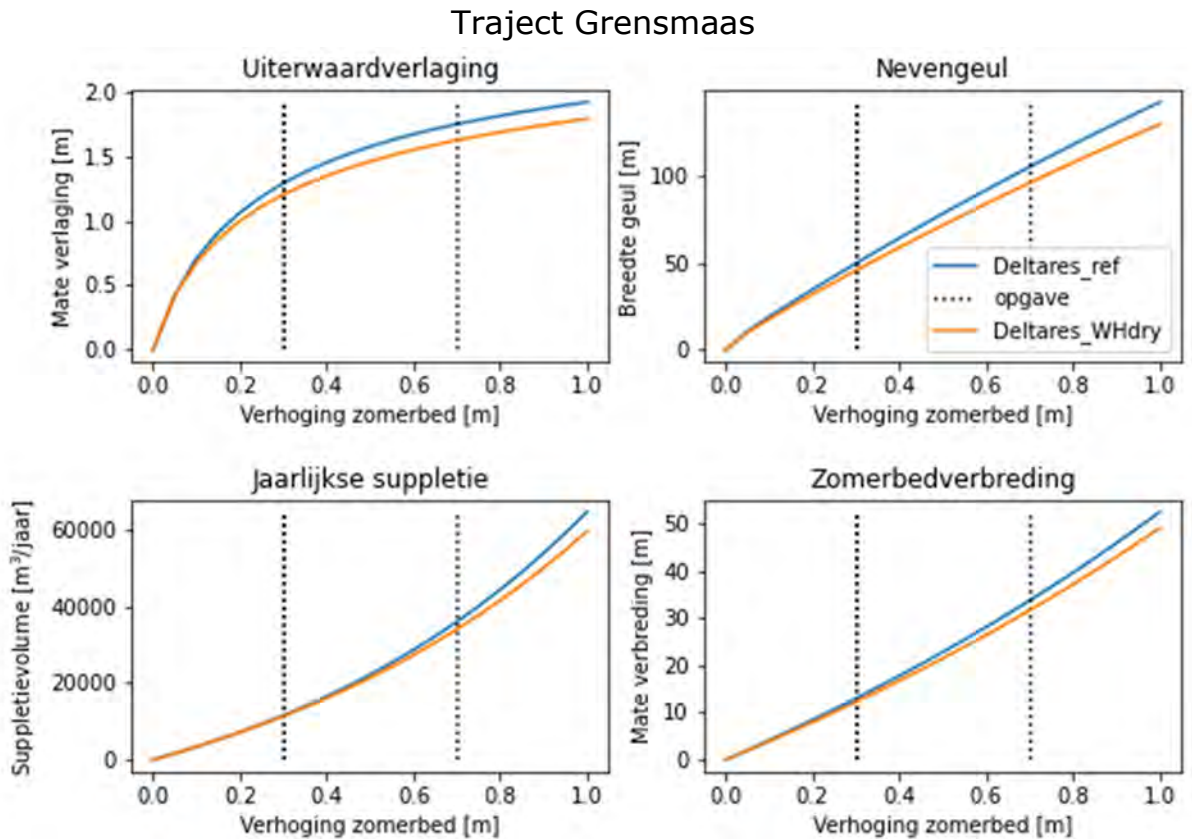
We merken op dat er geen 1 op 1 vergelijking getrokken mag worden tussen de berekeningen met verschillende afvoerstatistieken. De gebruikte methode is enkel geschikt voor de effectbepaling van maatregelen bij gelijkblijvende afvoerstatistieken. Conclusies over het effect van een veranderend klimaat kan uit deze figuren dus niet worden ontleend. Wel kunnen we het verschil tussen de twee duiden; deze wordt veroorzaakt door een andere evenwichtswaterdiepte. Bij het WHdry scenario is de 'dominante' afvoer (een constante afvoer representatief voor de gehele hydrograaf) groter doordat hoge afvoeren frequenter worden. Daardoor wordt ook de evenwichtswaterdiepte groter. Dit zorgt ervoor dat verruimende maatregelen (met name in de uiterwaarden) effectiever zijn.



Figuur 3 Benodigde dimensies van een maatregel (karakteristieke variabele) om een bepaald aantal centimeters verhoging van het zomerbed te bereiken in het traject Waalbochten. De blauwe lijnen ('ref') geven

de resultaten met de afvoerstatistiek van het huidige klimaat, de oranje lijnen die van het klimaatscenario 'WHdry'. De stippellijnen geven de opgaven (nul-alternatief + verhoging alternatief) voor de verschillende alternatieven aan. Voor zomerkadeverlaging is alleen het maximale effect (volledige verwijdering zomerkade) beschouwd omdat het effect klein is.

Figuur 4 laat, ter illustratie, voor het traject Grensmaas zien hoe groot de maatregelen (karakteristieke variabele) moeten zijn om bepaalde verhogingen van de rivierbodembodem te bereiken en te handhaven.



Figuur 4 Benodigde dimensies van een maatregel (karakteristieke variabele) om een bepaald aantal centimeters verhoging van de rivierbodembodem te bereiken in de Grensmaas. De blauwe lijnen ('ref') geven de resultaten met de afvoerstatistiek van het huidige klimaat, de oranje lijnen die van het klimaatscenario 'WHdry'.

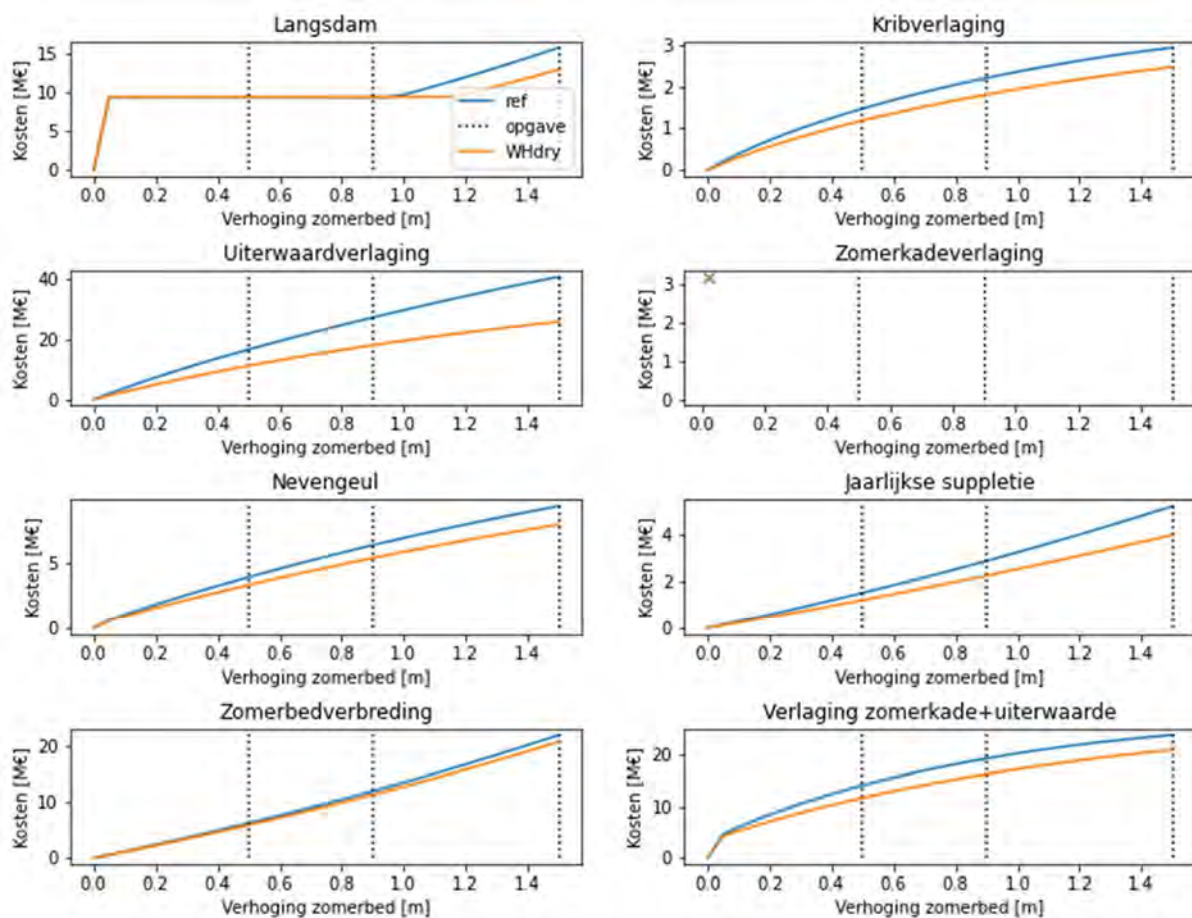
Bijlage A geeft in tabelvorm de resultaten voor de overige trajecten.

3.3 Kosten maatregelen per 5 cm gewenste aanzanding

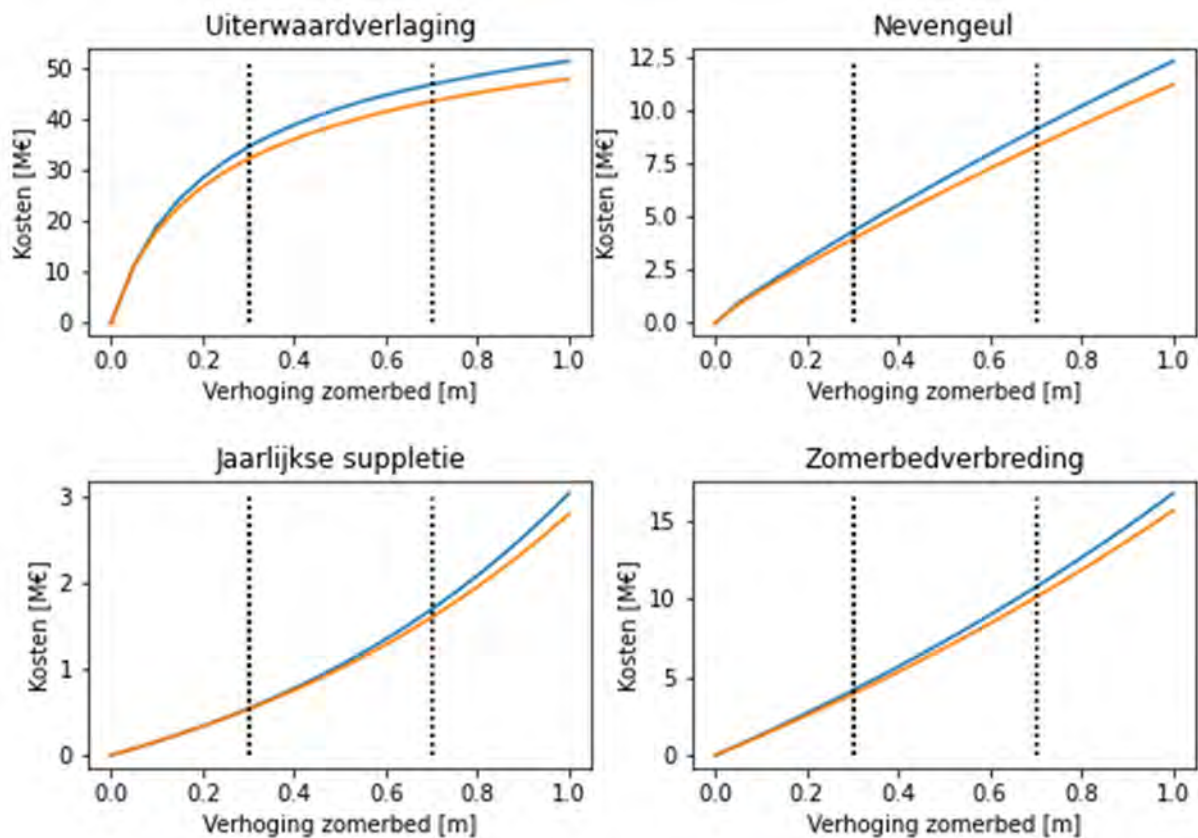
Figuur 5 laat voor het traject Waalbochten (Boven Waal) zien welke kosten (in euro's per rivierkilometer) horen bij het bereiken en handhaven van een bepaalde mate van verhoging van de rivierbodembodem door middel van een maatregel. Voor suppleren gaat het om de jaarlijkse kosten van suppleren (met het huidige prijspeil). De resultaten laten zien dat kribverlagingen en nevengeulen de goedkopere (structurele) maatregelen zijn om de bodem te verhogen. Het is wederom belangrijk om hier aan te geven dat de interactie tussen de riviertrajecten niet is meegenomen in deze berekeningen. Deze interactie wordt op de (zeer) lange termijn (orde honderden jaren) wel belangrijk.

Figuur 6 laat voor het traject Grensmaas zien welke kosten (in euro's per rivierkilometer) horen bij het bereiken en handhaven van een bepaalde mate van verhoging van de rivierbodembodem door middel

van een maatregel. Voor suppleren gaat het om de jaarlijkse kosten van suppleren (met het huidige prijspeil). De resultaten laten zien dat zomerbedverbredening en een nevengeul de goedkopere (structurele) maatregelen zijn om de bodem te verhogen.



Figuur 5 Kosten voor de maatregelen per rivierkilometer in miljoenen euro's waarbij een bepaalde verhoging van de rivierbodem in de Waalbochten mee kan worden bereikt en gehandhaafd. Bij de jaarlijkse suppleties gaat het om de jaarlijkse kosten voor het gehele traject.



Figuur 6 Kosten voor de maatregelen per rivierkilometer in miljoenen euro's waarbij een bepaalde verhoging van het zomerbed in de Grensmaas mee kan worden bereikt en gehandhaafd. Bij de jaarlijkse suppleties gaat het om de jaarlijkse kosten voor het gehele traject.

Bijlage A geeft in tabelvorm de resultaten voor de overige trajecten.

3.4 Kosten alternatieven IRM en het VKA

3.4.1 Kosten alternatieven per rivierkilometer

Tabel 12 en Tabel 13 geven respectievelijk voor de Rijntakken en de Maas per traject de kosten voor de maatregelen om de rivierbodem op het gewenste niveau te krijgen en te handhaven. We gaan hierbij uit van de kosten gegeven het WHdry klimaatscenario⁵. De (totale) kosten zijn niet zeer gevoelig voor de afvoerstatistiek en daarmee voor het klimaatscenario (huidig klimaat, deltasceario Stoom of deltasceario Rust). Dit komt doordat de dominante afvoer (een constante afvoer waarbij de morfologische effecten gelijk zijn aan dat van de gehele afvoerstatistiek) en de frequentie van voorkomen van deze dominante afvoer, slechts beperkt verschillen tussen de verschillende scenario's.

Deze kosten zijn weergegeven voor de twee maatregelpakketten (om realistische spreiding in de kosten te bepalen) per alternatief. Per maatregelpakket zijn de kosten uitgesplitst in de jaarlijkse kosten voor de suppleties (om de bodem te handhaven) en de investeringskosten per

⁵ Dit betreft het effect van de maatregelen in het afvoerregime van een toekomstig klimaat. Het neemt expliciet niet mee dat de rivierbodempligging als gevolg van een ander afvoerregime op zeer lange termijn zich ook nog autonoom aanpast aan het nieuwe afvoerregime.

rivierkilometer voor de maatregelen specifiek gericht op de rivierbodem (langsdammen) en overige verruimende maatregelen (nevengoulen, vergravingen, etc.).

Tabel 12 Kosten voor de twee pakketten per IRM alternatief voor de Rijntrajecten gegeven in miljoenen euro's ofwel per jaar (voor suppleren) ofwel per rivierkilometer (rkm).

Rijn						
Alternatief 1						
	Pakket 1			Pakket 2		
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen ⁶ [M€/rkm]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€/rkm]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]
Sallandse IJssel	0	0	0	0	0	2,4
Waalbochten (Boven-Waal)	2,2	0	0	2,0	9,5	1,0
Midden-Waal	0,6	0	0	0,4	9,5	0,7
Pannerdensch kanaal	0,3	0	0	0,2	9,5	1,2
Boven-IJssel	0,1	0	0	0	0	2,1
Midden-IJssel	0	0	0	0	0	2,4
Alternatief 2						
	Pakket 1			Pakket 2		
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€/rkm]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€/rkm]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]
Waalbochten (Boven-Waal)	1,1	0	4,3	0	0	11,7
Midden-Waal	0,3	0	4,0	0	0	6,0
Pannerdensch kanaal	0,1	0	4,1	0	0	7,5
Boven-IJssel	0	0	3,8	0	0	4,4
Alternatief 3						
	Pakket 1			Pakket 2		
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€/rkm]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€/rkm]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]
Boven-Rijn	1,3	9,5	4,2	0	9,5	14,6
Sallandse IJssel	0	0	4,1	0	0	4,1
Waalbochten (Boven-Waal)	3,7	9,5	3,2	0	9,5	19,0
Midden-Waal	0,9	9,5	2,9	0	9,5	8,1
Pannerdensch kanaal	0,6	9,5	3,0	0	9,5	12,2

⁶ Dit betreft telkens de maatregel langsdammen. Andere structurele maatregelen die gericht zijn op de bodemligging (enkel in alternatief 3) zijn opgenomen onder de verruimende maatregelen.

Boven-IJssel	0,1	0	4,1	0	0	5,5
Midden-IJssel	0	0	4,0	0	0	5,0
Beneden-IJssel	0	0	4,1	0	0	4,1
Boven-Nederrijn	0	9,5	2,4	0	12,1	1,8
VKA						
	Pakket 1			Pakket 2		
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs- dammen [M€/rkm]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs- dammen [M€/rkm]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]
Boven-Rijn	0	0	0	0	0	0
Sallandse IJssel	0	0	0	0	0	0
Waalbochten (Boven-Waal)	2,0	0	4,4	0	9,5	13,6
Midden-Waal	0,4	0	4,1	0	9,5	5,9
Pannerdensch kanaal	0,2	0	4,3	0	9,5	8,0
Boven-IJssel	0,1	0	3,9	0	0	4,9
Midden-IJssel	0	0	3,8	0	0	4,0
Beneden-IJssel	0	0	0	0	0	0
Boven-Nederrijn	0	0	0	0	0	0

Tabel 13 Kosten voor de twee pakketten per IRM alternatief voor de Maastrajecten gegeven in miljoenen euro's per rivierkilometer ofwel per jaar (voor suppleren) ofwel per rivierkilometer (rkm).

Maas	Alternatief 1			
	Pakket 1		Pakket 2	
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]
Grensmaas	0,5	0	0,4	6,1
Plassenmaas	0,2	0	0,1	1,8
Peelhorstmaas	0,1	0	0,1	6,1
Venloshenkmaas	0,0	0	0,0	4,7
Bedijkte Maas	0,1	0	0,0	3,9
	Alternatief 2			
	Pakket 1		Pakket 2	
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]
Grensmaas	0,4	11,3	0	32,3
Plassenmaas	0,1	3,1	0	12,4
Peelhorstmaas	0,1	10,8	0	22,7
Venloshenkmaas	0,0	8,6	0	8,6

Bedijkte Maas	0,0	6,9	0	11,0
Alternatief 3				
	Pakket 1		Pakket 2	
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]
Grensmaas	1,3	12,2	0	38,9
Plassenmaas	0,2	3,5	0	11,9
Peelhorstmaas	0,1	12,2	0	25,6
Venloshenkmaas	0,0	9,5	0	14,6
Bedijkte Maas	0,0	7,8	0	10,7
VKA				
	Pakket 1		Pakket 2	
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar] ⁷	Verruimende maatregelen [M€/rkm]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Verruimende maatregelen [M€/rkm]
Grensmaas	0,0	9,7	0	11,2
Plassenmaas	0	0	0	0
Peelhorstmaas	0	0	0	0
Venloshenkmaas	0	0	0	0
Bedijkte Maas	0	0	0	0

3.4.2 Totale kosten

Tabellen 14 en 15 geven voor de Rijn en Maas de totale kosten voor de alternatieven per indicatief maatregelpakket. Ook de kosten voor de benodigde initiële suppletie zijn hierin opgenomen, zoals bepaald in paragraaf 3.1. Naar de definitie van de twee indicatieve maatregelpakketten, zijn in elk alternatief de jaarlijkse suppletiekosten in pakket 1 ("zwaartepunt bij suppleren") hoger dan in pakket 2 ("zwaartepunt bij rivierverruiming"). Omgekeerd zijn in pakket 2 de kosten voor de verruimende maatregelen hoger.

Voor de Rijntakken zijn kosten voor de maatregelpakketten waarin langsdammen zijn opgenomen het hoogst (Pakket 2 in Alternatief 1 en beide pakketten in Alternatief 3). Ook de forse kosten voor de initiële suppletie in Alternatief 3 valt op. Verder valt op dat de eenmalige kosten voor pakket 1 in Alternatief 1 en 2 nagenoeg gelijk zijn. In Alternatief 1 bestaat deze enkel uit de initiële suppletie (en zijn er voor dit alternatief hogere jaarlijkse kosten voor suppleren). In Alternatief 2 betreft het de kosten voor de verruimende maatregelen. Pakket 2 voor deze twee alternatieven laten een groter verschil zien, met name vanwege de langsdammen in Alternatief 1.

Voor de Maas geldt dat er verschillende kosten worden berekend in Alternatief 1 en 2, ondanks dat de bodemscenario's voor deze twee alternatieven gelijk zijn. Echter, de maatregelpakketten zijn anders, wat leidt tot de verschillen in kosten. In Alternatief 2 wordt er meer voordeel gehaald (bijdrage aan de aanzanding) uit de te nemen maatregelen t.b.v. de vergroting van de afvoercapaciteit. Deze kosten zijn wel in de tabel opgevoerd, maar zijn 'in synergie' met de maatregelen voor de afvoercapaciteit (zie paragraaf 4.2). In Alternatief 1 zijn de jaarlijkse kosten voor suppleren hoger.

⁷ Afgerond 0,0 M€/jaar, de kosten zijn bijna nihil, omdat de verruimingen in bijna de volledige opgave voorzien.

Het VKA voor de Rijntakken kent vergelijkbare kosten als de kosten bij Alternatief 1. Er is enkel sprake van een verschil in de hoeveelheid verhoging waarin de verruimingen voorzien. In Alternatief is dit 0 cm in pakket 1, terwijl dit een aangenomen hoeveelheid van 7,5 cm in het VKA is. In het VKA wordt in pakket 2 de volledige opgave ingevuld door verruimingen en langsdammen. Dit leidt tot een licht hogere eenmalige investering.

De kosten voor het vasthouden van de rivierbodem van de Maas in het VKA liggen tussen alternatief 1 en alternatief 2 in. Qua samenstelling van de pakketten zit het VKA ook tussen deze twee alternatieven in. De jaarlijkse kosten voor suppleties in het VKA zijn nihil door de aanname dat 7,5 cm verhoging van de rivierbodem kan worden bereikt middels verruimingen.

Tabel 14 Totale kosten voor de alternatieven per indicatief maatregelpakket voor de Rijntakken in miljoenen euro's. De beheer en onderhoudskosten zijn hierin niet meegenomen, hierdoor worden alle pakketten met structurele maatregelen duurder.

Rijn Alternatief 1						
	Pakket 1			Pakket 2		
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€]	Verruimende maatregelen [M€]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€]	Verruimende maatregelen [M€]
Sallandse IJssel	0	0	0	0	0	86
Waalbochten (Boven-Waal)	2,2	0	0	2,0	185	20
Midden-Waal	0,6	0	0	0,4	290	21
Pannerdensch kanaal	0,3	0	0	0,2	105	13
Boven-IJssel	0,1	0	0	0	0	69
Midden-IJssel	0	0	0	0	0	80
Initiële suppletie	380 M€			380 M€		
Totaal	Per jaar: 3,2 M€	Eenmalige investering: 380 M€		Per jaar: 2,6 M€	Eenmalige investering: 1249 M€	
Rijn Alternatief 2						
	Pakket 1			Pakket 2		
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€]	Verruimende maatregelen [M€]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€]	Verruimende maatregelen [M€]
Waalbochten (Boven-Waal)	1,1	0	84	0	0	228
Midden-Waal	0,3	0	122	0	0	183
Pannerdensch kanaal	0,1	0	45	0	0	83
Boven-IJssel	0	0	125	0	0	145
Initiële suppletie	-			-		
Totaal	Per jaar: 1,5 M€	Eenmalige investering: 376 M€		Per jaar: 0 M€	Eenmalige investering: 639 M€	

Alternatief 3						
	Pakket 1			Pakket 2		
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]
Boven-Rijn	1,3	93	41	0	93	143
Sallandse IJssel	0	0	146	0	0	146
Waalbochten (Boven-Waal)	3,7	185	62	0	185	371
Midden-Waal	0,9	290	88	0	290	247
Pannerdensch kanaal	0,6	105	33	0	105	134
Boven-IJssel	0,1	0	135	0	0	182
Midden-IJssel	0	0	134	0	0	168
Beneden-IJssel	0	0	100	0	0	100
Boven-Nederrijn	0	124	31	0	157	23
Initiële suppletie	1022 M€			1022 M€		
Totaal	Per jaar: 6,6 M€	Eenmalige investering: 2590 M€		Per jaar: 0 M€	Eenmalige investering: 3365 M€	
VKA						
	Pakket 1			Pakket 2		
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€]	Verruimende maatregelen [M€]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Langs-dammen [M€]	Verruimende maatregelen [M€]
Boven-Rijn	0	0	0	0	0	0
Sallandse IJssel	0	0	136	0	0	143
Waalbochten (Boven-Waal)	2,0	0	86	0	128	265
Midden-Waal	0,4	0	125	0	290	180
Pannerdensch kanaal	0,2	0	47	0	105	88
Boven-IJssel	0,1	0	129	0	0	162
Midden-IJssel	0	0	127	0	0	134
Beneden-IJssel	0	0	0	0	0	0
Boven-Nederrijn	0	0	0	0	0	0
Initiële suppletie	380 M€			380 M€		
Totaal	Per jaar: 2,7 M€	Eenmalige investering: 1030 M€		Per jaar: 0 M€	Eenmalige investering: 1931 M€	

Tabel 15 Totale kosten voor de twee pakketten per IRM alternatief voor de Maas in miljoenen euro's.

Maas				
Alternatief 1				
	Pakket 1		Pakket 2	
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]
Grensmaas	0,5	0	0,4	60
Plassenmaas	0,2	0	0,1	64
Peelhorstmaas	0,1	0	0,1	119
Venloshenkmaas	0,0	0	0,0	143
Bedijkte Maas	0,1	0	0,0	43
Initiële suppletie	-		-	
Totaal	Per jaar: 0,9 M€	Eenmalige investering: 0 M€	Per jaar: 0,6 M€	Eenmalige investering: 429 M€
Alternatief 2				
	Pakket 1		Pakket 2	
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]
Grensmaas	0,4	111	0	317
Plassenmaas	0,1	111	0	443
Peelhorstmaas	0,1	211	0	443
Venloshenkmaas	0,0	262	0	262
Bedijkte Maas	0,0	76	0	121
Initiële suppletie	-		-	
Totaal	Per jaar: 0,6 M€	Eenmalige investering: 770 M€	Per jaar: 0 M€	Eenmalige investering: 1.585 M€
Alternatief 3				
	Pakket 1		Pakket 2	
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]
Grensmaas	1,3	120	0	381
Plassenmaas	0,2	125	0	425
Peelhorstmaas	0,1	238	0	499
Venloshenkmaas	0,0	290	0	445
Bedijkte Maas	0,0	86	0	118
Initiële suppletie	184 M€		184 M€	
Totaal	Per jaar: 1,6 M€	Eenmalige investering: 1042 M€	Per jaar: 0 M€	Eenmalige investering: 2052 M€
VKA				
	Pakket 1		Pakket 2	
	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]	Jaarlijkse kosten suppleren [M€/jaar]	Maatregelen afvoercapaciteit [M€]
Grensmaas	0,0	95	0	110
Plassenmaas	0,0	0	0	0

Peelhorstmaas	0,0	0	0	0
Venloshenkmaas	0,0	0	0	0
Bedijkte Maas	0,0	0	0	0
Initiële suppletie	-		-	
Totaal	Per jaar: 0,0 M€	Eenmalige investering: 95 M€	Per jaar: 0 M€	Eenmalige investering: 110 M€

4 Discussie

4.1 Initiële suppletie vs. ruimtelijke maatregelen

Om in het zichtjaar van 2050 (of in 2100) de bodem naar het gewenste niveau te krijgen, zijn de ruimtelijke maatregelen niet voldoende. Wel zijn de berekende dimensies van de maatregelen nodig om het niveau te handhaven. Wanneer de verruimende maatregelen op relatief korte termijn worden genomen, is de benodigde initiële suppletie kleiner. Hoeveel kleiner is afhankelijk van het gekozen tijdspad.

4.2 Overlap afvoercapaciteit en bodemligging

Een verbetering in de kostenschatting kan behaald worden als duidelijk is welke rivierverruimende maatregelen genomen (moeten) worden om de gewenste mate van vergroting van de afvoercapaciteit te bereiken. Als neveneffect van de rivierverruiming t.b.v. afvoercapaciteit veroorzaken deze maatregelen ook een bepaalde mate van evenwichtsaanzanding in de hoofdgeul. In de huidige benadering worden de kosten voor deze specifieke maatregelen dubbel gerekend. Ter indicatie is wel de uitsplitsing in de kostentabellen gemaakt tussen de verruimende maatregelen en de suppletiemaatregelen. Dat geeft de mogelijkheid om rekening te houden met de 'synergie' van de kosten voor de verruimende maatregelen.

4.3 Baat vermindering baggerlast bij zomerbedverdiepingen

In de afgelopen decennia zijn langs de Maas en in de Beneden-IJssel diverse zomerbedverdiepingen uitgevoerd. Binnen enkele alternatieven wordt voorgenomen om deze niet meer actief op diepte te houden. Hierdoor zullen deze langzaam dichtslibben. Doordat deze deeltrajecten niet meer op diepte hoeven te worden gehouden, daalt de baggerlast en levert daarmee een 'baat' op. Dit geldt zeker voor de alternatieven waarin grootschalig sediment gesuppleerd wordt. Deze baat is in dit memo niet bepaald.

Referenties

Asselman, N., De Jong, J., Mens, M., Maarse, M., Maas, B., De Grave, P. (2022) Effectbepaling nul-alternatief IRM. Deltares. 11208036-004-ZWS-0002

Blom, A., Arkesteijn, L., Chavarrías, V., Viparelli, E. (2017) The equilibrium alluvial river under variable flow and its channel-forming discharge, *J. Geophys. Res. Earth Surf.*, 122, doi:10.1002/2017JF004213.

Eijsbergen et al. (2019) Maximale omvang en kostenindicatie maatregelen in rivierengebied. Rijkswaterstaat

Engelund, F. and Hansen, E., 1967. A Monograph on Sediment Transport in Alluvial Streams. Teknisk Forlag, Copenhagen, Denmark

Frings, R., Banhold, K & Evers, I (2015). Sedimentbilanz des Oberen Rheindeltas für den Zeitraum 1991-2010. RWTH Aachen University, Bericht 2015.019, Aachen, Oktober 2015

IRM Informatiebladen Maas 2.0 (2021) bouwplaatsirm.nl

Jansen, P. P., L. van Bendegom, J. van den Berg, M. de Vries, and A. Zanen (1979). Principles of river engineering: the non-tidal alluvial river . Delfste Uitgevers Maatschappij, Delft, the Netherlands.

Kind (2022) Memo eenheidskosten IRM. Versie 19 augustus 2022.

Meyer-Peter, E. and R. Müller (1948). Formulas for bed-load transport. In: Proceedings of the 2nd IAHR congress, Vol. 2, pp. 39-64, Stockholm, Sweden.

Maronier (2022) Notitie doelbereik alternatieven, onderdeel van planMER IRM. Concept. Versie 5 september 2022. BH8949-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0001

Paarlberg, A. en Schippers, M. (2020) Inverse modellering evenwichtseffect maatregelen op zomerbedbodem: afleiden dimensies van maatregelen. QS-bodemligging. HKV

Projectgroep systeemknoppen (2022) Notitie systeemknoppen IRM

Reeze, B., A. van Winden, J. Postma, R. Pot, J. Hop en W. Liefveld (2017). Watersysteemrapportage Rijntakken 1990-2015. Ontwikkelingen waterkwaliteit en ecologie. Bart Reeze Water & Ecologie, Harderwijk.

Rijkswaterstaat (2022). Maas- en Rijntrajecten ingedeeld op basis van een aantal rivierkarakteristieken

Schropp, M.H.I, Jesse, P. & Van Essen, J.A.F. (2000). Morfologie en zandtransport Maas zomerbedverdieping Gennep – Grave. Monitoringsresultaten 1996 – 1999. RIZA rapport 2000.001. ISBN 9036953197. RIZA Arnhem, september 2000.

Van der Deijl, E. (2021) Benodigd volume voor rivierbodemerstel Rijntakken. Deltares. 11206795-008-ZWS-0002.

Zuijderwijk et al. (2020) QuickScan rivierbodempligging ten behoeve van Integraal Riviermanagement. Witteveen+Bos & HKV

Bijlage A: Resultaten in tabelvorm

Rijntakken

Benodigde dimensies maatregelen Rijntakken (huidig klimaat): MKBA_Rijn_da_ref.xlsx

Kosten maatregelen Rijntakken per rivierkilometer in miljoenen euro's (huidig klimaat):
MKBA_Rijn_kosten_ref.xlsx

Benodigde dimensies maatregelen Rijntakken (WHdry): MKBA_Rijn_da_WHdry.xlsx

Kosten maatregelen Rijntakken per rivierkilometer in miljoenen euro's (WHdry):
MKBA_Rijn_kosten_WHdry.xlsx

Kosten maatregelen Rijntakken per traject per maatregel in het maatregelenpakket in miljoenen euro's (WHdry): MKBA_Rijn_kostenalternatieven.xlsx *(Per alternatief 2 pakketten "o" en "b", Sup = jaarlijkse kosten suppleren, Nev = investeringskosten nevengeulen, Uit = investeringskosten uiterwaardverlaging, Uitzk = investeringskosten uiterwaardverlaging met zomerkadeverlaging, Idam = investeringskosten langsdammen, krib = investeringskosten kribverlaging)*

Maas

Benodigde dimensies maatregelen Maas (huidig klimaat): MKBA_Maas_da_ref.xlsx

Kosten maatregelen Maas per rivierkilometer in miljoenen euro's (huidig klimaat):
MKBA_Maas_kosten_ref.xlsx

Benodigde dimensies maatregelen Maas (WHdry): MKBA_Maas_da_WHdry.xlsx

Kosten maatregelen Maas per rivierkilometer in miljoenen euro's (WHdry):
MKBA_Maas_kosten_WHdry.xlsx

Kosten maatregelen Maas per traject per maatregel in het maatregelenpakket in miljoenen euro's (WHdry): MKBA_Maas_kostenalternatieven.xlsx *(Per alternatief 2 pakketten "o" en "b", Sup = jaarlijkse kosten suppleren, Nev = investeringskosten nevengeulen, Uit = investeringskosten uiterwaardverlaging.)*

Totale kosten WHdry

Totale_kosten.xlsx

Bijlage B: Bepaling initiële suppletie Maas

202201003_MemoschattinginitielesuppletieMaas.docx

Bijlage D: Indicatieve kosten vergraving PAGW t.b.v. een voldoende hoge inundatieduur

MEMO

Aan: Jarl Kind, Corné de Leeuw
Van: Matthijs Gensen
Datum: 25 november 2022
Projectnummer: PR4445.13
Onderwerp: Indicatie kosten vergraving PAGW t.b.v. een voldoende hoge inundatieduur

1 Inleiding

Dit memo geeft een indicatie van de kosten voor vergraving om PAGW (Programmatische Aanpak Grote Wateren) te realiseren. In het kader van PAGW is het doel om meer natte riviernatuur te creëren in de 4 ecologische hotspots in de Rijn (Gelderse Poort, IJssel-Vechtdelta en deels de Biesbosch) en Maas (Grensmaas en deels de Biesbosch) en de verbindingen tussen de hotspots te creëren (blauw lint, stapstenen). Veel uiterwaarden zijn te droog om natte riviernatuur te laten ontstaan (Asselman et al., 2022¹). Een lagere hoogteligging, via het vergraven van de uiterwaarden, is derhalve nodig om bij lagere rivierafvoeren nat te kunnen worden.

Ecotopen hebben specifieke condities nodig om daarnaartoe te kunnen ontwikkelen en duurzaam in stand te kunnen blijven. Tot deze condities behoren een minimale en maximale inundatieduur, oftewel het minimum en maximum aantal dagen per jaar dat er water met een bepaalde diepte aanwezig is. Daarnaast is er een voldoende hoge gemiddelde grondwaterstand in het voorjaar en een maximale hoogste grondwaterstand nodig. Op dit moment bestaat er geen methode om met (zover bekend, de hiërarchie tussen) alle condities tegelijk rekening te houden en daarmee te kunnen bepalen welke ecotoop ontwikkelt op een bepaalde locatie.

In dit memo is enkel gekeken naar een minimum inundatieduur (minimum aantal dagen per jaar dat er water met een bepaalde diepte aanwezig is) voor de gewenste ecotopen. De effecten van een IRM alternatief (hogere bodemligging) en/of een vergraving in het kader van PAGW op de grondwaterstanden zijn moeilijker te bepalen (vooral in samenhang met de inundatie), en daarom niet beschouwd. De inundatieduren zijn juist eenvoudiger te relateren aan de riviercondities.. De riviercondities (waterstanden) zijn enkel bekend binnen het modeldomein waarmee waterstandsberekeningen zijn uitgevoerd. Hierbij wordt tevens aangenomen dat inundatie enkel volgt uit inundatie vanuit de rivier en niet vanuit kwelwater of neerslag. Omdat er o.a. voor de (Grens)maas geen berekeningen zijn uitgevoerd, worden de resultaten van binnen het modeldomein gebruikt om een inschatting te kunnen maken voor de gebieden buiten het modeldomein.

¹ Asselman, N., M. Mens, M. Maarse, B. Maas, P. de Grave en E. van der Deijl (2022). Effectbepaling nulalternatief IRM. 11208036-004-ZWS-0002

Er is uitgegaan van de ecotoopkaarten die getekend zijn door WENR (zie H2). Deze kaarten geven alleen een indicatie van waar bepaalde ecotopen gewenst zijn. Er is hierbij nog geen optimalisatieslag uitgevoerd met als input/randvoorwaarden de riviercondities, het huidig grondbezit en de huidige ecotopen. Dergelijke optimalisaties kunnen de kosten voor vergraving doen dalen.

Kortom, de bepaling in dit memo geven dus hooguit een indicatie van de kosten voor vergraving om de PAGW-doelen te realiseren.

2 Brongegevens

Ecotopenkaarten

Ecotopenkaarten van de huidige situatie en de gewenste situatie in 2050, geoptimaliseerd in de WENR studie.² Het betreft de kaarten die ook zijn gebruikt om de waterstandseffecten als gevolg van de verruwende vegetatie in het kader van PAGW te bepalen.³ De kaarten zijn dekkend voor de Rijn en Maas.

AHN3 en Baseline

De openbare AHN3-database is gebruikt om de bodemligging uit af te leiden. AHN3 geeft geen dekking in gebieden waar (bijna) permanent water staat. In die gebieden is het AHN3 aangevuld met de bodemligging uit een Baseline-database (versie HR2023; BOI).

Waterstandsberekeningen IRM bodemliggingen

Voor de beoordeling van de IRM-alternatieven voor bodemligging zijn hydraulische berekeningen (2D-DFM) uitgevoerd met de verschillende bodemliggingen van de Rijntakken. Voor de Maas zijn geen modelberekeningen uitgevoerd. De berekeningen met de bodemligging van 2000 (alternatief 1) zijn uitgevoerd en aangeleverd door Deltares. De berekeningen met de bodemligging van 2018 (alternatief 2) en de bodemligging van 1980 (alternatief 3) zijn uitgevoerd door HKV. De waterstanden zijn gemodelleerd voor de volgende vaste afvoeren bij Lobith: 600 m³/s, 1.020 m³/s, 2.000 m³/s en 4.000 m³/s. Zie de paragraaf 'frequentiekrommes afvoeren' voor de bijbehorende herhalingstijden.

Benodigde inundatiecondities per ecotoop

Tabel 1 geeft de door het PAGW-team aangeleverde overzicht van de benodigde inundatiecondities voor de PAGW-ecotopen.

² Van der Sluis, T., B. Pedroli, I. Woltjer, E. van Elburg, G. Maas, 2020. Uitwerking PAGW Natuuropgave Hotspots Grote Rivieren; Eindrapport. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3031.

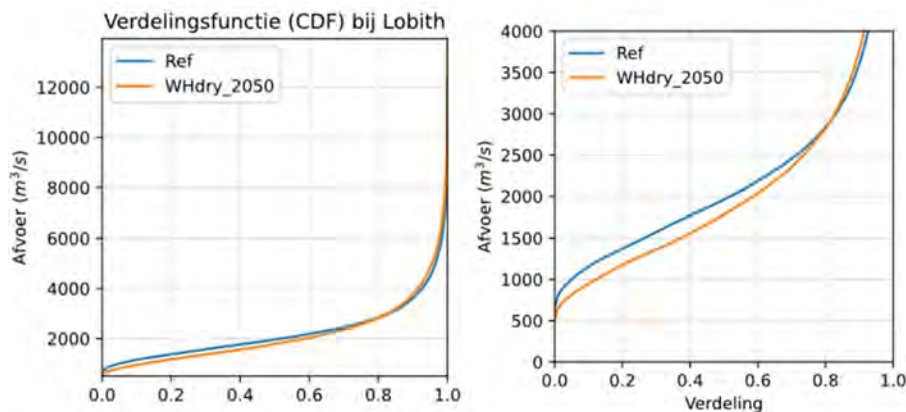
³ HKV (2020) Memo: Natuuropgave – effect van de aangepaste ecotoopkartering. PR4257.10.

Tabel 1: Inundatiecondities voor de PAGW-ecotopen

Ecotoop	Minimale inundatieduur [dagen/jaar]	Maximale inundatieduur [dagen/jaar]	Indicatieve gem. inundatiediepte [m] ⁴
Geulen/ strangen ⁵	365	365	1,0-2,0
Diep/zeer diep rivierbegeleidend	365	365	4
Riet/ moerasruigte	150	365	0,5-1
Kale oever	50	-	0,5-2
Zachthoutoibos/ struweel	50	150	0,5-1
Ondiep/matig diep rivierbegeleidend	50	365	1
Nat grasland	10	150	0,5-1
Droog grasland	0,5	10	0,5
Hardhoutoibos/ struweel	0,5	50	0,5
Bebouwd/verhard	-	-	-
Productiegrasland/ bouwland	0	-	-
Zomerbed	-	-	-

Frequentiekrommes afvoeren

Om de koppeling tussen afvoeren en herhalingstijden (dagen/jaar) te maken, is gebruik gemaakt van de frequentiekrommes van de afvoeren te Lobith van de KNMI '14 scenario's (Figuur 1). Er is uitgegaan van het WHdry scenario.



Figuur 1: Frequentiekrommes van de afvoer bij Lobith in het huidige klimaat (Ref; blauwe lijn) en in het WHdry klimaatscenario (WHdry_2050; oranje lijn). Links de volledige krommes en rechts ingezoomd op de lagere afvoeren. Bron figuren: Asselman et al. (2022)

De doorgerekende afvoeren hebben in het huidige klimaat en in het klimaatscenario WHdry de volgende onderschrijdingsduren (aantal dagen per jaar dat een afvoer overschreden wordt).

⁴ Bij de toelevering is expliciet aangegeven dat het bij deze inundatiedieptes om indicaties gaat

⁵ Er wordt niet altijd uitgegaan van permanente inundatie voor geulen/strangen. Ecologisch is dit wel wenselijk, maar het zorgt er ook voor dat laagwaterstanden dalen. Er is in dit memo een aanname gedaan dat geulen/strangen maximaal 20 dagen/jaar niet geïnundeerd worden, zie H3.

Tabel 2: Onderschrijdingsduur van de doorgerekende afvoeren in het huidige en toekomstige klimaat (scenario WHdry).

Onderschrijdingsduur	Huidig klimaat	WHdry
600 m ³ /s	<1 dag/jaar	2 dagen/jaar
1.020 m ³ /s	20 dagen/jaar	47 dagen/jaar
2.000 m ³ /s	189 dagen/jaar	215 dagen/jaar
4.000 m ³ /s	338 dagen/jaar	334 dagen/jaar

Kosten vergraving per m³

Er is uitgegaan van een vergravingskosten van €15 per m³ op basis van Kind, Barneveld en Gensen (2022).⁶

3 Methode

Dit hoofdstuk beschrijft de methodiek om de vergraving te bepalen die nodig is om een voldoende hoge inundatieduur te bepalen. De methodiek is samengevat als volgt:

1. Verschilkaart maken met de vernattende polygoon (wijziging in een gebied naar een nattere ecotoop; een polygoon is een aaneengesloten gebied met één specifieke vegetatieverandering, bijv. van productiegrasland naar geulen/stragen). Zie paragraaf 3.1.
2. Gemiddelde bodemhoogte per polygoon bepalen. Zie paragraaf 3.2.
3. Berekende rivierwaterstand aan de polygoon koppelen. Zie paragraaf 3.3.
4. Verschil tussen de huidige ligging en de benodigde bodemligging voor een voldoende hoge inundatieduur bepalen (= benodigde vergraving). Zie paragraaf 3.4.
5. Synergie met vergravingen t.b.v. afvoercapaciteit en bodemligging meenemen. Zie paragraaf 3.5.
6. Hiaten, bijv. de Grensmaas, aanvullen. Zie paragraaf 3.6.

De aannames/uitgangspunten zijn:

- De waterstand in de rivieras is representatief voor de waterstanden in de uiterwaarden. Dat wil zeggen dat zomerkades en andere drempels niet worden beschouwd.
- Voor de omvorming van (bijna) permanent water, ondiep en diep rivierbegeleidend, is geen vergraving (lees: verdieping) nodig.
- Gebieden worden maximaal 3m verdiept, dit voorkomt uitschieters en ondervangt (deels) dat de ecotopenkaarten niet zijn geoptimaliseerd zijn op de huidige hoogteligging en dat inundatie ook op andere manieren kan plaatsvinden.⁷
- Er wordt uitgegaan van de toelevering van inundatieduren (Tabel 1). Enkel voor geulen/strangen wordt hiervan afgeweken. Tabel 1 geeft hiervoor een inundatieduur van 365 dagen (permanent water). Echter hoort hier een dermate lage afvoer bij (<600 m³/s) dat er zeer ver afgegraven zou moeten worden. In plaats daarvan is uitgegaan van een onderschrijding van maximaal 20 dagen per jaar (~800 m³/s, onderschrijdingsduur van 3 dagen/jaar in het huidige klimaat). Hetzelfde criterium is gebruikt bij de effectbepaling van het nulalternatief (Asselman et al., 2022).
- Voor de locaties waar geen waterstandsberekeningen voor zijn (oftewel locaties die buiten het modeldomein liggen, bijv. het Kampereiland en de Grensmaas, zijn de gemiddelde kosten

⁶ Kind, J., H. Barneveld en M. Gensen (2022). Eenheidskosten IRM. Aangepast memo nog op te leveren.

⁷ De kosten blijven hoe dan ook in dezelfde orde van grootte, deze zijn niet zeer gevoelig voor deze aanname.

per hectare voor een bepaalde vegetatieverandering gebruikt. Deze worden bepaald aan de hand van de resultaten van de polygonen die vallen binnen het modeldomein.

3.1 Verschilkaart met vernattende ecotoopveranderingen

Een verschilkaart wordt verkregen door een vergelijking te maken tussen de huidige ecotopenkaart en de gewenste ecotopenkaart voor de toekomst. De oppervlaktes van de polygonen met een specifieke ecotoopverandering zijn gegeven in Tabel 3.

Niet alle ecotoopveranderingen hierin zijn realistisch. Dat is enerzijds vanwege het schetsmatige karakter van de ecotopenkaart voor de gewenste situatie en de 'blokkerige' ecotopenkaart voor de huidige situatie. Hierdoor ontstaan er kleine polygonen waar geen ecotoopverandering bedoeld wordt. De totale oppervlakte van dit soort polygonen is klein in vergelijking met de totale oppervlaktes ecotoopverandering. Anderzijds is de gewenste ecotopenkaart niet geoptimaliseerd op het huidige gebruik, grondeigendom en riviercondities. De totale oppervlakte van ecotoopveranderingen is hierdoor groter dan voorzien. Er is met name sprake van een te grote oppervlakte 'natuur voor natuur', oftewel een huidige natuurlijke ecotoop die omgezet wordt in een andere natuurlijke ecotoop.

Toch kan een goed eerste beeld worden verkregen wat de benodigde vergraving is. De benodigde vergraving zal alleen bepaald worden op basis van de gewenste ecotoop en is niet afhankelijk van de huidige ecotoop (uitgangspunt). Bijvoorbeeld: als ergens een geul is voorzien in de gewenste situatie zal deze gegraven moeten worden, onafhankelijk van of dit in de huidige situatie een productiegroenland of riet is. Er zullen wel geografische verschillen zijn wáár vergravingen nodig zijn en de totale hoeveelheid vergraving kan verkleind worden door optimalisatie, bijv. door te zoeken naar lager gelegen gebieden voor natte ecotopen, en het zoeken naar synergie met andere ingrepen.

Van alle ecotoopveranderingen worden alleen de vernattende ecotoopveranderingen meegenomen in de analyse. Dit laat buiten beschouwing dat de huidige situatie mogelijk niet geschikt is voor de huidige ecotoop of de gewenste ecotoop met dezelfde of een kortere inundatieduur t.o.v. de huidige ecotoop. Dit kan voorkomen doordat de huidige ecotopen restanten zijn van vroegere, nattere condities en dat deze zich nog moeten ontwikkelen tot een drogere ecotoop. Voor de omvorming van rivierbegeleidende wateren is aangenomen dat er geen afgraving nodig is, aangezien deze nu al ten minste redelijk nat zijn, en met name optimalisatie (bijv. aantakking op de rivier) of verontdieping nodig is.

De totale oppervlakte van de vernattende ecotoopveranderingen voor de 4 hotspotgebieden en de overige gebieden (o.a. blauw lint en stapstenen) is ongeveer 25.000 hectare. Het bestaat met name uit de omvorming van productiegroenland/bouwland.

Tabel 3: Overzicht van de ecotoopveranderingen in hectares met in de rijen de huidige ecotopen en in de kolommen de gewenste ecotopen. De vernattende veranderingen (hogere inundatieduur) zijn groen gemarkeerd.

Gewenste ecotoop	Geulen/strangen	Riet/moerasruigte	Kale oever	Nat grasland	Zachthoutoibos/struweel	Diep/zeer diep rivierbeg.	Ondiep/matig diep rivierbeg.	Droog grasland	Hardhoutoibos/struweel	Bebouwd/verhard	Productiegrasland/boulevard	Zomerbed
Huidige ecotoop												
Geulen/strangen		1	1	0	2	0	11	0	0	0	0	0
Riet/moerasruigte	88		110	124	112	1	11	126	85	7	12	2
Kale oever	6	13		8	6	0	4	9	8	1	1	4
Nat grasland	35	692	92		261	0	53	329	145	3	0	0
Zachthoutoibos/struweel	24	166	43	79		1	5	96	337	2	4	1
Diep/zeer diep rivierbeg.	1008	185	41	62	24		1815	12	63	6	0	39
Ondiep/matig diep rivierbeg.	2136	60	34	41	25	175		7	25	22	0	6
Droog grasland	72	522	105	447	198	0	9		292	4	2	1
Hardhoutoibos/struweel	7	45	27	33	237	0	5	55		2	2	0
Bebouwd/verhard	19	71	279	25	43	0	6	64	65		1	2
Productiegrasland/boulevard	357	3965	422	3705	2038	1	310	5905	5125	89		2
Zomerbed	5	101	148	4	2	0	814	13	2	30	0	

3.2 Koppeling met bodemhoogte

Voor de polygonen met een vernattende ecotoopverandering is een gemiddelde bodemhoogte bepaald. In principe is uitgegaan van het AHN3. Waar het AHN3 geen dekking biedt (bijv. in geulen, langs oevers en in sloten) is er gebruik gemaakt van een Baseline-database (versie 'hr2023').

3.3 Koppeling aan rivierwaterstand

Elke polygoon wordt gekoppeld aan de rivierwaterstand die dezelfde herhalingstijd heeft als de minimale inundatieduur van de gewenste ecotoop zoals gegeven in Tabel 1. Oftewel, er wordt gezocht naar de waterstand met een herhalingstijd die gelijk is aan de minimale inundatieduur. Op basis hiervan kan worden bepaald of de hoogteligging van een polygoon te hoog is of dat er vergraven dient te worden (zie 3.4).

Hiervoor wordt eerst per ecotoop de minimale inundatieduur gekoppeld aan de afvoer met dezelfde herhalingstijd. Bijvoorbeeld, de ecotoop riet/moerasruigte heeft een minimale inundatieduur van 150 dagen/jaar, oftewel een herhalingstijd van de afvoer van 150 dagen/jaar (equivalent aan een onderschrijding van 215 dagen/jaar), waar in het klimaatscenario WHdry een afvoer van 2.005 m³/s bij Lobith bij hoort.

Polygonen worden gekoppeld aan het dichtstbijzijnde modeluitvoerpunt (rivierkilometers en rivierhectometers) in de rivieras (zoals deze zijn gedefinieerd als uitvoerlocaties in het hydraulische

model). Er is vervolgens een filtering toegepast met het criterium dat een polygoon binnen de modelgrenzen van het hydraulische model moet vallen. Immers, daarbuiten is de koppeling met gemodelleerde waterstanden onbetrouwbaarder (bijv. omdat een polygoon achter een winterdijk ligt of heel ver van de rivieras ligt).

De waterstand horende bij de afvoer (bijv. 2.005 m³/s voor riet/moerasruigte) wordt verkregen met interpolatie of extrapolatie van de waterstanden berekend voor afvoeren van 600, 1.020, 2.000 en 4.000 m³/s. Dit wordt gedaan voor elk alternatief (bodempligging 1980, 2000 en 2018).

Samengevat is de werkwijze als volgt:

Minimale inundatieduur voor een ecotoop in polygoon x (150 dagen/jaar voor riet/moerasruigte) → minimum herhalingstijd van een afvoer (150 dagen/jaar voor riet/moerasruigte) → onderschrijdingstijd van een afvoer (215 dagen/jaar voor riet/moerasruigte) → afvoer met deze onderschrijdingstijd (2.005 m³/s voor riet/moerasruigte) → waterstand horende bij deze afvoer op het modeluitvoerpunt dichtstbij polygoon x (geïnterpoleerde waterstand voor een afvoer van 2.005 m³/s).

3.4 Bepaling benodigde vergraving zonder synergie

De benodigde vergraving per polygoon wordt als volgt berekend:

$$\text{Vergraving} = (\text{Gemiddelde bodempligging} - \text{waterstand}) * \text{oppervlakte}$$

Als: gemiddelde bodempligging > waterstand

Hierin is de vergraving in m³, de gemiddelde bodempligging zoals geschreven in paragraaf 3.2, de waterstand zoals beschreven in 3.3 en de oppervlakte de oppervlakte van de polygoon. Er is alleen sprake van vergraving als de huidige bodempligging te hoog is (dus als de gemiddelde bodempligging hoger is dan de waterstand horende bij de herhalingstijd van inundatie). Er is hierbij geen rekening gehouden met een minimum inundatiediepte.

De totale vergraving om de minimale inundatieduren te bereiken per IRM-alternatief, zonder rekening te houden met synergie, volgt uit een sommatie over alle polygoonen. Deze volumes worden vermenigvuldigd met de eenheidsprijs van €15 per m³.

3.5 Synergie met vergravingen t.b.v. afvoercapaciteit & bodempligging

Er bestaat (mogelijk) synergie tussen de vergraving die nodig is om de minimale inundatieduur te bereiken en de vergravingen die t.b.v. afvoercapaciteit en bodempligging worden uitgevoerd. Om hier rekening mee te houden en daarmee een bandbreedte in kosten te kunnen bepalen, zijn er drie synergie-scenario's samengesteld:

1. "Geen": geen synergie
2. "Geulen": volledige synergie bij geulen/strangen in elk alternatief. D.w.z. dat de kosten voor vergraving om geulen/strangen te realiseren niet worden meegerekend. Geulen zijn effectief om hoogwaterstanden te doen dalen en kunnen daarmee het waterstand verhogende effect van PAGW compenseren.
3. "Vergravingen": Volledige synergie bij geulen/strangen en enige synergie voor andere ecotopen. Er is geen aanvullende synergie bij alternatief 1, tot 0,5 m synergie in alternatief

2 en tot 1 m synergie in alternatief 3. Een vergraving in het kader van PAGW kan hierdoor bij specifieke polygonen niet meer nodig zijn, omdat de synergie voldoende is om de minimum inundatieduur te bereiken. Deze grove aannames zijn nodig omdat er in de alternatieven geen uitspraken worden gedaan over de maatregelen. Op deze manier wordt er rekening mee gehouden dat er verdiepingen van uiterwaarden nodig zullen zijn om de benodigde afvoercapaciteit te realiseren in alternatief 2 en 3. Het betekent hier dat de benodigde vergravingsdiepte (huidige bodemligging wordt lager) met respectievelijk 0,5 en 1 m afneemt in alternatief 2 en 3.

3.6 Hiaten invullen

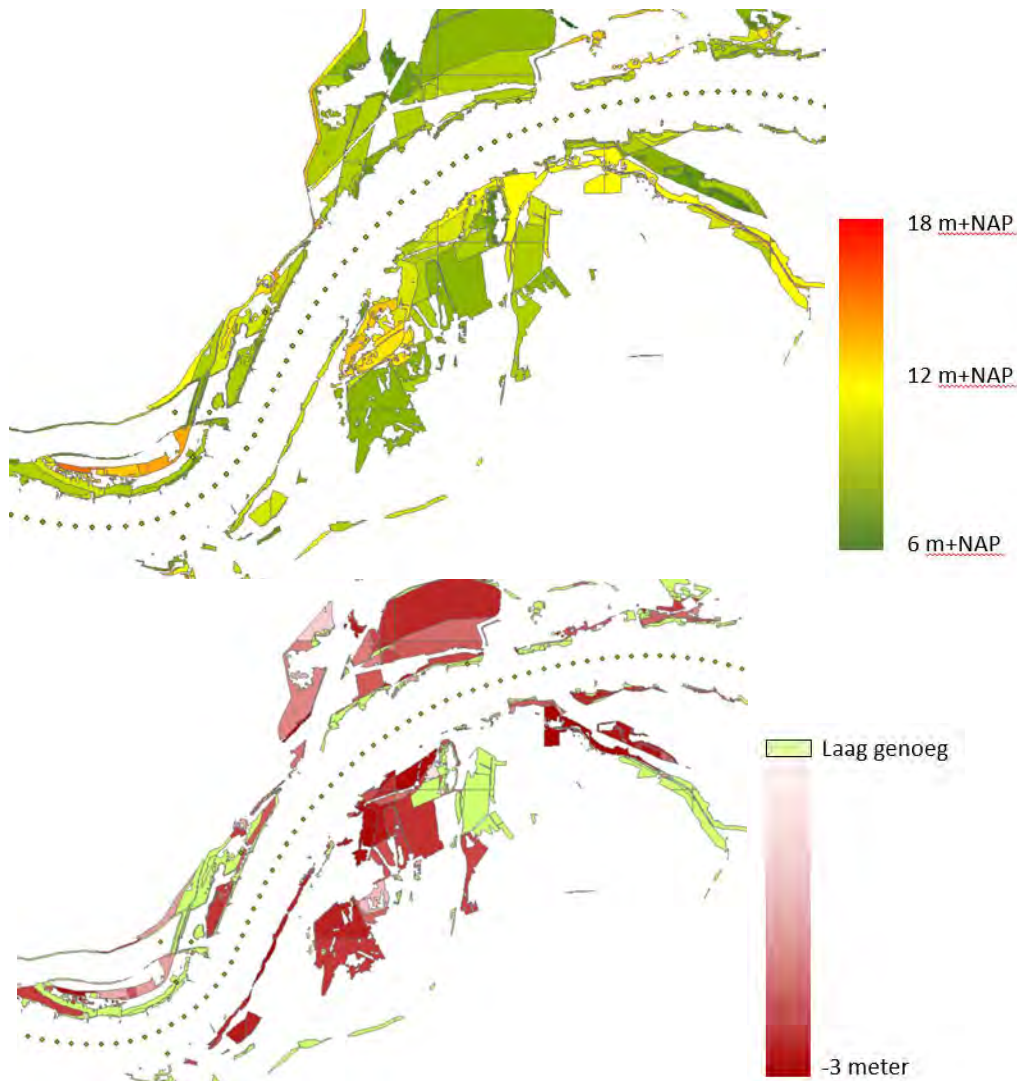
Voor polygonen die buiten de modelgrenzen vallen, worden de vergravingskosten berekend met de gemiddelde kosten per hectare ecotoopverandering berekend voor de polygonen binnen de modelgrenzen. Deze gemiddelde kosten worden berekend uit de resultaten van deze studie.

4 Resultaten

4.1 Voorbeeld van de benodigde vergraving

Figuur 2 laat een voorbeeld zien van benodigde vergraving (in alternatief 2, geen synergie) om de minimum inundatieduur van de gewenste ecotopen te behalen in de Ooijpolder langs de Waal in de hotspot Gelderse Poort. Het laat zien dat met name bij ecotopen die een lange inundatieduur nodig hebben (bijv. geulen/strangen en riet/moerasruigte) veel vergraven moet worden.





Figuur 2: Voorbeeld voor de Ooijpolder (Waal; hotspot Gelderse Poort). Boven: gewenste ecotopen, alwaar verschillend t.o.v. de huidige situatie, in de geoptimaliseerde WENR kaart. Midden: huidige gemiddelde bodemligging in de polygonen. Onder: Benodigde vergraving op een schaal van 0,1 tot 3 m en in groen de locaties die een voldoende hoge inundatieduur kennen. De waterstanden horende bij de bodemligging van 2018 en de afvoeren 600, 1020, 2000 en 4000 m³/s bij Lobith zijn: 4.82, 5.76, 7.45 en 9.79 m+NAP.

4.2 Gemiddelde kosten per gewenste ecotoop

Tabel 4 laat de gemiddelde kosten zien voor de vergraving om de minimale inundatieduur voor een gewenste ecotoop te realiseren (geen synergie).⁸ Deze middeling is gedaan over alle polygonen binnen het modeldomein. De tabel laat, zoals verwacht, zien dat een hogere minimum inundatieduur voor een ecotoop leidt tot hogere kosten per hectare.

⁸ Om de hiaten (alles dat buiten het modeldomein) in te vullen, is een middeling gedaan per specifieke ecotoopverandering en niet alleen per gewenste ecotoop in 2050.

Tabel 4: Gemiddelde kosten per hectare in duizenden euro's voor de vergraving om de minimale inundatieduur voor een bepaalde ecotoop te realiseren in de drie IRM-scenario's zonder synergie.

Gemiddelde kosten per ha. [k€/ha]	Alternatief 1	Alternatief 2	Alternatief 3
Geulen/strangen	359	362	344
Riet/moerasruigte	228	226	220
Kale oever	202	205	186
Zachthoutoibos/struweel	206	211	187
Nat grasland	27	29	21
Droog grasland	29	30	26
Hardhoutoibos/struweel	5	6	5

4.3 Totale kosten per IRM-alternatief, per synergie-scenario en per PAGW-gebied

Tabel 5 laat de totale kosten per synergie-scenario en per IRM-alternatief zien om de benodigde minimum inundatieduren te bereiken, gegeven het WHdry klimaatscenario⁹. Hieruit blijkt dat het effect van synergie, ofwel alleen via geulen of ook via andere vergravingen ("synergie vergravingen") een dominant effect heeft op de kosten. De verandering in bodemligging en daarmee de (laag)waterstanden en herhalingstijden van de (laag)waterstanden heeft een beperkt effect (zie de 3 kolommen bij 'geen synergie').

Tabel 5: Vergravingskosten in de drie alternatieven in miljoenen euro's voor de drie synergie-scenario's en uitgesplitst naar de 4 PAGW-hotspots en de overige PAGW locaties (blauw lint, stapstenen en overig).

Synergie-scenario	Kosten bij geen synergie [Miljoen €]			Kosten bij synergie in geulen [Miljoen €]			Kosten bij synergie in vergravingen [Miljoen €]		
	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
IRM-alternatief									
Gelderse Poort	1060	1075	1000	942	957	886	942	744	481
IJssel-Vechtdelta	368	374	324	340	345	299	340	196	116
Grensmaas	152	155	141	123	126	113	123	91	58
Biesbosch	608	610	580	600	602	572	600	423	261
Overig	229	228	219	198	198	189	198	139	83
Totaal	2417	2442	2264	2203	2228	2059	2203	1593	999

De twee tabellen hieronder geven de uitsplitsing van de kosten voor vergraving per ecotoop, enerzijds de benodigde vergraving voor de gewenste ecotoop (Tabel 6) en anderzijds voor de vergraving van de huidige ecotoop (Tabel 7). Beide tabellen gaan uit van synergie in vergravingen (synergie-scenario 3). Hieruit blijkt dat het merendeel van de kosten komen uit de gewenste ecotoop 'riet/moerasruigte'. Voor deze ecotoop is een hoge inundatieduur nodig en dient daardoor al bij ongeveer een afvoer van 2.000 m³/s bij Lobith geïnundeerd te worden. Hiervoor is doorgaans een grote vergraving nodig. De meeste kosten komen uit de vergraving van bestaande productiegraslanden, vanzelfsprekend omdat de grootste oppervlakten met ecotoopveranderingen bestaande productiegraslanden zijn.

⁹ De kosten voor vergravingen nemen plusminus 10% af als uitgegaan wordt van het deltasenario 'rust' (klimaatscenario G). Dit verschil wordt verklaard door de hogere afvoeren/waterstanden bij de benodigde inundatieduur voor de natte ecotopen geulen/strangen en riet/moerasruigte.

Tabel 6: Totale kosten voor de drie alternatieven, uitgaande van synergie in vergravingen, uitgesplitst naar de gewenste ecotopen.

Totale kosten uitgesplitst naar gewenste ecotoop	Alternatief 1 [Miljoen €]	Alternatief 2 [Miljoen €]	Alternatief 3 [Miljoen €]
Geulen/strangen	0	0	0
Riet/moerasruigte	1240	910	616
Kale oever	143	106	66
Zachthoutoibos/struweel	519	369	180
Nat grasland	106	57	29
Droog grasland	170	128	95
Hardhoutoibos/struweel	27	23	15
Totaal	2203	1593	999

Tabel 7: Totale kosten voor de drie alternatieven, uitgaande van synergie in vergravingen, uitgesplitst naar de huidige ecotopen.

Totale kosten uitgesplitst naar huidige ecotoop	Alternatief 1 [Miljoen €]	Alternatief 2 [Miljoen €]	Alternatief 3 [Miljoen €]
Riet/moerasruigte	0	0	0
Zachthoutoibos/struweel	25	15	8
Nat grasland	80	40	19
Droog grasland	175	118	68
Hardhoutoibos/struweel	64	49	33
Productiegrasland/bouwland	1802	1326	842
Bebouwd/verhard	59	45	30
Totaal	2203	1593	999

4.4 Alleen vergraving bij productiegrasland/bouwland

Als alleen wordt gekeken naar de omzetting van productiegrasland/bouwland in (natte) riviernatuur is er nog steeds een grote opgave tot vergraving. Dat geeft de kosten (bij synergie in vergravingen) zoals gegeven in Tabel 8.

Tabel 8: Kosten voor de vergraving van productiegraslanden/bouwlanden om de minimale inundatieduur voor de gewenste PAGW ecotopen te realiseren.

IRM-alternatief	Kosten in Alternatief 1 [Miljoen €]	Kosten in Alternatief 2 [Miljoen €]	Kosten in Alternatief 3 [Miljoen €]
Gelderse Poort	786	625	404
IJssel-Vechtdelta	299	178	109
Grensmaas	79	60	38
Biesbosch	493	360	227
Overig	145	104	64
Totaal	1802	1326	842

Referenties

Asselman, N., M. Mens, M. Maarse, B. Maas, P. de Grave en E. van der Deijl (2022). Effectbepaling nulalternatief IRM. 11208036-004-ZWS-0002

HKV (2020) Memo: Natuuropgave – effect van de aangepaste ecotoopkartering. PR4257.10.

Kind, J., H. Barneveld en M. Gensen (2022). Eenheidskosten IRM. Aangepast memo nog op te leveren. Aanpassing per mail besproken d.d. 25 november.

Van der Sluis, T., B. Pedroli, I. Woltjer, E. van Elburg, G. Maas, 2020. Uitwerking PAGW Natuuropgave Hotspots Grote Rivieren; Eindrapport. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3031.

Bijlage E: Kostenraming PAGW - Verwervings- en inrichtingskosten

De kostenraming van de PAGW bestaat uit de volgende 3 onderdelen:

- I. De verwervingskosten
- II. De inrichtingskosten
- III. De kosten van vergraven

Deze notitie gaat enkel in op de verwervingskosten en inrichtingskosten (onderdelen I en II) (Bijlage D beschrijft onderdeel III).

Onderdeel I: Verwervingskosten

Tabel E.1 geeft voor de IJssel-Vechtdelta, de Biesbosch, de Gelderse Poort en de Grensmaas het gewenste extra areaal ecotootypen, eenheidsprijzen en kosten. Deze zijn gebaseerd op de volgende uitgangspunten:

1. Arealen op basis van Heusden e.a. (2021), aangevuld door De Leeuw (2022) voor de corridors en stapstenen;
2. Eenheidsprijs van € 6,50 per m² voor grasland (prijspeil 2021) (bron: Roosemalen en Savelkoul (2022));
3. Een toeslag van 10% voor schadeloosstelling in geval van onteigening (bron: RWS ON); en
4. Een toeslag van 17% voor bijkomende kosten (op basis van RWS (2022)).

De uitgangspunten 2. tot en met 4. leidt tot een totale eenheidsprijs van € 8,37 per m².⁴⁴

1. Eigendomssituatie op basis van RWS ON.⁴⁵ Gronden die reeds in bezit zijn van I&W, Staatsbosbeheer en natuurbeheerorganisaties worden verondersteld om om-niet beschikbaar te worden gesteld.

Tabel E-1: Aangenomen Eigendomssituatie PAGW in IRM

	IJssel-Vechtdelta	Biesbosch	Gelderse Poort	Grensmaas	Corridors/stapstenen
Reeds in bezit	30%	65%	35%	25%	40%
Aankoop	30%	30%	55%	45%	45%
Natuur-inclusieve landbouw	40%	5%	10%	30%	15%
Totaal	100%	100%	100%	100%	100%

Bron: op basis van gegevens van RWS ON

⁴⁴ Omdat het voor een deel buitendijks landbouwgebied betreft, zijn de verkrijgingskosten mogelijk lager. Hierover is geen informatie en is derhalve ook niet voor gecorrigeerd.

⁴⁵ Uitgezonderd de eigendomssituatie voor corridors en stapstenen. Door een te groot verschil in het areaal vermeld door Heusden e.a. en het areaal vermeld door RWS ON is de eigendomssituatie gelijk verondersteld aan de (ongewogen) gemiddelde eigendomssituatie van de hotspots.

2. Droog grasland: hiervoor is uitgegaan van omzetting naar natuur-inclusieve landbouw. De afwaardering bedraagt 70% (Roosemalen en Savelkoul (2022))
3. Bij de overige ecotooptypen is uitgegaan van de aankoop van grond voor zover deze niet reeds in bezit is (zie punt 5).

Tabel E-2: Kostenberekening PAGW in IRM – verwerving

Verwerving	Areal (ha)						Prijs/ Afslag Euro/m2	Kosten (mln Euro)						
	IJssel- Vechtdelta	Biesbosch	Gelderse Poort	Grensmaas	Corridors/ stapstenen	Totaal		IJssel- Vechtdelta	Biesbosch	Gelderse Poort	Grensmaas	Corridors/ stapstenen	Totaal	
Droog grasland	3400	200	900	900	1100	6500	8,37	70%	199	12	53	53	64	381
Totaal afwaardering	3400	200	900	900	1100	6500			199	12	53	53	64	381
Aankoop (% van reeds in bezit of aankoop)														
Overige ecotoptypen (reeds in bezit of aankoop)									53%	32%	61%	67%	55%	
Nat grasland	2000	100	1000	0	1300	4400	8,37	100%	88	3	51	0	60	202
Riet/moerasruigte	1100	1800	1300	0	1500	5700	8,37	100%	48	48	67	0	69	232
Zachthoutoibos/struweel	0	1000	1400	0	500	2900	8,37	100%	0	27	72	0	23	122
Hardhoutoibos/struweel	700	1600	1300	1500	1000	6100	8,37	100%	31	43	67	79	46	265
Kale oever	100	200	600	400	0	1300	8,37	100%	4	5	31	21	0	62
Geulen/strangen	500	2300	700	200	0	3700	8,37	100%	22	62	36	11	0	130
Ondiep/matig ondiep rivierbegeleidend water	500	0	200	0	2200	2900	8,37	100%	22	0	10	0	101	133
Totaal reeds in bezit of aankoop	4900	7000	6500	2100	6500	27000			215	188	333	110	299	1146
Totaal	8300	7200	7400	3000	7600	33500			415	200	386	163	363	1527
Gemiddeld (dtd euro/ha PAGW)									50	28	52	54	48	46

Onderdeel II. Inrichtingskosten

De inrichtingskosten zijn afkomstig uit het IKN (Michels e.a., 2018), waarbij de PAGW ecotooptypen zijn geraamd op basis van kosten van bijbehorende natuurtypen. De kosten uit IKN zijn geactualiseerd naar prijspeil 2021 op basis van de GWW index. Zie Tabel E-3.

Tabel E-3: Kostenberekening PAGW in IRM – inrichting

Inrichting	Areal (ha)						Euro/ha pp 2018	Euro/ha pp 2021	Natuurtype	Kosten (mln Euro)					
	IJssel- Vechtdelta	Biesbosch	Gelderse Poort	Grensmaas	Corridors/ stapstenen	Totaal				IJssel- Vechtdelta	Biesbosch	Gelderse Poort	Grensmaas	Corridors/ stapstenen	Totaal
Droog grasland	3400	200	900	900	1100	6500	1402	1501	Wintergastenweide	5.1	0.3	1.4	1.4	1.7	9.8
Nat grasland	2000	100	1000	0	1300	4400	2138	2289	Vochtig weidevogelg	4.6	0.2	2.3	0.0	3.0	10.1
Riet/moerasruigte	1100	1800	1300	0	1500	5700	2259	2418	Ruigteveld	2.7	4.4	3.1	0.0	3.6	13.8
Zachthoutoibos/struweel	0	1000	1400	0	500	2900	5318	5693	Rivier- en beekgeb	0.0	5.7	8.0	0.0	2.8	16.5
Hardhoutoibos/struweel	700	1600	1300	1500	1000	6100	5318	5693	Rivier- en beekgeb	4.0	9.1	7.4	8.5	5.7	34.7
Kale oever	100	200	600	400	0	1300	0	0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Geulen/strangen	500	2300	700	200	0	3700	0	0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ondiep/matig ondiep rivierbegeleidend water	500	0	200	0	2200	2900	0	0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totaal	8300	7200	7400	3000	7600	33500				16.3	19.7	22.2	9.9	16.8	84.8

De totale kosten voor de onderdelen verwerving en inrichting van de PAGW binnen IRM bedragen daarmee € 1,6 miljard. Hier dienden nog de kosten voor het vergaven (onderdeel III) en de kosten voor het compenseren van de waterstandseffecten (zie IRM rapportage) aan toegevoegd te worden.

Voor de (extra) kosten van beheer en onderhoud wordt uitgegaan van een jaarlijks percentage van 0,5% van de investeringskosten. Dit percentage is in lijn met de beheer- en onderhoudskosten van de rivierverruimende maatregelen in IRM (Kind, Barneveld en Gensen, 2022; Bijlage B) en ook met de kosten voor beheer en onderhoud zoals gerapporteerd in (Bureau Stroming, 2011) en (Michels e.a., 2018).

Literatuur

Bureau Stroming (2011). Doelmatig beheer van veilige riviernatuur

Heusden, W. van, H. Sluiter, M. Tijnagel, W. Vercruysse, A. Zuidhof (2021). Ecologische Systeemopgave PAGW-Rivieren – Naar klimaatbestendige robuuste riviernatuur in 2050. Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer.

Kind, Jarl, Hermjan Barneveld en Matthijs Gensen (2022). Eenheidskosten IRM. 19 augustus 2022

Michels R., V. Diogo, W.H.G.J. Hennen & L.F. Puister (2018). Instrumentarium Kosten Natuurbeleid 2018 – Status A. IKN versie 3.0

Roosemalen, William en Henk Savelkoul (2022). Nationale Grondbank & afwaarderen. In opdracht van Ministerie LNV

RWS (2022). Kostennota: PAGW 2022 (en onderbouwing in Excel bestand)

Bijlage F: Notitie IRM Binnenvaart

De binnenvaartsector heeft de afgelopen jaren aan den lijve ondervonden welke invloed een droog jaar heeft. Zo werd, onder meer in 2018 en 2022, de scheepvaart belemmerd, doordat de minimale waterdiepte werd onderschreden. Hierdoor werd het voor schepen steeds lastiger om lading te voeren. Binnen IRM wordt onderzocht welke invloed een toekomstige verandering van de bodem heeft op de maatschappij. Deze notitie geeft een beknopte beschouwing van de effecten voor de binnenvaartsector en overwegingen die hieruit volgen. In een technische bijlage worden de specifieke uitgangspunten die zijn gemaakt in het kader van deze studie nader toegelicht.

Achtergrond

Voor de binnenvaartsector is de waterdiepte van groot belang. Op basis van de verwachte waterdiepte wordt het schip afgeladen. Hoe minder waterdiepte verwacht wordt, des te minder lading wordt meegenomen. Wanneer de schipper onzeker is over de waterdiepte zal hij een veiligheidsmarge in bouwen, om zo te voorkomen dat het schip tijdens de reis vastloopt aan de bodem. Momenteel hanteren schippers een veiligheidsmarge van enkele tientallen centimeters. Zo lopen zij zo min mogelijk risico om tijdens de reis vast te lopen aan de bodem.

De beschikbare waterdiepte wordt mede beïnvloedt door de klimaat omstandigheden. Ieder jaar is er kans op een aantal droge dagen waarop de minimale vaardiepte (2,8 meter) niet gerealiseerd wordt. De verwachting is dat in de toekomst de kans op een droog jaar en/of het aantal laagwaterdagen toeneemt. Met andere woorden, de waterbetrouwbaarheid zal de komende jaren afnemen en dit zorgt voor onzekerheid in de sector.

Eén van de beoogde effecten van IRM is de verandering van de waterbetrouwbaarheid. Zo kan er een positief effect op de waterstanden optreden, waardoor de onzekerheid (hogere of lagere waterstand) bij schippers wordt verminderd of weggenomen. Wanneer IRM er in slaagt om de betrouwbaarheid van de vaardiepte te vergroten zal dit de onzekerheid (hogere of lagere waterstand) bij schippers wegnemen.⁴⁶ Hierdoor wordt het voor schippers zekerder wat de mogelijke waterstand is tijdens hun reis. Op basis hiervan wordt het voor de schipper eenvoudiger om te bepalen hoeveel lading op de reis meegenomen kan worden. Wanneer de waterstanden constanter worden en het van tevoren mogelijk wordt om te voorspellen hoeveel marge benodigd is, wordt het voor schippers mogelijk de marge eventueel met een aantal centimeters te verkleinen. De vrijgekomen ruimte kan gebruikt worden om extra lading te vervoeren. Deze extra lading vertaalt zich in een (mogelijke) transportkostenbesparing en een verandering van de milieuprestatie.

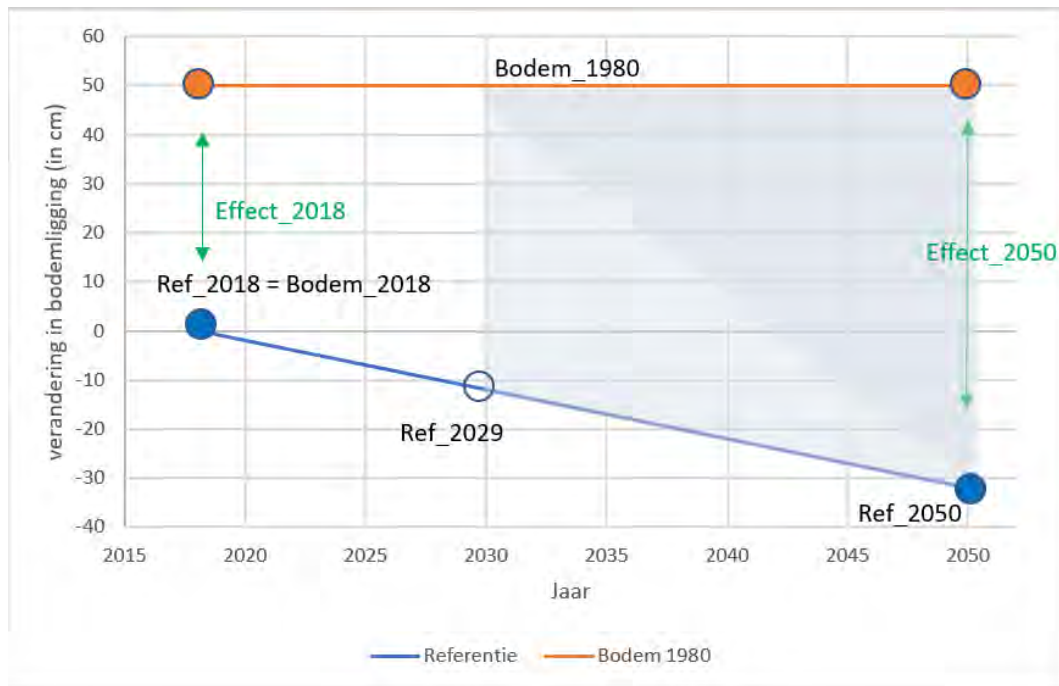
In dit onderzoek worden een drietal alternatieven afgezet tegen de referentiesituatie:

- Waterdiepte met een 1980 bodem;
- Waterdiepte met een 2000 bodem;
- Waterdiepte met een 2018 bodem;

⁴⁶ Ecorys (2014), 'Beter benutting vaarwegen – implementatieplan' als onderdeel van IDVV onderzoeksperceel 2

Deze drie alternatieven worden afgezet tegen een situatie waarbij de bodem zich autonoom (zonder ingrepen) ontwikkelt van 2018 naar 2050 met daarbij horende waterdieptes. Een grafische weergave van de vergelijking tussen de referentiesituatie en een projectalternatief wordt in Figuur F1 gepresenteerd. In het kader van deze studie is ervoor gekozen om de donkergrijze oppervlakte te berekenen en de effecten geleidelijk te laten ingroeien met de te nemen maatregelen (en dus ook kosten).

Figuur F1 Conceptuele vergelijking referentiesituatie en alternatief



Bron: Ecorys (2022)

Methodiek

In onderstaande sectie worden de verschillende stappen om de impact voor de binnenvaart te analyseren bondig beschreven. Voor de gedetailleerde uitgangspunten van deze studie verwijzen we naar de technische bijlage waarin middels figuren, grafieken en tabellen de gebruikte informatie wordt toegelicht.

Stap 1: Prognose vervoersaantallen en type schepen richting 2050

Het startpunt (*stap 1*) van de analyse zijn de huidige en toekomstige vervoersaantallen. Op basis van BIVAS is het mogelijk om een beeld te schetsen van het aantal reizen per traject per scheepstype. De historische data voor 2018, 2019 en 2021 is daarbij gebruikt.⁴⁷ Voor de prognose van het aantal reizen richting 2050 is gebruik gemaakt van het scenario STOOM.⁴⁸ Deze groeiprognoze is gelijk aan een jaarlijkse groei van 2,5% tot 2050. In de gevoeligheidsanalyse zijn de effecten van een lager economisch scenario getoetst.

⁴⁷ In deze analyse is het gemiddeld aantal reizen in 2018, 2019 en 2021 opgenomen als startpunt van het geprognostiseerde vervoersvolume in 2022. Voor het jaar 2020 is geen data beschikbaar en BIVAS.

⁴⁸ <https://www.wlo2015.nl/rapporten-wlo/mobiliteit>

Stap 2: Aantal schepen die problemen ondervinden

In **stap 2** wordt de omvang van het probleem geanalyseerd. Zo zullen met name de binnenvaartschepen die diep steken, met een maximale diepte van 4 meter, profiteren van IRM. In de praktijk profiteren met name de grootste motorvrachtschepen, de grootste koppelverbanden en de grootste tankers. In deze analyse wordt de maximale diepgang (geladen) per scheepstype afgezet tegen de beschikbare waterdiepte. Zodra het schip niet volledig kan worden afladen, is verondersteld dat deze schepen een belemmering ondervinden.

Stap 3: Projecteffect van IRM

In **stap 3** wordt de verwachte toename van de waterbetrouwbaarheid (gemeten in aantal centimeter per traject) gemodelleerd bij een veranderende bodemligging. Voor elk van de alternatieven zijn de waterdieptes bij een bepaalde afvoer bepaald. De afvoer varieert tussen 600, 1020, 2000 en 4000 m³/s bij Lobith. Door deze waterdieptes te matchen met de kansverdeling van de verschillende afvoeren ter hoogte van Lobith wordt de waterdiepte bij een bepaalde terugkeertijd vastgesteld. Deze kansverdeling voor de verschillende afvoeren is afhankelijk van het gekozen klimaatscenario. In de analyse is het klimaatscenario WHdry_2050 verwerkt.

Daarnaast is het belangrijk om te weten hoeveel laagwater dagen zich zullen voor doen in een jaar (zowel nu als in 2050). Met andere woorden, op hoeveel dagen in het jaar kan de binnenvaartschipper wel/niet alle lading meenemen? Het gemiddeld aantal droge dagen is ingeschat op basis van de analyse in het nulalternatief en bestaand bronmateriaal van Arcadis.

Stap 4: Extra vervoerd volume per scheepstype

Op basis van stappen 1 tot en met 3 wordt in **stap 4** de potentieel te realiseren aflaaddiepte berekend. Deze aflaaddiepte vertaalt zich in de praktijk in extra vervoerd volume. Middels een rekenregel (zie hieronder) wordt het extra vervoerd volume bij 1 centimeter extra aflaaddiepte per scheepstype vastgesteld.⁴⁹

Tonnen per centimeter aflaaddiepte = Lengte (m) x Breedte (m) x 0.01 x Cw

De extra tonnage die schepen als gevolg van het project realiseren, zal in de praktijk resulteren in een afname van het aantal scheepsbewegingen en daarmee het totaal aantal afgelegde voertuigkilometers.

Stap 5: Maatschappelijke effecten per terugkeertijd en per scheepstype

Ten slotte, voor het bepalen van het transportkosteneffect voor de binnenvaart wordt in **stap 5** de kilometerkosten per scheepstype toegevoegd aan de analyse. Deze worden gebaseerd op de 'binnenvaart tool 2017⁵⁰' en zijn opgehoogd naar prijspeil 2021. Wat betreft de tijdshorizon wordt zoals de leidraad voorschrijft voor een 'oneindige' periode verondersteld. Dit is geoperationaliseerd in deze studie door een periode van 100 jaar te veronderstellen na

⁴⁹ <https://bivas.chartasoftware.com/Home/BIVASApplicatie/Documentatie/TonsPerCentimeterImmersion>
Cw staat voor waterlijn coëfficiënt

⁵⁰ <https://www.rwseconomie.nl/kengetallen/documenten/publicaties/2016/februari/kostenbarometer-en-binnenvaarttool/binnenvaarttool>

ingebruikname. Voor het moment van ingebruikname is het jaar gebruikt waarop het project volledig voltooid is, namelijk voorzien in 2050.

De afname in het aantal scheepsbewegingen leidt ook tot een verandering van de milieuprestatie (minder uitstoot). Om de verandering in de milieuprestatie te bepalen wordt gebruik gemaakt van de kentallen uit STREAM.⁵¹

Ten slotte, is na het berekenen van de maatschappelijke effecten ook rekening gehouden met effecten die weglekken naar het buitenland. Concreet betekent dit het inschatten van het deel van het vervoer dat terechtkomt bij een buitenlandse vervoerders/verladers. In de technische beschrijving worden de exacte uitgangspunten beschreven.

Stap 6: Bepalen van de jaarlijkse verwachtingswaarde

De jaarlijkse maatschappelijke effecten (zie [stap 5](#)) zijn uitgerekend voor de verschillende terugkeertijden (T = 2, 10, 50 en 100). Deze komen niet jaarlijkse voor, maar bijvoorbeeld slechts eens in de 2, 10, 50 of 100 jaar. Om deze reden wordt de jaarlijkse verwachtingswaarde berekend. Voor de detailberekening verwijzen we naar de technische bijlage.

Resultaten

In deze sectie worden de maatschappelijke effecten voor de BV Nederland gepresenteerd. In deze resultaten is – in lijn met de MKBA leidraad - dus gecorrigeerd voor het neerslaan van effecten in het buitenland. Deze maatschappelijke effecten voor de binnenvaartsector gelden met name voor de grootste binnenvaartschepen, meer specifiek de schepen die maximaal 4 meter diep kunnen steken. Wanneer de waterbetrouwbaarheid toeneemt, wordt het voor deze schepen mogelijk om dieper af te laden. De efficiency van de grootste schepen neemt als gevolg van het project toe. Een overzicht van de maatschappelijke effecten per alternatief wordt in onderstaande tabel weergegeven.

Het ontwikkelpad naar een [bodem uit het jaar 1980](#) resulteert in een totaal transportkostenverlies van €92,7 miljoen contante waarde.⁵² Bijna 40% van deze effecten zijn toe te rekenen aan Nederland (gelijk aan een transportkostenverlies van €34,9 miljoen). Deze richting van effecten is grotendeels toe te schrijven aan de verminderde waterdiepte op de Waal ten opzichte van de referentiesituatie. In de beschrijving van opgeleverde gegevens en uitgevoerde berekeningen wordt dit als volgt beschreven:⁵³

“Op de Waal neemt de afvoer af over het gehele doorgerekende afvoerbereik. In de doorrekening van bodem 1980 wordt meer water afgevoerd door de IJssel en de Nederrijn (Lek). Door de hogere bodem, neemt de waterstand bij Nijmegen toe. Ondanks de hogere bodem neemt de waterdiepte af, wat veroorzaakt wordt door de lagere afvoer. Bij Tiel op de Waal zijn zowel de waterdiepte als de waterstanden respectievelijk kleiner en lager door de afname van de afvoer over de Waal. Via het Pannerdensch kanaal neemt de afvoer toe en ook de waterstand is hoger voor het hele afvoerbereik. Ondanks de toename van de waterstand, neemt de waterdiepte af. De verhoging van de bodem is dusdanig, dat

⁵¹ https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_190325_STREAM_Goedervervoer_2020_DEF_Versie2.pdf

⁵² De netto contante waarde van de maatschappelijke effecten is berekend over een looptijd van 100 jaar tot 2150

⁵³ HKV (2022), Beschrijving opgeleverde gegevens dd. 13-12-2022

waterdiepte niet toeneemt. Hierbij moet worden gerealiseerd dat bij dezelfde waterdiepte het kanaal wel bredere is, immers de oever, het talud, is niet in hoogte verschoven. Alleen de hoogte van het zomerbed is verhoogd.”

Concreet kunnen schepen volgens de geprognostiseerde waterdieptes bij een afvoer van 600 m³/s circa 40 centimeter minder diep steken. Deze ontwikkeling resulteert, naast dit efficiencyverlies, ook in een verminderde milieuprestatie. Zowel de uitstoot van broeikasgas-emissies (CO₂), fijnstof (PM), stikstof (NO_x) en zwaveldioxide (SO₂) neemt toe. Dit leidt tot een negatieve milieuprestatie van €162,3 miljoen contante waarde.

Totaal is het welvaartsverlies € 255,0 miljoen contante waarde.

Het modelleren van de **waterdiepte met 2.000 bodem** leidt op alle trajecten tot een toename van de waterdiepte ten opzichte van de referentiesituatie. Ter illustratie, op de Waal neemt de waterdiepte bij een lage afvoer (600 m³/s) toe met 14 centimeter. Dit leidt vervolgens tot een transportkosten-besparing voor (de grootste) binnenvaartschepen die dieper kunnen afladen. Over de looptijd levert dit een relatief beperkte baat op van € 39,0 miljoen contante waarde. Daarvan slaat grofweg € 22,0 miljoen neer in Nederland en € 17,0 miljoen in het buitenland. Naast het directe effect van een transportkostenbesparing verbetert ook de milieuprestatie van de binnenvaart met € 64,8 miljoen contante waarde.

Totaal is de welvaartstoename € 103,8 miljoen contante waarde.

Ten slotte, worden de maatschappelijke effecten van **waterdiepte met 2018 bodem** berekend. Op de Waal neemt de waterdiepte bij een lage afvoer (600 m³/s) toe met 24 centimeter. Op een aantal andere trajecten neemt de waterdiepte minder sterk toe. Deze ontwikkeling resulteert in een transportkostenbesparing voor de binnenvaartsector. Gedurende de looptijd levert dit een relatief beperkte baat op van €63,9 miljoen contante waarde. Van dit totale effect slaat € 31,0 miljoen neer in Nederland en grofweg € 33,0 miljoen in het buitenland. Naast het directe effect van een transportkostenbesparing verbetert ook de milieuprestatie van de binnenvaart met € 111,2 miljoen.

Totaal is de welvaartstoename € 175,1 miljoen contante waarde.

Tabel F1 Maatschappelijke effecten binnenvaart (NPV in mln. euro)

	Waterdiepte met 1980 bodem	Waterdiepte met 2000 bodem	Waterdiepte met 2018 bodem
Directe effecten:			
Transportkostenbesparing - Totaal	€ -92,7	€ 39,0	€ 63,9
- Bovenrijn - Waal	€ -106,4	€ 23,5	€ 53,3
- Nederrijn	€ 5,4	€ 8,0	€ 5,5
- IJssel - Pannerdensch Kanaal	€ 8,2	€ 7,5	€ 5,2
Transportkostenbesparing – Nederland	€ -34,9	€ 22,0	€ 31,0
- Bovenrijn - Waal	€ -45,4	€ 10,0	€ 22,7
- Nederrijn	€ 4,2	€ 6,2	€ 4,3
- IJssel - Pannerdensch Kanaal	€ 6,3	€ 5,8	€ 4,0
Transportkostenbesparing – Buitenland	€ -57,9	€ 17,0	€ 33,0
- Bovenrijn - Waal	€ -61,0	€ 13,5	€ 30,5
- Nederrijn	€ 1,2	€ 1,7	€ 1,2
- IJssel - Pannerdensch Kanaal	€ 1,9	€ 1,8	€ 1,2
Externe effecten:	€ -162,3	€ 64,8	€ 111,2
Broeikasgasemissies (CO ₂)	€ -22,5	€ 11,9	€ 20,6
- Bovenrijn - Waal	€ -26,2	€ 7,8	€ 17,7
- Nederrijn	€ 1,4	€ 2,1	€ 1,4
- IJssel - Pannerdensch Kanaal	€ 2,2	€ 2,0	€ 1,4
Luchtvervuiling (NOx emissies)	€ -133,2	€ 50,3	€ 86,3
- Bovenrijn - Waal	€ -148,7	€ 32,8	€ 74,2
- Nederrijn	€ 6,2	€ 9,0	€ 6,2
- IJssel - Pannerdensch Kanaal	€ 9,3	€ 8,5	€ 5,9
Fijnstof (PM emissies)	€ -6,5	€ 2,6	€ 4,3
- Bovenrijn - Waal	€ -7,3	€ 1,6	€ 3,6
- Nederrijn	€ 0,3	€ 0,5	€ 0,3
- IJssel - Pannerdensch Kanaal	€ 0,5	€ 0,5	€ 0,3
Zwaveloxide (SO ₂)	€ -0,0	€ 0,0	€ 0,0
- Bovenrijn - Waal	€ -0,0	€ 0,0	€ 0,0
- Nederrijn	€ 0,0	€ 0,0	€ 0,0
- IJssel - Pannerdensch Kanaal	€ 0,0	€ 0,0	€ 0,0
Maatschappelijke effecten	€ -255,0	€ 103,8	€ 175,1

Uitgangspunten (STOOM): klimaatscenario = WHdry_2050; economisch scenario = WLO-Hoog

In 2050 zijn de besparingen per alternatief als volgt:

Tabel F2 Maatschappelijke effecten binnenvaart in 2050 (in mln. euro)

	Waterdiepte met 1980 bodem	Waterdiepte met 2000 bodem	Waterdiepte met 2018 bodem
Transportkostenbesparing – Totaal, waarvan:	-€ 3,0	€ 1,5	€ 2,3
Transportkostenbesparing – Nederland	-€ 1,1	€ 0,8	€ 1,1
Transportkostenbesparing – Buitenland	-€ 1,9	€ 0,6	€ 1,2
Externe effecten	-€ 5,3	€ 2,4	€ 4,0
Totale maatschappelijke effecten	-€ 8,3	€ 3,9	€ 6,3

Gevoeligheidsanalyses

Middels één (of verschillende) gevoeligheidsanalyses wordt de robuustheid van de resultaten getoetst op de belangrijkste uitgangspunten. In het kader van deze studie zijn de volgende gevoeligheidsanalyses uitgevoerd: (1) het effect van een hogere of lagere discontovoet en (2) het effect van een ander klimaat/economisch scenario (RUST). De uitkomsten van deze analyses worden hieronder kort gepresenteerd.

Gevoeligheidsanalyse 1: discontovoet

In de eerste gevoeligheidsanalyse wordt het effect van een andere discontovoet toegepast. Zo kan middels een praktische manier rekening gehouden worden met de mogelijke invloed van welvaartsverschillen op de uitkomsten van een MKBA. De toepassing hiervoor is in lijn met de werkgroep discontovoet.⁵⁴ Daaruit wordt ook de hoogte van de discontovoet in een gevoeligheidsanalyse voorgeschreven:

- In scenario Laag: discontovoet van **1,85 procent**
- In scenario Hoog: discontovoet van **2,65 procent**

In de onderstaande tabel worden de resultaten van deze analyse gepresenteerd.

Tabel F3 Maatschappelijke effecten binnenvaart (PV in mln. euro)

	Waterdiepte met 1980 bodem [m]		Waterdiepte met 2000 bodem [m]		Waterdiepte met 2018 bodem [m]	
	Laag	Hoog	Laag	Hoog	Laag	Hoog
Transportkostenbesparing	-€ 112,5	-€ 77,5	€ 48,2	€ 32,0	€ 78,6	€ 52,7
Externe effecten	-€ 196,9	-€ 135,5	€ 80,2	€ 53,1	€ 136,7	€ 91,6
Totale maatschappelijke effecten	-€ 309,4	-€ 213,0	€ 128,4	€ 85,0	€ 215,4	€ 144,2

Uitgangspunten: klimaatscenario = WHdry_2050; economisch scenario = WLO-Hoog (2,5% met zichtjaar 2050):

Gevoeligheidsanalyse 2: maatschappelijk/economische scenario RUST

Bij het bepalen van de effecten is uitgegaan van het Deltascenario STOOM. In dat scenario wordt een relatief snelle klimaatverandering (WHdry_2050) en hoge economische groei (WLO-Hoog) gecombineerd. Echter het is onzeker of dit scenario zich ook daadwerkelijk voor zal doen. In deze gevoeligheidsanalyse is daarom gekeken wat de effecten zijn indien een

⁵⁴ Rijksoverheid (2020), Rapport Werkgroep discontovoet 2020 ([link](#))

ander deltasceenario zich verwezenlijkt. Er is gekozen voor het scenario RUST. Dit scenario gaat uit van een geringe klimaatverandering (GL_2050) en een lage economische groei (ruwweg 1,0% jaarlijkse groei).

In de onderstaande tabel worden de resultaten van deze analyse gepresenteerd.

Tabel F4 Maatschappelijke effecten binnenvaart (NPV in mln. euro)

	Waterdiepte met 1980 bodem [m]	Waterdiepte met 2000 bodem [m]	Waterdiepte met 2018 bodem [m]
Transportkostenbesparing	-€ 67,3	€ 8,6	€ 25,5
Externe effecten	-€ 116,5	€ 14,5	€ 45,7
Totale maatschappelijke effecten	-€ 183,9	€ 23,1	€ 71,2

Uitgangspunten: klimaatscenario = GL_2050; economisch scenario = WLO-Laag (1,0% met zichtjaar 2050)

Conclusie en reflectie

Zoals bovenstaande analyse laat zien, is de impact van IRM voor de binnenvaartsector beperkt. Enerzijds is dit het gevolg van het feit dat slechts een deel van de vloot (grote) hinder ondervindt van een veranderde bodemligging. De kleinere schepen steken minder diep, waardoor zij ook bij een lagere waterdiepte kunnen blijven varen. Anderzijds lijkt het ingrijpen van IRM, zeker voor het alternatief waarbij de bodem wordt terug gebracht naar het niveau van 1980, een averechts effect te hebben. In plaats van de beschikbare waterdiepte op de hoofdtransportas van de Waal te vergroten, wordt deze juist verminderd, wat leidt tot een negatief effect.

In de berekening van de effecten is geen rekening gehouden met mogelijke, maar nog deels onzekere, ontwikkelingen in de binnenvaartsector. Belangrijke ontwikkelingen die een impact kunnen hebben op de uitkomsten zijn de volgende:

- **Inzet andere scheepstypen:** op dit moment voldoen de binnenvaartschepen aan standaard afmetingen (zie ook Stap 1 in de Technisch Bijlage). De recente droogtejaren (o.a. 2018 en 2022) noodzaken de sector om zelf maatregelen te nemen. Een aantal scheepseigenaren onderzoekt of voor toekomstige binnenvaartschepen kan worden afgeweken van de standaard afmetingen. Door het aanpassen van de breedte en diepte (minder diep, maar breder dan nu) kan de diepgang verminderd worden, terwijl eenzelfde hoeveelheid lading meegenomen kan worden. Als gevolg van deze ontwikkeling hebben schepen minder last van lagere waterstanden. Echter, het effect van de maatregelen binnen IRM wordt dan wel verminderd.
- **De energietransitie (i):** Als gevolg van de voorziene energietransitie zal de vraag naar kolen en erts afnemen. Deze goederen worden voornamelijk via de binnenvaart vervoerd naar het achterland. Om de goederen te vervoeren worden de grootste schepen (met een diepgang van 4 meter ingezet). Wanneer de vraag naar kolen en erts afneemt, zal ook de vraag naar de grootste binnenvaartschepen afnemen. Of deze schepen voor het vervoer van andere goederen ingezet zullen worden is nog onzeker.

- **De energietransitie (ii):** een ander effect van de energietransitie is dat het milieuprestatieprofiel van binnenvaartschepen zal veranderen. Zo wordt gestreefd naar zero-emissie in 2050. Wanneer dit inderdaad verwezenlijkt wordt, zal een groot deel van de berekende emissiebatens vervallen. Immers, schepen vervuilen niet of nauwelijks dus de gevolgen van minder vervoerskilometers op het milieu zal zich niet meer manifesteren.
- **Modal shift:** binnenvaart wordt gezien als een schonere manier van goederenvervoer dan bijvoorbeeld het wegtransport. In zowel Nederlands als Europees beleid is voorzien dat in de toekomst meer goederen via het water vervoerd worden dan via de weg. Dit kan ertoe leiden dat de vraag naar binnenvaart toe neemt. Om te bepalen wat de impact van een mogelijke modal shift is, is het belangrijk om te weten welke soorten goederen zich nu op de weg bevinden. Een groot deel van het wegvervoer bestaat uit gecontaineriseerd vervoer. Containers kunnen ook met de binnenvaart vervoerd worden. Echter, schepen die containers vervoeren steken niet 4 meter diep en ondervinden dus geen tot weinig profijt van de maatregelen voorgesteld binnen IRM.

Technische Annex

Stap 1: Prognose vervoersaantallen en type schepen

Het startpunt (*stap 1*) van de analyse zijn de huidige en toekomstige vervoersaantallen. Op basis van BIVAS is het mogelijk om een beeld te schetsen van het aantal reizen per traject per scheepstype. In onderstaande tabel worden zowel de historische data voor 2018, 2019, 2021 en de prognose van het aantal reizen richting 2050 weergegeven. Deze prognose is gebaseerd op de groeicijfers gepresenteerd in de tweede tabel.

Tabel F5 Aantal reizen per traject en scenario (toegepast RUST en STOOM)

Traject / Scenario	2018	2019	2021	2030	2040	2050
Boven-rijn						
RUST	77.475	67.126	66.688	77.028	85.086	93.988
STOOM	77.475	67.126	66.688	87.959	112.595	144.131
Waal						
RUST	85.578	74.641	75.254	68.929	76.141	84.107
STOOM	85.578	74.641	75.254	98.024	125.480	160.624
Pannerdensch Kanaal						
RUST	8.748	8.153	8.175	9.142	10.098	11.155
STOOM	8.748	8.153	8.175	10.439	13.363	17.106
Nederrijn						
RUST	9.390	8.476	8.275	3.740	4.131	4.563
STOOM	9.390	8.476	8.275	10.882	13.930	17.832
IJssel						
RUST	11.648	10.683	10.854	4.496	4.967	5.486
STOOM	11.648	10.683	10.854	13.815	17.684	22.637

Bron: BIVAS & analyse Ecorys

Tabel F6 Groeicijfers per scenario

Scenario / Periode	2020 - 2030	2030 - 2040	2040 - 2050
Economisch scenario (RUST)**	1,0%	1,0%	1,0%
Economisch scenario (STOOM)**	2,5%	2,5%	2,5%

Bronnen: * afgeleid uit BasGoed (2022) en de verwachte groeivoet per tijdsinterval en ** PBL (2013), [link](#)

Stap 2: Aantal schepen die problemen ondervinden

In [stap 2](#) wordt de omvang van het probleem geanalyseerd. Zo zullen met name de binnenvaartschepen die diep steken problemen ondervinden en zodoende dus ook profiteren van maatregelen die de bevaarbaarheid vergroten. In deze analyse wordt de maximale diepgang (geladen) per scheepstype afgezet tegen de aanwezige waterdiepte (zie [stap 3](#)). Er wordt dus voor alle schepen geanalyseerd of ze een probleem ondervinden bij de aanwezige waterdiepte. In de tabel hieronder worden de karakteristieken van de binnenvaartvloot weergegeven.

Tabel F.1 Karakteristieken van de binnenvaartvloot

CEMT-klasse	RWS Klasse	Naam	Breedte (in m)	Lengte (in m)		Diepgang (geladen) (in m)	
				Min	Max	Min	Max
	M0	Overig					
I	M1	Spits	5,1	38,5	38,5	2,5	2,5
II	M2	Kempenaar	6,6	50,0	55,0	2,6	2,6
III	M3	Hagenaar	7,2	55,0	70,0	2,6	2,6
III	M4	Dortmund Eems (L <= 74 m)	8,2	67,0	73,0	2,7	2,7
III	M5	Verl. Dortmund (L > 74 m)	8,2	80,0	85,0	2,7	2,7
IVa	M6	Rijn-Herne Schip (L <= 86 m)	9,5	80,0	85,0	2,9	2,9
IVa	M7	Verl. Rijn-Herne (L > 86 m)	9,5	105,0	105,0	3,0	3,0
Va	M8	Groot Rijnschip (L <= 111 m)	11,4	110,0	110,0	3,5	3,5
Va	M9	Verlengd Groot Rijnschip (L > 111 m)	11,4	135,0	135,0	3,5	3,5
Vla	M10	Maatg. Schip (13.50 * 110 m)	13,5	110,0	110,0	4,0	4,0
Vla	M11	Maatg. Schip (14.20 * 135 m)	14,2	135,0	135,0	4,0	4,0
Vla	M12	Rijnmax Schip	17,0	135,0	135,0	4,0	4,0
I	BO1	Duwstel 5.20	5,2	55,0	55,0	1,9	1,9
II	BO2	Duwstel 6.70	6,6	60,0	70,0	2,6	2,6
III	BO3	Duwstel 7.50	7,5	80,0	80,0	2,6	2,6
III	BO4	Duwstel 8.2	8,2	85,0	85,0	2,7	2,7
IVa	BI	1 baksduwstel Europa I	9,5	85,0	105,0	3,0	3,0
Va	BII-1	1 baksduwstel Europa II	11,4	95,0	110,0	3,5	3,5
Vb	BII-2L	2 baksduwstel (lang)	11,4	170,0	190,0	3,5	3,5
Vla	BII-2B	2 baksduwstel (breed)	22,8	95,0	145,0	3,5	4,0
Vlb	BII-4	4 baksduwstel	22,8	185,0	195,0	3,5	4,0
Vlc	BII-6L	6 baksduwstel (lang)	22,8	270,0	270,0	3,5	4,0
Vlla	BII-6B	6 baksduwstel (breed)	34,2	195,0	195,0	3,5	4,0
I	C1l	2 Spitsen lang	5,1	77,0	80,0	2,5	2,5
I	C1b	2 Spitsen breed (L<=80m)	10,1	38,5	38,5	2,5	2,5

CEMT-klasse	RWS Klasse	Naam	Breedte (in m)	Lengte (in m)		Diepgang (geladen) (in m)	
				Min	Max	Min	Max
IVb	C2l	Klasse IV + 1 Europa I bak lang	9,5	170,0	185,0	3,0	3,0
Vla	C2b	Klasse IV + 1 Europa I bak breed (L <= 136m)	19,0	85,0	105,0	3,0	3,0
Vb	C3l	Klasse Va + 1 Europa II bak lang (L > 80m)	11,4	170,0	190,0	3,5	4,0
Vla	C3b	Klasse Va + 1 Europa II bak breed (L <= 136m)	22,8	95,0	110,0	3,5	4,0
Vlb	C4	Klasse Va + 3 Europa II bakken (L > 136m)	22,8	185,0	185,0	3,5	4,0

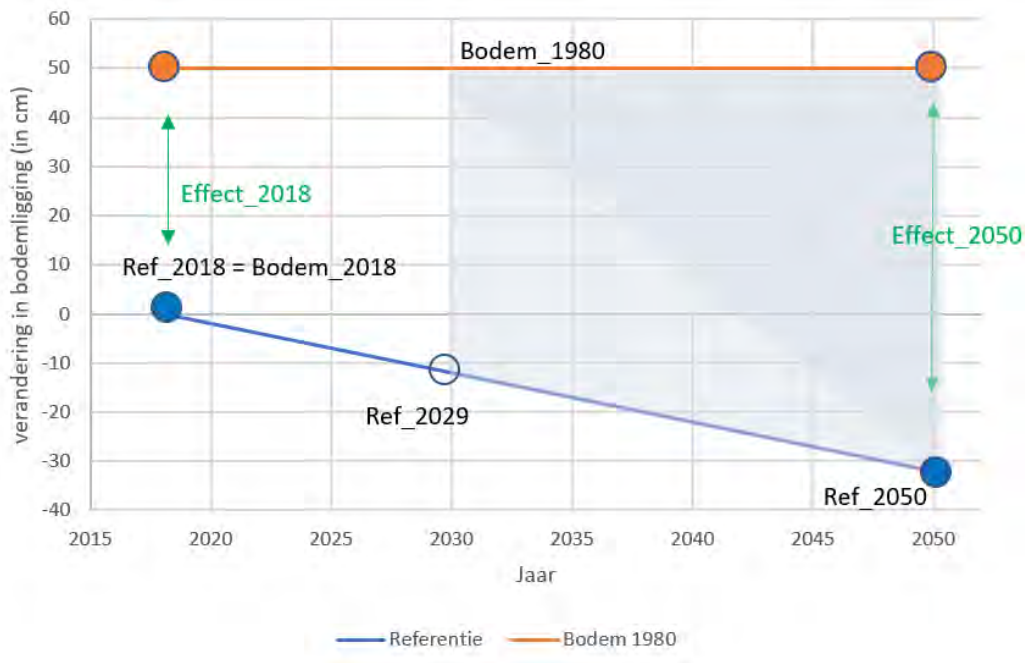
Bron: Rijkswaterstaat 2018

Stap 3: Projecteffect van IRM

In **stap 3** wordt de verwachte toename van de waterbetrouwbaarheid (gemeten in aantal centimeter per traject) gemodelleerd bij een veranderend bodemligging. Voor een eerlijk vergelijk wordt eerst de referentiesituatie (situatie die optreedt zonder het project) vastgesteld. Daarbij wordt een autonome ontwikkeling van de bodem in 2018 naar een toekomstige bodem in 2050 verondersteld (zie blauwe lijn in de figuur). In de verschillende alternatieven gaan we uit van een veranderende bodem met een daarbij horende veranderde waterdiepte.

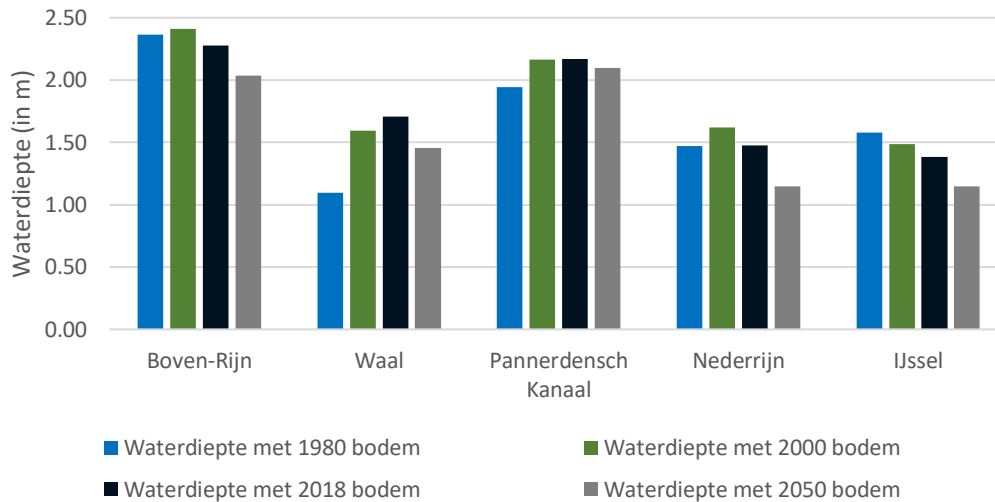
In dit project gaan we uit van een geleidelijke ingroei van effecten vanaf 2029. Deze ingroei loopt gelijk op met de investeringen in het project. Het donkergrijze oppervlak is de verschilanalyse tussen de referentiesituatie en het betreffende alternatief.

Figuur F2 Conceptuele vergelijking referentiesituatie en alternatief



Voor elk van de alternatieven zijn de waterdieptes op de verschillende trajecten bepaald bij een gegeven afvoer. De afvoer varieert tussen 600, 1020, 2000 en 4000 m³/s en zijn in het kader van deze studie geïnterpoleerd. In onderstaande figuur wordt een situatieschets afgebeeld.

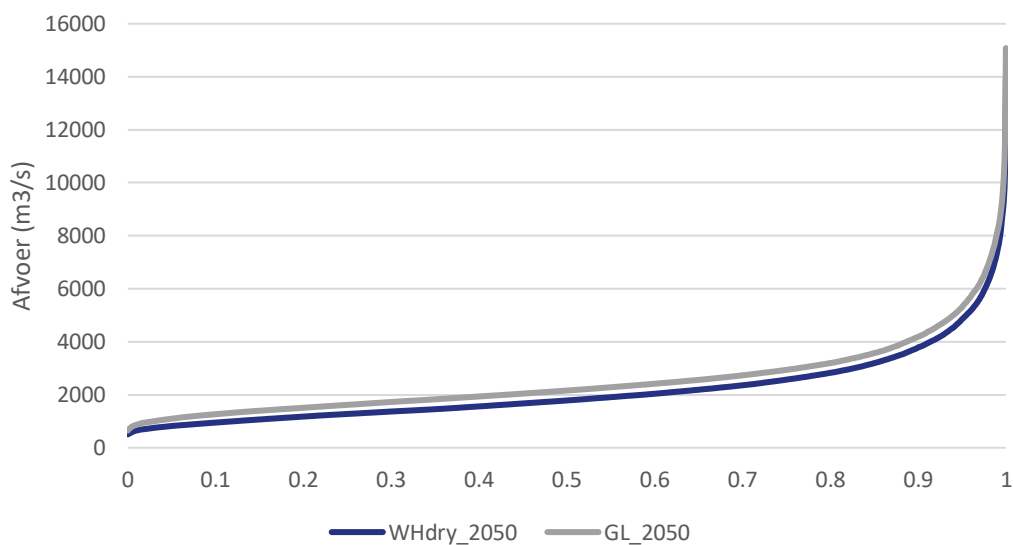
Figuur F3 Situatieschets waterdiepte bij 600 m³/s per traject



Bron: HKV (2022)

Door de waterdieptes te matchen met de verwachte afvoerverdeling ter hoogte van Lobith wordt de waterdiepte bij een bepaalde terugkeertijd vastgesteld (zie onderstaande figuur). Deze afvoerverdeling is afhankelijk van het klimaatscenario (hieronder zijn WHdry_2050 en GL_2050 opgenomen). In de basisanalyse is uitgevoerd met WHdry_2050, terwijl in de gevoeligheidsanalyse de effecten van het GL_2050 klimaatscenario zijn getoetst.

Figuur F4 Afvoerverdeling ter hoogte van Lobith



Bron: HKV (2022)

Daarnaast is het belangrijk om te weten hoeveel laagwater dagen zich zullen voor doen in een jaar (zowel nu als in 2050). Met andere woorden, op hoeveel dagen in het jaar kan de binnenvaartschipper wel/niet alle lading meenemen? Het gemiddeld aantal droge dagen is ingeschat op basis van de analyse in het nulalternatief en bestaand bronmateriaal van Arcadis. Eerst is het aantal droge dagen per terugkeertijd (T = 1, 2, 10, 50 en 100) vanuit de Arcadis studie afgeleid. Echter, deze berekening houdt geen rekening met de klimaat-scenario's zoals toegepast in deze studie. Vandaar dat voor de terugkeertijd eens in de 10 jaar gebruik is gemaakt van de recentste inzichten uit het nulalternatief. Voor de overige terugkeertijden zijn het aantal droge bepaald op basis van de trendlijn zoals door Arcadis bepaald en gecorrigeerd voor de recente inzichten vanuit het nulalternatief. Op deze manier is het geschatte aantal droge dagen toepasbaar gemaakt voor deze studie. Het resultaat is middels onderstaande tabel weergegeven.

Tabel F8 **Aantal droge dagen per terugkeertijd**

Herhalingstijd (T)	Droge dagen (In aantal)	Droge dagen per jaar (In %)*
T=1 jaar	1	0,3%
T=2 jaar	1	0,3%
T=10 jaar	16,5	4,5%
T=50 jaar	116	31,6%
T=100 jaar	251	68,7%

Bron: gebaseerd op Deltares (2022), Nulalternatief & Arcadis (2022), Klimaatbestendige Netwerken

* Gebaseerd op 365 dagen per jaar

Stap 4: Extra vervoerd volume per scheepstype

Op basis van stappen 1 tot en met 3 wordt de potentieel extra te realiseren aflaaddiepte berekend. In **stap 4** wordt - middels onderstaande rekenregel – de aflaaddiepte vertaald naar het extra vervoerd volume. Zo wordt rekenkundig het extra vervoerd volume bij 1 centimeter aflaaddiepte vastgesteld per scheepstype.⁵⁵ Op basis van diverse bronnen is in het kader van deze studie een waterlijn coëfficiënt (Cw) van 0.96 verondersteld.⁵⁶

$$\text{Tonnen per centimeter aflaaddiepte} = \text{Lengte (m)} \times \text{Breedte (m)} \times 0.01 \times Cw$$

De gemiddelde extra tonnage die schepen als gevolg van extra aflaaddiepte realiseren ligt rond de 16 à 17 ton per centimeter. Echter, de statistiek is sterk afhankelijk van het scheepstype. In de praktijk resulteert dit extra vervoerde volume in een afname van het aantal scheepsbewegingen en voertuigkilometers. In de volgende stap wordt toegelicht op welke wijze deze verandering resulteert in maatschappelijke effecten.

Stap 5: Maatschappelijke effecten per terugkeertijd en per scheepstype

Ten slotte dient de output uit stap 4 – wijziging in het aantal voertuigkilometers en tonkilometers – als input voor de laatste rekenstap (**stap 5**). De toegepaste kentallen worden in onderstaande tabel weergegeven.

⁵⁵ <https://bivas.chartasoftware.com/Home/BIVASapplicatie/Documentatie/TonsPerCentimeterImmersion>

⁵⁶ Diverse bronnen waaronder Wikibooks ([link](#)) en Marin (2021), Inland ship: CFD calculation ([link](#))

Transportkostenbesparing

Voor het bepalen van het transportkosteneffect voor de binnenvaart worden de kilometerkosten per scheepstype toegevoegd aan de analyse. Deze worden gebaseerd op de 'binnenvaart tool 2017' en zijn opgehoogd naar prijspeil 2021.⁵⁷ Dit wordt in onderstaande tabel overzichtelijk weergegeven.

Externe effecten

De verandering in de milieuprestatie bouwt voort op het gewijzigde aantal tonkilometers. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van de kentallen uit STREAM.⁵⁸ Deze emissiekentallen zijn slechts voor een deel van de vloot specifiek inzichtelijk zijn gemaakt. Voor de overige scheepstypen hebben we daarom de dichtstbijzijnde statistiek – op basis van het laadvermogen – overgenomen. Dit wordt in onderstaande tabel overzichtelijk weergegeven met witte/grijze cellen.

Tabel F9 Kentallen per scheepstype

I	RWS Klasse	Naam	Transport kosten (in € p. vkm)	Externe effecten (WTW-emissies) (in gram p. tkm)*			
				CO2	SO2	PM	Nox
	M0	Overig		27,18	0,028	0,017	0,3
I	M1	Spits	€ 3,97	27,18	0,028	0,017	0,3
II	M2	Kempenaar	€ 4,33	23,97	0,025	0,014	0,3
III	M3	Hagenaar	€ 4,77	24,93	0,026	0,011	0,3
III	M4	Dortmund Eems (L <= 74 m)	€ 5,49	24,93	0,026	0,011	0,3
III	M5	Verl. Dortmund (L > 74 m)	€ 6,55	24,93	0,026	0,011	0,3
IVa	M6	Rijn-Herne Schip (L <= 86 m)	€ 10,08	24,93	0,026	0,011	0,3
IVa	M7	Verl. Rijn-Herne (L > 86 m)	€ 13,00	16,79	0,017	0,008	0,2
Va	M8	Groot Rijnschip (L <= 111 m)	€ 13,17	16,79	0,017	0,008	0,2
Va	M9	Verlengd Groot Rijnschip (L > 111 m)	€ 14,78	16,79	0,017	0,008	0,2
Vla	M10	Maatg. Schip (13.50 * 110 m)	€ 14,69	16,79	0,017	0,008	0,2
Vla	M11	Maatg. Schip (14.20 * 135 m)	€ 16,15	16,79	0,017	0,008	0,2
Vla	M12	Rijnmax Schip	€ 18,59	16,79	0,017	0,008	0,2
I	BO1	Duwstel 5.20	€ 7,35	27,18	0,028	0,017	0,3
II	BO2	Duwstel 6.70	€ 7,53	23,97	0,025	0,014	0,3
III	BO3	Duwstel 7.50	€ 7,37	23,97	0,025	0,014	0,3
III	BO4	Duwstel 8.2	€ 7,66	24,93	0,026	0,011	0,3
IVa	BI	1 baksduwstel Europa I	€ 9,50	16,79	0,017	0,008	0,2
Va	BII-1	1 baksduwstel Europa II	€ 11,88	16,79	0,017	0,008	0,2
Vb	BII-2L	2 baksduwstel (lang)	€ 11,82	16,63	0,017	0,005	0,2
Vla	BII-2B	2 baksduwstel (breed)	€ 14,04	16,63	0,017	0,005	0,2
Vlb	BII-4	4 baksduwstel	€ 41,05	16,63	0,017	0,005	0,2
Vlc	BII-6L	6 baksduwstel (lang)	€ 62,48	19,14	0,02	0,006	0,2
Vlla	BII-6B	6 baksduwstel (breed)	€ 49,10	19,14	0,02	0,006	0,2

⁵⁷ CBS (2022), consumentenprijsindex (<https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/70936ned>)

⁵⁸ CE Delft (2021), STREAM (afkomstig uit Tabel 24 emissiekentallen TTW- en WTW-binnenvaart, lading zwaar, bulk- en stukgoederen 2018 ([link](#)))

\	RWS Klasse	Naam	Transport kosten (in € p. vkm)	Externe effecten (WTW-emissies) (in gram p. tkm)*			
				CO2	SO2	PM	Nox
I	C1l	2 Spitsen lang	€ 6,58	24,93	0,026	0,011	0,3
I	C1b	2 Spitsen breed (L<=80m)	€ 5,90	23,97	0,025	0,014	0,3
IVb	C2l	Klasse IV + 1 Europa I bak lang	€ 14,94	31,46	0,032	0,011	0,3
Vla	C2b	Klasse IV + 1 Europa I bak breed (L <= 136m)	€ 12,74	31,46	0,032	0,011	0,3
Vb	C3l	Klasse Va + 1 Europa II bak lang (L > 80m)	€ 18,26	31,46	0,032	0,011	0,3
Vla	C3b	Klasse Va + 1 Europa II bak breed (L <= 136m)	€ 14,37	31,46	0,032	0,011	0,3
Vlb	C4	Klasse Va + 3 Europa II bakken (L > 136m)	€ 23,23	31,46	0,032	0,011	0,3

Bron: CE Delft (2021), STREAM – t.b.v. waardering van externe effecten & RWS (2019), Binnenvaarttool 2017 – t.b.v. waardering van transportkosten

* Voor de grijze cellen zijn geen specifieke kentallen beschikbaar en zijn de dichtstbijzijnde kentallen (o.b.v. laadvermogen) toegepast.

Buitenlands vervoer

Na het berekenen van de maatschappelijke effecten dient rekening te worden gehouden met effecten die weglekken naar het buitenland. Concreet betekent dit het inschatten van het deel van het vervoer dat terecht komt bij een buitenlandse vervoerder/verlader. Rekening houden met deze buitenlandse baten sluit ook aan op de MKBA-leidraad met betrekking tot brede welvaart.

Voor de inschatting van de verdeling en waardering van binnen- en buitenlands vervoer wordt gebruik gemaakt van het vervoerd volume (bron: IVS):

- IVS_2019_Rijntakken: o.a. Bovenrijn, Waal, Pannerdensch Kanaal;
- IVS_2019_Nederrijn: o.a. Nederrijn;
- IVS_2019_IJssel: o.a. IJssel.

Daarbij is tevens de waardering voor het type vervoer toegevoegd. Zo telt de waardering voor binnenlands vervoer met een herkomst en bestemming in Nederland voor 100% mee. Vervoer met een binnenlandse herkomst of bestemming is voor 50% meegenomen. Voor vervoer met een buitenlandse herkomst en bestemming hebben we een weging gelijk aan 0% toegepast.

Tabel F10 Verdeling en waardering binnen/buitenlands vervoer

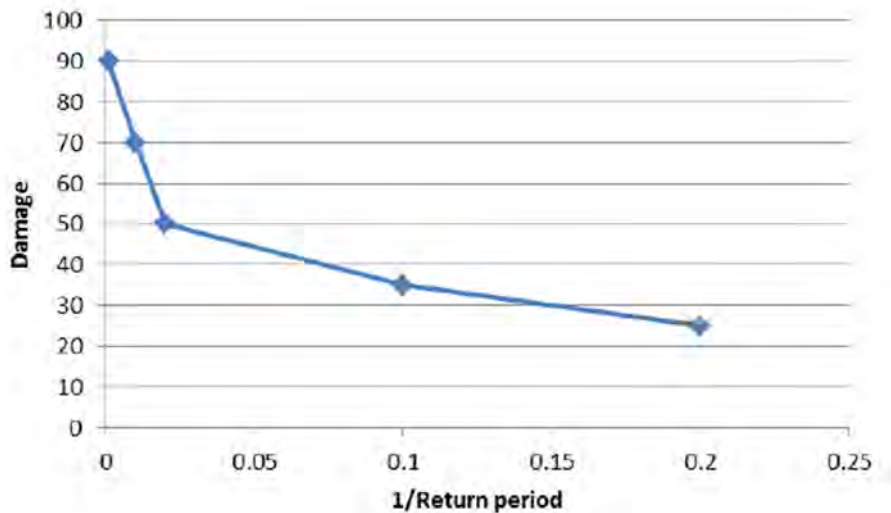
Traject	Binnenlands vervoer	Binnenlandse herkomst of bestemming	Buitenlandse vervoer
Volume verdeeld per traject			
<i>Boven-Rijn</i>	26%	72%	2%
<i>Waal</i>	10%	66%	24%
<i>Pannerdensch Kanaal</i>	3%	71%	26%
<i>Nederrijn</i>	58%	41%	1%
<i>IJssel</i>	53%	47%	0%
Waarde per type	100%	50%	0%

Bron: Rijkswaterstaat op basis van IVS.

Stap 6: Berekenen van jaarlijkse verwachtingswaarde

De jaarlijkse maatschappelijke effecten (zie stap 5) zijn uitgerekend voor de verschillende terugkeertijden ($T = 2, 10, 50$ en 100). Deze komen niet jaarlijkse voor, maar bijvoorbeeld slechts eens in de 2, 10, 50 of 100 jaar. Om deze reden wordt de jaarlijkse verwachtingswaarde berekend. In onderstaande figuur wordt conceptueel weergegeven hoe een dergelijke figuur en functie eruit zien.

Figuur F5 Indicatie van de jaarlijkse verwachtingswaarde



De berekening van de jaarlijkse verwachtingswaarde in dit project komt tot uitdrukking door onderstaande formule toe te passen:

Jaarlijkse verwachtingswaarde

$$\begin{aligned}
 &= (P_2 - P_{10}) * E_2 + (P_2 - P_{10}) * (E_{10} - E_2) * 0,5 + (P_{10} - P_{50}) * E_{10} \\
 &+ (P_{10} - P_{50}) * (E_{50} - E_{10}) * 0,5 + (P_{50} - P_{100}) * E_{50} + (P_{50} - P_{100}) \\
 &* (E_{100} - E_{50}) * 0,5 + P_{100} * E_{100}
 \end{aligned}$$

Waarbij (als voorbeeld terugkeertijd 10 jaar):

E_{p10} = Effect bij een terugkeertijd van 10 jaar (€)

P_{10} = Kans bij een terugkeertijd van 10 jaar (1/10)

Uitkomsten MKBA ten opzichte van resultaten Deltares

In het nulalternatief heeft Deltares berekend hoeveel de kosten in 2050 zullen stijgen als gevolg van bodemerrosie, klimaatverandering en economische groei. De toename in kosten bedraagt bijna € 1,6 miljard. Voor het overgrote deel wordt de toename in kosten beïnvloed door economische groei (bijna € 1,4 miljard). Klimaatverandering zorgt voor een kostenstijging van € 120 miljoen en bodemerrosie voor € 9 miljoen euro. Voor IRM is het van belang om te begrijpen hoe de verschillende cijfers tot stand zijn gekomen. Hierover zal een nader gesprek gevoerd worden.

Bijlage G: Notitie IRM Zoetwatervoorziening en natuur

Het rivierengebied staat onder druk. Naar verwachting zal het gebied in de toekomst in toenemende mate te maken krijgen met frequentere en hogere hoogwaters, en met langdurigere en lagere laagwaters. Tegelijkertijd hebben de rivieren steeds minder ruimte gekregen, doordat dijken dichterbij de rivier gelegd zijn, rivierbochten zijn afgesneden, het zomerbed is aangepast en sediment is gewonnen. Dit heeft geleid tot uitschuring waardoor de rivierbodem lokaal tot enkele meters is gedaald (IRM, 2022).

In het nulalternatief levert de daling van de rivierbodempligging een aantal problemen op in het kader van de zoetwatervoorziening en natuurontwikkeling. In de MKBA wordt het effect van de verandering in rivierbodempligging ten opzichte van het nulalternatief bepaald voor de volgende effecten: de vullingsgraad van het IJsselmeer, de watertoevoer naar de Twentekanal en het effect op (rivier- en grondwaterafhankelijke) natuur.

Methodes

Stap 1: bepalen effect rivierbodempligging op waterstanden en afvoerverdeling

Als basis voor de analyse is door HKV (met data van Deltares) bekeken wat het effect is van de verschillende bodemhoogtes op de waterstanden en de afvoerverdeling van de Rijntakken. Deze data is aangeleverd voor 4 verschillende afvoeren bij Lobith (600, 1020, 2000 en 4000 m³/s).

Stap 2: interpoleren waterstanden en afvoerverdeling

Op basis van de data van HKV zijn de waterstanden en afvoerverdeling voor de verschillende afvoeren bij Lobith geïnterpoleerd voor de afvoeren tussen 600, 1020, 2000 en 4000 m³/s. Op deze manier wordt duidelijk wat de waterstand of afvoerverdeling is als de afvoer tussen een van deze punten ligt. Door de waterstand en afvoerverdeling te koppelen aan de kans van de verschillende afvoeren ter hoogte van Lobith, worden de waterstanden en afvoerverdeling bij een bepaalde terugkeertijd vastgesteld. De kans op een bepaalde afvoer is afhankelijk van het gekozen klimaatscenario. In de analyse voor zoetwater is met het referentiescenario gerekend (Ref, huidige klimaat) en met een scenario met klimaatverandering (VP Stress 2050).

Stap 3: bepalen zoetwaterbeschikbaarheid en -vraag

In stap 3 is de zoetwaterbeschikbaarheid in het IJsselmeergebied gekoppeld aan de zoetwatervraag, zoals door Deltares (2021) voor Fase II van het Deltaprogramma bepaald voor het IJsselmeergebied.⁵⁹ Vervolgens is per afvoerverdeling gekeken naar de mate waarin het beregeningstekort voor de landbouw wordt opgelost (per herhalingstijd en per alternatief). De analyse in de MKBA beperkt zich tot de effecten op de oppervlaktewaterafhankelijke landbouw in het IJsselmeergebied. Dit betekent dat uitsluitend de waarde van de opgeloste

⁵⁹ De stresstest geeft inzicht in de watertekorten die overblijven na uitvoering van het voor de deltabeslissing zoetwater (DPfase 2) in 2021 voorgestelde voorkeurspakket (VP) voor de periode 2022-2027 én rekening houdend met vier toekomstige ontwikkelingen die een negatieve invloed kunnen hebben op de waterbeschikbaarheid in Nederland en daardoor de watervoorziening onder extra druk zetten (stressfactoren).

berekeningstekorten is meegenomen (vermeden droogteschade per extra m³). Hieruit volgt vervolgens per situatie de jaarlijkse verwachtingswaarde.

Stap 4: bepalen frequentie overschrijding kritiek waterpeil

In stap 4 is bepaald in welke mate de kritieke waterstand van 1.7mNAP bij Eefde wordt overschreden per herhalingsperiode en per alternatief. Op basis van de vermeden kosten voor het inzetten van pompinstallaties is per alternatief de jaarlijkse verwachtingswaarde berekend.

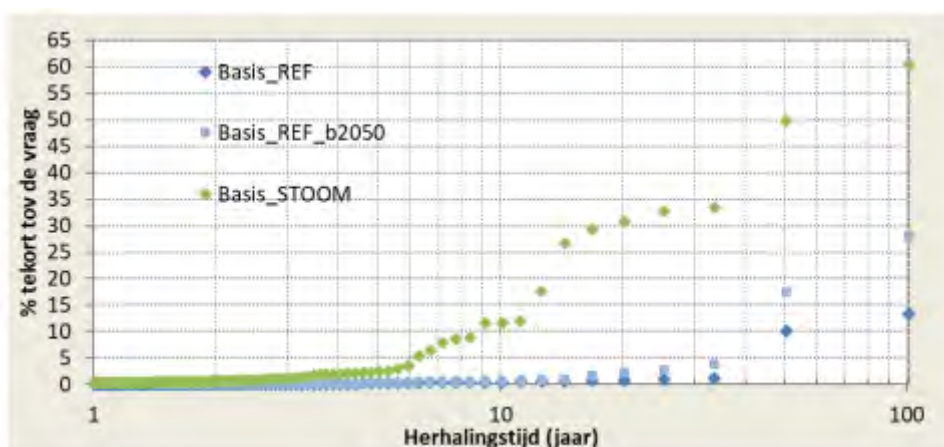
Vullingsgraad IJsselmeer

Nulalternatief

Doordat de rivierbodem van de Waal sneller zakt dan die van het Pannerdens Kanaal, krijgt de Waal bij lage rivierafvoeren relatief meer water dan de IJssel. De vulling van het IJsselmeer blijft hierdoor achter, waardoor het oosten en noorden van Nederland in droge perioden verhoudingsgewijs steeds minder water krijgen. Het water wat via de IJssel het IJsselmeer binnen komt wordt in Noord-Nederland gebruikt voor peilbeheer, doorspoeling en beregening.

In het nulalternatief voor IRM zijn deze problemen gekwantificeerd. Een belangrijke conclusie is dat in Noord-Nederland de watertekorten (van 10% ten opzichte van de watervraag) toenemen van eens in de 50 jaar nu, naar eens in de circa 10 jaar in 2050, wanneer uitgegaan wordt van het Deltascenario Stoom (een scenario met snelle klimaatverandering en hoge economische groei). Deze effecten zijn in onderstaand figuur te zien, waarin het percentage watertekort ten opzichte van de vraag in Noord-Nederland zijn weergegeven voor het huidige klimaat en rivierbodempligging (ref), het huidige klimaat in combinatie met rivierbodempligging 2050 (ref_b2050) en het klimaat in 2050 in combinatie met huidige rivierbodempligging (Basis_STOOM).

Figuur G1 Watertekorten Noord-Nederland bij huidige rivierbodempligging, bij veranderende rivierbodempligging en bij veranderend klimaat.



Bron: Deltares, 2022

Projectalternatieven

Bij een verandering (verhoging) in bodemligging in de alternatieven, verandert de afvoerverdeling ten opzichte van het nulalternatief en stroomt er meer water richting de IJssel. Dit heeft een positief effect op de vullingsgraad van het IJsselmeer, waardoor er meer zoetwater beschikbaar is in Noord-Nederland voor peilbeheer, doorspoeling en beregening.

De baten van de projectalternatieven (handhaven bodemligging 2018, bodemligging 2000 en bodemligging 1980) zijn berekend op basis van de waarde van het opgeloste watertekort voor beregening in de landbouw per m³ (zie tabel 1). De waarde van het tekort in de situatie bodem 2050 is berekend op basis van het kengetal voor Stoom2050. In het scenario Stoom2050 liggen de benchmarkcijfers lager dan in de referentie. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in dit scenario het beregend areaal toeneemt en overal ook minder hoogwaardige gewassen worden beregend. De gemiddelde benchmark neemt dan af. Door fors hogere tekorten in Stoom2050 neemt het totale droogterisico echter toe.

Tabel G1 Waarde van een m3 opgelost watertekort landbouw (in euro's, prijspeil 2020)

	Ref2017	Stoom2050
Noord-Nederland	€ 0,89	€ 0,55

Bron: Economische Analyse Zoetwater (Stratelligence, 2021)

De berekeningen laten zien dat het beregeningstekort in de situatie bodem 1980 verdwijnt bij een terugkeertijd tot 100 jaar. In het projectalternatief bodem 2000 neemt het beregeningstekort ten opzichte van het nulalternatief af in hoeveelheid en frequentie. Het watertekort eens in de 10 jaar verdwijnt en het watertekort eens in de 50 en 100 jaar nemen af in hoeveelheid. Bij handhaving van de huidige rivierbodemligging (2018) nemen de totale tekorten ten opzichte van het nulalternatief af maar blijven ook eens in de 10 jaar voorkomen.

Tabel G2 Effect vullingsgraad IJsselmeer (contante waarde, in miljoen euro, prijspeil 2020)

	Bodem 1980	Bodem 2000	Bodem 2018
Vullingsgraad IJsselmeer	€ 442,0	€ 221,8	€ 55,8

Bij een situatie met klimaatverandering blijven er beregeningstekorten bestaan in alle projectalternatieven, ondanks een verschil in bodemligging. Dit komt omdat in een situatie met klimaatverandering de watervraag sterk toeneemt en de afvoeren sterk afnemen. Het alternatief bodem 1980 genereert weliswaar meer aanvoer dan de andere alternatieven, maar niet voldoende om het beregeningstekort op te lossen. De baten van een veranderende bodemligging ten opzichte van het nulalternatief nemen dus af. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij een groter beschikbaar watertekort door een verandering in bodemligging, eerst wordt voldaan aan de watervraag voor peilbeheer en doorspoeling (verdringingsreeks).

Tabel G3 Effect vullingsgraad IJsselmeer met klimaatverandering (contante waarde, in miljoen euro, prijspeil 2020)

	Bodem 1980	Bodem 2000	Bodem 2018
Vullingsgraad IJsselmeer	€ 322,1	€ 77,5	€ 55,8

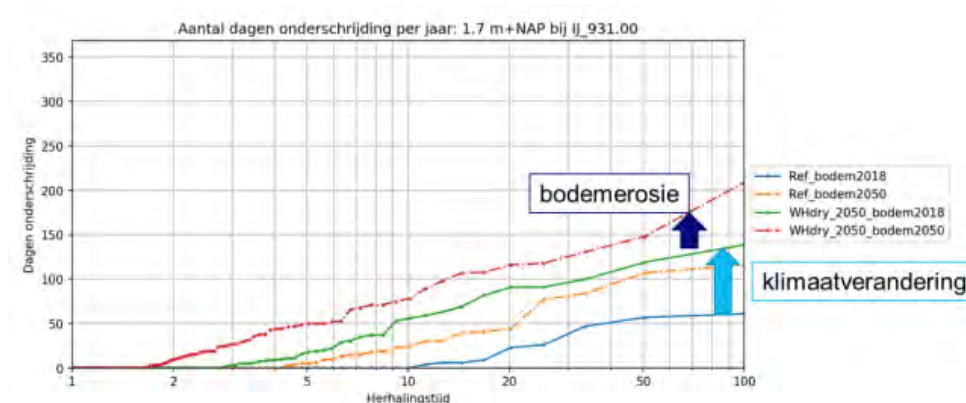
Watertoevoer Twentekanalen

Nulalternatief

Door de dalende rivierbodempligging wordt bij laagwater de inlaat van water ten behoeve van het regionale watersysteem beperkt. Bij een waterstand lager dan 1.7m+NAP is een kritiek punt voor waterinlaat naar de Twentekanalen bij Eefde bereikt en kan water niet meer onder vrij verval worden ingelaten.

De watertoevoer naar de Twentekanalen zal door verdergaande bodemerrosie en door klimaatverandering in 2050 aanzienlijk vaker dan nu gehinderd worden, omdat het kritieke waterpeil bij Eefde vaker wordt overschreden (van eens in de 10 jaar nu, naar gemiddeld eens in de 3 jaar bij snelle klimaatverandering). De kans op en duur van de overschrijding van het kritieke waterpeil is in onderstaand figuur weergegeven voor bodem 2018 (huidige situatie), bodem 2050 en beide bodemniveaus met klimaatverandering (WHdry_2050_bodem 2018 en WHdry_2050_bodem 2050).

Figuur G2 Kans op en duur van overschrijding van het kritieke peil voor waterinlaat naar de Twentekanalen in de huidige situatie, en in 2050 bij veranderd klimaat en bij veranderde rivierbodempligging



Bron: Deltares, 2022

Projectalternatieven

Bij een verandering in bodempligging in de alternatieven naar het niveau 1980, 2000 of handhaven 2018 verhoogt de waterstand bij Eefde. Dit heeft een positief effect op de watertoevoer naar de Twentekanalen, omdat overschrijding van het kritieke waterpeil minder vaak voorkomt. De baten van de alternatieven zijn berekend op basis van de vermeden kosten voor de inzet van tijdelijke pompinstallaties, welke bij een overschrijding van het waterpeil 1.7m+NAP moeten worden ingezet om voldoende water op te pompen bij een hoge watervraag en lage waterstand op de IJssel. De kosten van een extra pompinstallatie bedragen 100.000 euro voor plaatsing en 20.000 euro per week huur (Stratelligence, 2021).

De berekeningen laten zien dat overschrijding van het kritieke waterpeil in de situatie bodem 1980 niet meer voorkomt bij een terugkeertijd tot 100 jaar. Bij lage afvoeren blijft het waterpeil boven 1.7m NAP. In de projectalternatieven bodem 2000 en bodem 2018 neemt de overschrijdingsduur ten opzichte van het nulalternatief af. Overschrijding van het kritieke waterpeil eens in de 10 jaar verdwijnt en het aantal dagen overschrijding eens in de 50 en 100 jaar nemen af in aantal dagen.

Tabel G4 Effect watertoevoer Twentekanalen (contante waarde, in miljoen euro)

	Bodem 1980	Bodem 2000	Bodem 2018
Watertoevoer Twentekanalen	€ 0,93	€ 0,52	€ 0,45

Gevoeligheidsanalyse

Middels één (of verschillende) gevoeligheidsanalyses wordt de robuustheid van de resultaten getoetst op de belangrijkste uitgangspunten. In het kader van deze studie is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd door het effect van een hogere of lagere discontovoet te berekenen. De uitkomst van deze analyse wordt hieronder kort gepresenteerd.

Gevoeligheidsanalyse: discontovoet

In de eerste gevoeligheidsanalyse wordt het effect van een andere discontovoet toegepast. Zo kan middels een praktische manier rekening gehouden worden met de mogelijke invloed van welvaartsverschillen op de uitkomsten van een MKBA. De toepassing hiervoor is in lijn met de werkgroep discontovoet.⁶⁰ Daaruit wordt ook de hoogte van de discontovoet in een gevoeligheidsanalyse voorgeschreven:

- In scenario Hoog: discontovoet van 2,65 procent
- In scenario Laag: discontovoet van 1,85 procent

Tabel G5 Gevoeligheidsanalyse effect vullingsgraad IJsselmeer

	Bodem 1980	Bodem 2000	Bodem 2018
Discontovoet 2,65%	€ 367,4	€ 184,4	€ 46,4
Discontovoet 1,85%	€ 538,8	€ 270,4	€ 68,1

Tabel G6 Gevoeligheidsanalyse effect vullingsgraad IJsselmeer met klimaatverandering

	Bodem 1980	Bodem 2000	Bodem 2018
Discontovoet 2,65%	€ 267,8	€ 64,4	€ 46,4
Discontovoet 1,85%	€ 392,7	€ 94,5	€ 68,1

Tabel G7 Gevoeligheidsanalyse effect watertoevoer Twentekanalen

	Bodem 1980	Bodem 2000	Bodem 2018
Discontovoet 2,65%	€ 0,77	€ 0,44	€ 0,37
Discontovoet 1,85%	€ 1,13	€ 0,64	€ 0,55

Natuur

In de MKBA wordt het effect van de geplande ingrepen op natuur kwalitatief bepaald. Als basis is het nulalternatief van Deltares gebruikt.

Nulalternatief

In het nulalternatief is voor het effect op natuur gekeken naar de combinatie tussen de verandering in rivierbodempligging en klimaatverandering en wat dit betekent voor de overstromingsduur van de uiterwaarden en de grondwaterstand.

⁶⁰ Rijksoverheid (2020), Rapport Werkgroep discontovoet 2020 ([link](#))

Overstromingsduur uiterwaarden

Uit de analyse in het nulalternatief blijkt dat de overstromingsduur van de uiterwaarden langs de Rijntakken voldoende is voor het ontstaan van zachthout- en hardoutoobos. Langs de Maas liggen de uiterwaarden hiervoor te hoog en kan er geen riviernatuur ontstaan. Veranderingen in rivierbodempligging en klimaat hebben echter weinig effect op de potentiële ecotoopverdeling in het nulalternatief. De veranderingen in overstromingsduur door bodemerosie van het zomerbed zijn gering en door klimaatverandering neemt de kans op hoogwater toe.

Grondwaterstanden

De grondwaterstanden langs de Rijn en Maas zijn met name geschikt voor droge ecotooptypen (zoals hardhout oobos). Voor natte ecotooptypen zijn de grondwaterstanden in de huidige situatie in veel gebieden nu te laag. In het nulalternatief wordt dit areaal drastisch kleiner door verder dalende grondwaterstanden. Langs de Maas is met name een gebrek aan overstromingsdynamiek een probleem voor het ontstaan of behoud van habitat- en milieudiversiteit. Een aantal Rijntakken kent meer dynamiek, maar hier speelt een daling van de grondwaterstanden door bodemerosie een rol in het verdrogen van de natuur.

Doorgaande erosie zorgt voor een lage grondwaterstand langs de bovenloop van de vrijafstromende Rijntakken en langs de Grensmaas. In de huidige situatie zijn deze gebieden echter ook vrijwel alleen geschikt voor droge ecotooptypen, waardoor er weinig aan de huidige situatie verandert.

PAGW en KRW

In 2050 wordt in het nulalternatief niet aan de doelen van de PAGW voldaan doordat op een aantal plekken de uiterwaarden te droog zijn en de grondwaterstanden in het voorjaar en de zomer langs de Rijntakken te laag. Langs de Maas is daarnaast de overstromingsduur beperkt.

Door klimaatverandering en verdergaande bodemerosie zullen bestaande nevengeulen in de toekomst onvoldoende vaak meestromen als gevolg van lagere en frequenter voorkomende laagwaterstanden. Hierdoor komt het behalen van de KRW-doelstellingen verder onder druk te staan. Daarnaast neemt de dynamiek door bodemerosie af, maar door klimaatverandering juist toe. Het netto-effect is daardoor gering.

Projectalternatieven

In de projectalternatieven stijgt de rivierbodempligging ten opzichte van het nulalternatief. Als gevolg neemt ook de rivierwaterstand toe. Het effect van de toename in rivierwaterstand op natuur is niet kwantitatief bepaald, maar het is aannemelijk dat hierdoor zowel de grondwaterstand als de overstromingsduur van de uiterwaarden op veel plekken toeneemt. Door hogere en minder frequent voorkomende laagwaterstanden zullen nevengeulen naar verwachting vaker blijven meestromen. De omstandigheden om zowel aan de KRW- als PAGW-doelen te voldoen in 2050 zijn hierdoor gunstiger.

Om de effecten op natuur nauwkeuriger (kwantitatief) te bepalen wordt aanbevolen de effecten van toename in rivierwaterstand op het grondwater en de overstromingsduur van de uiterwaarden in beeld te brengen. Aan de hand van deze informatie kan meer specifiek

worden bepaald wat de invloed van de verschillende projectalternatieven is op de ontwikkeling van grondwaterafhankelijke natuur en de uiterwaarden.

Literatuurlijst

- Stratelligence (2021). *Economische analyse Zoetwater*
- Deltares (2021). *Stresstest voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II. Het effect van nieuwe inzichten en onzekerheden op knelpunten in de zoetwatervoorziening*
- Deltares (2022). *Effectbepaling nulalternatief IRM.*

Bijlage H: Rekeninstellingen voor OKADER

MEMO

Aan: Jarl Kind
Van: Jochem Caspers, Joost Pol
Datum: 14 december 2022
Projectnummer: PR4445.13
Onderwerp: Rekeninstellingen OKADER voor de MKBA IRM

De uitgangspunten voor de OKADER berekeningen zijn gelijk aan die gehanteerd zijn in de berekening van het IRM nulalternatief door Deltares (Asselman 2022a en Asselman 2022b). Bijlage A van dit memo bevat een integrale weergave van de uitgangspunten uit Asselman 2022a. Dit memo geeft de rekeninstellingen die in de OKADER tool worden gekozen voor de MKBA IRM.

Versie OKADER

- OKADER versie 2021.1 (met een aanpassing aan de code zoals beschreven in Asselman 2022a)

Algemeen

- Gebied: Maas, Rijntakken, IJssel-Vechtdelta.
- Startjaar 2018, eindjaar 2300 met een tijdstap van 3 jaar
- Bodemdaling met referentiejaar 2015¹

Er is gekozen om tot het eindjaar 2300 te rekenen in plaats van 2100. Dit komt doordat de restwaarde wordt bepaald over de laatste (vaak tweede) versterkingsronde tussen 2050 en 2100 (gegeven een startjaar voor 2050). Met de waterstandsverlagingen waarmee gerekend wordt voor de MKBA kan het zo zijn dat er geen tweede versterkingsronde benodigd is, waardoor de restwaarde berekening niet juist wordt uitgevoerd. Meer detail is opgenomen in Bijlage B. Vanwege de langere periode (2018-2300) en daarmee significant langere rekentijd is gekozen om de tijdstap te verhogen van 1 jaar naar 3 jaar. Deze stapgrootte is gebaseerd op een gevoeligheidsanalyse van de tijdstappen voor het IRM gebied Sallandse IJssel bij 40 cm waterstands daling. Het knikpunt ligt hierbij op 3 jaar, zie Bijlage C.

Dijksterkte

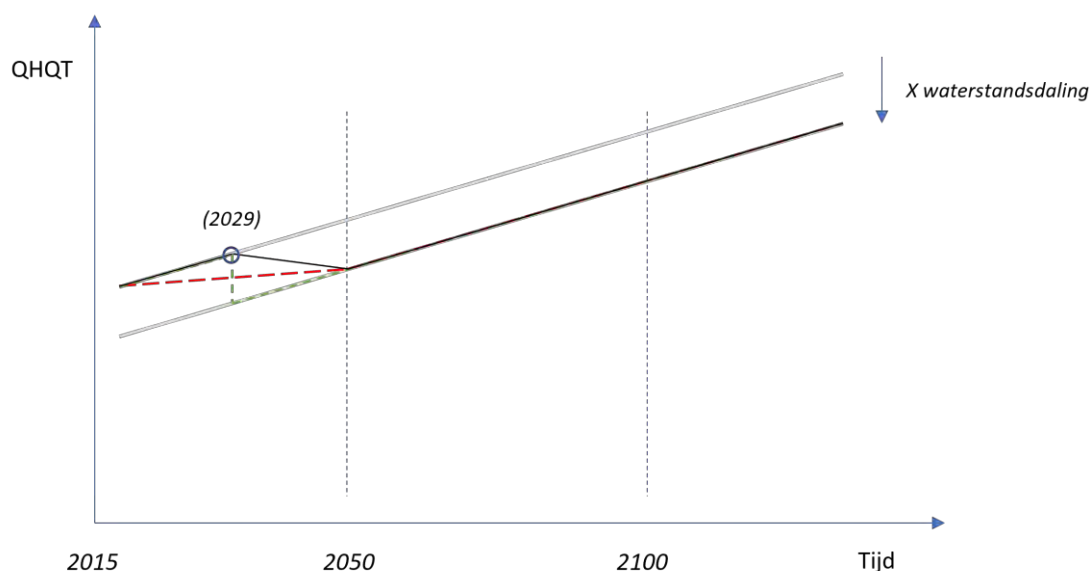
- Fragility curves voor faalmechanismen hoogte (golfoverslag), macrostabiliteit en piping. Conform OKADER 2021
- Afkappen fragility curves: nee

Hydraulische belastingen

- Onderscheid bovenrivieren en IJVD:
 - **Bovenrivieren: rekenen met 'QHQT-optie'** (afvoerstatistiek en QH relaties opgeven)
 - IJssel-Vechtdelta: rekenen met "HT-optie" (waterstandsfrequentielijnen)
- **Afvoerstatistiek: KNMI'06 W+ scenario.**
 - Maas: inclusief overstromingen in Wallonië

¹ Deltares hanteert bij de Rijn referentiejaar 2018. In eerdere OKADER analyses was dit altijd 2015, wat ook voor de Maas is gehanteerd. In het doorrekenen van het nulalternatief is het correcte referentiejaar 2015 gehanteerd.

- o Rijn: inclusief aftoppen op 18.000 m³/s
- QH-relaties:
 - o Naam: **bestanden 'QH_Maas2' en 'QH_Rijn2'**
 - o Afvoerverdeling: beleidsmatig vastgestelde verdeling
- Onzekerheidstoeslag: cf. OKADER 2021
- Rivierverruimende maatregelen die de integrale waterstands­daling (10 tot 70cm) realiseren worden gelijkmatig verdeeld over de periode 2029-2050. Voor de IJVD tot 50cm.
 - o Bij Rijn en Maas (QHQT optie) wordt dit in OKADER gedaan door de waterstand in de QH-relaties van 2050 en 2100 met X cm te verlagen en de QH-relaties van 2029 met 0 cm te verlagen. Dus niet via de rekenoptie integrale waterstands­daling, want dan wordt het direct vanaf het opgegeven referentiejaar volledig meegerekend.
 - o Bij de IJssel-Vechtdelta (HT optie) wordt dit gedaan door de waterstand in de HT-relaties van 2050 en 2100 met X cm te verlagen en de HT-relaties in 2029 af te leiden (vanuit de HT-relaties 2023 en 2050) en deze met 0 cm te verlagen.
 - o OKADER zal de waterstanden tussen 2029 en 2050 interpoleren waardoor de X cm gelijkmatig over de periode verdeeld wordt. Zie onderstaand figuur waarin in groen integrale waterstands­daling, in rood lineaire interpolatie tussen het referentiejaar en het jaar 2050 en in zwart het toegepaste hydraulische verloop voor de MKBA.



Dijkversterking

- Dijkversterkingsplanning volgen: indicatieve planning van HWBP (standaard in OKADER 2021)
- Levensduur 50 jaar
- Winst rivierverruiming: Dimensie & Levensduur
 - o Dijkvakken waarvan de eerste dijkversterkingsronde voor 2029 plaatsvindt worden **meegenomen met de instelling 'levensduur'**. Vanaf 2029 worden dijkvakken **meegenomen middels de instelling 'dimensies'**. De selectie van deze trajecten wordt achteraf uitgevoerd (gezien de instelling integraal wordt toegepast).
- Jaartal uiterlijk voldoen aan norm: 2050
- Geen correctiefactoren op berekende mate van versterking hoogte en stabiliteit.
- Versterking piping is gemaximeerd (max. lengtes staan in het invoerbestand correctie_dP.csv)

- Versterkingsdimensies niet handmatig opleggen
- Geen aanpassingen aan default stapgroottes versterking

Dijkkosten

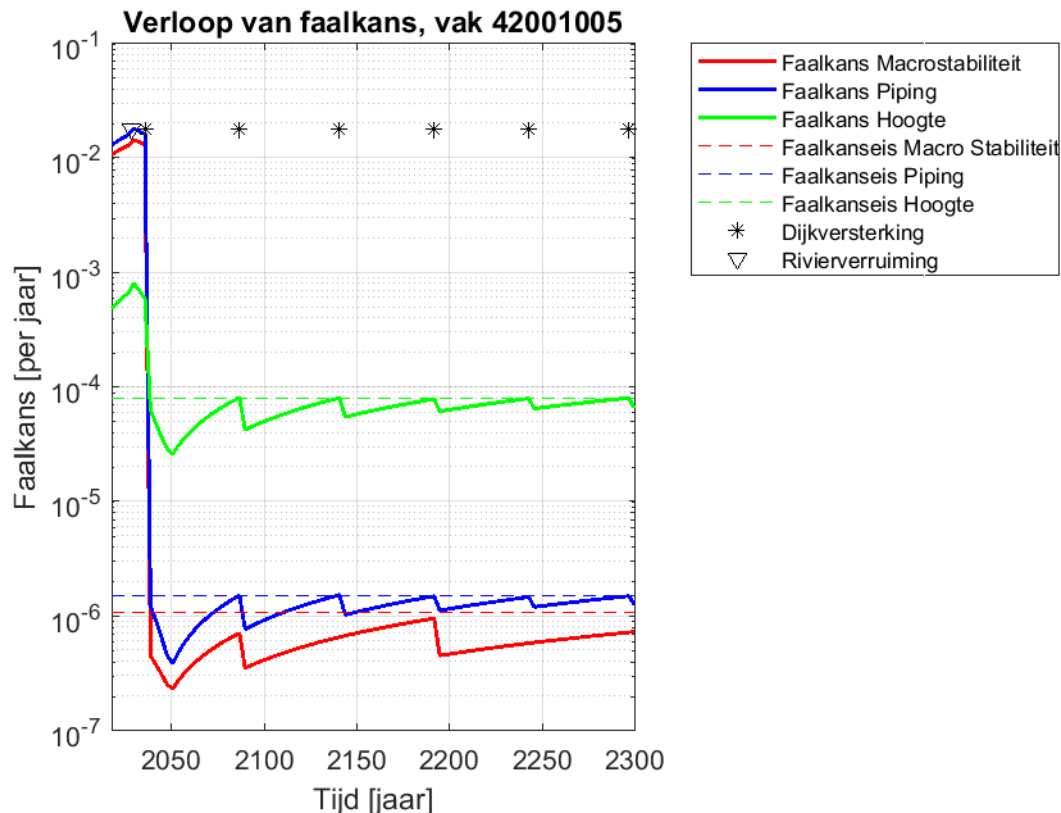
- KOSWAT databases: 'Rijn_20210129' en 'Maas_20200730'
- Prijspeil indexeren: ja, naar prijspeil 2021
- Afkappen constructies op 15 m voor de Rijn en 10 m voor de Maas
- Rekenen met innovatieve piping-maatregelen: ja
- Discontovoet 1.6%, basisjaar 2025

Resultaten

Het doorrekenen van het IRM Nulalternatief van Deltares in de MKBA batch berekening (tot 2100):

- Nulalternatief Maas komt overeen
- Nulalternatief Rijntakken komt overeen ($\pm 5\text{M€}$ verschil door referentiejaar bodemdaling)
- Nulalternatief IJsselVechtDelta op basis van Invoer_Rijn_2021_Som3c_Inn_HT²
 - Vakken gewijzigd van Totaal naar Vakken_IJVD
 - Tijdstappen gewijzigd naar 2018-2100 (tijdstap 1)
 - Referentiejaar bodemdaling op 2015
 - Prijspeil 2021 en discontovoet 1.6

Ter illustratie is het faalkansverloop van het dijkvak 42001005 opgenomen uit OKADER (tot 2300). In Bijlage D is goed te zien dat tussen 2029 en 2050 lineaire waterstandsverlaging wordt opgelegd. Er vinden twee dijkversterkingen plaats tussen 2020 en 2100. Na 2100 nog vier dijkversterkingen.



² Door de vele aanpassingen van het doorgerekende Nulalternatief van Deltares is voor de IJsselVechtDelta geen vergelijking mogelijk.

Let op dat voor de IJSVD met grote waterstandsverlaging OKADER problemen kent met het op een juiste manier bepalen van de dijkversterkingsrondes. Hierdoor zijn er voor enkele vakken meerdere dicht op elkaar voorkomende dijkversterkingen (bug) doordat het programma de lineair opgelegde waterstandsverlaging niet goed kan verwerken. Daarom is gekozen enkel 'dijkversterkingsrondes' te selecteren welke meer dan 2 jaar uit elkaar liggen en waar de opgave in hoogte groter is dan 5cm en de geotechnische opgaven (STBI/STPH) groter zijn dan 20cm. Dit leidt tot de juiste selectie.

Overzicht van de Contante waarden minus de Restwaarde (M€) tot 2300 (discontovoet 1,6%).

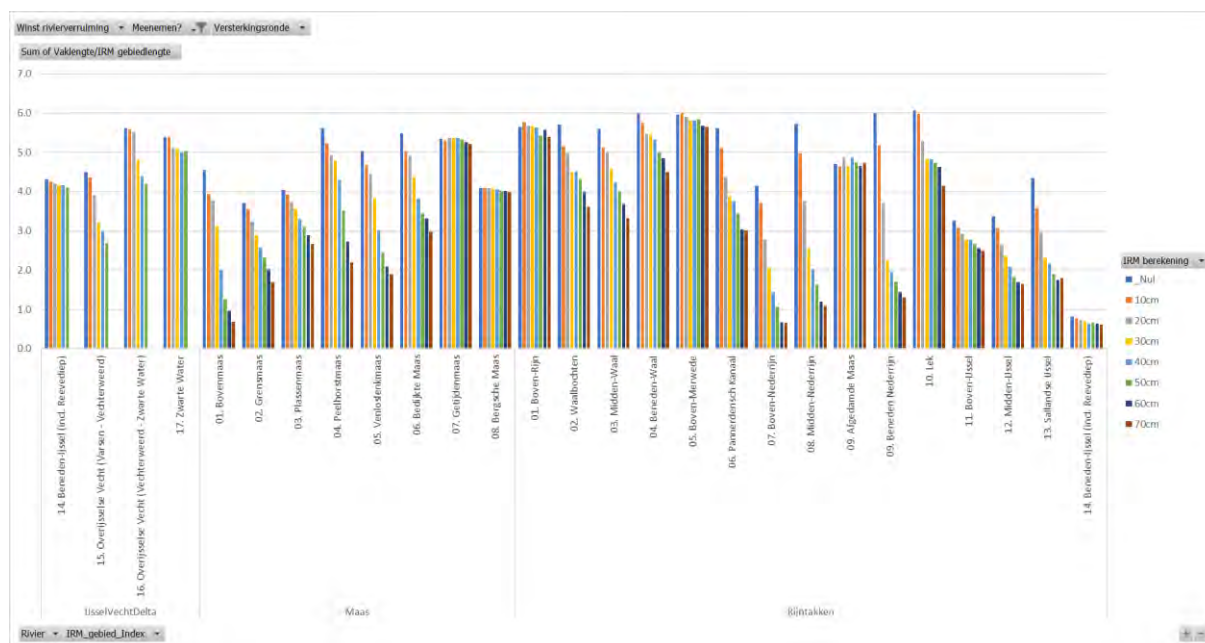
Sum of ContanteWaarde - Restwaarde (M€)	Column Labels								
Row Labels	_Nul	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	70cm	Grand Total
IJsselVechtDelta	900.2	850.6	805.0	757.2	717.6	718.5			4749.1
14. Beneden-IJssel (incl. Reevediep)	388.7	375.4	365.4	355.6	345.4	374.3			2204.9
15. Overijsselse Vecht (Varsen - Vechterweerd)	74.0	60.8	46.4	37.5	33.3	29.5			281.5
16. Overijsselse Vecht (Vechterweerd - Zwarte Water)	96.7	92.3	83.9	68.8	57.4	45.7			444.9
17. Zwarte Water	340.7	322.1	309.2	295.2	281.6	269.0			1817.8
Maas	2496.7	2344.2	2212.9	2085.9	1983.2	1892.8	1795.7	1705.7	16517.0
01. Bovenmaas	50.0	45.0	39.8	35.3	32.4	29.2	28.3	27.8	287.8
02. Grensmaas	135.2	120.5	101.7	89.2	77.2	64.9	55.2	43.1	687.1
03. Plassenmaas	139.6	135.0	130.2	126.2	118.4	105.2	85.0	64.9	904.6
04. Peelhorstmaas	247.9	231.8	214.6	195.1	179.1	168.4	155.1	145.6	1537.5
05. Venloslenkmaas	351.1	315.3	279.4	256.7	243.5	232.9	218.0	205.5	2102.4
06. Bedijkte Maas	764.6	709.6	667.1	614.0	582.3	564.5	550.6	538.2	4991.0
07. Getijdenmaas	553.8	542.5	537.6	527.3	513.3	493.0	471.9	450.6	4090.0
08. Bergsche Maas	254.5	244.5	242.5	242.0	236.8	234.7	231.7	229.9	1916.6
Rijntakken	7072.6	6488.9	6078.8	5808.5	5611.1	5461.7	5315.1	5185.4	47022.1
01. Boven-Rijn	117.3	114.2	112.3	108.5	106.2	101.7	98.2	96.5	854.9
02. Waalbochten	141.2	132.8	128.8	122.2	121.1	117.9	115.7	114.3	993.9
03. Midden-Waal	1019.9	962.7	918.0	883.8	860.6	847.9	825.6	799.9	7118.4
04. Beneden-Waal	1172.1	1101.9	1052.3	1007.5	958.2	921.3	896.8	877.4	7987.4
05. Boven-Merwede	488.5	483.8	477.8	470.5	467.0	463.2	457.3	452.3	3760.4
06. Pannerdensch Kanaal	184.6	162.1	150.8	146.9	142.2	140.7	138.0	136.6	1202.0
07. Boven-Nederrijn	159.8	134.9	120.0	113.2	111.5	111.0	110.8	110.8	972.0
08. Midden-Nederrijn	364.8	310.0	280.8	272.4	271.6	271.4	271.3	271.3	2313.5
09. Afgedamde Maas	64.2	63.9	63.6	62.7	62.5	61.9	61.6	60.4	500.7
09. Beneden Nederrijn	660.5	554.0	492.8	471.5	464.6	461.6	458.2	455.7	4019.0
10. Lek	1761.6	1645.7	1548.9	1468.8	1399.3	1339.7	1288.5	1245.4	11697.9
11. Boven-IJssel	206.5	188.0	164.0	148.9	139.7	133.3	116.6	100.6	1197.6
12. Midden-IJssel	230.1	203.5	176.6	153.8	138.6	130.7	120.6	114.3	1268.2
13. Sallandse IJssel	423.7	361.7	329.3	319.6	312.6	307.6	306.1	303.8	2664.4
14. Beneden-IJssel (incl. Reevediep)	78.0	69.6	62.8	58.2	55.3	51.8	49.9	46.1	471.8
Grand Total	10469.4	9683.6	9096.8	8651.5	8311.9	8073.0	7110.8	6891.1	68288.1

Voor de IJVD is gerekend tot 50cm waterstandsverlaging (i.p.v. 70cm voor de Rijn en Maas) vanwege het niet realistische imago van dergelijk reducties in dit riviergebied. Verder is te zien dat voor dit extreme bereik het resultaat onnauwkeurigheden kent binnen de marges van de OKADER software. Als voorbeeld de Beneden IJssel waar de kosten in de laatste reductiestap iets oplopen.

Overzicht van de Contante waarden minus de Restwaarde (M€) tot 2300 (discontovoet 2,25%³).

Sum of ContanteWaarde - Restwaarde (M€)	Column Labels								
Row Labels	_Nul	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	70cm	Grand Total
IJsselVechtDelta	688.7	645.5	609.0	571.9	545.3	554.8			3615.1
14. Beneden-IJssel (incl. Reevediep)	298.8	286.8	278.3	269.9	264.6	295.0			1693.3
15. Overijsselse Vecht (Varsen - Vechterweerd)	56.0	44.0	33.3	27.3	24.7	22.0			207.4
16. Overijsselse Vecht (Vechterweerd - Zwarte Water)	74.5	70.6	63.3	50.9	42.1	32.9			334.4
17. Zwarte Water	259.5	244.0	234.1	223.7	213.9	204.9			1380.1
Maas	2045.6	1926.6	1832.1	1753.0	1685.2	1619.3	1545.7	1478.3	13885.8
01. Bovenmaas	41.9	38.1	34.5	31.9	30.5	28.1	27.6	27.4	259.8
02. Grensmaas	106.3	94.8	80.7	72.3	63.4	53.9	47.2	38.5	557.0
03. Plassenmaas	112.6	108.9	105.1	102.1	95.5	83.7	65.5	48.1	721.6
04. Peelhorstmaas	216.1	202.6	189.7	175.1	164.0	157.4	147.8	140.8	1393.6
05. Venloslenkmaas	291.4	262.5	236.3	223.2	216.1	208.9	196.8	186.9	1822.1
06. Bedijkte Maas	630.3	588.5	560.5	530.5	512.9	501.8	493.4	484.8	4302.7
07. Getijdenmaas	444.4	434.9	430.6	422.2	410.9	394.6	378.6	364.4	3280.6
08. Bergsche Maas	202.6	196.4	195.0	195.7	191.8	190.9	188.8	187.4	1548.6
Rijntakken	5936.9	5498.3	5229.3	5059.8	4937.4	4846.0	4749.6	4668.2	40925.5
01. Boven-Rijn	100.2	97.6	95.9	92.2	90.1	86.7	83.7	81.9	728.4
02. Waalbochten	123.3	116.9	114.4	109.4	109.1	107.1	105.8	104.9	891.1
03. Midden-Waal	875.9	832.3	803.2	786.2	772.1	763.6	746.7	729.1	6309.1
04. Beneden-Waal	977.1	922.7	887.6	858.3	829.0	809.4	795.1	783.9	6863.1
05. Boven-Merwede	375.7	372.1	367.6	361.7	359.5	356.9	352.8	350.1	2896.4
06. Pannerdensch Kanaal	163.3	147.6	140.7	138.4	134.8	133.9	131.8	130.8	1121.3
07. Boven-Nederrijn	139.9	122.2	114.2	110.4	109.7	109.5	109.4	109.4	924.7
08. Midden-Nederrijn	326.2	287.0	271.2	268.2	267.9	267.9	267.8	267.8	2224.1
09. Afgedamde Maas	48.4	48.2	47.9	47.3	47.1	46.7	46.5	45.5	377.5
09. Beneden Nederrijn	575.6	497.9	463.8	454.2	451.0	449.4	447.7	446.6	3786.2
10. Lek	1457.5	1367.0	1296.3	1240.9	1195.8	1159.8	1131.0	1108.3	9956.6
11. Boven-IJssel	164.1	149.0	131.2	121.0	114.7	110.2	96.4	84.3	971.0
12. Midden-IJssel	184.1	162.2	141.3	125.6	117.0	111.5	103.6	98.8	1044.1
13. Sallandse IJssel	362.2	318.8	301.7	296.7	292.4	289.0	288.1	286.3	2435.3
14. Beneden-IJssel (incl. Reevediep)	63.5	56.7	52.2	49.3	47.2	44.4	43.0	40.3	396.7
Grand Total	8671.2	8070.4	7670.4	7384.8	7167.8	7020.1	6295.3	6146.5	58426.5

Overzicht van de ratio versterkingsopgave t.o.v. het IRM gebied tot 2300 (maximaal 6 rondes)



³ Ten behoeve van een gevoeligheidsanalyse naar de discontovoet.

Gevoeligheidsanalyse "winst rivierverruiming"

In deze gevoeligheidsanalyse worden voor alle dijken meegenomen met de instelling 'levensduur'. Dus zowel dijkvakken waar de eerste dijkversterkingsronde voor dan wel na 2029 plaatsvindt.

Overzicht van de Contante waarden minus de Restwaarde (M€) tot 2300 (discontovoet 1,6%) – instelling levensduur.

Sum of ContanteWaarde - Restwaarde (M€)		Column Labels							
Row Labels	Nul	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	70cm	Grand Total
IJsselVechtDelta	900.2	850.6	809.1	763.7	697.7	633.6			4654.8
14. Beneden-IJssel (incl. Reevediep)	388.7	375.4	365.4	355.6	317.4	281.3			2083.9
15. Overijsselse Vecht (Varsen - Vechterweerd)	74.0	60.8	50.5	42.1	37.6	32.9			297.8
16. Overijsselse Vecht (Vechterweerd - Zwarte Water)	96.7	92.3	83.9	70.8	61.0	50.4			455.3
17. Zwarte Water	340.7	322.1	309.2	295.2	281.6	269.0			1817.8
Maas	2496.7	2344.2	2212.9	2085.9	1983.2	1892.8	1795.7	1705.7	16517.0
01. Bovenmaas	50.0	45.0	39.8	35.3	32.4	29.2	28.3	27.8	287.8
02. Grensmaas	135.2	120.5	101.7	89.2	77.2	64.9	55.2	43.1	687.1
03. Plassenmaas	139.6	135.0	130.2	126.2	118.4	105.2	85.0	64.9	904.6
04. Peelhorstmaas	247.9	231.8	214.6	195.1	179.1	168.4	155.1	145.6	1537.5
05. Venloslenkmaas	351.1	315.3	279.4	256.7	243.5	232.9	218.0	205.5	2102.4
06. Bedijkte Maas	764.6	709.6	667.1	614.0	582.3	564.5	550.6	538.2	4991.0
07. Getijdenmaas	553.8	542.5	537.6	527.3	513.3	493.0	471.9	450.6	4090.0
08. Bergsche Maas	254.5	244.5	242.5	242.0	236.8	234.7	231.7	229.9	1916.6
Rijntakken	7072.6	6488.9	6078.4	5808.5	5611.1	5461.7	5314.3	5184.8	47020.2
01. Boven-Rijn	117.3	114.2	112.3	108.5	106.2	101.7	98.2	96.5	854.9
02. Waalbochten	141.2	132.8	128.8	122.2	121.1	117.9	115.7	114.3	993.9
03. Midden-Waal	1019.9	962.7	918.0	883.8	860.6	847.9	825.6	799.9	7118.4
04. Beneden-Waal	1172.1	1101.9	1052.3	1007.5	958.2	921.3	896.8	877.4	7987.4
05. Boven-Merwede	488.5	483.8	477.8	470.5	467.0	463.2	457.3	452.3	3760.4
06. Pannerdensch Kanaal	184.6	162.1	150.8	146.9	142.2	140.7	138.0	136.6	1202.0
07. Boven-Nederrijn	159.8	134.9	120.0	113.2	111.5	111.0	110.8	110.8	972.0
08. Midden-Nederrijn	364.8	310.0	280.8	272.4	271.6	271.4	271.3	271.3	2313.5
09. Afgedamde Maas	64.2	63.9	63.6	62.7	62.5	61.9	61.6	60.4	500.7
09. Beneden Nederrijn	660.5	554.0	492.8	471.5	464.6	461.6	458.2	455.7	4019.0
10. Lek	1761.6	1645.7	1548.9	1468.8	1399.3	1339.7	1288.5	1245.4	11697.9
11. Boven-IJssel	206.5	188.0	164.0	148.9	139.7	133.3	116.6	100.6	1197.6
12. Midden-IJssel	230.1	203.5	176.6	153.8	138.6	130.7	120.6	114.3	1268.2
13. Sallandse IJssel	423.7	361.7	329.3	319.6	312.6	307.6	306.1	303.8	2664.4
14. Beneden-IJssel (incl. Reevediep)	78.0	69.6	62.4	58.2	55.3	51.8	49.0	45.5	469.9
Grand Total	10469.4	9683.6	9100.4	8658.0	8292.0	7988.1	7110.0	6890.4	68192.0

Overzicht van de Contante waarden minus de Restwaarde (M€) tot 2300 (discontovoet 2,25%) – instelling levensduur.

Sum of ContanteWaarde - Restwaarde (M€)		Column Labels								
Row Labels	Nul	10cm	20cm	30cm	40cm	50cm	60cm	70cm	Grand Total	
IJsselVechtDelta	688.7	645.5	611.4	575.3	526.2	479.9			3527.0	
14. Beneden-IJssel (incl. Reevediep)	298.8	286.8	278.3	269.9	241.5	215.9			1591.1	
15. Overijsselse Vecht (Varsen - Vechterweerd)	56.0	44.0	35.6	29.7	26.9	23.7			216.0	
16. Overijsselse Vecht (Vechterweerd - Zwarte Water)	74.5	70.6	63.3	52.0	43.9	35.5			339.8	
17. Zwarte Water	259.5	244.0	234.1	223.7	213.9	204.9			1380.1	
Maas	2045.6	1926.6	1832.1	1753.0	1685.2	1619.3	1545.7	1478.3	13885.8	
01. Bovenmaas	41.9	38.1	34.5	31.9	30.5	28.1	27.6	27.4	259.8	
02. Grensmaas	106.3	94.8	80.7	72.3	63.4	53.9	47.2	38.5	557.0	
03. Plassenmaas	112.6	108.9	105.1	102.1	95.5	83.7	65.5	48.1	721.6	
04. Peelhorstmaas	216.1	202.6	189.7	175.1	164.0	157.4	147.8	140.8	1393.6	
05. Venloslenmaas	291.4	262.5	236.3	223.2	216.1	208.9	196.8	186.9	1822.1	
06. Bedijkte Maas	630.3	588.5	560.5	530.5	512.9	501.8	493.4	484.8	4302.7	
07. Getijdenmaas	444.4	434.9	430.6	422.2	410.9	394.6	378.6	364.4	3280.6	
08. Bergsche Maas	202.6	196.4	195.0	195.7	191.8	190.9	188.8	187.4	1548.6	
Rijntakken	5936.9	5498.3	5229.2	5059.8	4937.4	4846.0	4749.2	4668.0	40924.9	
01. Boven-Rijn	100.2	97.6	95.9	92.2	90.1	86.7	83.7	81.9	728.4	
02. Waalbochten	123.3	116.9	114.4	109.4	109.1	107.1	105.8	104.9	891.1	
03. Midden-Waal	875.9	832.3	803.2	786.2	772.1	763.6	746.7	729.1	6309.1	
04. Beneden-Waal	977.1	922.7	887.6	858.3	829.0	809.4	795.1	783.9	6863.1	
05. Boven-Merwede	375.7	372.1	367.6	361.7	359.5	356.9	352.8	350.1	2896.4	
06. Pannerdensch Kanaal	163.3	147.6	140.7	138.4	134.8	133.9	131.8	130.8	1121.3	
07. Boven-Nederrijn	139.9	122.2	114.2	110.4	109.7	109.5	109.4	109.4	924.7	
08. Midden-Nederrijn	326.2	287.0	271.2	268.2	267.9	267.9	267.8	267.8	2224.1	
09. Afgedamde Maas	48.4	48.2	47.9	47.3	47.1	46.7	46.5	45.5	377.5	
09. Beneden Nederrijn	575.6	497.9	463.8	454.2	451.0	449.4	447.7	446.6	3786.2	
10. Lek	1457.5	1367.0	1296.3	1240.9	1195.8	1159.8	1131.0	1108.3	9956.6	
11. Boven-IJssel	164.1	149.0	131.2	121.0	114.7	110.2	96.4	84.3	971.0	
12. Midden-IJssel	184.1	162.2	141.3	125.6	117.0	111.5	103.6	98.8	1044.1	
13. Sallandse IJssel	362.2	318.8	301.7	296.7	292.4	289.0	288.1	286.3	2435.3	
14. Beneden-IJssel (incl. Reevediep)	63.5	56.7	52.1	49.3	47.2	44.4	42.7	40.1	396.0	
Grand Total	8671.2	8070.4	7672.7	7388.2	7148.8	6945.2	6295.0	6146.3	58337.7	

Referenties

Asselman, N., J. de Jong, M. Mens, P. de Grave, B. Maas, M. Maarse (2022a). Uitgangspunten effectbepaling nulalternatief IRM. Deltares rapport 11208036-004-ZWS-0004

Asselman, N., J. de Jong, M. Mens, M. Maarse, B. Maas, P. de Grave (2022b). Effectbepaling nulalternatief IRM. Deltares rapport 11208036-004-ZWS-0002

A Lijst met uitgangspunten OKADER uit Asselman 2022a

1.1 Inleiding

Voor waterveiligheid wordt gebruik gemaakt van de waterstanden die zijn berekend met D-HYDRO. Ze vormen de belangrijkste invoer voor OKADER. Met het rekenmodel OKADER kan bij een gegeven hydraulisch scenario per gedefinieerd dijkvak het **verloop van de dijkversterkingsopgave in de tijd** bepaald worden. Hierbij worden mogelijke **dijkversterkingsmaatregelen** in kaart gebracht die kunnen worden ingepast in de omgeving en worden de **bijbehorende kosten** geraamd.

Door RWS wordt een versie van OKADER (versie 2021.1) ter beschikking gesteld waarin ten behoeve van IRM de meeste gegevens reeds beschikbaar zijn gemaakt. In de volgende paragrafen wordt hierop nader ingegaan.

Binnen OKADER wordt voor verschillende peiljaren de hydraulische belasting (waterstands-statistiek aan de teen van de dijk) opgegeven om daarmee een veranderend regime in de tijd te simuleren. Door de waterkeringen in een traject in een jaarlijkse cyclus te toetsen aan de norm, wordt bepaald wanneer ieder dijkvak versterkt dient te worden en hoe groot dan de versterkingsopgave is in termen van kruinverhoging, en toename van de dijkbasis ten aanzien van macrostabiliteit en piping.

1.2 Algemene uitgangspunten

- In OKADER zijn de Rijntakken en de Maas geschematiseerd, inclusief de IJssel- en Vechtdelta. Benedengrens van de schematisatie ligt op de lijn Krimpen aan de Lek/Werkendam/Geertruidenberg.
- De vakindeling is gebaseerd op vakindeling VNK, met vaklengtes in de orde van <1 km.
- Binnen IRM wordt rekening gehouden met het beschrijven van de situatie in het zichtjaar 2050. Voor de kansrijke alternatieven wordt een doorkijk naar 2100 gegeven. Binnen OKADER wordt in de beoordelings- en ontwerpcyclus gewerkt met een tijdstap van een jaar.
- Dijkvakken worden iedere tijdstap getoetst aan de overstromingskansnormen (ondergrens) die wettelijk vastgesteld zijn per normtraject. Deze normen worden volgens de OI2014v4 rekenregels verder toegedeeld aan dijkdoorsnedes en faalmechanismen. Hierbij wordt de standaard faalkansboekhouding gebruikt (24% overloop/overslag, 24% opdrijven en piping en 4% macrostabiliteit) en factoren voor het bepalen van het lengte-effect.
- Bodemdaling zorgt voor een jaarlijkse zakking van de dijk kruin, en heeft daarmee een effect op de benodigde versterkingen. Gegevens omtrent bodemdaling en zetting worden ontleend aan het Deltaprogramma Rivieren en Rijnmond-Drechtsteden.

1.3 Hydraulische belasting

- Tijdens het nulalternatief wordt er gewerkt met QTQH-relaties die bepaald worden aan de hand van de hydraulische berekeningen (zie H.3).
- OKADER v2021.1 is voor IRM geschikt gemaakt om ook in het overgangsgebied (afvoer-/windgedomineerd) te kunnen werken. Hiertoe wordt gewerkt met HT-relaties (waterstandsstatistiek) aan de teen van de dijk uit Hydra (bv. Hydra-NL v2.7 ontwerpmodus). De hydraulische belasting wordt per dijkvak opgegeven voor drie zichtjaren. In het geval van het nulalternatief zijn dat 2018, 2050 en 2100, om daarmee het verloop in de tijd weer te geven.
- Modelonzekerheden en statistische onzekerheden kunnen worden meegenomen in de HT-relaties en hoeven in dat geval niet handmatig toegevoegd te worden.

1.4 Dijksterkte

- Voor de dijken in het rivierengebied zijn drie faalmechanismen relevant bij het bepalen van de dimensies van de keringen en de dijkversterkingskosten, overloop/overslag (of graserosie kruin en binnentalud, GEKB), macrostabiliteit en piping.
- Sterkte eigenschappen van de dijken zijn vastgelegd in zogenaamde fragility curves, welke het verband beschrijven tussen de waterstand en de faalkans van de dijk ten aanzien van een bepaald faalmechanisme.
- **De fragility curves voor GEKB zijn berekend met de zogenaamde 'Fragility Curve Creator'** (Kolen, 2019) op basis van de rekenmodule Hydra-NL (v2.7). Hierbij is uitgegaan van de actuele kruinhoogte (AHN3), de oriëntatie van de dijk normaal, een standaard buitentaludhelling van 1:3 en een kritiek overslagdebiet⁴.
- Over het algemeen is gewerkt met een kritiek overslagdebiet van 5 l/m/s. Op bepaalde plekken (bijvoorbeeld bij veel lintbebouwing of waterkeringen die bestaan uit gras op zand) is hiervan afgeweken in overleg met het waterschap en is gewerkt met 1 l/m/s. De Ramspoldijk (verbindende waterkering) is aangeduid als overstroombaar, hierbij is uitgegaan van 25 l/m/s¹.
- Bij het afleiden van de fragility curves voor macrostabiliteit en piping is gebruik gemaakt van algemene typologieën op basis van de fysieke kenmerken van waterkeringen. Alle waterkeringen (dijkvakken) die in OKADER zijn opgenomen zijn door de keringbeheerder toebedeeld aan één van deze klassen¹.
- De typologieën voor het mechanisme piping zijn gebaseerd op de ervaringen met het toepassen van de Sellmeijerregel en de kalibratiestudies binnen het WBI. In de fragility curves voor piping zijn voorlanden meegenomen.
- Bij het afleiden van de typologieën voor macrostabiliteit is de sterkte beschreven door ongedraineerd rekenen met behulp van het CSSM model.

1.5 Dijkversterking en kosten

- Dijken worden in OKADER standaard ontworpen met een levensduur van 50 jaar.
- In de analyses is aangenomen dat dijken in geval van een dijkversterking op hun huidige locaties blijven liggen. Wanneer gewerkt wordt met rivierverruimingsmaatregelen, dijkverleggingen, e.d. dienen de betreffende vakken uit de OKADER analyses verwijderd te worden, en dienen handmatig kosten toegevoegd te worden voor de betreffende maatregel.
- Binnen IRM is afgesproken dat voor alle dijkversterkingstrajecten waarvan in 2021 de verkenning is afgerond, wordt verondersteld dat deze zijn versterkt (en in 2050 voldoen aan de normen). Deze dijkvakken spelen in het programma IRM dus geen rol in de vermeden dijkversterkingskosten tot 2050 omdat in het ontwerp een langere levensduur is voorzien. De vakken dienen handmatig uit de schematisaties in OKADER gehaald te worden, of achteraf uit de rekenresultaten te worden gefilterd. In de doorkijk naar 2100 zou het wel kunnen dat de vakken (na 2075) nog een keer versterkt dienen te worden.
- Omdat niet alle dijken in Nederland tegelijkertijd versterkt kunnen worden, kan binnen **OKADER een uitvoeringsplanning worden opgegeven (dijk niet versterken vóór...)**. Hiertoe is een bestand met prioritering beschikbaar in OKADER die is ingeschat door de waterschappen.
- De kostendatabases die beschikbaar zijn binnen OKADER zijn opgesteld met het rekenmodel KOSWAT en zijn onderbouwd met de SSK systematiek (standaard systematiek voor kostenramingen in de GWW sector).
- Investeringskosten in de KOSWAT databases hebben een prijspeil 2013 en kunnen indien gewenst in OKADER geïndexeerd worden naar 2021. Dit zijn totale investeringskosten inclusief BTW.
- In de raming wordt ervan uitgegaan dat bestaande bebouwing, spoorwegen en grote waterlichamen harde grenzen stellen aan de beschikbare ruimte voor grondmaatregelen. Constructieve maatregelen worden ingezet zodra er niet voldoende ruimte beschikbaar is. Dit betekent dat bebouwing niet wordt gesloopt.
- Er wordt alleen gerekend met binnendijkse oplossingen.

⁴ Zie voor meer details de rapportage *HKV, 2021. Actualisatie OKADER voor toepassing bij de IRM-MER*.

- Bestaande weginfrastructuur in de invloedzone van de maatregel wordt vervangen. Wanneer een weg op de kruin aanwezig is, en de dijk hoeft niet verhoogd te worden, zal dit deel van de infrastructuur worden hersteld in plaats van vervangen. Hiervoor worden de kosten berekend.
- De kosten voor dijkbekleding en kunstwerken worden in de analyses niet meegenomen.
- Volgens het standaard rekenrecept⁵ bij de toepassing van OKADER dienen innovatieve pipingmaatregelen meegenomen te worden, indien voor de dijken die in het invloedsgedebied van de rivierverruimingsmaatregel liggen, het de verwachting is dat innovatieve pipingmaatregelen grootschalig zullen worden toegepast. In grootschalige analyses kan dit voor het hele riviereengebied worden verondersteld. Eveneens dienen de damwanddieptes tot een in de praktijk realistische waarde te worden beperkt, als daar op basis van expert judgement of beschikbare dijkontwerpen aanleiding voor is. In praktijk wordt hier gewerkt met 15m voor de Rijntakken en 10m voor de Maas.
- Kosten van dijkversterking worden veelal uitgedrukt in Netto Contante Waarde, teruggerekend naar een peiljaar van bijvoorbeeld 2025. Hierbij dient een discontovoet gehanteerd te worden van 1,6% (met een bandbreedte voor gevoeligheidsanalyses tussen de 1,2 en 2%)⁶. De NCW dient gecorrigeerd te worden voor de restwaarde van de dijkversterkingen aan het eind van de looptijd van de analyse. De restlevensduur wordt bepaald als percentage van de totale levensduur van 50 jaar.

1.6 Aanpassing in OKADER v2021.1 broncode

Ten behoeve van de hydraulische modelresultaten die voor IRM gegenereerd zijn, bleek het nodig te zijn om in de broncode de volgende parameter aan te passen.

Rekenhart1.m -> Regel 98:

```
invoer.rep_2 = 1; % reparatie QH relaties in tijd uitvoeren? 0 = nee, 1=ja
```



```
invoer.rep_2 = 0; % reparatie QH relaties in tijd uitvoeren? 0 = nee, 1=ja
```

Met deze aanpassing wordt er voor gezorgd dat op de locaties waar de waterstand daalt t.o.v. de situatie in 2018 ook gerekend kan worden met lagere waterstanden. Met de standaard OKADER configuratie wordt voorkomen dat waterstanden door de tijd kunnen verlagen bij eenzelfde afvoer.

⁵ Zie RWS, synthesesdocument OKADER, v1.1, 25 oktober 2019

⁶ Zie <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/11/10/rapport-werkgroep-discontovoet-2020>

B Onvolledige berekening restwaarde

Onvolledige berekening van restwaarde in Okader

Jarl Kind

23 augustus 2022 v2.

In IRM worden met Okader besparingen in dijkversterkingskosten berekend, die het gevolg zijn van waterstandsverlagende maatregelen (zoals rivierverruiming). De besparingen van dijkversterkingskosten worden als baten van rivierverruiming opgevoerd. De besparingen kunnen **het gevolg zijn van minder grote dijkversterkingen (optie "dimensies") of een langere levensduur van de dijkversterkingen (optie "levensduur")**. De besparingen op de dijkkosten worden uitgedrukt als verschillen in de contante waarden van de dijkversterkingskosten minus de restwaarde. Okader gaat uit van een bepaalde duur tot waar de investeringen worden bepaald, bijv. het jaar 2100. Onderstaande tekst (uit Van der Meij et al., 2016) legt uit hoe de restwaarde in Okader op dit moment wordt berekend.

2.5.2 Restwaarden van versterkingskosten

De analyse is uitgevoerd voor de periode 2025-2100. Investeringskosten die aan het eind van deze periode worden gedaan (bijvoorbeeld in 2095), hebben in 2100 nog een bepaalde restwaarde. Deze restwaarde is per vak bepaald op basis van de kosten van de laatste versterking en de tijd tussen de laatste versterking en het einde van de analyseperiode (2100).

De restlevensduur na 2100 is bepaald als percentage van de totale levensduur van 50 jaar. Dit percentage is vermenigvuldigd met de versterkingskosten van de laatste versterking om de restwaarde voor een dijkvak (de waarde van de dijkversterking buiten de analyseperiode) te bepalen. In formulevorm is dit:

$$Restwaarde_i = klv_i \cdot \left(\frac{50 - (2100 - jlv_i)}{50} \right)$$

Hierin is

Restwaarde _i	restwaarde voor vak i;
klv _i	kosten laatste versterking voor vak i;
jlv _i	jaar van uitvoering laatste versterking voor vak i;

De restwaarde is meegenomen als een 'negatieve investering' in 2100. De totale versterkingskosten inclusief de restwaarde is gelijk aan de totale versterkingskosten verminderd met de restwaarde in 2100:

Bron: Van der Meij et al., 2016

Ik ga er vanuit dat dit ook op deze wijze in Okader is geïmplementeerd. De eerste berekeningen voor IRM wijzen er op dat er bij een analyseperiode tot 2100 geen restwaardeberekeningen gedaan worden van investeringen die voor 2050 gedaan worden. Dat lijkt in eerste instantie ook logisch door de vaste levensduur van 50 jaar: bij een eerste investering voor 2050 verwacht men ook een tweede investering voor 2100, inclusief een eventuele restwaardeberekening van die tweede investering. Maar door rivierverruiming kan het zo zijn dat de tweede investering tussen 2050 en 2100 niet nodig is. Dat betekent dat de levensduur van de eerste investering voor 2050 wordt verlengd waardoor deze tussen 2050 en 2100, en mogelijk ook na 2100 nog (rest)waarde heeft. De restwaarde van de eerste investering voor 2050 wordt in Okader niet berekend, maar kan wel aanzienlijk zijn.

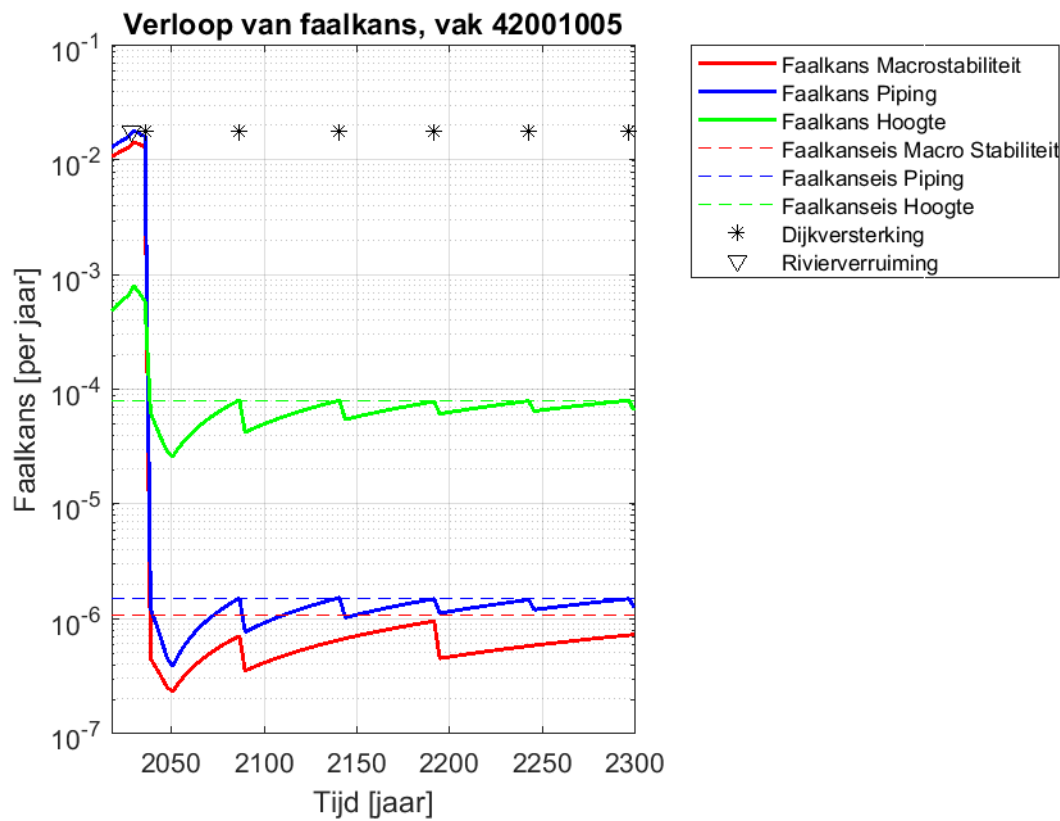
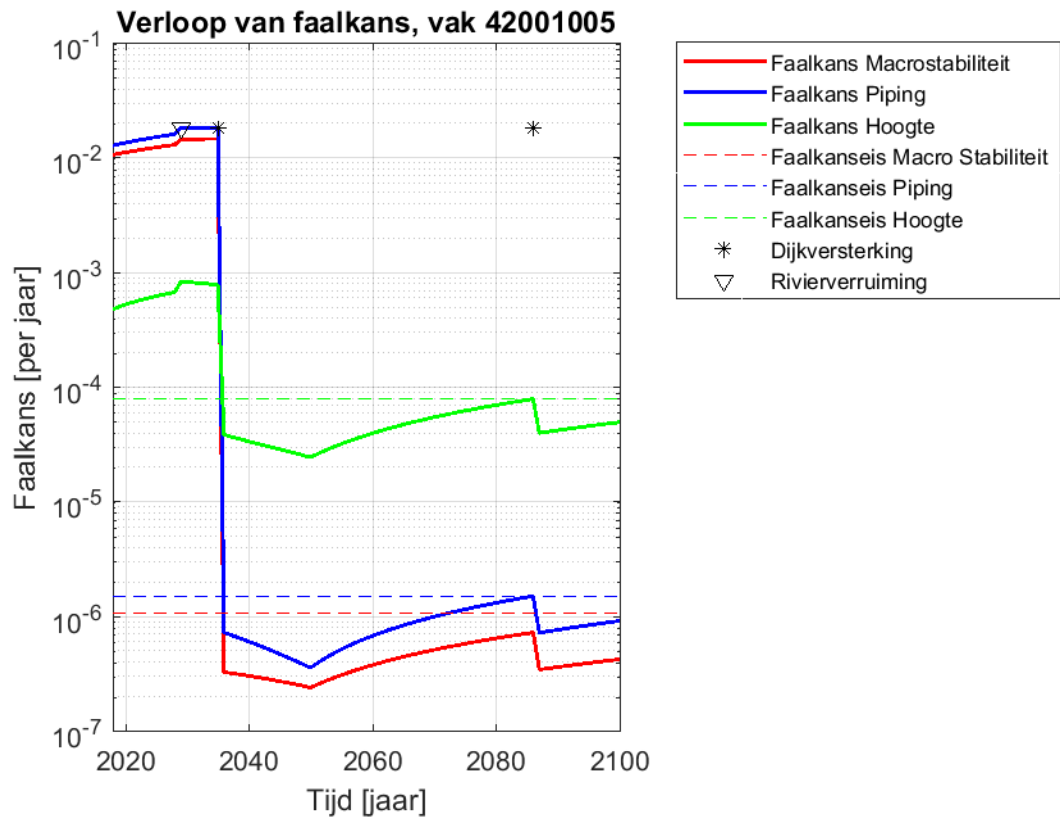
Deze situatie doet zich dus voor bij “levensduurverlenging”. In IRM berekeningen met Okader voor de Bovenmaas, waar de eerste investering in 2025 plaatsvindt, levert rivierverruiming tot 20 cm nog baten op, omdat de 2e investering eerst wordt uitgesteld (bij 10 cm verlaging van de waterstanden) respectievelijk wordt afgesteld (verlaging van 20 cm en meer). Verruiming van meer dan 20 cm levert volgens deze berekening geen enkele extra baat meer op, omdat de restwaardeberekening van de eerste investering in 2025 momenteel in Okader ontbreekt. Door het verlagen van de discontovoet van 4,5% naar 1,8% tikt deze onvolledigheid veel harder door in de berekeningen dan voorheen. **Bij een discontovoet van 4,5% is een restwaarde van € 100 miljoen in 2100 gelijk aan een contante waarde in 2025 van slechts € 3,7 miljoen. Bij een discontovoet van 1,6% is een restwaarde van € 100 miljoen in 2100 gelijk aan een contante waarde in 2025 van maar liefst € 30,4 miljoen. Dat is bijna 10 x zo veel.**

Het corrigeren van de restwaardeberekening in Okader zal leiden tot hogere baten van maatregelen die genomen kunnen worden om de waterstanden te verlagen. Dit speelt mogelijk niet alleen binnen IRM, maar ook bij andere projecten zoals KPP ZSS.

C Gevoeligheidsanalyse Tijdstap OKADER

Som (dimensies)	Totale contante waarde
40cm_tstap 1j	315.8 miljoen
40cm_tstap 2j	311.5 miljoen
40cm_tstap 3j	313.0 miljoen
40cm_tstap 4j	303.3 miljoen
40cm_tstap 5j	302.9 miljoen
IRM gebied Sallandse IJssel (tot 2300).	

D Faalkansverloop OKADER uitvoer (2100 versus 2300)



Bijlage I: Schade in relatie tot hoogwaterstanden

De hoger toekomstige afvoeren worden in IRM in het nulalternatief geacommodeerd door middel van dijkversterking en in de 3 beleidsalternatieven geheel of gedeeltelijk door middel van rivierverruimende maatregelen. Bij een gegeven overstromingskansnorm zijn daardoor de hoogwaterstanden in het nulalternatief hoger dan die in de beleidsalternatieven. Bij een overstroming zijn in het nulalternatief daardoor de schades ook groter dan bij de beleidsalternatieven. In deze bijlage gaan we na, hoeveel groter dat is.

Hiervoor zijn de volgende stappen doorlopen:

- per IRM traject is nagegaan welke zgn. normtrajecten (de dijkstrekkingen waarvoor in de Waterwet een norm is bepaald) hieraan liggen;⁶¹
- indien één normtraject aan meer dan één IRM traject ligt, dan is het 'gewicht' waarmee deze meetelt per IRM traject bepaald aan de hand van de lengte van het normtraject dat in het betreffende IRM traject ligt, ten opzichte van de totale lengte van het normtraject;
- de schades bij overstromen per normtraject, met als peiljaar 2050, zijn overgenomen uit het Deltaprogramma Veiligheid (DPV; zie Slootjes en Wagenaar, 2016). Deze waarden zijn in prijspeil 2011; een correctie naar het prijspeil 2021 dat gehanteerd wordt in de KKBA IRM, vindt later plaats;
- voor de overstromingskans per normtraject is uitgegaan van de signaleringswaarde uit DPV;
- in het rapport over gevolgen van een overstroming ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw van De Bruijn en van der Doef (2011) is een inschatting gemaakt van een factor waarmee de schade toeneemt als een overstroming plaatsvindt met 1 meter hogere waterstanden. Deze factor is overgenomen uit dit rapport. Voor de kleine dijkkringen langs de Maas die niet in De Bruijn en Van der Doef zijn opgenomen, is een gemiddelde waarde voor de Maas uit het rapport van De Bruijn en Van der Doef (2011) gebruikt;
- per IRM traject is de toename in verwachte schade in 2050 berekend wanneer in 2050 de waterstanden met 1 meter zouden zijn gestegen. Bijvoorbeeld, op R1-Boven-Rijn is dat € 432.000,- per jaar (prijspeil 2011) (zie Tabel I-1); en
- in het rekensheet voor de KKBA IRM worden de uiteindelijke verschillen in verwachte schades berekend over de gehele analyseperiode, rekening houdend met de fasering van de maatregelen, economische groei en discontering. De toename van de schade bij lagere waterstandsverhogingen dan 1 meter worden proportioneel verondersteld aan die bij 1 meter.

⁶¹ Bron: OKADER oplevering voor het nulalternatief door Deltares.

Tabel I-1: Toename van de schade bij 1 meter hogere waterstanden, per IRM traject

IRM Traject	Norm-trajecten	Gewicht	Schade 2050 (M€, pp 2011)	Signaleringswaarde (jaar)	Factor 1 m.	Risico x factor x gewicht (M€/jaar, pp 2011)
Boven-Rijn	42-1	0.14	9400	10000	0.2	0.027
Boven-Rijn	48-1	0.45	39000	30000	0.7	0.405
R1. Boven-Rijn						0.432
Waalbochten	42-1	0.53	9400	10000	0.2	0.099
Waalbochten	43-4	0.26	77000	30000	0.2	0.133
R2. Waalbochten						0.232
Midden-Waal	41-1	1.00	66000	30000	0.1	0.220
Midden-Waal	41-2	0.88	61000	10000	0.1	0.536
Midden-Waal	42-1	0.33	9400	10000	0.2	0.063
Midden-Waal	43-1	0.10	28000	30000	0.2	0.018
Midden-Waal	43-4	0.74	77000	30000	0.2	0.380
Midden-Waal	43-5	1.00	46000	30000	0.2	0.307
Midden-Waal	43-6	0.12	45000	30000	0.2	0.035
R3. Midden-Waal						1.559
Beneden-Waal	16-1	1.00	107000	100000	0.2	0.214
Beneden-Waal	24-3	0.62	18000	10000	0.2	0.224
Beneden-Waal	38-1	0.98	35000	30000	0.1	0.114
Beneden-Waal	40-1	1.00	14000	30000	0.4	0.187
Beneden-Waal	41-2	0.12	61000	10000	0.1	0.074
Beneden-Waal	43-6	0.88	45000	30000	0.2	0.265
R4. Beneden-Waal						1.077
Boven Merwede	24-3	1.00	18000	10000	0.2	0.360
Boven Merwede	16-1	1.00	107000	100000	0.2	0.214
R5. Boven Merwede						0.574
Pannerdensch Kanaal	43-3	0.34	64000	30000	0.2	0.147
Pannerdensch Kanaal	48-1	0.45	39000	30000	0.7	0.413
R6. Pannerdensch Kanaal						0.560
Boven Nederrijn	43-3	0.54	64000	30000	0.2	0.232
Boven Nederrijn	47-1	0.45	11400	3000	0.2	0.344
R7. Boven Nederrijn						0.577
Midden-Nederrijn	43-2	0.79	34000	10000	0.2	0.534
Midden-Nederrijn	43-3	0.11	64000	30000	0.2	0.047
Midden-Nederrijn	44-1	0.13	110000	30000	0.1	0.048
Midden-Nederrijn	45-1	1.00	56000	100000	0.1	0.056

IRM Traject	Norm- trajecten	Gewicht	Schade 2050 (M€, pp 2011)	Signalerings- waarde (jaar)	Facto r 1 m.	Risico x factor x gewicht (M€/jaar, pp 2011)
R8. Midden-Nederrijn						0.686
Beneden Nederrijn	16-4	0.24	66000	30000	0.2	0.106
Beneden Nederrijn	43-1	0.90	28000	30000	0.2	0.169
Beneden Nederrijn	43-2	0.21	34000	10000	0.2	0.146
Beneden Nederrijn	44-1	0.75	110000	30000	0.1	0.273
R9. Beneden Nederrijn						0.694
Lek	15-1	1.00	90000	30000	0.3	0.900
Lek	15-2	1.00	60000	10000	0.3	1.800
Lek	16-2	1.00	56000	30000	0.2	0.373
Lek	16-3	1.00	65000	30000	0.2	0.433
Lek	16-4	0.76	66000	30000	0.2	0.334
Lek	44-1	0.12	110000	30000	0.1	0.045
R10. Lek						3.885
Boven IJssel	47-1	0.55	11400	3000	0.2	0.416
Boven IJssel	48-1	0.10	39000	30000	0.7	0.092
Boven IJssel	48-2	1.00	18000	10000	0.1	0.180
Boven IJssel	48-3	1.00	5700	10000	0.1	0.057
Boven IJssel	49-1	1.00	21	300	0.1	0.007
Boven IJssel	49-2	0.55	12000	10000	0.1	0.067
R11. Boven IJssel						0.818
Midden-IJssel	49-2	0.45	12000	10000	0.1	0.053
Midden-IJssel	50-1	1.00	10000	30000	0.2	0.067
Midden-IJssel	50-2	1.00	2000	3000	0.2	0.133
Midden-IJssel	51-1	1.00	760	1000	0.8	0.608
Midden-IJssel	52-1	1.00	4800	3000	0.2	0.320
Midden-IJssel	52-2	0.37	3200	3000	0.2	0.080
Midden-IJssel	53-1	0.65	11500	3000	0.2	0.500
R12. Midden-IJssel						1.761
Sallandse IJssel	11-1	0.30	4800	3000	0.2	0.095
Sallandse IJssel	52-2	0.63	3200	3000	0.2	0.134
Sallandse IJssel	52-4	1.00	870	3000	0.2	0.058
Sallandse IJssel	52a-1	1.00	310	3000	0.2	0.021
Sallandse IJssel	53-1	0.35	11500	3000	0.2	0.266
Sallandse IJssel	53-2	0.96	34000	10000	0.2	0.655
R13. Sallandse IJssel						1.229
Beneden-IJssel	10-1	0.11	4900	3000	0.2	0.036
Beneden-IJssel	10-2	0.89	1200	3000	0.2	0.071
Beneden-IJssel	10-3	1.00	11400	10000	0.2	0.228
Beneden-IJssel	11-1	0.70	4800	3000	0.2	0.225

IRM Traject	Norm- trajecten	Gewicht	Schade 2050 (M€, pp 2011)	Signalerings- waarde (jaar)	Facto r 1 m.	Risico x factor x gewicht (M€/jaar, pp 2011)
Beneden-IJssel	11-2	1.00	3900	3000	0.2	0.260
Beneden-IJssel	53-2	0.04	34000	10000	0.2	0.025
R14. Beneden-IJssel						0.845
Vecht	53-3	0.34	13000	10000	0.2	0.089
Vecht	9-1	0.34	3300	1000	1.5	1.680
R15: Overijsselse Vecht (Varsen - stuw Vechterweerd)						1.769
Vecht	53-3	0.34	13000	10000	0.2	0.089
Vecht	9-1	0.34	3300	1000	1.5	1.680
R16: Overijsselse Vecht (stuw Vechterweerd – Zwarte Water)						1.769
Zwarte Water	10-1	0.89	4900	3000	0.2	0.291
Zwarte Water	10-2	0.11	1200	3000	0.2	0.009
Zwarte Water	53-3	0.31	13000	10000	0.2	0.082
Zwarte Water	9-1	0.32	3300	1000	1.5	1.590
Zwarte Water	9-2	1.00	1300	3000	1.5	0.650
R17. Zwarte Water						2.621
TOTAAL RIJNTAKKEN						21.088
Bovenmaas	88-1	1	50	300	0.6	0.100
Bovenmaas	89-1	1	6	300	0.6	0.012
Bovenmaas	90-1	1	2800	3000	0.6	0.560
Bovenmaas	91-1	1	270	300	0.6	0.540
Bovenmaas	92-1	1	310	300	0.6	0.620
Bovenmaas	93-1	1	380	300	0.6	0.760
Bovenmaas	94-1	1	18	300	0.6	0.036
Bovenmaas	95-1	1	2	300	0.6	0.004
M1. Bovenmaas						2.632
Grensmaas	80-1	1	31	300	0.6	0.062
Grensmaas	81-1	1	360	300	0.6	0.720
Grensmaas	82-1	1	7	300	0.6	0.014
Grensmaas	83-1 & 84-1	1	1110	300	0.6	2.220
Grensmaas	85-1	1	19	300	0.6	0.038
Grensmaas	86-1	1	26	300	0.4	0.035
Grensmaas	87-1	1	500	1000	0.4	0.200
M2. Grensmaas						3.289
PlassenMaas	75-1	1	151	300	0.6	0.302
PlassenMaas	76-1	1	195	300	0.6	0.390
PlassenMaas	76-2	1	49	300	0.6	0.098
PlassenMaas	76a-1	1	96	300	0.6	0.192
PlassenMaas	78-1	1	180	300	0.6	0.360

IRM Traject	Norm- trajecten	Gewicht	Schade 2050 (M€, pp 2011)	Signalerings- waarde (jaar)	Facto r 1 m.	Risico x factor x gewicht (M€/jaar, pp 2011)
PlassenMaas	78a-1	1	0	300	0.6	-
PlassenMaas	79-1	1	167	300	0.6	0.334
M3. Plassenmaas						1.676
Peelhorstmaas	65-1	1	430	300	0.7	1.003
Peelhorstmaas	66-1	1	15	300	0.6	0.030
Peelhorstmaas	67-1	1	34	300	0.6	0.068
Peelhorstmaas	68-1	1	1300	1000	1	1.300
Peelhorstmaas	68-2	1	230	300	0.6	0.460
Peelhorstmaas	69-1	1	1160	1000	0.6	0.696
Peelhorstmaas	70-1	1	340	300	0.6	0.680
Peelhorstmaas	71-1	1	7	300	0.6	0.014
Peelhorstmaas	72-1	1	1	300	0.6	0.002
Peelhorstmaas	73-1	1	21	300	0.6	0.042
Peelhorstmaas	74-1	1	71	300	0.6	0.142
M4. Peelhorstmaas						4.437
Venloslenkmaas	36-1	1.00	10300	10000	0.4	0.412
Venloslenkmaas	54-1	1	1530	1000	0.6	0.918
Venloslenkmaas	55-1	1	1090	1000	0.6	0.654
Venloslenkmaas	56-1	1	185	300	0.6	0.370
Venloslenkmaas	57-1	1	49	300	0.6	0.098
Venloslenkmaas	58-1	1	6	300	0.6	0.012
Venloslenkmaas	59-1	1	130	300	0.6	0.260
Venloslenkmaas	60-1	1	172	300	0.6	0.344
Venloslenkmaas	61-1 & 62-1	1	410	300	0.6	0.820
Venloslenkmaas	63-1	1	224	300	0.6	0.448
Venloslenkmaas	64-1	1	118	300	0.6	0.236
M5. Venloslenkmaas						4.572
Bedijkte Maas	36-2	1.00	55000	30000	0.4	0.733
Bedijkte Maas	36-3	1.00	64000	30000	0.4	0.853
Bedijkte Maas	36a-1	1.00	49	3000	0.4	0.007
Bedijkte Maas	41-3	0.90	13000	3000	0.5	1.940
Bedijkte Maas	41-4	1.00	23000	10000	0.5	1.150
M6. Bedijkte Maas						4.683
Getijdenmaas	36-4	1.00	26000	10000	0.4	1.040
Getijdenmaas	36-5	0.65	11000	10000	0.4	0.285
Getijdenmaas	37-1	1.00	6700	10000	0.3	0.201
Getijdenmaas	38-2	0.89	13000	10000	0.3	0.348
Getijdenmaas	39-1	1.00	380	3000	0.4	0.051

IRM Traject	Norm- trajecten	Gewicht	Schade 2050 (M€, pp 2011)	Signalerings- waarde (jaar)	Factor 1 m.	Risico x factor x gewicht (M€/jaar, pp 2011)
Getijdenmaas	40-2	1.00	490	10000	0.4	0.020
Getijdenmaas	41-3	0.10	13000	3000	0.5	0.227
M7. Getijdenmaas						2.171
Bergsche Maas	24-1	1.00	7500	10000	0.2	0.150
Bergsche Maas	35-1	1.00	7300	10000	0.7	0.511
Bergsche Maas	36-5	0.35	11000	10000	0.4	0.155
M8. Bergsche Maas						0.816
Afgedamde Maas	24-3	0.38	18000	10000	0.2	0.136
Afgedamde Maas	38-1	0.02	35000	30000	0.1	0.003
Afgedamde Maas	38-2	0.11	13000	10000	0.3	0.042
M9. Afgedamde Maas						0.181
TOTAAL MAAS						24.457

Literatuur:

Slootjes, Nadine en Dennis Wagenaar (2016). Factsheets normering primaire waterkeringen. Getalsinformatie per normtraject. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 28 juni 2016

De Bruijn, Karin en Marcel van der Doef (2011). Gevolgen van overstromingen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid in de 21e eeuw. Deltares.

Bijlage J: Zelfrealisatie in LTAR

Tabel J1 en J2 geven geraamde investeringskosten en de netto baten van zelfrealisatie zoals die zijn opgenomen in de LTAR.

Tabel J1 Investeringskosten en baten van zelfrealisatie volgens de LTAR voor de Waal-Merwedebestanden voor verschillende pakketten (miljoen euro, prijspeil 2017)

	VKS	VKS Update	Economisch Rendement	Adaptief
Investeringskosten rivierverruimende maatregelen	2.113	2.613	831	2.245
Mogelijke netto baten van zelfrealisatie	168	311	311	208
Netto baten van zelfrealisatie als % van de investeringskosten	8%	12%	37%	9%

Bron: Ecorys (2017); Tabel 6.3 en 6.9

Tabel J2: Investeringskosten en zelfrealisatie volgens de LTAR voor de Maas voor verschillende pakketten (miljoen euro, prijspeil 2017)

	Ruimte waar het kan, dijken waar het moet	Kosteneffectief
Investeringskosten rivierverruimende maatregelen	2.046	861
Mogelijke netto baten van zelfrealisatie	540	427
Netto baten van zelfrealisatie als % van de investeringskosten	26%	50%

Bron: Ecorys (2018); Tabel 30 en (ongenummerde) tabel op blz. 74.

Literatuur:

Ecorys, 2017. MKBA Rivierverruiming Rapportage ronde 2. Opdrachtgever: Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rotterdam, 6 december 2017

Ecorys, 2018. MKBA Rivierverruiming Bedijkte Maas en Maasvallei 2de ronde. Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving, Rotterdam, 13 april 2018

Bijlage K: Verslag werksessie scheepvaart

MEMO

Aan: IRM
Cc.: Linette de Swart, Rick Janse, Annelies Maas – van 't Hof, Nathalie Asselman, Remi van der Wijk, Ton Botterhuis, Corné de Leeuw, Liesbeth Schipper, Manfred Wienhoven
Van: Jarl Kind
Onderwerp: Scheepvaartbaten in de KKBA.
Datum: 2 maart 2023 Onze ref. 1001785 MKBA IRM

1 Inleiding

Tijdslijn

- 19/12/22: Ecorys meldt bij opdrachtgever te grote verschillen in de baten voor de scheepvaart zoals berekend met methode door Ecorys en Deltares.
- 25/1/23: Verzoek vanuit PMT om werksessie te organiseren met als doel inzicht te krijgen in redenen en consequenties van verschillen.
- 15/2/23: Werksessie.
- 16/2/23: Verzoek PMT om na te gaan het aantal vaarbewegingen in 2050 en gemiddelde kosten per reis binnen beide methodes.

Dit memo vat de aanleiding samen (H2), geeft een overzicht van de geconstateerde verschillen in de werksessie (H3) en presenteert de uitkomsten van het uitzoekwerk (H4).

Het werk lijkt hiermee nog niet af, maar nader uitzoekwerk past niet binnen de randvoorwaarden voor deze actie. Daarnaast heeft het PMT op 23/2/23 (vooruitlopend op de resultaten van het uitzoekwerk zoals dat gepresenteerd is in dit memo), reeds aangegeven de resultaten van Ecorys als leidend voor de KKBA te beschouwen.

2 Verschillen

Voor de scheepvaartkosten zijn er in het kader van IRM berekeningen gemaakt door Deltares en Ecorys voor de Rijn voor:

- bodemligging van 2050 (Referentie, bij voortschrijdende erosie)
- bodemligging van 2018 (vasthouden aan huidige bodemligging)
- bodemligging van 2000 (door het ophogen van de bodem)

Door Ecorys is ook een berekening gemaakt van de scheepvaartkosten voor de bodemligging van 1980; deze berekening is niet door Deltares gemaakt.

Deltares rekent de totale vaarkosten uit voor de totale vloot bij elke bodemligging en bepaalt op basis daarvan de baten. Dit doet Ecorys ook, waarbij een onderscheid gemaakt wordt tussen Nederlandse en buitenlandse verladers. Ecorys berekent ook de externe milieukosten (emissies).

In het kader van het zoeken naar een verklaring voor de verschillen zijn enkel de totale vaarkosten (=transportkosten) relevant zoals die berekend zijn voor het jaar 2050.

Tabel 1: Gemiddelde transportkostenbesparing ten opzichte van de referentie voor het jaar 2050 (in miljoenen euro per jaar)

Bodem	Ecorys	Deltares
2018	2,3	36,1
2000	1,5	0,8
1980	-3,0	Niet beschikbaar

Het grote verschil zit in de berekening voor 2018, waar de transportkostenbesparing in 2050 volgens de berekening van Deltares een factor 15 groter is dan die bij Ecorys.

3 Werksessie

Een werksessie van 1 dagdeel werd gehouden op 15/2/23 bij Deltares.¹ Hierbij werden de resultaten gepresenteerd en de verschillende onderdelen van de berekeningen nagelopen. De resultaten van de werksessie zijn als volgt:

Afvoeren

- Afvoer, kansen, waterstanden, waterdieptes: door toelieferingen geen verschil te verwachten.
- Verschil 100 jaar reeks (Deltares) vs. 4 punten (Ecorys) en daar het gemiddelde uit halen; ook hier verwachten we niet dat er (grote) verschillen ontstaan
- Nagaan: Verschil in aantal dagen droogte (Ecorys) met aanpak Deltares; nog een keer naar kijken?
- Mogelijk uitzoekactie: vergelijken resultaten voor T=2, T=10... etc.

Vaardiepte

- Knelpunten (Deltares) vs. minst gepeilde diepte (Ecorys)
- Alluviale ondieptes vs. vaste laag Nijmegen; 20 vs 40 cm kielspeling. 2018 = alluviaal; 2050=vaste laag (Deltares); Ecorys houdt zelfde waarden aan voor alluviaal en vaste laag.
- Scheepvaartbewegingen in 2050 nemen bij Deltares toe door lagere afvoeren door klimaatverandering. Dit uit zich in de lagere beladingsgraad bij Deltares en daardoor meer vaarbewegingen. Bij Ecorys werkt de klimaatverandering door via de waterdieptes.
- Nagaan: aantal vaarbewegingen in 2018 en in 2050 bij Ecorys en Deltares
- Economische groei tussen ca 2020 en 2050 is bij Deltares ongeveer +50%. Bij Ecorys ca 85%.

Scheepsaantallen, vaarbewegingen

- Aantal schepen: beide BIVAS; geen aanleiding om naar te kijken. Deltares gebruikt IVS2014; Ecorys hanteerde gegevens voor de jaren 2018, 2019 en 2021 en berekend hierover een gemiddelde (zonder Corona jaar 2020)

Kosten per schip

- Nu niet goed te vergelijken (Deltares gebruikt BIVAS kosten in QINCoM omgerekend naar knelpunten). Ecorys rekent met Kostenkengetallen tool binnenvaart, opgesteld door Panteia, gehanteerd door RWS.
- Nagaan: gemiddelde kosten uitrekenen per reis.

Berekenen jaarlijks gemiddelde

- Lijkt niet logisch dat het verschil hierin zit.

Prijspeil

- Remi zoekt na wat het prijspeil is van de kosten in QINCoM

Overig

¹ Deelnemers: Ecorys: Rick Janse; Linette de Swart en Jarl Kind; RHDHV: Annelies Maas - van 't Hof (vz.); RWS-ON: Corné de Leeuw; Deltares: Nathalie Asselman; Remi van der Wijk; HKV Lijn in Water: Ton Botterhuis.

Ook kijken naar totale scheepvaartkosten ipv alleen naar de verschillen tussen de alternatieven.

Conclusie

- Oorzaak grote verschillen 2018 nu niet gevonden
- Door middel van uitzoekacties meer inzicht in verschillen uitkomsten verkrijgen

4 Terugkoppeling uitzoekacties scheepvaartbaten

Vaardiepte

Op het overleg van 15 februari jl. is door zowel Deltares als HKV aangegeven dat de gebruikte vaardiepte gegevens geen oorzaak konden zijn voor het berekende verschil in scheepvaartbaten. Nadere bestudering van de presentatie leidde tot de constatering dat er wel verschil tussen beide analyses in gebruikte vaardiepten aanwezig is. Het hydraulische instrumentarium levert waterdiepten per 250 m. Afgelopen zomer hebben HKV en Ecorys besloten om de analyse met gegevens voor elke rivierkilometer uit te voeren. Dit leek voldoende aan te sluiten bij de nauwkeurigheid van de overige gegevens. Deltares gebruikt gegevens voor elke 250 m. De analyse per 1 km vaarweg (analyse Ecorys/HKV) leidt tot andere getallen dan analyse per 250 m, maar niet tot een andere voorkeur tussen de alternatieven. In Tabel 2 hieronder is het verschil in beschikbare vaardiepte in het zichtjaar 2050 getoond.² In de tweede regel van de tabel is te zien dat in zowel de analyse van Deltares als in de analyse van Ecorys/HKV het alternatief 'Vasthouden bodemniveau 2018' een grotere vaardiepte oplevert dan het alternatief 'Voortschrijdende bodemerosie' bij een rivierafvoer van 600 m³/s te Lobith (zeer laagwater). Ook voor het alternatief 'Ophogen bodemniveau 2000' geldt dat een grotere vaardiepte in 2050 beschikbaar is dan bij 'Voortschrijdende bodemerosie'.

In de tabel is ook te zien dat het verschil in beschikbare vaardiepte tussen de alternatieven en de referentie in de analyse van Ecorys/HKV groter is. Verwacht mag worden dat een grotere beschikbare vaardiepte, ook tot grotere scheepvaartbaten leidt. Dit blijkt niet uit de berekende baten, immers in de analyse van Deltares worden veel meer baten berekend. Op grond hiervan concluderen we dat het verschil in de gebruikte vaardiepte gegevens van belang is, maar **geen verklaring** is voor het gevonden verschil in baten.

Tabel 2: *Toename vaardiepte voor zichtjaar 2050 (in m) bij rivierafvoer 600 m³/s te Lobith (ten opzichte van referentie 2050 met doorgaande bodemerosie).*

	Deltares	Ecorys/HKV
Bodem 2018	0,16	0,24
Bodem 2000	0,05	0,14

² Het gaat hierbij om **vaardiepte** waarbij Deltares uit is gegaan van een grotere benodigde kielspeling boven een vaste laag dan boven een alluviale ondiepte. Wanneer dit onderscheid in benodigde kielspeling niet wordt gemaakt of wanneer alleen gekeken zou zijn naar de waterdiepte dan zou dat leiden tot tegengestelde bevindingen: op basis van de ruimtelijk meer gedifferentieerde modelresultaten zou dan worden geconcludeerd dat de 2050 bodemligging het meest gunstig zou zijn voor de scheepvaart (de grootste waterdiepte).

Vaarbewegingen en gemiddelde vaarkosten in 2050

Tabel 3 en 4 geven de vaarbewegingen (reizen) en de gemiddelde kosten zoals die berekend zijn door Ecorys en Deltares.

Tabel 3: Reizen en transportkosten per reis (in 2050) bij een bodem 2018 t.o.v. bodem 2050 (nulalternatief) (Ecorys)

	Bovenrijn - Waal	Nederrijn	IJssel - Pannerdensch Kanaal
Aantal reizen			
Aantal reizen (in 2050)	160.624	17.832	22.637
Afname van het reizen (Δ bodem 2018 t.o.v. bodem 2050)	736	106	103
Gemiddelde transportkosten per reis	€ 2.603	€ 1.845	€ 1.825

Dit levert een baat op van het vasthouden van de bodem 2018 van 2,3 miljoen euro per jaar

Tabel 4: aantal vaarbewegingen en gemiddelde kosten in 2050 (Deltares)

Bodem	Geheel NL	Waal	IJssel
	Aantal vaarbewegingen per jaar		
2018	576.206	190.573	24.204
2050	583.008	196.744	25.610
	Prijs per reis (EUR)		
2018	6888	12226	4882
2050	6864	12005	4779

Dit levert een baat op van het vasthouden van de bodem op het niveau 2018 van 36 miljoen euro per jaar.

De zeer grote verschillen in het aantal vaarbewegingen bij Bodem 2018 vs Bodem 2050 van, voor de Waal van 736 bij Ecorys en 6.171 (=196.744 – 190.573) bij Deltares, en het grote verschil in de gemiddelde kosten per reis van € 2.603,- bij Ecorys en € 12.005,- tot € 12.226,- bij Deltares, is opmerkelijk. Dit vraagt om nader uitzoekwerk. Binnen de gestelde randvoorwaarden van het uitzoekwerk is dit niet mogelijk.

5 Referenties

Ecorys (2023). Notitie IRM Binnenvaart (conceptresultaten)

Asselman, N. J. de Jong, M. Mens, M. Maarse, B. Maas, P. de Grave en E. van der Deijl (2022) Effectbepaling Nulalternatief IRM. Deltares rapport 11208036-004-ZWS-0002.

Asselman, N., B. Maas, M. Mens, P. de Grave, R. van der Wijk, E. van der Deijl (2022) Effectbepaling IRM - Gevoeligheidsanalyse voor verandering in rivierbodempligging Rijntakken: Doorgaande erosie tot 2050, huidige bodempligging vasthouden of ophoging naar de ligging van rond het jaar 2000. Deltares rapport 1208036-004-ZWS-0005.

Bijlage L: Notitie IRM Delfstoffenwinning

Oppervlaktedelfstoffen als klei, zand en grind worden in Nederland zowel op zee als in het binnenland gewonnen. In de beleidsalternatieven van de MKBA IRM wordt het winnen van oppervlaktedelfstoffen in het zomerbed van de Rijn en Maas stilgelegd. Daarnaast wordt de overweging besproken om het zomerbed op specifieke punten te verhogen doormiddel van suppleties, waarbij de afweging gemaakt wordt waar de benodigde grondstoffen vandaan komen Deze notitie geeft een beknopte beschouwing van de effecten en overwegingen die hieruit volgen.

Nederlandse delfstoffenbehoefte - nu en in de toekomst

De behoefte naar oppervlaktedelfstoffen is groot. Jaarlijks wordt in Nederland zo'n 125 miljoen ton van deze stoffen gebruikt. Het gros van dit verbruik vindt plaats in de bouw, waar grind en zand nodig zijn voor het maken van beton, asfalt, cellenbeton en kalkzandsteen. Op dit moment ligt de Nederlandse vraag naar bouwstoffen rond de 100 miljoen ton/jaar⁶². Gezien de verstedelijkings-opgave en het woningtekort waar Nederland op dit moment mee kampt, en het doel om in de komende decennia een miljoen huizen te bouwen, zal deze behoefte alleen nog maar toenemen.

Naast de bouw wordt zand (meer specifiek ophoogzand) gebruikt voor kustsuppleties, in andere woorden het in stand houden van de Nederlandse kustlijn. Substantiële hoeveelheden ophoogzand worden gebruikt om het kustfundament op zijn plaats te houden. Deze suppleties bedragen gemiddeld 12 miljoen m³ (18 miljoen ton⁶³) per jaar tot en met 2030⁶⁴.

Nationale productie en import

Volgens experts heeft Nederland voldoende voorraad aan zand om de komende decennia haar eigen behoefte te voorzien. Echter zijn niet alle grondstoffen voor dezelfde doeleinden geschikt. Ophoogzand bijvoorbeeld, wordt in Nederland voornamelijk gewonnen in de Noordzee en gebruikt voor de eerder benoemde kustsuppleties. Dit zand is niet geschikt voor grootschalige toepassing in de bouw. Grondstoffen als grind en steenslag zijn hier nodig, waarvan beduidend minder wordt gewonnen in Nederland. Dit is zichtbaar in Tabel L1, wat de jaarlijkse behoefte en winning van oppervlaktedelfstoffen anno 2018 laat zien. Door een kwalitatieve mismatch tussen behoefte en gewonnen materialen, wordt er nog netto 7 miljoen ton aan grondstoffen geïmporteerd. Wanneer deze stoffen ook gebruikt gaan worden voor suppleties, groeit het binnenlands tekort.

Ook laat Tabel L1 zien dat 24% van de bouwgrondstoffen gebruikt in Nederland reeds uit secundaire voorzieningen komt (hergebruikte materialen). Deze toepassing is echter voornamelijk bruikbaar voor fundatiemateriaal en kan niet als volledige vervanging van bouwgrondstoffen dienen. Op dit gebied loopt Nederland redelijk vooraan in Europa, aangezien 98% van het steenachtig bouw- en sloopafval al hergebruikt wordt.

⁶² Monitor bouwgrondstoffen, Cascade (2018)

⁶³ Bij een gemiddelde dichtheid van 1,5 ton per m³

⁶⁴ Lichtkogel zandtekort, RWS (2020)

Tabel L1 Voorziening zand en grind in Nederland (x mln ton/jr) Cascade (2018)

	Behoeft NL	Primaire voorziening	Secundaire voorziening	Winning provincies	Winning rijkswateren	Netto import
Grind	12,3	11,2	1,1	4,8	-	6,4
Steenslag	9,5	7,7	1,8	0,9	-	6,8
Fundatiemateriaal	18,1	-	18,1	-	-	-
Beton/metselzand	15,6	15,0	0,6	14,7	-	0,5
Industriezand	3,0	3,0	-	1,9	0,5	0,6
Ophoogzand	39,1	37,5	1,5	12,9	31,6	-7,0
Totaal	97,6	74,4	23,2	35,1	32,1	7,3
%	100%	76%	24%	36%	33%	7%

Binnenlandse winning

Waar ophoogzand bijna uitsluitend uit de Noordzee wordt gewonnen, liggen voor de overige oppervlakedelfstoffen de grootste wingebieden in het rivierengebied. Hierin kan het onderscheid worden gemaakt tussen het zomerbed en het winterbed. Het zomerbed betreft de vaargeul van de rivier en het winterbed de uiterwaarden. In de beleidsalternatieven van de MKBA IRM wordt oppervlakedelfstoffenwinning stopgezet in het zomerbed van de grote Nederlandse rivieren (Rijntakken en Maas). Specifiek grind wordt voornamelijk in het rivierbed van de Maas gewonnen.

Tabel L2 geeft een overzicht van onttrekkingen uit het zomerbed voor de periode 2010-2020 in kubieke meters. In absolute hoeveelheden is de winning uit het zomerbed goed voor circa één procent van de jaarlijkse oppervlakedelfstoffenwinning in Nederland. Hier moet de kanttekening gemaakt worden dat de getoonde hoeveelheden delfstoffen in Tabel L2 geregistreerde en doorgegeven hoeveelheden betreft, waarvan de winning nauwelijks wordt gehandhaafd.

Tabel L2 Onttrekkingen oppervlakedelfstoffen zomerbed in kubieke meters (Rijksvastgoedbedrijf, 2022)

Jaartal	Maas	Rijn	Totaal
2010	182.706	211.634	394.340
2011	183.264	194.293	377.557
2012	191.739	141.739	333.478
2013	247.912	351.642	599.554
2014	269.262	368.130	637.392
2015	226.919	344.191	571.110
2016	278.629	177.250	455.879
2017	263.467	258.261	521.728
2018	283.735	186.986	470.721
2019	283.305	121.022	404.327
2020	262.287	159.091	421.378

IRM – reductie winning en riviersuppleties

Het programma IRM heeft als voornaamste doel om het waterpeil in de Nederlandse rivieren omhoog te brengen, wat positieve gevolgen heeft voor o.a. de zoetwatervoorziening en de continuïteit van de binnenvaart. In de plannen in de beleidsalternatieven van de MKBA IRM zal de winning van oppervlakedelfstoffen volledig worden stilgelegd in het zomerbed. Daarnaast wordt onderzocht of op strategische plekken in de Maas en Rijnakkers suppleties moeten worden aangebracht. Waar enerzijds de winning wordt afgebouwd in de beleidsalternatieven, wordt anderzijds de vraag naar oppervlakedelfstoffen ook verhoogd. Het tekort groeit dus tweevoudig.

Transport en milieu impact

In de afweging omtrent keuze van oorsprong van grondstoffen speelt transport een grote rol. In het kostenplaatje van suppleties heeft het transport de grootste impact, op zowel financieel als maatschappelijk (milieukosten) vlak. Bij de proefsuppleties op de Boven-Rijn in 2019 rekenden de uitvoerende partijen met kengetallen gebaseerd op eerdere suppleties van RWS. Daar wordt €26,50/m³ aan levering en transport van de grondstoffen toegerekend. De overige €3,80/m³ bestaat uit overslag en het fysiek aanbrengen van sediment op de rivierbodem. Een reductie van transportkosten is mogelijk bij grote hoeveelheden (<1,5 miljoen m³)⁶⁵. Ook de milieu impact, in andere woorden de uitstoot van broeikasgassen, is het grootst in dit proces tijdens het transport. Om deze overweging wordt de winning van grondstoffen vaak zo nauw mogelijk bij de bouwplaats van bestemming uitgevoerd.⁶⁶

Om een suppletie effectief uit te voeren, is niet alleen het minimaliseren van de kosten van belang, maar ook de kwaliteit van grondstoffen. De korrelgrootte van het gebruikte sediment is relevant voor de tijdsbestendigheid van een suppletie, wat inhoudt dat niet elke grondstof even geschikt is⁶⁷. Grondstoffen met een kleinere korrelgrootte worden sneller afgevoerd waardoor een hogere frequentie aan suppleties nodig is om hetzelfde resultaat te bereiken.

Impact IRM op delfstoffenbehoefte - nu en in de toekomst.

De directe economische impact van IRM in de beleidsalternatieven kan worden benaderd door de waarde te kwantificeren van grondstoffen uit het zomerbed die niet meer gewonnen worden, wanneer deze anders werden verkocht aan marktpartijen. Gegeven dat ophoogzand in de Noordzee wordt gewonnen en grind voornamelijk in het rivierbed van de Maas, berekenen wij doormiddel van actuele bouwkostenprijzen⁶⁸ en de bekende verhoudingen van winning aan soorten delfstoffen in het Nederlands provinciale rivierbed gemiddelde marktprijzen per m³. In Tabel L3 staan deze gemiddelde prijzen weergegeven met de totale economische waarde aan winning van delfstoffen in het zomerbed voor de afgelopen 5 jaar.

⁶⁵ Kostenbeeld baggeronderhoud. RHDHV (2019)

⁶⁶ Gesprek medewerker Cascade (2022)

⁶⁷ De duurzaamheid van rivierkundige maatregelen. TU Delft (2021)

⁶⁸ Bouwkosten.bouwinformatie.nl geraadpleegd op 1-12-2022

Tabel L3 Marktwaaarde oppervlakedelfstoffen zomerbed

Marktprijs Maas	€60,44 / m ³
Marktprijs Rijntakken	€40,10 / m ³
Marktwaaarde 2016	€ 23.949.336
Marktwaaarde 2017	€ 26.281.766
Marktwaaarde 2018	€ 24.648.404
Marktwaaarde 2019	€ 21.977.003
Marktwaaarde 2020	€ 22.233.345

Gebaseerd op de afgelopen 5 jaar zou de verloren economische waarde gemiddeld rond de € 23.800.000,- per jaar liggen. Het stilleggen van de winning van oppervlakedelfstoffen zal dus geen enorme directe economische impact hebben, relatief aan de totale winning van oppervlakedelfstoffen. Desalniettemin is dit een substantiële jaarlijkse waarde die binnen Nederland verdwijnt. Deze berekening bekijkt het economische effect van IRM op de delfstoffenwinning alleen vanuit de aanbodzijde. Aan de vraagkant betekent een reductie in aanbod van benodigde grondstoffen een toename aan import en transportkosten (en daarmee toegenomen milieudruk).

Hierin moet de kanttekening gemaakt worden dat de hoeveelheid vergunningen voor het winnen van oppervlaktegrondstoffen afloopt. De wincapaciteit op alle landlocaties neemt de komende jaren met gemiddeld 30% per jaar af en valt terug tot slechts 35 miljoen ton in 2035 voor heel Nederland⁶⁹. Bij een vergelijkbare afname aan vergunningen voor winning specifiek in het zomerbed, zou de invloed van IRM afnemen, en daarmee ook de economische impact van het stilleggen van de winning (door IRM).

Een ander effect van IRM is de toename in vraag naar grondstoffen voor riviersuppleties. Wanneer de komende jaren structureel sediment in het zomerbed wordt gestort, groeit de nationale behoefte. De exacte locaties en hoeveelheden zijn niet bekend, dus dit is een effect dat niet kwantificeerbaar is.

Los van de gevolgen van IRM, betekent het teruglopende aantal vergunningen dat een nationaal tekort aanstaande lijkt. Zeker wanneer de grote verstedelijkingsopgave hierin wordt meegenomen. Dit zijn implicaties dat het binnenlands tekort gaat toenemen en dat er meer geïmporteerd zal moeten worden. Aangezien de voornaamste kostenposten op zowel financieel als milieutechnisch vlak bij het transport van deze grondstoffen liggen, is een integrale planvorming cruciaal in het aanwijzen van wingebieden van oppervlakte delfstoffen en aanbrenghelocaties van suppleties.

⁶⁹ Resterende mogelijkheden voor zand- en grindwinning op provinciale landlocaties. H2H advies (2021)

Bijlage M: Beoordeling VKA

Tabel M1 Totale investeringskosten, VKA Maas (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Bodempakket 1		Bodempakket 2	
	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens
Afvoercapaciteit				
t.b.v. Compensatie PAGW	260	992	260	992
t.b.v. Klimaat	644	2.577	644	2.577
t.b.v. Compensatie bodemligging	-	-	-	-
t.b.v. Systeemopgave Maas	354	354	354	354
Totale kosten afvoercapaciteit	1.258	3.923	1.258	3.923
Bodemherstel				
Langsdammen	-	-	-	-
Rivierverruiming	95	95	110	110
Initiële suppleties	-	-	-	-
Totale kosten bodemherstel	95	95	110	110
PAGW				
Verwerving en inrichting	118	473	118	473
Vergraving	143	571	143	571
Totale kosten PAGW	261	1043	261	1043
Synergie				
Synergie afvoercapaciteit-bodemherstel	-95	-95	-110	-110
Synergie verwerving en inrichting	-18	-208	-19	-209
Synergie vergraven	-12	-49	-12	-49
Totaal synergie	-125	-351	-141	-368
TOTAAL KOSTEN	1.488	4.710	1.488	4.709
Afvoercapaciteit t.b.v. compensatie overig	-	870	-	870
TOTAAL KOSTEN	1.488	5.580	1.488	5.579

Tabel M2 Totale investeringskosten, VKA Rijn (miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Bodempakket 1		Bodempakket 2	
	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens
Afvoercapaciteit				
t.b.v. Compensatie PAGW	305	1226	305	1226
t.b.v. Klimaat	983	3931	983	3931
t.b.v. Compensatie bodemplugging	377	377	377	377
Totale kosten afvoercapaciteit	1.665	5.534	1.665	5.534
Bodemherstel				
Langsdammen	-	-	580	580
Rivierverruiming	650	650	972	972
Initiële suppleties	380	380	380	380
Totale kosten bodemherstel	1.030	1.030	1.931	1.931
PAGW				
Verwerving en inrichting	285	1139	285	1.139
Vergraving	462	1847	462	1.847
Totale kosten PAGW	746	2985	746	2.985
Synergie				
Synergie afvoercapaciteit- bodemherstel	-633	-650	-890	-972
Synergie verwerving en inrichting	-44	-406	-52	-444
Synergie vergraven	-41	-166	-41	-166
Totaal synergie	-718	-1.221	-984	-1.581
TOTAAL KOSTEN	2.723	8.328	3.359	8.869
Afvoercapaciteit t.b.v. compensatie overig	-	1.844	-	1.844
TOTAAL KOSTEN	2.723	10.172	3.359	10.713

Tabel M3: Kosten en baten van VKA, Maas (contante waarde, miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'		Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'	
	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens
KOSTEN				
Afvoercapaciteit				
t.b.v. Compensatie PAGW	264	1011	264	1011
t.b.v. Klimaat	657	2628	657	2628
t.b.v. Compensatie bodemligging	-	-	-	-
t.b.v. Systeemopgave Maas	360	360	360	360
Totale kosten afvoercapaciteit	1282	4000	1282	4000
Bodemherstel				
Langsdammen	-	-	-	-
Rivierverruiming	109	109	95	95
Initiële suppleties	-	-	-	-
Jaarlijkse suppleties	-	-	1	1
Totale kosten bodemherstel	109	109	96	96
PAGW				
Verwerving en inrichting	118	471	118	471
Vergraving	112	448	112	448
Totale kosten PAGW	230	919	230	919
Synergie				
Synergie afvoercapaciteit-bodemherstel	-109	-109	-95	-95
Synergie verwerving en inrichting	-19	-213	-19	-212
Synergie vergraven	-10	-38	-10	-38
Totaal synergie	-138	-360	-123	-344
Milieukosten	74	233	74	233
TOTAAL KOSTEN *)	1557	4901	1559	4903
BATEN				
Reductie scheepvaartkosten				
Vaarkosten NL	-	-	-	-
Vaarkosten internationaal	-	-	-	-
Emissies	-	-	-	-
Totale reductie scheepvaartkosten	-	-	-	-
Reductie droogteschade				
Landbouw	-	-	-	-
Pompkosten	-	-	-	-
Totale reductie droogteschade	-	-	-	-
Zelfrealisatie	252	965	252	965
Reductie overstromingsrisico	68	240	68	240
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP	172	545	172	545
TOTAAL BATEN	491	1749	491	1749

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'		Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'	
	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-1066	-3151	-1067	-3154
PM-POSTEN				
Ecosysteemdiensten en toename biodiversiteit (PAGW)	2.600 ha	10.400 ha	2.600 ha	2.600 ha
Vermeden beheer en onderhoud, herstelkosten	PM			
Overige effecten uit de plan MER	Dit betreft onder meer de (veelal) <u>positieve</u> effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal <u>negatieve</u>) effecten/op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe. In de planMER zijn deze enkel kwalitatief (op een schaal van -- tot ++) bepaald. Zie voor een verder toelichting paragraaf 6.3.			

*) exclusief de kosten voor de overige opgaven voor afvoercapaciteit

VKA boven: weinig synergie; doorpakken en meer ambitie op bodem. (vgl 6.2)

Tabel M4: Kosten en baten van VKA, Rijn (contante waarde, miljoen €, prijspeil 2021, inclusief btw)

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'		Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'	
	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens
KOSTEN				
Afvoercapaciteit				
t.b.v. Compensatie PAGW	305	1225	305	1225
t.b.v. Klimaat	983	3932	983	3932
t.b.v. Compensatie bodemligging	377	377	377	377
t.b.v. Systeemopgave Maas	-	-	-	-
Totale kosten afvoercapaciteit	1665	5533	1665	5533
Bodemherstel				
Langsdammen	577	577	-	-
Rivierverruiming	967	967	647	647
Initiële suppleties	299	299	299	299
Jaarlijkse suppleties	-	-	135	135
Totale kosten bodemherstel	1843	1843	1081	1081
PAGW				
Verwerving en inrichting	283	1134	283	1134
Vergraving	363	1451	363	1451
Totale kosten PAGW	646	2585	646	2585
Synergie				
Synergie afvoercapaciteit-bodemherstel	-889	-967	-630	-647
Synergie verwerving en inrichting	-52	-444	-44	-406
Synergie vergraven	-33	-130	-33	-130
Totaal synergie	-973	-1541	-707	-1183
Milieukosten	159	421	134	401
TOTAAL KOSTEN *)	3340	8841	2820	8417
BATEN				
Reductie scheepvaartkosten				
Vaarkosten NL	22	22	12	12
Vaarkosten internationaal	17	17	9	9
Emissies	16	16	9	9
Totale reductie scheepvaartkosten	55	55	29	29
Reductie droogteschade				
Landbouw	212	212	212	212
Pompkosten	-	-	-	-
Totale reductie droogteschade	212	212	212	212
Zelfrealisatie	65	250	64	250
Reductie overstromingsrisico	25	123	25	123
Reductie kosten dijkversterkingen HWBP	210	939	210	939
TOTAAL BATEN	566	1579	541	1553
SALDO (BATEN-KOSTEN)	-2774	-7262	-2280	-6864

	Analyse variant A 'Bodempakket 2, Ecorys'		Analyse variant B 'Bodempakket 1, Deltares'	
	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens	VKA Ondergrens	VKA Bovengrens
PM-POSTEN				
Ecosysteemdiensten en toename biodiversiteit (PAGW)	5.775 ha	23.100 ha	5.775 ha	23.100 ha
Vermeden beheer en onderhoud, herstelkosten	PM			
Overige effecten uit de plan MER	Dit betreft onder meer de (veelal) <u>positieve</u> effecten van de alternatieven op het tegengaan van laagwaterstanden/verdroging (gunstig voor natuur en landbouw), ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke kwaliteit, het bereiken van andere natuurdoelen (N2000, NNN en KRW), landschap en overige functies (waaronder recreatie). Daarnaast betreft het de (veelal <u>negatieve</u>) effecten/op cultuur en archeologie en (ruimte voor) wonen en werken. Naarmate de alternatieven omvangrijker zijn, neemt de omvang van deze (zowel positieve als negatieve) effecten toe. In de planMER zijn deze enkel kwalitatief (op een schaal van -- tot ++) bepaald. Zie voor een verder toelichting paragraaf 6.3.			

*) exclusief de kosten voor de overige opgaven voor afvoercapaciteit



Postbus 4175
3006 AD Rotterdam
Nederland

Watermanweg 44
3067 GG Rotterdam
Nederland

T 010 453 88 00
F 010 453 07 68
E netherlands@ecorys.com

K.v.K. nr. 24316726

W www.ecorys.nl