

## Benodigd volume voor rivierbodemherstel Rijntakken



## Benodigd volume voor rivierbodemherstel Rijntakken

### Auteur(s)

Eveline van der Deijl

## Benodigd volume voor rivierbodemerstel Rijntakken

<b>Opdrachtgever</b>	RWS-WVL
<b>Contactpersoon</b>	Saskia van Vuren
<b>Referenties</b>	IRM, systeembeschouwing
<b>Trefwoorden</b>	Rivierbodemerligging, sedimentsuppletie

### Documentgegevens

<b>Versie</b>	0.1
<b>Datum</b>	09-12-2021
<b>Projectnummer</b>	11206795-008
<b>Document ID</b>	11206795-008-ZWS-0002
<b>Pagina's</b>	18
<b>Classificatie</b>	
<b>Status</b>	definitief

### Auteur(s)

	Eveline van der Deijl	

<b>Doc. Versie</b>	<b>Auteur</b>	<b>Controle</b>	<b>Akkoord</b>	<b>Publicatie</b>
0.1	Eveline van der Deijl	Nathalie Asselman	Bianca Peters	

# Samenvatting

De rivierbodempligging van het zomerbed wordt bepaald door de morfologische processen van erosie en sedimentatie. In Nederland is er in de Rijntakken voornamelijk sprake van rivierbodemdaling door erosie. De afgelopen eeuw is de bodem van de Rijntakken over grote lengten 1,5 tot 2 m gezakt. De bodemdaling zorgt met name bij lage afvoeren voor allerlei knelpunten op de rivier. Deze knelpunten zijn bijvoorbeeld ondieptes – soms door verschillen in waterstand rondom de vaste lagen –, ondergraving van harde constructies zoals brugpijlers, blootlegging van kabels en leidingen, invaartproblemen bij sluisdrempels, moeilijker inname van water bij inlaatpunten en een verandering in de afvoerdeling van het splitsingspunt (zie systeembeschuwing IRM).

Om de knelpunten van de bodemerosie aan te pakken kan worden gedacht aan herstel van de rivierbodempligging door suppletie van sediment. Dit rapport gebruikt de gemiddelde bodempliggingen van het zomerbed voor de jaren 1980, 1999 en 2020 uit de PMAP-dataset om per rivierkilometer en riviertraject de hoeveelheid sediment te berekenen die nodig is voor het vasthouden van de huidige bodem en of het herstel van de bodem naar de situatie van ongeveer 20 of 40 jaar terug.

Zowel voor het behouden van de huidige rivierbodempligging als voor het herstellen van de rivierbodempligging van 20 of 40 jaar geleden moet er sediment worden aangevoerd van buiten de Rijntakken. Voor het behoud van de huidige bodempligging is dit 0,15 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (!); voor herstel van de bodempligging van 20 jaar geleden is dit 8,4 miljoen m<sup>3</sup> (eenmalig) en voor herstel van de bodempligging van 40 jaar terug is het 23,6 miljoen m<sup>3</sup> (eenmalig). Dit zijn de minimale aan te voeren volumes. Er moet namelijk indien het sediment geschikt is voor suppletie ook sediment worden herverdeeld van trajecten met sedimentatie naar trajecten met erosie, dit betreft 0,03 ; 2,03 en 0,47 miljoen m voor de 3 bekeken bodem scenario's. Indien dit sediment niet geschikt is voor suppletie zullen ook deze volumes extra aangevoerd moeten worden, dit maakt de totaal te transporteren volumes respectievelijk 0,17; 10,4 en 24,1 miljoen m<sup>3</sup>. Met deze volumina kan de gedaalde rivierbodempligging worden vastgehouden op het huidige niveau, respectievelijk weer omhoog worden gebracht naar eerdere niveaus. En vanzelfsprekend kan eenmalig betekenen dat er vele jaren achter elkaar moet worden gesuppleerd; en zijn tussenniveaus denkbaar. Aldus kan al doende worden geleerd hoe zaken uitpakken.

Vanwege de verschillende ingrepen die in de afgelopen 40 jaar de hoogteligging van het rivierbed hebben beïnvloed en lokaal verhogingen of verlagingen hebben veroorzaakt is echter het advies om niet klakkeloos de gemiddelde rivierbodempligging van 20 of 40 jaar geleden aan te houden als nastrevenswaard. Zeker in de trajecten met langsdammen en waar het zomerbed echt ingrijpend is veranderd, zal gekeken moeten worden wat de meest gewenste gradiënt en dus hoogteligging van de rivierbodempligging zou moeten zijn, mede in relatie tot boven- en benedenstrooms gelegen trajecten.

# Inhoud

	<b>Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Aanpak</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>8</b>
3.1	Vasthouden van de huidige bodem	8
3.2	Ongeveer terug naar de bodem van 20 jaar geleden	10
3.3	Terug naar de rivierbodem van 1980	12
<b>4</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Referenties</b>	<b>16</b>
<b>A</b>	<b>Benodigde hoogtes en volumes voor herstel</b>	<b>17</b>
A.1	Per Traject	17

# 1 Inleiding

De rivierbodempligging van het zomerbed wordt bepaald door de morfologische processen van erosie en sedimentatie. In Nederland is er in de Rijntakken voornamelijk sprake van rivierbodemdaling door erosie. De afgelopen eeuw is de bodem van de Rijntakken over grote lengten 1,5 tot 2 m gezakt. De snelheid van de bodemdaling verschilt echter per Rijntak en is het grootst aan bovenstroomse zijde met een maximum van ongeveer 1,5 cm/jaar bij Lobith tot 0 cm/jaar – of zelfs aanzanding – bij de monding van de IJssel en ter hoogte van Tiel op de Waal.

De bodemdaling zorgt met name bij lage afvoeren voor allerlei knelpunten op de rivier. Deze knelpunten zijn bijvoorbeeld ondieptes – soms door verschillen in waterstand rondom de vaste lagen –, ondergraving van harde constructies zoals brugpijlers, blootlegging van kabels en leidingen, invaartproblemen bij sluisdrempels, moeilijker inname van water bij inlaatpunten en een verandering in de afvoerverdeling van het splitsingspunt (zie systeembeschouwing IRM).

Om de knelpunten van de bodemdaling aan te pakken kan worden gedacht aan herstel van de rivierbodempligging door suppletie van sediment. Dit rapport geeft de resultaten van berekeningen van de hoeveelheid sediment die nodig is voor de volgende opties:

- Vasthouden van de huidige bodempligging tot aan 2050 (alleen de jaarlijkse erosie compenseren);
- Ongeveer 20 jaar terug naar de rivierbodempligging van 2000 (forse suppletie);
- Terug naar de rivierbodempligging van 1980. Dit is het jaar waarop de afvoerverdeling voor laagwater is gebaseerd die volgens de PAWN-studie (*Policy Analysis of the Watermanagement of the Netherlands*) maatschappelijk optimaal was (zeer forse suppletie).

## 2 Aanpak

Voor het bepalen van de hoeveelheid benodigd sediment is gebruik gemaakt van de PMAP-dataset van Rijkswaterstaat-ON. Deze dataset geeft de gemiddelde bodemligging per hectometer of rivierkilometer. Deze bodemligging is tot 1999-2002 bepaald met *single beam* bodempeilingen die sinds de jaren vijftig vrijwel jaarlijks in het zomerbed werden uitgevoerd op dezelfde locaties over raaien dwars over de rivier. De raaien lagen om de 100 of 125 meter, zodat per kilometer rivier steeds ongeveer 8 tot 10 dwarsdoorsnede-gemiddelde bodemliggingen berekend werden. Vanaf 1999-2002 zijn deze peilingen per raai vervangen door *multi-beam* peilingen en zijn er vlakdekkende metingen beschikbaar voor de bepaling van de gemiddelde bodemligging per hectometer. Doordat de *single beam* raaien om de 100 à 125 m lagen is er niet voor elke hectometer een gemiddelde bodemligging vast te stellen. Daarom is er voor gekozen om de analyses voor dit rapport te baseren op de gemiddelde waarden per kilometervak.

Het verschil in meetmethode tussen de *single beam* en *multi-beam* peilingen is grofweg 15 cm voor de PMAP-gemiddelde waarden per kilometervak, maar verschilt per traject. Er zijn 3 oorzaken waardoor de *single beam* PMAP-gemiddelde waarden hoger liggen dan de PMAP-gemiddelde waarden van de *multi-beam* peilingen, namelijk door zowel 1) verschillen in het meetinstrument, als 2) de positiebepaling en 3) het feit dat er bij *Single-Beam* een waterdiepte werd bepaald, die met behulp van een lineair geïnterpoleerde waterstand (tussen meetpunten) werd omgezet naar een bodemhoogte. Voor de Bovenrijn en Waal zijn er al *multi-beam* gegevens beschikbaar vanaf 1999; maar de IJssel, Nederrijn en Lek zijn pas vanaf 2002 zo ingemeten. Daarom is voor de tweede optie gekozen voor het gebruik van de *single-beam* peilingen van 1999. Dit betekent dat er voor de eerste twee opties een correctie moet worden toegepast. Voor deze correctie is het verschil bepaald tussen de per hectometervak gemiddelde bodemligging, die weer is berekend uit zowel de *single beam* als *multi-beam* peilingen van het jaar 1999 of 2002, toen beide peilingen tegelijk zijn uitgevoerd (E. Kater en D.R. van Putten; van Vuuren (2000)).

De meest recente PMAP-middeling was voor het jaar 2020. Daarom zijn voor het bepalen van het benodigde volume voor elk kilometervak de volgende berekeningen uitgevoerd:

- “voorspelde bodemdaling per jaar” (Sloff, 2019) \* oppervlak
- “(PMAP-gemiddelde 2020” - “Singlebeam PMAP-gemiddelde 1980 + correctie)” \* oppervlak
- “(PMAP-gemiddelde 2020” - “Singlebeam PMAP-gemiddelde 1999 + correctie)” \* oppervlak

Vervolgens zijn de volumes opgeteld voor alle 5-kilometervakken (niet opgenomen in dit rapport, maar wel in de bijgevoegde dataset) en voor de riviertrajecten. Deze vakken en trajecten zijn ook afkomstig uit de PMAP-dataset (en komen vrijwel overeen met de trajectindeling voor IRM).

## 3 Resultaten

### 3.1 Vasthouden van de huidige bodem

Voor het vasthouden van de huidige bodem moet de huidige jaarlijkse bodemdaling worden gecompenseerd. Gemiddeld over alle Rijntakken daalt de bodem nu 0,26 cm/jaar. Dat is een indicatie van het sedimenttekort om de rivierbodempligging te handhaven, of dat nu door een gebrek aan aanvoer of een te sterke uitvoer (transport, onderhoudsbaggerwerk of commerciële exploitatie) betreft. De volumes die per jaar nodig zijn om deze bodemdaling te compenseren zijn per traject weergegeven in Figuur 3-1 en bijlage A.1 In totaal zal per jaar bijna 150.000 m<sup>3</sup> (147.234 m<sup>3</sup>) sediment aangevoerd moeten worden voor het compenseren van de gemiddelde bodemdaling in de Rijntakken.

De benodigde hoeveelheden verschillen echter sterk per traject. De grootste hoeveelheid sediment is nodig voor de trajecten Waalbochten (W1) en Midden-Waal (W2), waar de bodem gemiddeld met 1,6 en 0,9 cm/jaar moet worden verhoogd om van het huidige gemiddelde bodemniveau te behouden. Ook naar de trajecten Pannerdensch Kanaal (R1), Beneden Waal 'boven' (W3), Boven IJssel (Y1), Midden IJssel (Y2) moet sediment aangevoerd worden; en misschien een klein beetje naar Boven Nederrijn (R2), hoewel dat waarschijnlijk het splitsingspunt betreft waar de IJssel aan trekt. Op de andere trajecten vindt juist sedimentatie plaats. Hier komt dus sediment beschikbaar dat voor het behouden van de huidige bodempligging verplaatst moet worden naar de trajecten waar de bodem daalt. De meeste sedimentatie zien we op de trajecten Midden Nederrijn (R3) en de Beneden Waal 'beneden' (W4).

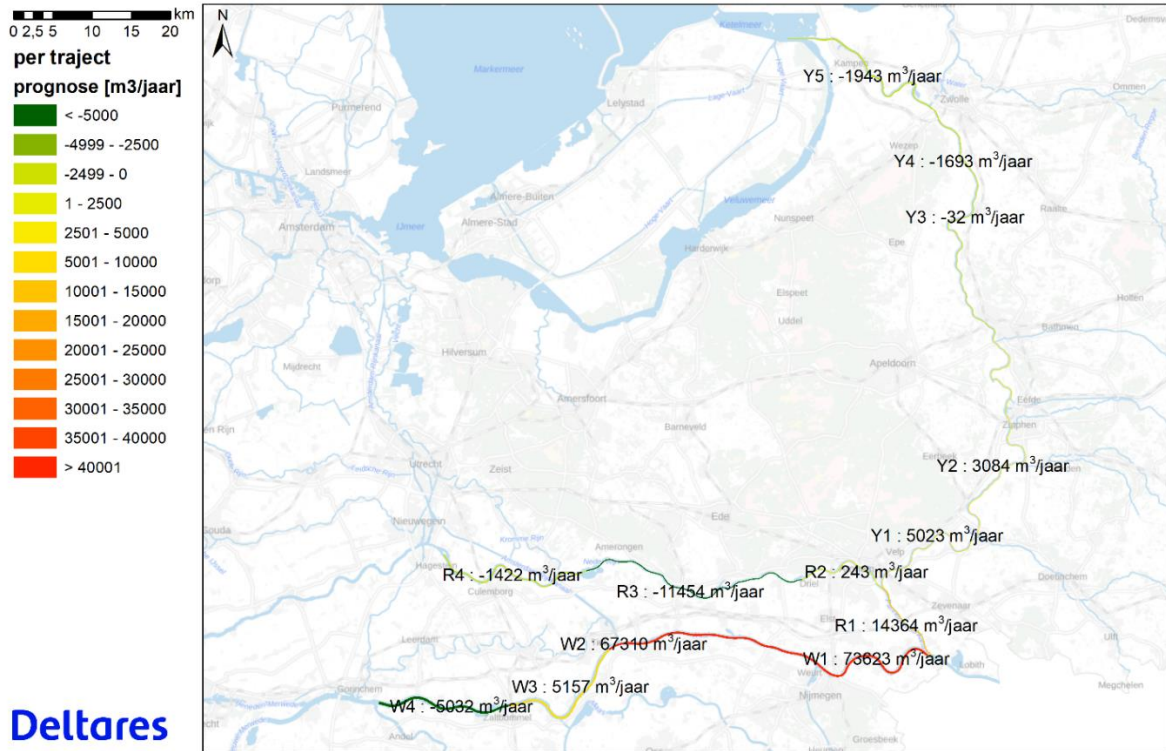
Figuur 3-2 laat het benodigde volume voor het vasthouden van de huidige bodempligging per rivierkilometer zien. In deze figuur is te zien dat ook binnen trajecten de bodemdaling niet overal gelijk is maar geleidelijk minder wordt in stroomafwaartse richting. Dit betekent dat er ook binnen de trajecten sediment verplaatst moet worden om te voldoen aan het behouden van de huidige bodempligging (baggeren en stroomopwaarts terugstorten).

Over de Rijntakken als geheel moet er in theorie ruim 26.000 m<sup>3</sup> (26.044 m<sup>3</sup>) sediment worden herverdeeld; maar de korrelgrootte is niet altijd even geschikt voor terugstorten (te fijnkorrelig, slib) en soms is de te overbruggen afstand erg groot.

Als het 'overschot' aan sediment wordt opgeteld bij de benodigde hoeveelheid die al moet worden aangevoerd moet er in totaal ruim 173.000 m<sup>3</sup> (173.278 m<sup>3</sup>) aan sediment worden aangevoerd voor het behoud van de huidige gemiddelde bodempligging.

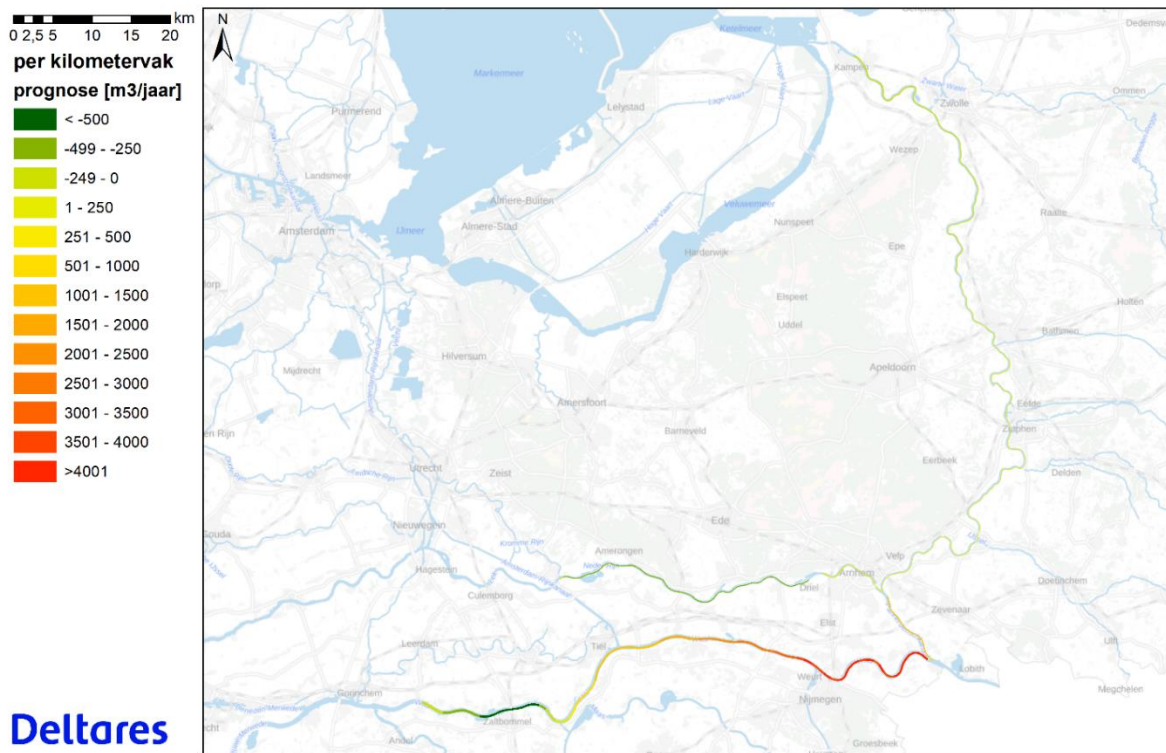


## Benodigd volume voor vasthouden van de huidige bodemligging



Figuur 3-1 Benodigd volume per traject voor het vasthouden van de huidige bodemligging.

## Benodigd volume voor vasthouden van de huidige bodemligging



Figuur 3-2 Benodigd volume per rivierkilometer voor het vasthouden van de huidige bodemligging

## 3.2 Ongeveer terug naar de bodem van 20 jaar geleden

Gemiddeld over alle Rijntakken is de bodem tussen 1999 en 2020 zo'n 19 cm gedaald. Om deze daling teniet te doen en in de geërodeerde trajecten de rivierbodem van ongeveer 20 jaar geleden te herstellen moet er 8,4 miljoen m<sup>3</sup> aan sediment worden aangevoerd. Daarnaast moet er 2 miljoen m<sup>3</sup> aan sediment worden herverdeeld vanuit locaties waar sedimentatie is opgetreden en de bodem nu hoger ligt. Dit kan echter alleen indien de korrelgrootte geschikt is voor suppletie. Wanneer dit niet het geval is, dan moet ook deze 2 miljoen m<sup>3</sup> van elders worden aangevoerd. Dit zou betekenen dat er dan ongeveer 10,4 miljoen m<sup>3</sup> aan sediment moet worden aangevoerd.

De afgelopen 20 jaar hebben er verschillende maatregelen plaatsgevonden in de Rijntakken die ook effect hebben gehad op de hoogteligging van de bodem van het zomerbed. Zo is de maatregel zomerbedverlaging op de Beneden-IJssel duidelijk te herkennen in Figuur 3-3 en Figuur 3-4. Die zomerbedverdieping was bedoeld om de afvoercapaciteit van de IJssel te vergroten. Maar hierdoor is de bodem hier netto niet gestegen, maar juist lager komen te liggen. Dit betekent dat hier geen sediment beschikbaar is voor herverdeling, maar dat er op dit traject juist 2,3 miljoen m<sup>3</sup> sediment nodig zou zijn om terug te gaan naar de bodem van ongeveer 20 jaar geleden; ongeveer dezelfde hoeveelheid (2,6 miljoen m<sup>3</sup>) die is weggebaggerd (PKB deel 4 Ruimte voor de Rivier, 2016) minus het effect van recente sedimentatie.

Ook voor de trajecten Midden en Beneden Nederrijn (R3 en R4) zou voor herstel van de bodemligging sediment moeten worden aangevoerd, terwijl hier juist sedimentatie optreedt. Voor deze trajecten in de Nederrijn is geen eenduidige verklaring, maar waarschijnlijk is er flink gebaggerd – hetzij voor vaargeulonderhoud hetzij voor commerciële zandwinning.

Op de Beneden Waal 'boven' (traject W3) valt juist op dat er – ondanks een erosiegeschiedenis – ineens sediment beschikbaar is voor herverdeling. De oorzaak daarvan is waarschijnlijk gelegen in de combinatie van kribverlaging en de aanleg van langsdammen, die beide in 2015 zijn opgeleverd. Door de langsdammen is het zomerbed in de PMAP-vakken versmald en door de kribverlaging gaat op jaarbasis een kleiner percentage van de afvoer door het zomerbed – en gaat er juist meer water door de kribvakken. De langsdammen betekenen ook dat de gemiddelde bodemligging van 1999 en ook die van 1980 is bepaald over een breder zomerbed/ PMAP-vak dan die in 2020. Hier is bij de berekeningen voor dit rapport geen rekening mee gehouden. Het advies is om voor dit traject niet precies de bodem van 20 of 40 jaar geleden te herstellen, maar te streven naar een geleidelijk verloop in aansluiting op de boven- en benedenstroomse trajecten.

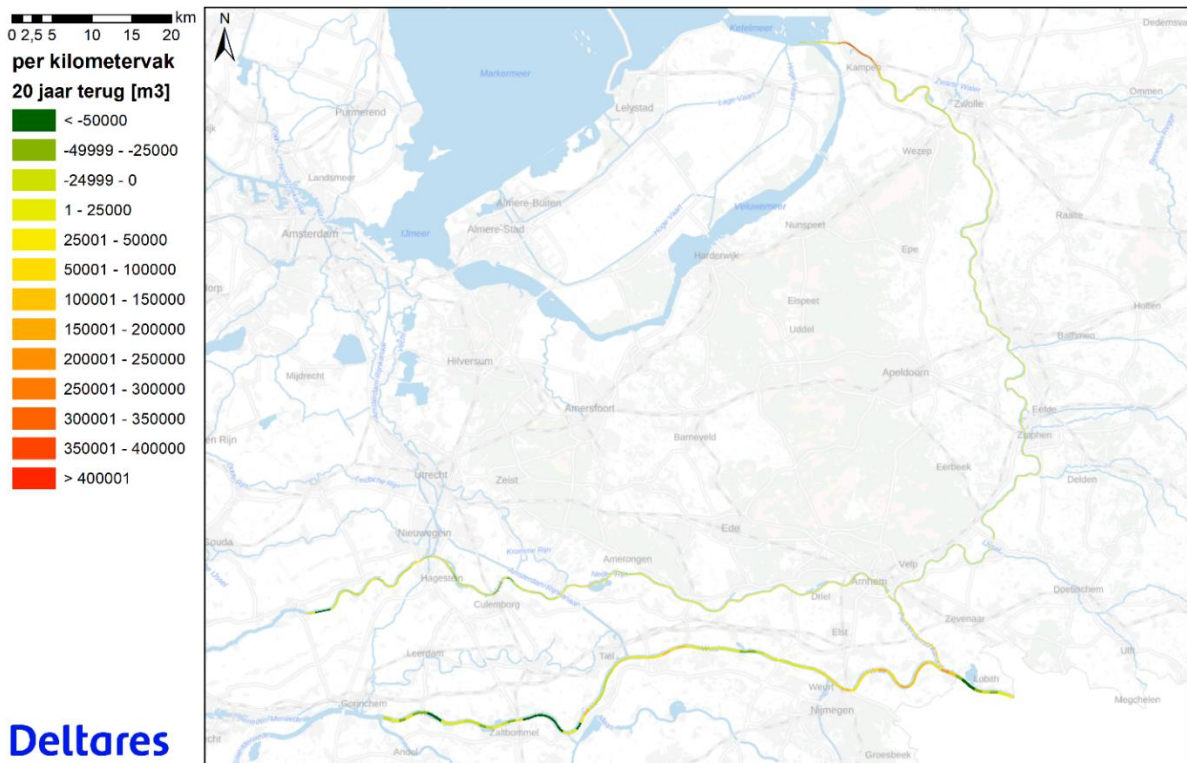
Ondanks dat er in het bovenstroomse deel van traject W3 sediment nodig is voor rivierbodemherstel is er meer stroomafwaarts in dit traject ook sediment beschikbaar. Figuur 3-4 laat zien dat er namelijk vooral tussen fort Sint Andries en Zaltbommel veel sedimentatie heeft plaatsgevonden in de afgelopen 20 jaar. Het is met name dit sediment dat ervoor zorgt dat het traject W3 als totaal een 'overschot' aan sediment heeft.

## Benodigd volume voor herstel naar de bodem van 20 jaar terug



Figur 3-3 Benodigd volume per traject voor het herstellen van de bodem van 1999.

## Benodigd volume voor herstel naar de bodem van 20 jaar terug

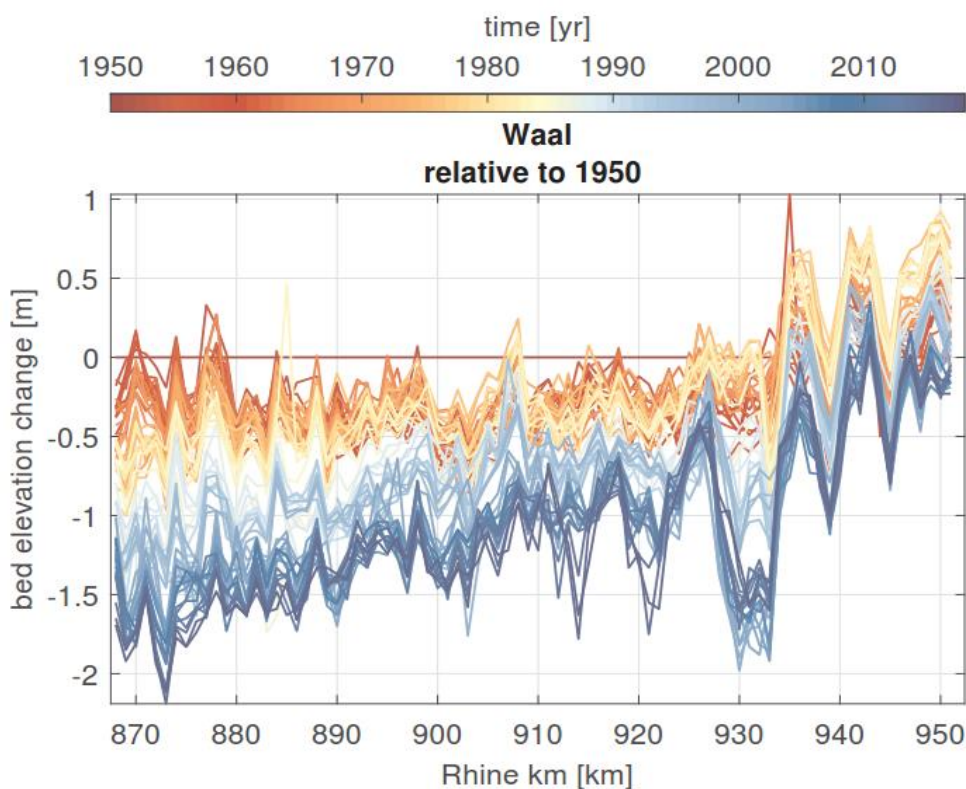


Figur 3-4 Benodigd volume per rivierkilometer voor het herstellen van de bodem van 1999.

### 3.3 Terug naar de rivierbodem van 1980

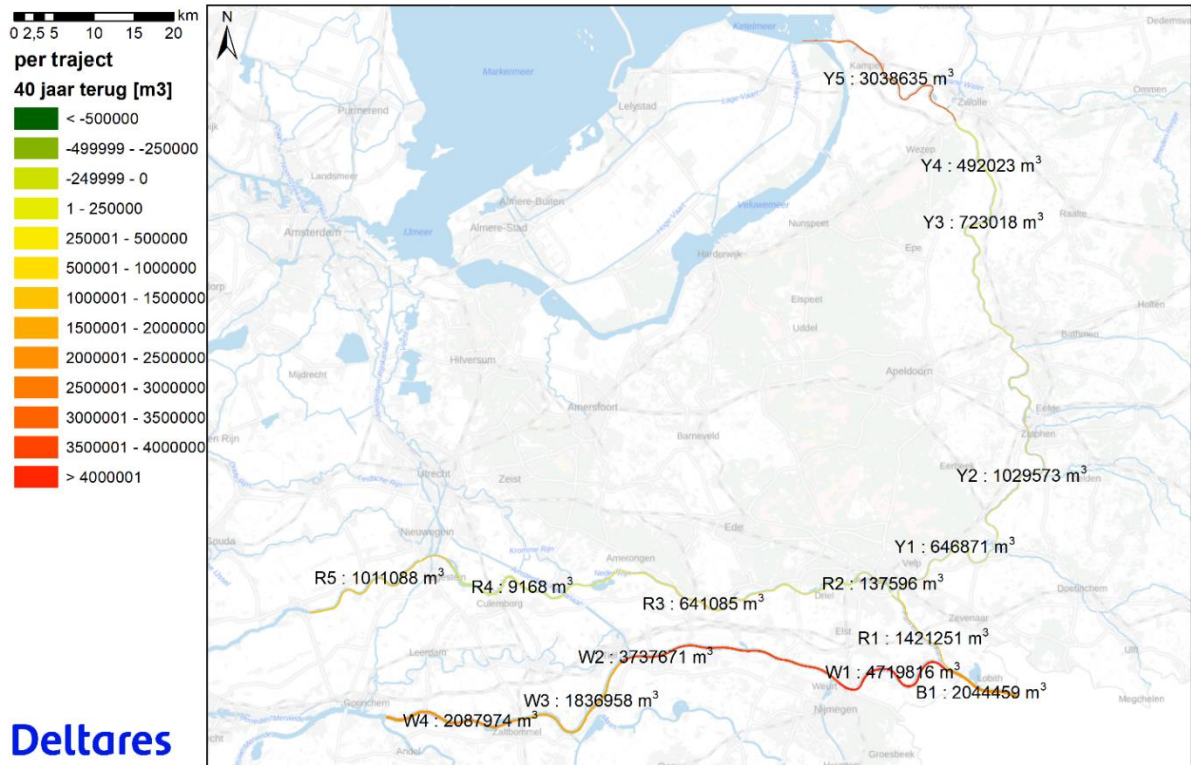
Wanneer de rivierbodem wordt hersteld naar de situatie van 1980, ongeveer 40 jaar geleden, dan is er in totaal 23.6 miljoen m<sup>3</sup> sediment nodig en moet dit naar alle trajecten worden aangevoerd, want overal ligt de bodem lager dan toen. Daarbovenop moet er ook binnen de trajecten nog zo'n 470.000 m<sup>3</sup> (470.442 m<sup>3</sup>) worden herverdeeld (zie Figuur 3-7). Het meeste sediment blijft nodig in trajecten Waalbochten (W1) en Midden-Waal (W2). Daarna volgt de Beneden IJssel (Y5), maar dat is niet het gevolg van erosie, maar door menselijk toedoen (zomerbedverdieping en nautisch baggeren).

Opvallend is dat ook het benedenstroomse deel van de Waal 40 jaar geleden hoger lag, en er dus sediment nodig zou zijn voor rivierbodemherstel. Terwijl de vergelijking met de situatie 20 jaar geleden precies het omgekeerde liet zien. Dat kan alleen verklaard worden vanuit baggerwerk (nautisch of commercieel). We kunnen dan ook slechts vaststellen dat er in het benedenstroomse deel van de Waal sinds 1980 geen consequente trend van verhoging of verlaging is geweest. Dit is ook te zien in Figuur 3-5 (Ottevanger en Chavarrias, 2019) die voor het zomerbed van de Waal het hoogteverschil ten opzichte 1950 laat zien. In deze figuur is o.a. te zien dat er tussen rivierkilometer 920 en 940 in de periode van 1970 tot 1985 nauwelijks veranderingen in hoogteligging van de rivierbodem optraden, terwijl deze na 1990 plotseling sterk daalde.



Figuur 3-5 Hoogte van het zomerbed van de Waal in verschillende jaren ten opzichte van die in 1950 (Ottevanger en Chavarrias, 2019). Let op: de rivier stroomt van links naar rechts.

## Benodigd volume voor herstel naar de bodem van 40 jaar terug



Figuur 3-6 Benodigd volume per traject voor het herstellen van de bodem van 1980.

## Benodigd volume voor herstel naar de bodem van 40 jaar terug



Figuur 3-7 Benodigd volume per rivierkilometer voor het herstellen van de bodem van 1980.

In de periode 1980-1999 zijn diverse maatregelen uitgevoerd die de gemiddelde hoogte van het zomerbed hebben beïnvloed. Zo is tussen 1985 en 1988 bij Nijmegen de harde laag aangelegd (rkm 883-885), gevolgd door de aanleg van bodemkribben in de Waalbocht bij Erlecom tussen 1989 en 1990 (873-876). Deze maatregelen zijn uitgevoerd om de erosie van de rivierbodembodem tegen te gaan en de rivier over de totale breedte een meer uniforme diepte te geven. Voor de berekening van het benodigde sediment om terug te gaan naar de bodem van 1980 is er niet in het bijzonder rekening gehouden met deze bodemkribben en harde lagen. Deze waren nog niet aanwezig in de bodem van 1980, maar ze liggen nu immers grotendeels aan het oppervlak en zijn dus al verdisconteerd in de gemiddelde bodemligging van 2020. Voor rivierbodembodemherstel wordt er vanuit gegaan dat een eventuele suppletie bovenop deze constructies wordt gestort en dat deze niet worden verwijderd indien de 1980 bodem lokaal lager zou liggen.

## 4 Conclusies en aanbevelingen

Zowel voor het behouden van de huidige rivierbodempligging als voor het herstellen van de rivierbodempligging van 20 of 40 jaar geleden moet er sediment worden aangevoerd van buiten de Rijntakken. De totaal volumes voor de 3 onderzochte opties zijn samengevat in Tabel 4-1. Voor het behoud van de huidige bodempligging is dit 0,15 miljoen m<sup>3</sup> per jaar (!); voor herstel van de bodempligging van 20 jaar geleden is dit 8,4 miljoen m<sup>3</sup> (eenmalig) en voor herstel van de bodempligging van 40 jaar terug is het 23,6 miljoen m<sup>3</sup> (eenmalig). Met deze volumina kan de gedaalde rivierbodem worden vastgehouden op het huidige niveau, respectievelijk weer omhoog worden gebracht naar eerdere niveaus. En vanzelfsprekend kan eenmalig betekenen dat er vele jaren achter elkaar moet worden gesuppleerd; en zijn tussenniveaus denkbaar. Aldus kan al doende worden geleerd hoe zaken uitpakken.

Tabel 4-1 De aan te voeren, herverdelen of totaal te verplaatsen volumes voor zowel het behouden van de huidige rivierbodem als het herstellen van de rivierbodem naar 20 en 40 jaar terug.

scenario	huidige bodem behouden	20 jaar terug	40 jaar terug
<b>Aan te voeren [miljoen m3]</b>	0,15	8,35	23,58
<b>Herverdelen [miljoen m3]</b>	0,03	2,03	0,47
<b>totaal [miljoen m3]</b>	0,17	10,39	24,05

Bij zulk ingrijpen moet ook nog sediment worden herverdeeld door het te verplaatsen van locaties waar netto sedimentatie is opgetreden naar locaties waar netto erosie is opgetreden. Respectievelijk moet 0,03; 2,03 en 0,47 miljoen m<sup>3</sup> voor de 3 onderzochte opties worden herverdeeld. Daarbij wordt opgemerkt dat de korrelgrootteverdeling van het sediment op de ene plaats vaak niet goed aansluit bij wat elders gewenst is. Dit betekent dat men moet denken aan te verplaatsen of aan te voeren totaalvolumina van respectievelijk 0,17 ; 10,4 en 24,0 miljoen m<sup>3</sup> voor de 3 onderzochte opties.

Vanwege de verschillende ingrepen die in de afgelopen 40 jaar de hoogteligging van het rivierbed hebben beïnvloed en lokaal verhogingen of verlagingen hebben veroorzaakt is echter het advies om niet klakkeloos de gemiddelde rivierbodem van 20 of 40 jaar geleden aan te houden als nastrevenswaard. Zeker in de trajecten met langsdammen en waar het zomerbed echt ingrijpend is veranderd, zal gekeken moeten worden wat de meest gewenste gradiënt en dus hoogteligging van de rivierbodem zou moeten zijn, mede in relatie tot boven- en benedenstrooms gelegen trajecten.

## 5 Referenties

- Kater, E. en van Putten, D.R. (persoonlijke communicatie), Dataset van de analyse parallel peiling uit 1999 en 2002 uitgevoerd per hectometer vak
- Ottevanger, W. en Chavarrias, V., 2019. *Morphological development of the bifurcation at Pannerden – Measurements, simulations and improving of graded-sediment modelling*. 11203682-007-ZWS-0005, Deltares, Delft
- PKB deel 4 Ruimte voor de Rivier, 2016. *Planologische Kernbeslissing Ruimte voor de rivier Deel 4 – HST12 Grondbalans en depots voor grond*
- Sloff, K., 2019. *Prognose bodemligging Rijntakken 2020-2050. Trends voor scheepvaart en waterbeschikbaarheid*. 11203738-005-BGS-0008, 20 december 2019, definitief Deltares, Delft
- Van Vuuren, W.E., 2000, *Vergelijking bodempeilingen singlebeam/multibeam Bovenrijn-Waal juli-oktober 1999*. RIZA werkdocument; 2000.094X



# A Benodigde hoogtes en volumes voor herstel

De benodigde volumes zijn ook opgeleverd als Excel bestand waarin niet alleen de resultaten per traject, maar ook de resultaten per rivierkilometervak en per 5km zijn opgenomen.

## A.1 Per Traject

Afkorting	Uitleg
km1vak	naam van kilometervak volgens de PMAP database
km5vak	naam van 5 kilometervak volgens de PMAP database
traject	naam van traject volgens de PMAP database
tak	naam van de riviertak volgens de PMAP database
d1999_m	gemiddelde hoogte waarmee de bodem hersteld moet worden om terug te gaan naar de gemiddelde bodem van 1999 (gemiddelde bodem 1999 - gemiddelde bodem 2020)
d1980_m	gemiddelde hoogte waarmee de bodem hersteld moet worden om terug te gaan naar de gemiddelde bodem van 1980 (gemiddelde bodem 1980 - gemiddelde bodem 2020)
dprog_m	prognose voor de hoogte waarmee de bodem hersteld moet worden om de huidige gemiddelde bodemligging te behouden (prognose * -1)
d1999_m3	volume nodig om terug te gaan naar de gemiddelde bodem van 1999 (gemiddelde bodem 1999 - gemiddelde bodem 2020) * oppervlak
d1980_m3	volume nodig om terug te gaan naar de gemiddelde bodem van 1980 (gemiddelde bodem 1980 - gemiddelde bodem 2020) * oppervlak
dprog_m3	volume nodig om de huidige gemiddelde bodemligging te behouden (prognose * -1) * oppervlak

traject	tak	d1980_m	d1999_m	dprog_m	d1980_m3	d1999_m3	dprog_m3
B0	ni						
B1	br	0.631	0.059		2044460	162199	
R1	pk	0.973	0.496	0.010	1421251	706403	14364
R2	nr	0.104	0.189	0.000	137596	256475	244
R3	nr	0.167	0.247	-0.003	641086	924908	-11453
R4	nr	0.002	0.074	-0.003	9169	198784	-1421
R5	le	0.252	0.111		1011089	366466	
RX	le						
W1	wa	1.026	0.396	0.016	4719816	1809620	73623
W2	wa	0.496	0.135	0.009	3737672	1010659	67311
W3	wa	0.387	-0.108	0.001	1836958	-524472	5157
W4	wa	0.384	-0.040	-0.002	2087975	-209223	-5032
WX	wa						
Y1	ij	0.359	0.275	0.003	646872	473604	5024
Y2	ij	0.375	0.166	0.001	1029573	449005	3084
Y3	ij	0.348	0.104	0.000	723019	212922	-31
Y4	ij	0.293	0.122	-0.001	492023	203350	-1692
Y5	ij	0.711	0.534	-0.001	3038635	2314293	-1943

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

**Deltares**

[www.deltares.nl](http://www.deltares.nl)