

## **Maatregelen project KRW3**

BPRW toets eroderend materiaal

Definitief

Grontmij Nederland B.V.  
De Bilt, 21 augustus 2014

# Verantwoording

**Titel** : Maatregelen project KRW3  
**Subtitel** : BPRW toets eroderend materiaal  
**Projectnummer** : 320749  
**Referentienummer** : 3.1.3-KRW3-21-08-2014  
**Revisie** : d3  
**Datum** : 21 augustus 2014

**Auteur(s)** : Drs. M. Maessen  
**E-mail adres** : mario.maessen@grontmij.nl  
**Gecontroleerd door** : Ing J.E.J Geraeds,  
**Paraaf gecontroleerd** :  
**Goedgekeurd door** : Msc. S. Kuipers  
**Paraaf goedgekeurd** :  
**Contact** : Grontmij Nederland B.V.  
De Holle Bilt 22  
3732 HM De Bilt  
Postbus 203  
3730 AE De Bilt  
T +31 30 220 74 44  
F +31 30 220 02 94  
www.grontmij.nl

# Inhoudsopgave

	1	Inleiding	
			4
1.1	Algemeen		4
1.2	Aanleiding en doelstelling		4
1.3	Achtergrond en uitgangspunten toetsing erosie		5
1.4	Ligging trajecten		5
1.5	Opbouw van het rapport		6
2	Gevolgte rekenmethodiek.....		7
2.1	De methodiek op hoofdlijnen		7
2.2	Uitgangspunten berekeningen		8
2.3	Bepaling erosie		8
2.4	Bepaling gehalte verontreinigingen van te eroderen sediment.		11
2.5	Berekening belasting eroderende bodem		11
3	Resultaten en toetsing .....		12
3.1	Inleiding		12
3.2	Resultaten berekening totale eroderende vracht		12
3.3	Resultaten berekening vrachten		13
3.4	Toetsing		13
3.5	Vergelijking concentraties zware metalen in zwevend slib en te eroderen materiaal.		14
3.6	Nieuwe parameters		15
3.7	Overige bronnen		15
4	Conclusies .....		0

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

Rijkswaterstaat is voornemens om over een groot aantal trajecten langs de Maas de huidige stortstenen oevers om te zetten in natuurvriendelijke oevers. Ten behoeve van de uitvoering zijn deze trajecten ingedeeld in een aantal tranches. De eerste: NVO1 is al in uitvoering. De tweede: NVO2 gaat binnenkort in uitvoering. Deze rapportage betreft de derde tranche: KRW3. In het verleden is gebleken dat deze oevers lokaal verontreinigd zijn. Ten behoeve van dit voor-nemen om natuurvriendelijke oevers aan te leggen heeft Grontmij Nederland BV in opdracht van Rijkswaterstaat een onderzoek uitgevoerd voor in totaal 24 onderzoekstrajecten langs de Maas tussen Herten (gemeente Roermond) en 's Hertogenbosch. Hiervan komen er 17 in uit-voering. Het voorliggende rapport geeft inzicht in de emissierisico's van de trajecten die in uit-voering gaan voor KRW3.

## 1.2 Aanleiding en doelstelling

### *Aanleiding en kader onderzoek*

RWS heeft de intentie om binnen het Maasdal (rkm 74 t/m 226,5) een aantal natuurvriendelijke oevers (NVO) aan te leggen. Ten behoeve van het op te stellen D&C-contract voor dit werk wenst de opdrachtgever, als beheersmaatregel, voorafgaande aan de aanbesteding inzicht te hebben in mogelijke risico's als gevolg van vrijkomende materialen (waterbodem en oeverbe-storting) bij de uitvoering van het werk alsmede de emissiegevolgen van het eroderen van de oevers (waterbodem).

### *Algemene doelstelling*

In het kader van de realisatie van doelstellingen uit de Kaderrichtlijn Water (KRW) zal een ge-deelte van de Maasoevers natuurvriendelijk worden ingericht.

In de voorbereidende fase van het project dienen een aantal risico's inzichtelijk te worden ge-maakt, waaronder:

- Financiële- en planningsrisico's als gevolg van milieuhygiënisch kwaliteit van vrijkomende materialen (grond en bouwstoffen);
- emissie risico's richting de waterlichamen de Zandmaas, de Bedijkte Maas en de Beneden Maas als gevolg van erosie van de te realiseren natuurvriendelijke oevers (NVO). Deze wa-terlichamen maken deel uit van het stroomgebied van de Maas.

Om deze risico's inzichtelijk te maken dient een onderzoek uitgevoerd te worden die de milieu-hygiënische kwaliteit van de te ontgraven (waterbodem en bouwstoffen) en de te eroderen ma-terialen (waterbodem) beschrijft. Ten behoeve van het bepalen van het emissierisico wordt een model opgesteld welke, ter toetsing, input nodig heeft vanuit het waterbodemonderzoek.

Door het detailniveau van de onderzoeken uit te breiden kunnen tevens een aantal subdoelstel-lingen worden behaald die tevens noodzakelijk zijn ten behoeve van de voorbereiding (vergun-ningen/meldingen) en realisatie van dit project:

- Maximale hergebruiksmogelijkheden: Inzicht in de milieuhygiënische kwaliteit van de te ont-graven waterbodem en oeverbestorting tot (indien mogelijk) op niveau van een erkend be-wijsmiddel Bbk (Besluit bodemkwaliteit). De aannemer dient hierbij een maximale vrijheid te hebben ten behoeve van afzetmogelijkheden.
- Waterwetvergunning:
  - Wijziging waterstaatswerk (Projectplan)

- Besluit lozen buiten inrichting (Bbi)
- BPRW (BeheerPlan RijksWateren): Toets op de doelstellingen KRW (onderdeel van de Waterwet) middels BPRW-toets.
  - De BPRW-toets heeft als input de emissie van stoffen als gevolg van de ingreep nodig. Ten behoeve van erosie van (water)bodems heeft RWS-WD een toetsingsmodulen opgesteld in de vorm van een spreadsheet. Dit spreadsheet heet de “waterbodemi-mmissietoets” en is analoog aan het spreadsheet “emissie/Immissietiets” waarin lozingen kunnen worden getoetst. Ten tijde van het opstellen van deze rapportage is gewerkt met een voorlopige versie beschikbaar gesteld door P. Vermeij van RWS-WD. De methodiek is verder afgestemd met de Inspectie voor Leefomgeving en Transport (ILT) vertegenwoordigd door de heer A. van Breemen.
  - De trajecten waar de natuurvriendelijke oevers worden aangelegd liggen verspreid over drie verschillende waterlichamen: de Zandmaas, de Bedijkte Maas en de Beneden Maas.
- Arbo: de onderzoeksresultaten geven input om de veiligheids- en gezondheidmaatregelen bij werken in of met verontreinigde waterbodems te bepalen.
- Bodemopbouw: door de boorbeschrijvingen krijgen we gebiedsdekkend inzicht in de samenstelling van het te ontgraven en het eroderende waterbodemmateriaal.
- Volume, civieltechnische kwaliteit ten aanzien van de gradering en homogeniteit: van de bouwstoffen

Het doel van de onderhavige rapportage betreft het toetsen van de trajecten op de BPRW toets. Het omvat de berekening van de emissie naar het milieu en de toetsing van deze emissie aan de Waterbodemi-mmissietoets. Omdat vooraf de emissie van zware metalen als knelpunt werd gezien ligt de nadruk van deze rapportage op de emissie van zware metalen. Daarnaast zijn op verzoek van ILT ook de overige organische parameters getoetst die zijn geanalyseerd conform het standaard voorgeschreven C1 analyse pakket en getoetst worden in de Waterbodemi-mmissietoets. Het C1 pakket wordt standaard gebruikt bij waterbodemi-mmissietoets uit zoet Rijksoppervlaktewater dat blijft binnen zoet Rijksoppervlaktewater.

### 1.3 Achtergrond en uitgangspunten toetsing erosie

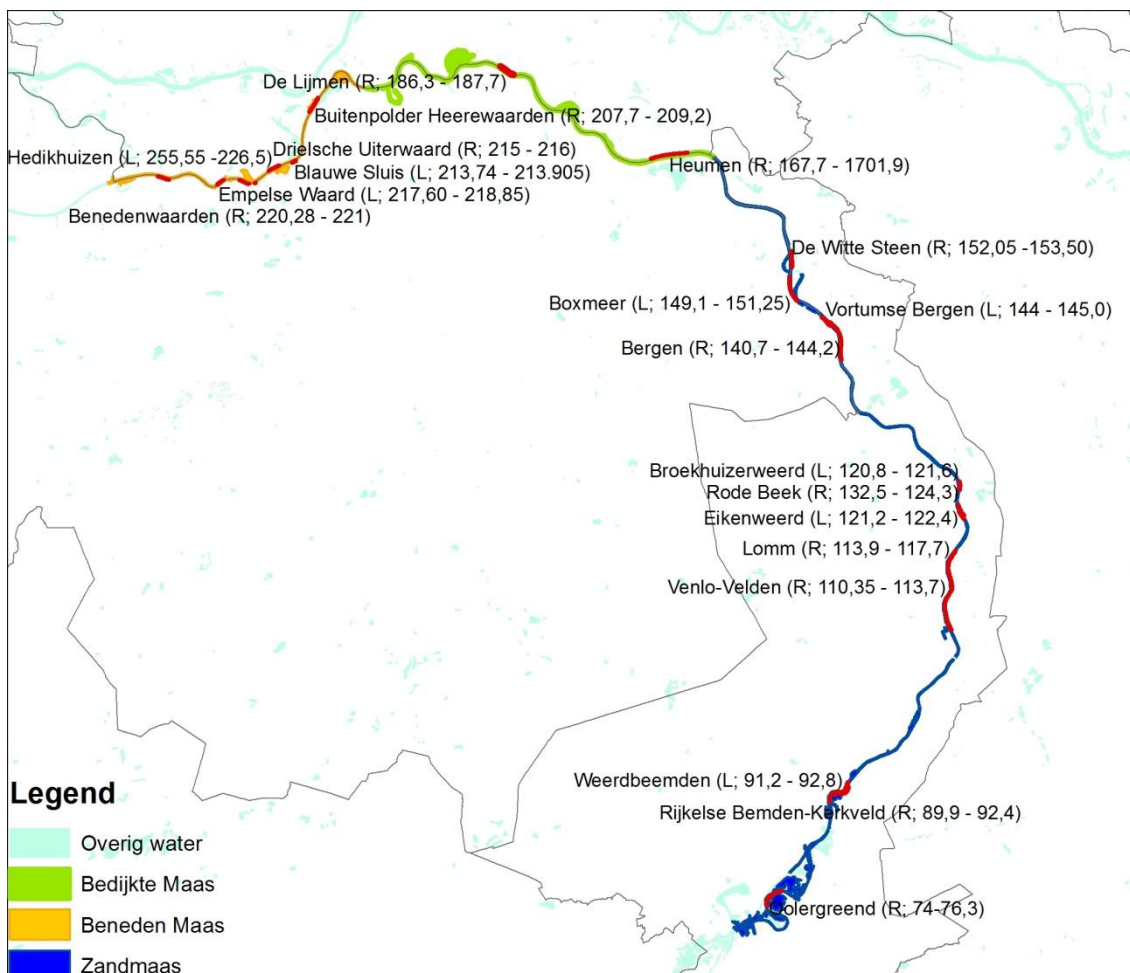
Voor het project KRW3 wordt langs de Maasoever op een aantal trajecten de bestaande oeverbekleding met stortsteen omgezet in een natuurvriendelijke oever. Dit wordt uitgevoerd door de bestaande stortstenen oeverbekleding te verwijderen. Hierdoor ontstaat een meer natuurlijke oever.. In het verleden zijn in de uiterwaarden verontreinigde oeverlagen door de Maas afgezet. Eerdere projecten hebben uitgewezen dat de oever na het verwijderen van het stortsteen soms sterk gaat eroderen Als gevolg van oevererosie zal een deel van de afgezette verontreinigde grond in het Maaswater terecht komen. Deze rapportage heeft als doel te toetsen of het eroderen van de verontreinigde grond leidt tot overschrijdingen van de chemische normen voor het oppervlaktewater. Op die trajecten waarvan verwacht mag worden dat de erosie voor de scheepvaart ongewenste effecten oplevert, wordt de oever preventief enkele meters afgegraven en afgevoerd. Hierdoor zal de erosie op die locaties minder zijn.

Uit de bodemanalyses van de Maasoevers is gebleken dat de oevers nauwelijks verontreinigd zijn met organische microverontreinigingen. Van deze verontreinigingen wordt aangenomen dat die geen rol spelen in de verontreiniging van de Maas. Echter conform de voorschriften van het ILT zijn de geanalyseerde organische parameters ook getoetst. Verontreinigingen met zware metalen worden wel regelmatig aangetroffen. Voor de toetsing zijn primair de zware metalen uit het C1 pakket geanalyseerd. Dit pakket is geldig voor waterbodems en baggerspecie uit zoet Rijksoppervlaktewater blijvend binnen zoet Rijksoppervlaktewater en omvat de metalen: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni en Zn. Bij ongeveer 30% van de analyses zijn ook de metalen Ba, Co en Mo geanalyseerd. Bij het C1 pakket wordt ook een aantal organische stoffen geanalyseerd. Welke organische stoffen zijn uiteindelijk getoetst, is uitgewerkt in hoofdstuk 2.

De toetsing zelf is uitgevoerd met het nieuwe spreadsheet “Waterbodemi-mmissietoets”. Een voorlopige versie hiervan is beschikbaar gesteld door Peter Vermeij (RWS WD)..

### 1.4 Ligging trajecten

In figuur 1.1 zijn de verschillende deeltrajecten op de Maas aangegeven. De drie waterlichamen zijn in verschillende kleuren aangegeven.



Figuur 1.1. Ligging trajecten KRW3.

### 1.5 Opbouw van het rapport

In het voorliggende rapport komen de volgende aspecten aan de orde:

- Gebruikte aannamen en gevolgde rekenmethodiek (hoofdstuk 2);
- Berekening emissie zware metalen en overige microverontreinigingen en resultaten toetsing (hoofdstuk 3);
- Conclusie toetsing (hoofdstuk 4).

## 2 Gevolgde rekenmethodiek

### 2.1 De methodiek op hoofdlijnen

Het doel van deze studie is het toetsen van de emissie vanuit de met zware metalen en organische microverontreiniging verontreinigde waterbodembodem. Hierbij wordt de emissie geheel bepaald door de erosie van de oevers na verwijdering van de bestorting van de oevers. Uitspoeling of nalevering vanuit de vaste bodem speelt een ondergeschikte rol. De emissie wordt bepaald door de hoeveelheid geërodeerde bodem en de samenstelling van deze geërodeerde bodem. De toetsing wordt uitgevoerd per waterlichaam. Hierbij mag alle geërodeerde grond van de verschillende trajecten per waterlichaam worden gezien als één lozing.

Om de totale emissie als gevolg van erosie te bepalen worden de onderstaande stappen gevolgd. Deze stappen worden apart uitgewerkt:

#### Stap 1: Bepaling hoeveelheid eroderend materiaal per waterlichaam

In deze stap wordt de totale hoeveelheid geërodeerd materiaal berekend. Dit leidt uiteindelijk tot een erosieflux (vracht) uitgedrukt in kg per seconde per traject. Op basis van deze vracht wordt het debiet aan poriewater afgeleid. Hierbij wordt aangenomen dat de erosie eenmalig plaatsvindt en dat het geërodeerde materiaal zich als bedload (deeltjes die over de bodem rollen) verplaatst en onder water op de bodem blijft liggen. Hierbij zijn twee varianten doorgerekend. De worst case variant waarbij de maximale waargenomen erosie uit voorgaande projecten is gebruikt en de meer realistische variant waarbij de Waqbank berekeningen als uitgangspunt zijn gebruikt.

#### Stap 2: Bepaling concentraties zware metalen en organische microverontreinigingen in het poriewater per traject en per waterlichaam.

In deze stap wordt de concentratie zware metalen in het poriewater berekend. Dit gebeurt op basis van de verdelingscoëfficiënten tussen bodem en water. Dit wordt uitgedrukt in Kf- of Kd-waarden middels het spreadsheet Waterbodembodem Immissietoets. Naast de zware metalen worden ook organische verontreinigingen getoetst. Omdat het hier een soort pilot betreft met betrekking tot het nieuwe toetsingsinstrument zijn hier alle geanalyseerde organische stoffen getoetst die het nieuwe toetsingsinstrument kan toetsen. Dit zijn de volgende stoffen: Antraceen, Benzo[a]pyreen, Benzo[b/k]fluorantheen, Benzo(g,h,i)peryleen en Indeno(1,2,3-cd)pyreen,, Fluorantheen, Naftleen, Trichloorbenzenen, Hexachloorbenzenen, Pentachloorbenzenen, Pentachloorfenol, som DDT/ DDE/ DDD en Hexachloorbutadien.

#### Stap 3: Bepaling vrachten zware metalen en organische microverontreinigingen naar de Maas per waterlichaam.

Op basis van de vrachten geërodeerd materiaal, het vrijkomende verontreinigde water en de gemeten of berekende concentraties kan een verontreinigingvracht naar de Maas worden berekend. Hierbij wordt duidelijk welke trajecten een grotere emissie laten zien en welke een kleinere emissie.

#### Stap 4: Toetsing emissie per waterlichaam.

In deze stap wordt de emissie getoetst. Omdat het sedimentgedrag na erosie niet geheel duidelijk is wordt eerst de totale emissie (ook de gebonden fractie) getoetst. Vervolgens is aangenomen dat alleen emissie plaatsvindt via poriewater..

De hoofdlijnen van deze methodiek zijn in overleg met de heer P. Vermij van RWS-WD begin 2013 door middel van meerdere gesprekken en mailwisselingen afgestemd. Deze methodiek is

mede gebaseerd op eerdere ervaringen met het NVO1 project en afgestemd met NVO2 dat voor de vergunningverlening deel gelijk opliep met het KRW3 traject..

## 2.2 Uitgangspunten berekeningen

Voor de berekeningen zijn de volgende gegevens gebruikt:

- Per monsterlocatie de x en y coördinaten en de hoogte van het maaiveld;
- De chemische gegevens (gehalte zware metalen, gloeiverlies en lutum);
- Stuwpeil per traject voor toekomstig (2015) peil;
- Kf- of Kd-waarden (verdelingscoëfficiënten) van de zware metalen.

## 2.3 Bepaling erosie

Uit eerdere projecten waarbij het stortsteen is verwijderd is gebleken dat de oever erodeert. Deze erosie vindt nauwelijks plaats als gevolg van meandering bij hoge debieten maar voornamelijk als gevolg van golfslag op de oever. De Maas is over het grootste deel van zijn traject waar de oevermaatregelen plaatsvinden gestuwd en daardoor heeft de Maas gedurende een groot deel van het jaar een vast peil. Juist bij dit vast peil vindt de oevererosie plaats. De oever erodeert dus rondom het stuwpeil. Op basis van berekeningen van het adviesbureau HKV (Voorbereiding 3e tranche KRW- maatregelen Maas, Toepassing waqbank 2012) is afgeleid dat door natuurlijke erosie de toekomstige oevers een talud vormen van 1 op 20.

De erosiebasis voor de oever wordt gevormd door de diepte tot waar de oeverbestorting wordt afgegraven. Dit is per traject verschillend. In tabel 2.1 is per traject de erosiebasis weergegeven. In de worst case variant is er van uitgegaan dat dit de werkelijke erosiebasis wordt. De berekeningen van HKV met Waqbank geven echter aan dat een lagere erosiebasis nauwelijks tot extra erosie leidt. De ontgravingdiepte van de oeverbestorting is telkens per traject weergegeven. In deze tabel is tevens de stuwhoogte (gepland voor 2015) bij een debiet van 120 m<sup>3</sup>/s weergegeven. In deze tabel zijn ook de deeltrajecten aangegeven waar het stortsteen wordt verwijderd. De trajecten waar het stortsteen niet wordt verwijderd zijn niet weergegeven.

**Tabel 2.1. Erosiebasis trajecten**

Traject	Km vak	Waterlichaam	Diepte erosie- basis tov stuwpeil	Stuwhoogte (m +NAP)	afgraven oevers
Oolergreend1	75- 75,4	Zandmaas	-0,5	16,89	5 m
Oolergreend2	75,45- 75,9	Zandmaas	-0,5	16,89	5 m
Rijkelse Bemden1	90- 90,45	Zandmaas	-0,5	14,21	5 m
Rijkelse Bemden2	90,45- 90,85	Zandmaas	-1	14,21	5 m
Rijkelse Bemden3	91- 91,75	Zandmaas	-1	14,21	5 m
Weerdbeemden	91,3- 91,57	Zandmaas	-0,5	14,2	5 m
Venlo-Velden1	111,15- 111,75	Zandmaas	-0,5	11,26	5 m
Venlo-Velden2	113,05- 113,4	Zandmaas	-0,5	12,26	5 m
Lomm	117,93- 118,65	Zandmaas	-0,5	11,25	herprofilen
Broekhuizerweerd	120,8- 121,6	Zandmaas	-1	11,2	5 m
Eikenweerd1	121,2- 122,1	Zandmaas	-1	11,21	5 m
Eikenweerd2	122,3- 122,42	Zandmaas	-1	11,21	5 m
Rode Beek1	123,5- 124,1	Zandmaas	-1	11,2	5 m
Rode Beek2	124,1- 124,3	Zandmaas	-0,5	11,2	5 m
Bergen1	140,7- 140,94	Zandmaas	-0,5	11,11	15 m
Bergen2	141,5- 142,2	Zandmaas	-0,5	11,11	25 m
Bergen3	143,2- 143,8	Zandmaas	-0,5	11,11	15 m
Vortumse bergen	144- 145	Zandmaas	-1	11,11	Herprofilen
Boxmeer	149,35- 150,75	Zandmaas	-0,5	8,12	falling apron
De Witte steen	152,08-153,15	Zandmaas	-1	8,1	nee
Heumen	167,9-168,93	Bedijkte Maas	-0,5	8,02	nee
De Lijmen	186,3- 187,7	Bedijkte Maas	-0,5	4,94	20 m en falling apron
Buitenpolder Heerewaarden	207,7- 208,9	Beneden Maas	-0,5	0,59	nee
De Blauwe Sluis	213,74-213,91	Beneden Maas	+0,04	0,56	nee
Drielsche Uiterwaarden	215- 216	Beneden Maas	-0,5	0,56	nee
Empelse Waard1	217,6 – 217,7	Beneden Maas	+0,09	0,56	nee
Empelse Waard2	218,05 – 218,85	Beneden Maas	+0,09	0,56	nee
Hedikhuizen	225,55- 226,35	Beneden Maas	-1	0,52	nee



Als uitgangspunt van de berekeningen is aangenomen dat de laag boven de erosiebasis erodeert. In figuur 2.1 is schematisch weergegeven welke laag wordt geërodeerd. De dikte van deze laag wordt berekend als hoogte maaiveld (na afgraven) minus stuwpeil minus diepte erosiebasis. De maaiveldhoogte is gemeten tijdens de boring.

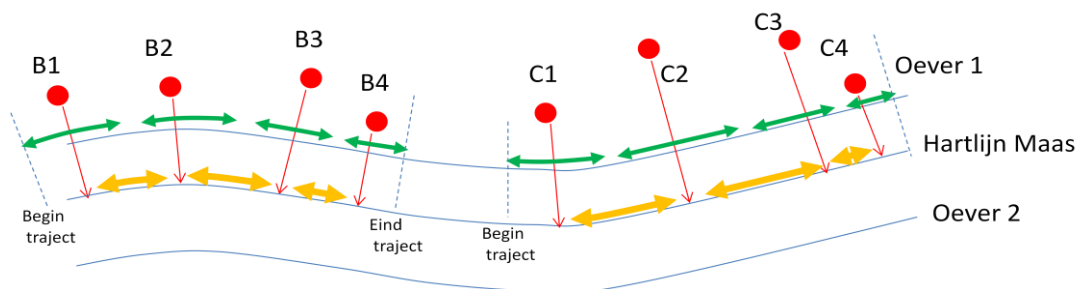
Uit eerder uitgevoerde projecten waarbij de stortstenen oever is afgegraven is gebleken dat de maximale erosie ongeveer 5 meter per jaar landinwaarts is. Ten behoeve van deze studie is door HKV een modellering uitgevoerd (Voorbereiding 3e tranche KRW-maatregelen Maas; Toepassing waqbank). In deze studie is per traject de te verwachten erosie uitgerekend. Voor de toetsing is de erosie in het eerste jaar aangehouden. Dit blijkt in de praktijk de maximale erosie te zijn. Helaas zijn enkele trajecten niet doorgerekend omdat deze trajecten achteraf zijn toegevoegd na het uitvoeren van deze berekeningen. Voor die locaties is het gemiddelde van de meest nabijgelegen locaties gebruikt. De berekende erosie is weergegeven in tabel 2.2. Het geërodeerde volume per strekkende meter oever is dus erosie Waqbank\*(maaiveldhoogte – hoogte stuwpeil - erosiebasis) per jaar. Het toekomstige talud zal 1 op 20 worden. Aangenomen is dat het huidige maaiveld met ongeveer met dezelfde helling oploopt. Deze hoeveelheid wordt omgerekend naar een emissie per jaar en naar een emissie per seconde.



Figuur 2.1. Huidige situatie (links) en situatie na erosie (rechts). Het verticale hoogteprofiel is overdreven weergegeven. Het rood gearceerde deel is het deel van de oever dat maximaal in één jaar erodeert.

#### Bepaling oeverlengte

Ieder bemeten traject bestaat uit een aantal grondboringen. Iedere boring is representatief voor een stuk oevertraject. De methodiek wordt aan de hand van figuur 2.2 uitgelegd. Aangenomen is dat de boring representatief is tot halverwege de volgende boring. Omdat niet iedere boring even ver van de oever staat kan niet zomaar de afstand tussen de boringen worden genomen als oeverlengte. Daarom is de hartlijn van de Maas als referentie genomen. Hierbij is met behulp van GIS ieder boring op de hartlijn van de Maas geprojecteerd. Dit zijn de rode pijlen vanuit de monsterlocaties in figuur 2.2. Vervolgens is de afstand tussen de projecties op de hartlijn berekend (de gele pijlen). Deze zijn representatief geacht voor de afstand tussen de punten op de oever. Vervolgens is de helft van de afstand van de punten (in dit voorbeeld de afstand tussen de punten C2-C1 en punten C2-C3) genomen als gebied dat representatief is voor boring C2 (de groene pijlen). Bij de uiteinden (hier B1, B4, C1 en C4) wordt het eind van de sectie bepaald door begin of eindpunt van het traject. Bij zeer sterk gekromde stukken in de Maas leidt dit tot kleine maar verwaarloosbare afwijkingen.



Figuur 2.2. Weergave rekenmethodiek bepaling oeverlengte

### Bepaling daadwerkelijke erosie in combinatie met afgraven oevers

Voor de erosie wordt uitgegaan van een bepaalde erosiebasis. Op een aantal trajecten wordt de oever bij aanleg al een aantal meters afgegraven. Dit heeft als doel de erosie in het eerste jaar te verminderen. Als uitgangspunt is aangenomen dat de erosie minder wordt naarmate de oever verder weg is. In de berekeningen van HKV met Waqbank is voor de uiteindelijke evenwichtssituatie berekend hoever de oever zal eroderen. Vervolgens is berekend hoeveel procent er al is afgegraven ten opzichte van de evenwichtssituatie. Dus als (in evenwicht) de oever 15 meter zal eroderen en er wordt 5 meter afgegraven dan zal de erosie nog naar 2/3 zijn ten opzichte van de niet afgegraven situatie.

Voor enkele trajecten wordt er zoveel afgegraven dat de uiteindelijk erosie nul zal zijn. Voor trajecten waarbij aan falling apron is aangebracht wordt aangenomen dat de erosiesnelheid halveert. De uiteindelijke erosievermindering ten opzichte van een niet afgegraven situatie is weergegeven in tabel 2.2.

**Tabel 2.2. Erosievermindering als gevolg van afgraven oevers.**

Traject	Maximale erosie Waqbank na eerste jaar	Vermindering erosie tov niet afgegraven situatie
Oolergreend	3,38	29%
Rijkelse Bemden	0,62	34%
Weerdbeemden	2,18	30%
Venlo-Velden	0,19	34%
Lomm	0,225*	31%
Broekhuizerweerd	0,26	28%
Eikenweerd	0,175*	29%
Rode Beek	0,09	30%
Bergen	0,21	100%
Vortumse bergen	0,32	100%
Boxmeer	0,65	0%
De Witte steen	1,84	0%
Heumen	1,78	0%
De Lijmen	2,72	100%
Buitenpolder Heerewaarden	2,305*	0%
Blauwe Sluis	1,40*	0%
Drielsche Uiterwaarden	1,89	0%
Empelse Waard	0,66*	0%
Hedikhuizen	1,5	0%

\*. Erosiewaarden niet door HKV berekend. Hier is een gemiddelde van de naastgelegen trajecten aangehouden.

Om een eventuele concentratiestijging te berekenen moet het geërodeerde volume worden omgerekend naar een vracht in kg/s. Hiervoor is aangenomen dat het soortelijk gewicht van bodem 1,75 kg/l is. Dit is conform de toetsing NVO2.

Als voorbeeld wordt het traject Oolergreend gepresenteerd. In de onderstaande tabel staan 15 boringen opgegeven. Hiervan is per locatie de afstand op de hartlijn van de Maas berekend en daarmee de lengte van het segment waarvoor de boring representatief is. Per segment wordt vervolgens ook de erosiebasis, de stuwhoogte en het toekomstige maaiveld opgegeven. In combinatie met de berekende erosie uit Waqbank en de erosievermindering (in %) uit tabel 2.2 wordt het te eroderen volume per segment berekend. Dit leidt weer per segment tot een erosie in m<sup>3</sup>/jaar of m<sup>3</sup>/s. Deze waarden worden per traject gesommeerd.

**Tabel 2.2. Voorbeeldberekening erosie voor traject Oolergreed.**

Trajectnaam	boring	Maaiveld- hoogte	Stuw- hoogte	Erosie- basis	lengte traject	erosie Waqbank	Erosie- vermindering	erosie (m3)/jr	erosie m3/s
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B01	18,61	16,89	0,5	193	3,38	0,29	419	1,33E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B02	19,77	16,89	0,5	211	3,38	0,29	699	2,22E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B03	19,10	16,89	0,5	215	3,38	0,29	571	1,81E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B04	18,67	16,89	0,5	202	3,38	0,29	451	1,43E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B05	19,19	16,89	0,5	207	3,38	0,29	569	1,8E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B06	19,17	16,89	0,5	184	3,38	0,29	502	1,59E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B07	18,73	16,89	0,5	190	3,38	0,29	437	1,38E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B08	18,75	16,89	0,5	192	3,38	0,29	444	1,41E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B09	19,03	16,89	0,5	192	3,38	0,29	497	1,58E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B10	18,10	16,89	0,5	213	3,38	0,29	357	1,13E-05
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B11	18,26	16,89	0,5	172	3,38	0,29	315	9,98E-06
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B12	18,23	16,89	0,5	146	3,38	0,29	264	8,36E-06
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B13	18,37	16,89	0,5	160	3,38	0,29	309	9,8E-06
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B14	18,40	16,89	0,5	136	3,38	0,29	267	8,48E-06
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B15	18,50	16,89	0,5	104	3,38	0,29	214	6,8E-06
Oolergreed (R; 74-76,3)	01-OL-B01	18,61	16,89	0,5	193	3,38	0,29	419	1,33E-05

## 2.4 Bepaling gehalte verontreinigingen van te eroderen sediment.

Conform de voorschriften is op iedere boring voor ieder type bodemlaag een aparte bemonstering uitgevoerd. Omdat wordt aangenomen dat de bodem boven het lokale stuwpeil als één geheel erodeert komen alle lagen in één keer in de Maas terecht. Daarom zijn de concentraties van de verschillende lagen gemiddeld. Omdat niet alle lagen even dik zijn is er een gewogen gemiddelde gebruikt waarbij de dikte van de bemonsterde laag als gewicht is genomen. Voor het gemiddelde zijn alleen de lagen meegenomen waarvan wordt verwacht dat ze eroderen. De af te graven lagen zijn dus niet meegenomen. Ook bemonsteringen onder het te eroderen bodemniveau zijn niet meegenomen. Vervolgens is per traject berekend hoeveel stoffen er in totaal worden geërodeerd. Dit wordt vervolgens weer gemiddeld over het totaal geërodeerde volume waarmee een gewogen gemiddelde concentratie wordt berekend. Deze waarden per traject zijn bijgevoegd in bijlage 1. Voor de later toegevoegde trajecten Empelse Waard en Blauwe Sluis zijn (nog) geen systematische bemonsteringen uitgevoerd. Hier is uitgegaan van de meetwaarden uit het verkennend bodemonderzoek.

## 2.5 Berekening belasting eroderende bodem

De emissie van verontreinigingen wordt berekend door de vracht aan geërodeerd materiaal (kg/s) te vermenigvuldigen met de concentratie van de betreffende stof. Omdat voor de meeste zware metalen alleen normen voor de opgeloste fractie bestaan moeten de concentratie van de opgeloste fractie worden berekend. Dit wordt automatisch gedaan door het spreadsheet Waterbodem Immissie toets. In dit spreadsheet wordt aangenomen dat het poriewatervolume 10% van het totale volume bedraagt. Voor de meest organische stoffen zijn er alleen normen voor de totale fractie, inclusief de gebonden fractie. Hier wordt geen poriewaterberekening uitgevoerd.

### 3 Resultaten en toetsing

#### 3.1 Inleiding

De resultaten en toetsing worden in twee stappen uitgewerkt. In eerste instantie worden de concentraties gestandaardiseerd en getoetst aan de A-norm. Indien de bodem de A-norm niet overschrijdt hoeft geen verdere toetsing te worden uitgevoerd. Indien er geen normen voor bodem bestaan voor de betreffende stof moet er ook een toetsing worden uitgevoerd. Voor de stoffen die moeten worden getoetst wordt de vracht vanuit de eroderende bodem berekend. Deze berekeningen gebeuren automatisch in het Waterbodem Immissietoets spreadsheet.

#### 3.2 Resultaten berekening totale eroderende vracht

In tabel 3.1 zijn de berekende hoeveelheden geërodeerde grond voor het eerste jaar na uitvoering weergegeven op basis van de Waqbank berekeningen. Aangenomen is dat de erosie in het eerste jaar het grootst is. Omdat het merendeel van de trajecten in het waterlichaam van de Zandmaas ligt, is de belasting vanuit de Zandmaas veruit het grootst.

De totale berekende vrachten aan te eroderen materiaal is groot. Bij de aanname dat al zwevend stof in oplossing zou gaan bij het gemiddelde debiet ( $271 \text{ m}^3/\text{s}$ ) zou de toename van zwevend stof  $14 \text{ mg/l}$  zijn. Ter vergelijking: het zwevend stof gehalte bij Eijsden is  $15,7 \text{ mg/l}$  en bij Keizersveer (Beneden Maas) is gemiddeld  $12 \text{ mg/l}$ . Deze benadering zou een verdubbeling van de zwevend stof concentratie betekenen als alle zwevend stof in suspensie zou blijven. Dit is niet realistisch.

**Tabel 3.1. Berekende erosievolumes per traject in het eerste jaar conform de Waqbank berekeningen**

	Som van erosie m <sup>3</sup> /s	Som van erosie (kg/s)
<b>Zandmaas</b>		
Oolergreend	0,00049	0,86
Rijkelse Bemden	0,00008	0,14
Weerdbeemden	0,00013	0,22
Venlo-Velden	0,00004	0,06
Lomm	0,00002	0,03
Broekhuizerweerd	0,00002	0,03
Eikenweerd	0,00009	0,16
Rode Beek	0,00001	0,01
Bergen	0,00000	0,00
Vortumse bergen	0,00000	0,00
Boxmeer	0,00040	0,69
De Witte steen	0,00011	0,19
<b>Totaal Zandmaas</b>	<b>0,00139</b>	<b>2,39</b>
<b>Bedijkte Maas</b>		
Heumen	0,00007	0,12
De Lijmen	0,00000	0,00
<b>Totaal Bedijkte Maas</b>	<b>0,00007</b>	<b>0,12</b>
<b>Beneden Maas</b>		
Buitenpolder Heerwaarden	0,00040	0,71
Blauwe Sluis	0,00002	0,04
Drielsche Uiterwaarden	0,00026	0,46
Empelse Waard	0,00006	0,10
Hedikhuizen	0,00012	0,21
<b>Totaal Beneden Maas</b>	<b>0,00038</b>	<b>0,67</b>
<b>Totaal</b>	<b>0,00222</b>	<b>3,88</b>

### 3.3 Resultaten berekening vrachten

Op basis van de geërodeerde grond (in kg/s) en de gemeten concentraties zware metalen zijn de totale vrachten zware metalen in de geërodeerde grond naar de Maas berekend. De basisresultaten zijn weergegeven in bijlage 1. In tabel 3.2 is de gewogen gemiddelde concentratie weergegeven.

**Tabel 3.2. Totale concentraties en vrachten zware metalen naar de Maas in geërodeerde bodem conform Waqbank berekening**

Parameter	Gemiddelde concentratie in geërodeerd materiaal**				Totale vracht***				Vracht opgeloste fractie***			
	Zand- maas	Bedijkte Maas	Beneden Maas	Totaal	Zand- maas	Bedijkte Maas	Beneden Maas	Totaal	Zand- maas	Bedijkte Maas	Beneden Maas	Totaal
volume (l/s)					1,39	0,07	0,86	2,22				
massa (kg/s)					2,39	0,12	1,52	3,88				
humus	4,0	6,6	2,8	3,6	9,3	0,8	8,0	14,0				
lutum	11,9	19,2	7,5	10,6	29,2	2,4	16,2	41,1				
As	11,9	21,1	7,4	10,0	25,4	2,6	12,0	38,8	0,8	0,1	0,3	1,3
Co	8,5		3,5	6,8	1,8*	-	2,7	4,2	0,8	-	1,1	1,8
Cr	26,1	40,7	17,1	22,2	57,1	5,0	25,9	86,0	1,0	0,1	0,4	1,5
Ba	58,9		30,9	49,6	12,9*	-	23,5*	34,7*	0,3	-	0,4	0,7
Cd	2,9	5,6	1,3	2,1	5,4	0,7	2,3	8,1	0,7	0,1	0,3	1,0
Cu	40,0	79,9	16,3	28,0	73,9	9,8	31,4	108,7	33,3	4,4	11,3	49,0
Hg	0,4	1,0	0,2	0,3	0,8*	0,1	0,3*	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
Mo	1,5		0,8	1,3	0,3*	-	0,6*	0,9*	0,1	-	0,1	0,2
Ni	21,6	31,8	13,3	19,0	51,6	3,9	20,0	73,6	1,7	0,1	0,6	2,4
Pb	129,9	314,9	67,1	99,1	242,1	38,6	124,3	384,7	7,5	1,2	3,2	12,0
Zn	416,8	897,8	201,8	316,4	817,2	109,9	364,0	1228,2	139,3	18,7	51,3	209,3

\* vracht van vier bemeeten locaties

\*\* % voor org stof en lutum, gr/kg voor org stof en lutum, mg/kg voor zware metalen

\*\*\* gr/s voor org stof en lutum, mg/s voor overige stoffen

De totale vrachten van zware metalen naar de Maas zijn klein. Ter vergelijking zijn de gemiddelde concentraties in de Maas bij Keizersveer in tabel 3.3 opgenomen.

**Tabel 3.3 Toename concentratie (µg/l) bij een debiet van 271 m³/s (µg/l)**

parameter	Toename totaal	Toename opgelost	Concentratie Keizers- veer totaal	Concentratie Keizers- veer opgelost
As	0,14	0,0046	1,34	0,93
Co	0,016	0,0068	0,97	0,54
Cr	0,32	0,0055	1,97	0,51
Ba	0,13	0,003	31,3	-
Cd	0,0299	0,0037	0,24	0,11
Cu	0,40	0,18	3,75	2,16
Hg	0,0043	0,0001	0,021	0,012
Mo	0,0033	0,0007	-	-
Ni	0,271	0,0089	4,43	3,28
Pb	1,42	0,04	3,40	0,52
Zn	4,53	0,77	24,65	7,86

### 3.4 Toetsing

Voor de verschillende stoffen is getoetst aan de emissietoets met behulp van het nieuwe toetsinstrument de Waterbodemmissetoets. Dit is een spreadsheet waarbij de debieten van de Maas, de hydraulische eigenschappen van de Maas, de hoeveelheden geërodeerde grond en de concentraties verontreinigingen in deze grond als input worden gebruikt.

*Te toetsen stoffen*

Het rekenblad 'waterbodempkwaliteit' geeft automatisch aan of 'de betreffende stoffen moet worden getoetst'. Deze resultaten zijn weergegeven in bijlage 3. Uit de berekeningen in het toetsingsspreadsheet blijkt dat bij alle drie waterlichamen (de Zandmaas, de Bedijkte Maas en de beneden Maas) cadmium, lood en zink moeten worden getoetst. Na toetsing voldoen alle lozingen van zware metalen.

Voor de organische microverontreinigingen moeten alleen de stoffen zonder norm (individuele PAK's, individuele PCB's, endosulfansulfaat en chloordaan) worden getoetst. Alle overige stoffen voldoen aan de normen. Voor de stoffen die niet voldoen moet worden getoetst in combinatie met de waterkwaliteit. Ook in deze situatie voldoet de toetsing.

Voor de beneden Maas voldoet heptachloorepoxide niet aan de A norm voor waterbodems. Voor deze bodem liggen alle meetwaarden onder de detectiegrens. Voor de toetsing is de detectiegrens als meetwaarde aangehouden. Omdat deze bodem weinig organisch stof en lutum bevat komt deze bodem na standaardisatie boven de norm uit. Echter na toetsing op emissie naar oppervlaktewater voldoet ook deze stof.

*Niet gemeten stoffen*

Het rekeninstrument vraagt om de invoer van stofgehalten van verschillende stoffen welke niet zijn geanalyseerd. Het gaat om de stoffen:

- alkylfenolen;
- organotinverbindingen;
- trichloorbenzeen;
- gebromeerde vlamvertragers;
- C10-C13-alkanen en hexachloorethaan;
- enkele organochloorverbindingen, en de organofosfor- en organotinverbindingen;
- ftalaten.

Dat op deze stoffen geen analyses zijn uitgevoerd betekent dat op grond van vooronderzoek is geconcludeerd dat er geen reden was om aan te nemen dat deze stoffen in verhoogde gehalten in het te eroderen materiaal aanwezig zouden zijn (geen kritische stoffen). Dit betekent dat het niet toetsen van deze stoffen niet ten onrechte tot de conclusie leidt dat er wat deze stoffen betreft sprake is van 'geen achteruitgang'.

### **3.5           Vergelijking concentraties zware metalen in zwevend slib en te eroderen materiaal.**

Uit meerdere onderzoeken blijkt dat het gedrag van zware metalen erg systeemspecifiek is. In het geval van de erosie van de Maasoeveren betreft het gebiedseigen materiaal dat hier op natuurlijke wijze afgezet is. Het te eroderen materiaal zal dus erg lijken op het zwevend stof dat nu in de Maas voorkomt. Daarom is nagegaan hoe de concentraties zware metalen in het zwevend stof zich verhouden tot het te eroderen materiaal. Het zwevend stof in de Maas betreft echter alleen zeer fijn materiaal en over het algemeen zitten de verontreinigingen juist aan dit fijne materiaal. Het grovere materiaal bezinkt al snel. Daarom zijn voor het te eroderen materiaal twee situaties uitgewerkt: 1) het gehalte aan zware metalen of de bruto bodem en 2) worst case: de zware metalen zitten alleen gebonden aan de lutum en organisch stof fractie.

**Tabel 3.5 Vergelijking concentraties zware metalen (mg/kg) in de te eroderen bodem met het huidige zwevend stof**

	Gemiddelde concentratie in bruto te eroderen bodem	Gemiddelde concentratie indien alleen lutum en organische stof erodeert	zwevend stof Keizersveer
Arseen	10,7	71,5	109
Barium	69,1	460,7	573
Cadmium	2,2	15,0	9,3
Chroom	24,2	161,2	95
Kobalt	9,4	62,8	59,9
Koper	32,4	215,8	86
Kwik	0,4	2,3	0,639
Lood	119,4	795,9	163
Molybdeen	1,5	10,0	-
Nikkel	20,0	133,4	4,4
Zink	556	2364	2971

Voor de metalen arseen, barium, kobalt en zink zijn de gemeten concentraties in het zwevend stof duidelijk hoger dan het te eroderen materiaal. Aangenomen dat het geërodeerde materiaal zich soortgelijk gedraagt als het bemeten zwevend stof zal het eroderende materiaal deze metalen in de Maas juist gaan binden. Het eroderende materiaal zal voor deze drie metalen juist als “zink” dienen.

Voor cadmium, chroom, kobalt, koper, lood en kwik liggen de bruto waarden in de eroderende grond lager dan het huidige zwevend stof. Indien ervan wordt uitgegaan dat alle zware metalen alleen gebonden zitten in lutum en organisch stof, dan liggen de concentraties zware metalen in de te eroderen grond hoger dan het huidige zwevend stof. Afhankelijk van de aanname zal de geërodeerde grond dienen als zink of als bron. Alleen voor nikkel liggen de concentraties in de te eroderen grond duidelijk hoger dan het huidige zwevend stof. Voor dit metaal leidt erosie echt tot hogere opgeloste concentraties in de Maas.

### 3.6 Nieuwe parameters

Op ruwweg één derde van de locaties is ook getoetst op kobalt, molybdeen en barium. Dit in verband met de keuze van het analysepakket (C2-pakket ipv C1-pakket). Ook deze drie parameters voldoen, conform het toetsingsspreadsheet, indien wordt aangenomen dat de drie bemeten locaties representatief zijn voor de overige locaties.

### 3.7 Overige bronnen

Het NVO2 programma zal net voor het KRW3 programma worden gestart. Het NVO2 traject wordt veruit als meest belangrijke bron van verontreinigingen gezien naast het KRW3 traject. Het NVO1 traject is al uitgevoerd en voor deze trajecten is de erosie sterk teruggelopen. In de onderstaande tabel zijn de gemiddelde maximale belastingen (erosie eerste jaar) van het NVO2 en de KRW3 trajecten met elkaar vergeleken. Deze resultaten zijn weergegeven in tabel 3.6. Hieruit blijkt dat NVO2 een nagenoeg even grote emissie vertegenwoordigt als KRW3. Indien de emissie van NVO2 wordt opgeteld bij KRW3 voldoen nog steeds alle stoffen. Daarnaast is ter vergelijking ook de achtergrondbelasting in de Maas op meetpunt Eijsden weergegeven.

**Tabel 3.6 Vergelijking totale belasting met stoffen door NVO2 met KRW3 (mg/s)**

	NVO2	KRW3	Achtergrond belasting meetpunt Eijsden
Cd	8,41	8,10	65,03
Hg	1,08	1,16	5,65
Cu	116,78	108,68	1016,25
Pb	410,32	384,72	921,16
Ni	59,79	73,55	1201,01
Zn	1428,29	1228,20	6681,59
Cr	65,20	85,96	532,64
As	34,91	38,82	365,65



## 4 Conclusies

Na de uitvoering van het KRW3 project zal er oevererosie plaatsvinden. Deze oevers zijn lokaal verontreinigd met zware metalen. Overschrijdingen van de normen voor organische microverontreinigingen zijn niet gevonden. De erosie zal dus potentieel een bron zijn van zware metalen en zullen moeten worden getoetst. De te toetsen trajecten liggen aan drie waterlichamen: de Zandmaas, de Bedijkte Maas en de Beneden Maas. Voor deze drie waterlichamen is de totale erosie berekend. Deze zijn gebaseerd op Waqbank berekeningen. Voor ieder waterlichaam is vervolgens een gewogen gemiddelde concentratie aan verontreinigende stoffen berekend. De toetsing is uitgevoerd met een nieuw toetsingsinstrument: de Waterbodem Immissie Toets. Uit de met het instrument 'waterbodemitmissietoets' uitgevoerde berekeningen blijkt dat voor de waterlichamen Zandmaas en Bedijkte Maas voor cadmium, lood en zink het gewogen gemiddelde de bovengrens van klasse A overschrijdt. Voor deze twee waterlichamen moet voor deze stoffen worden getoetst. Voor de beneden Maas werden geen overschrijdingen berekend. Na uitvoering van deze toets werd aan de normen voldaan.

Voor de organische microverontreinigingen werden nergens overschrijdingen gevonden. Echter voor stoffen zonder norm voor waterbodems moet alsnog een toets worden uitgevoerd. Ook aan deze toets werd voldaan. Voor alle afzonderlijke waterlichamen geldt dat aan de toetsen wordt voldaan.

Een vergelijking van de concentraties zware metalen met het reeds aanwezige zwevend stof in de Maas geeft aan dat voor de meeste metalen geen verandering of een verlaging van de opgeloste fractie kan worden verwacht. Alleen nikkel zal een lichte (toelaatbare) verhoging van de concentratie tot gevolg hebben.

Uit de berekeningen blijkt eveneens dat 'de lozing' als gevolg van de vrije erosie van de oevers niet leidt tot een achteruitgang van de waterkwaliteit. Dit betekent dat de vrije erosie het verlenen van een vergunning niet in de weg staat.

Naast de het KRW3 traject worden ook de NVO1 en NVO2 oevertrajecten in hetzelfde gebied uitgevoerd. De NVO2 emissie blijkt ongeveer gelijk te zijn aan de emissie van KRW3. Indien de toetsing wordt uitgevoerd samen met de emissie van NVO2 voldoet de toets nog steeds.

In de analyses zijn op een aantal trajecten ook barium, kobalt en molybdeen geanalyseerd. Ook deze stoffen voldoen aan de toetsing.

## **Bijlage 1**

Rekenresultaten gemiddelde concentraties zware  
metalen per traject en eindtotalen

**Tabel B1.1 Gemiddelde vrachten geërodeerd materiaal voor org stof, lutum en zware metalen**

	volume (l/s)	massa (kg/s)	org stof (gr/s)	lutum (gr/s)	As (mg/s)	Co (mg/s)	Cr (mg/s)	Ba (mg/s)	Cd (mg/s)	Cu (mg/s)	Hg (mg/s)	Mo (mg/s)	Ni (mg/s)	Pb (mg/s)	Zn (mg/s)
<b>Zandmaas</b>															
Ooergreend	0,49	0,86	3,26	9,58	10,72	-	21,08	-	2,28	30,87	0,34	-	18,76	113,78	385
Rijkelse Bemden	0,08	0,14	0,54	1,37	1,72	-	3,39	-	0,50	5,29	0,06	-	2,74	16,14	56
Weerdbeemden	0,13	0,22	1,00	2,14	2,92	-	6,51	-	0,93	10,73	0,13	-	4,66	33,06	126
Venlo-Velden	0,04	0,06	0,30	0,88	0,93	-	1,90	-	0,32	3,29	0,03	-	1,50	10,25	32
Lomm	0,02	0,03	0,13	0,28	0,46	-	0,87	-	0,10	2,20	0,02	-	0,64	8,75	22
Broekhuizerweerd	0,02	0,03	0,09	0,25		0,24	0,59	1,58	0,04	0,64	0,01	0,04	0,52	1,87	7
Eikenweerd	0,09	0,16	0,74	2,64	2,11	-	5,28	-	0,58	7,80	0,07	-	4,37	21,78	78
Rode Beek	0,01	0,01	0,05	0,16	0,15	-	0,32	-	0,04	0,49	0,01	-	0,24	1,59	5
Bergen	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vortumse bergen	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boxmeer	0,40	0,69	2,74	9,91	4,87	-	13,43	-	0,44	9,46	0,06	-	14,82	28,42	81
De Witte steen	0,11	0,19	0,44	1,99	1,25	1,51	3,69	11,28	0,14	3,09	0,02	0,28	3,31	6,41	24
Totaal Zandmaas	1,39	2,39	9,29	29,2	25,38	1,75	57,06	12,86	5,37	73,86	0,75	0,32	51,56	242,05	817
<b>Bedijkte Maas</b>															
Heumen	0,07	0,12	0,81	2,35	2,59	-	4,98	-	0,68	9,78	0,12	-	3,89	38,55	110
De Lijmen	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Totaal Bedijkte Maas	0,07	0,12	0,81	2,35	2,59	0	4,98	0	0,68	9,78	0,12	0	3,89	38,55	110
<b>Beneden Maas</b>															
Buitenpolder Heerewaarden	0,40	0,71	1,79	5,18	6,45	2,48	13,18	21,84	1,33	16,63	0,19	0,58	9,74	74,72	201
Blauwe Sluis	0,02	0,04	0,40	1,42		0,19		1,61	0,06	0,62	0,01	0,02	0,41	2,63	9
Drielsche Uiterwaarden	0,26	0,46	1,63	2,27	3,08	-	7,18	-	0,50	5,66	0,08	-	5,31	17,14	60
Empelse Waard	0,06	0,10	3,65	5,2	1,16		2,01		0,22	5,71	0,03		1,53	17,51	54
Hedikhuizen	0,12	0,21	0,49	2,14	1,32	-	3,56	-	0,22	2,74	0,03	-	3,04	12,25	40
Totaal Beneden Maas	0,78	1,38	3,91	9,59	10,85	2,48	23,92	21,84	2,05	25,03	0,3	0,58	18,09	104,11	301
Totaal	2,32	4,03	18,06	47,76	39,98	4,42	87,97	36,31	8,38	115	1,21	0,92	75,48	404,85	1290

**Tabel B1.2 Gemiddelde concentraties in geërodeerd materiaal voor org stof, lutum en zware metalen**

	org stof (%)	lutum (%)	As (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
<b>Zandmaas</b>													
Oolergreend	3,80	11,16	12,49		24,57		2,66	35,98	0,39		21,87	132,61	448,81
Rijkelse Bemden	3,94	9,88	12,42		24,51		3,63	38,18	0,43		19,77	116,54	406,98
Weerdbeemden	4,56	9,76	13,36		29,76		4,27	49,05	0,6		21,28	151,12	577,12
Venlo-Velden	4,64	13,59	14,37		29,32		4,92	50,87	0,52		23,12	158,27	499,58
Lomm	4,83	10,76	17,27		32,75		3,91	83,35	0,86		24,33	330,95	830,22
Broekhuizerweerd	3,40	9,18	9,06	8,75	21,17	56,85	1,57	23,1	0,24	1,50	18,68	67,42	268,47
Eikenweerd	4,76	16,92	13,57		33,88		3,7	50,02	0,43		28,01	139,71	502,42
Rode Beek	4,14	13,06	12,27		25,69		2,82	39,32	0,42		19,48	127,25	390,06
Bergen*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vortumse bergen*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boxmeer	3,95	14,28	7,03		19,37		0,63	13,65	0,09		21,37	40,99	116,75
De Witte steen	2,37	10,75	6,74	8,16	19,94	60,89	0,74	16,67	0,09	1,50	17,88	34,61	127,37
Gemiddelde Zandmaas	4,04	11,93	11,86	8,46	26,10	58,87	2,89	40,02	0,41	1,50	21,58	129,95	416,78
<b>Bedijkte Maas</b>													
Heumen	6,61	19,18	21,12		40,71		5,58	79,91	1,01		31,80	314,89	897,76
De Lijmen*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gemiddelde Bedijkte Maas	6,01	19,18	21,12		40,71		5,58	79,91	1,01		31,80	314,89	897,76
<b>Beneden Maas</b>													
Buitenpolder Heerewaarden	2,54	7,34	9,13	3,52	18,68	30,94	1,89	23,56	0,27	0,82	13,80	105,88	285,48
Blauwe Sluis	1,07	3,73		5,10		42,33	1,49	16,40	0,21	0,50	10,77	69,33	230,00
Drielsche Uiterwaarden	3,52	4,91	6,65		15,50		1,09	12,24	0,17		11,47	37,04	128,83
Empelse Waard	3,70	5,28			20,38		2,20	57,75	0,32		15,43	177,13	543,75
Hedikhuizen	2,33	10,21	6,31		16,99		1,04	13,08	0,15		14,53	58,48	190,97
Gemiddelde Beneden Maas	2,83	7,88	7,36	3,52	17,06	30,94	1,61	23,16	0,22	0,82	14,42	93,48	277,58
Totaal	3,61	10,60	10,00	6,81	23,12	49,56	2,09	28,00	0,30	1,27	18,95	99,11	316,4

\* Erosie is nul

## **Bijlage 2**

Berekende gemiddelde concentraties microveront-  
reinigingen in geërodeerd materiaal

Stofgroep	stof	Eenheid	Bedijkte	Beneden	Zandmaas	totaal
			Maas	Maas		
<b>PAK</b>	Antraceen	mg/kg ds	0,0919	0,6459	0,1494	0,1031
	benzo[a]pyreen	mg/kg ds	0,2579	0,1230	0,4026	0,2762
	benzo[b]fluorantheen	mg/kg ds	0,1794	0,1041	0,4026	0,1798
	benzo[k]fluorantheen	mg/kg ds	0,0383	0,0852	0,2577	0,0197
	benzo[ghi]perylene	mg/kg ds	0,1650	0,0813	0,2644	0,1819
	indeno[1,2,3-c,d]pyreen	mg/kg ds	0,1738	0,0873	0,2834	0,1944
	fluorantheen	mg/kg ds	0,4877	0,2350	0,8135	0,5493
	naftaleen	mg/kg ds	0,1846	0,1034	0,2826	0,1963
	benzo[a]anthraceen	mg/kg ds	0,2985	0,1386	0,4585	0,3128
	chryseen	mg/kg ds	0,2984	0,1317	0,4351	0,2999
<b>Chloorbenzenen</b>	Fenantreen	mg/kg ds	0,3570	0,1604	0,4647	0,3260
	hexachloorbenzeen	µg/kg ds	1,3005	1,3012	2,0141	1,6570
<b>Chloorfenolen</b>	pentachloorbenzeen	µg/kg ds	0,5882	0,5644	0,6460	0,6083
	pentachloorfenol	µg/kg ds	0,0015	0,0016	0,0015	0,0015
<b>Organochloor-verbindingen</b>	PCB28	µg/kg ds	0,6604	0,8418	1,1901	0,9834
	PCB52	µg/kg ds	0,5401	0,6405	0,8651	0,7302
	PCB101	µg/kg ds	0,8288	1,2434	1,7416	1,3844
	PCB118	µg/kg ds	0,7325	1,0397	1,1463	0,9996
	PCB138	µg/kg ds	1,6889	3,0717	3,8897	3,1178
	PCB153	µg/kg ds	1,8029	3,2278	4,8951	3,7122
	PCB180	µg/kg ds	1,7008	3,0473	5,0204	3,7143
	som HCH (a-, b-, g-, d-HCH)	µg/kg ds	2,8000	2,7521	2,8664	2,8369
	som drins (aldrin, dieldrin, endrin, isodrin)	µg/kg ds	2,1000	2,0077	2,1582	2,1378
	som DDD/DDE/DDT	µg/kg ds	5,1042	4,3717	4,9502	4,8261
	p,p'-DDT	µg/kg ds	1,1834	0,7819	0,9196	0,8719
	alfa-endosulfan	µg/kg ds	0,5000	0,5171	0,5151	0,5079
	endosulfansulfaat	µg/kg ds	0,5000	0,5171	0,5151	0,5079
	hexachloorbutadieen	µg/kg ds	0,5963	0,6055	0,9443	0,7833
	chloordaan	µg/kg ds	1,4000	1,3043	1,4103	1,4054
<b>Overig</b>	heptachloor	µg/kg ds	0,5000	0,5171	0,5077	0,5040
	heptachloorepoxide	µg/kg ds	1,4000	1,400	1,4000	1,4000
<b>Overig</b>	minerale olie	mg/kg ds	39,4272	33,8281	70,1145	49,4986

## **Bijlage 3**

### Toetresultaten waterbodem

## Resultaten Zandmaas

Cadmium	4	Nee	n.v.t.	Nee
Kwik	1,2	Nee	n.v.t.	Nee
Lood	138	Ja	n.v.t.	Ja
Nikkel	50	Nee	n.v.t.	Nee
Arsen	29	Nee	n.v.t.	Nee
Barium	395	Nee	n.v.t.	Nee
Chroom	120	Nee	n.v.t.	Nee
Kobalt	25	Nee	n.v.t.	Nee
Koper	96	Nee	n.v.t.	Nee
Molybdeen	5	Nee	n.v.t.	Nee
Zink	563	Ja	n.v.t.	Ja
som PAK (10)	9	Nee	n.v.t.	Nee
Antraceen			n.v.t.	Ja
benzo[a]pyreen			n.v.t.	Ja
benzo[b]fluorantheen			n.v.t.	Ja
benzo[k]fluorantheen			n.v.t.	Ja
benzo[ghi]peryleen			n.v.t.	Ja
indeno[1,2,3-c,d]pyreen			n.v.t.	Ja
fluorantheen			n.v.t.	Ja
naftaleen			n.v.t.	Ja
benzo[a]anthraceen			n.v.t.	Ja
chryseen			n.v.t.	Ja
fenantheen			n.v.t.	Ja
hexachloorbenz	0,044	Nee	n.v.t.	Nee
pentachloorben	0,007	Nee	n.v.t.	Nee
pentachloorfens	0,016	Nee	n.v.t.	Nee
som PCB (7)	0,139	Nee	n.v.t.	Nee
PCB28			n.v.t.	Ja
PCB52			n.v.t.	Ja
PCB101			n.v.t.	Ja
PCB118			n.v.t.	Ja
PCB138			n.v.t.	Ja
PCB153			n.v.t.	Ja
PCB180			n.v.t.	Ja
som HCH (a-, t)	0,01	Nee	n.v.t.	Nee
som drins (aldr)	0,015	Nee	n.v.t.	Nee
som DDD/DDE/	0,3	Nee	n.v.t.	Nee
p,p'-DDT	-	n.a.	n.v.t.	n.a.
alfa-endosulfan	0,0021	Nee	n.v.t.	Nee
endosulfansulfz	-	geen norm	n.v.t.	Ja
hexachloorbuta	0,0075	Nee	n.v.t.	Nee
chloorlaan	-	geen norm	n.v.t.	Ja
heptachloor	0,004	Nee	n.v.t.	Nee
heptachloorrepo	0,004	Nee	n.v.t.	Nee
minerale olie	1250	Nee	n.v.t.	Nee

## Resultaten bedijkte Maas

Cadmium	4	Ja	n.v.t.	Ja
Kwik	1,2	Nee	n.v.t.	Nee
Lood	138	Ja	n.v.t.	Ja
Nikkel	50	Nee	n.v.t.	Nee
Arsen	29	Nee	n.v.t.	Nee
Barium	395	n.a.	n.v.t.	n.a.
Chroom	120	Nee	n.v.t.	Nee
Kobalt	25	n.a.	n.v.t.	n.a.
Koper	96	Nee	n.v.t.	Nee
Molybdeen	5	n.a.	n.v.t.	n.a.
Zink	563	Ja	n.v.t.	Ja
som PAK (10)	9	Nee	n.v.t.	Nee
Antraceen			n.v.t.	Ja
benzo[a]pyreen			n.v.t.	Ja
benzo[b]fluorantheen			n.v.t.	Ja
benzo[k]fluorantheen			n.v.t.	Ja
benzo[ghi]peryleen			n.v.t.	Ja
indeno[1,2,3-c,d]pyreen			n.v.t.	Ja
fluorantheen			n.v.t.	Ja
naftaleen			n.v.t.	Ja
benzo[a]anthraceen			n.v.t.	Ja
chryseen			n.v.t.	Ja
fenantheen			n.v.t.	Ja
hexachloorbenz	0,044	Nee	n.v.t.	Nee
pentachloorben	0,007	Nee	n.v.t.	Nee
pentachloorfens	0,016	Nee	n.v.t.	Nee
som PCB (7)	0,139	Nee	n.v.t.	Nee
PCB28			n.v.t.	Ja
PCB52			n.v.t.	Ja
PCB101			n.v.t.	Ja
PCB118			n.v.t.	Ja
PCB138			n.v.t.	Ja
PCB153			n.v.t.	Ja
PCB180			n.v.t.	Ja
som HCH (a-, t)	0,01	Nee	n.v.t.	Nee
som drins (aldr)	0,015	Nee	n.v.t.	Nee
som DDD/DDE/	0,3	Nee	n.v.t.	Nee
p,p'-DDT	-	n.a.	n.v.t.	n.a.
alfa-endosulfan	0,0021	Nee	n.v.t.	Nee
endosulfansulfz	-	geen norm	n.v.t.	Ja
hexachloorbuta	0,0075	Nee	n.v.t.	Nee
chloorlaan	-	geen norm	n.v.t.	Ja
heptachloor	0,004	Nee	n.v.t.	Nee
heptachloorrepo	0,004	Nee	n.v.t.	Nee
minerale olie	1250	Nee	n.v.t.	Nee

## Resultaten Beneden Maas

Cadmium	4	Ja	n.v.t.	Ja
Kwik	1,2	Nee	n.v.t.	Nee
Lood	138	Ja	n.v.t.	Ja
Nikkel	50	Nee	n.v.t.	Nee
Arsen	29	Nee	n.v.t.	Nee
Barium	395	Nee	n.v.t.	Nee
Chroom	120	Nee	n.v.t.	Nee
Kobalt	25	Nee	n.v.t.	Nee
Koper	96	Nee	n.v.t.	Nee
Molybdeen	5	Nee	n.v.t.	Nee
Zink	563	Ja	n.v.t.	Ja
som PAK (10)	9	Nee	n.v.t.	Nee
Antraceen			n.v.t.	Ja
benzo[a]pyreen			n.v.t.	Ja
benzo[b]fluorantheen			n.v.t.	Ja
benzo[k]fluorantheen			n.v.t.	Ja
benzo[ghi]peryleen			n.v.t.	Ja
indeno[1,2,3-c,d]pyreen			n.v.t.	Ja
fluorantheen			n.v.t.	Ja
naftaleen			n.v.t.	Ja
benzo[a]anthraceen			n.v.t.	Ja
chryseen			n.v.t.	Ja
fenantheen			n.v.t.	Ja
hexachloorbenz	0,044	Nee	n.v.t.	Nee
pentachloorben	0,007	Nee	n.v.t.	Nee
pentachloorfens	0,016	Nee	n.v.t.	Nee
som PCB (7)	0,139	Nee	n.v.t.	Nee
PCB28			n.v.t.	Ja
PCB52			n.v.t.	Ja
PCB101			n.v.t.	Ja
PCB118			n.v.t.	Ja
PCB138			n.v.t.	Ja
PCB153			n.v.t.	Ja
PCB180			n.v.t.	Ja
som HCH (a-, t)	0,01	Ja	n.v.t.	Ja
som drins (aldr)	0,015	Nee	n.v.t.	Nee
som DDD/DDE/	0,3	Nee	n.v.t.	Nee
p,p'-DDT	-	geen norm	n.v.t.	Ja
alfa-endosulfan	0,0021	Nee	n.v.t.	Nee
endosulfansulfz	-	geen norm	n.v.t.	Ja
hexachloorbuta	0,0075	Nee	n.v.t.	Nee
chloorlaan	-	geen norm	n.v.t.	Ja
heptachloor	0,004	Nee	n.v.t.	Nee
heptachloorrepo	0,004	Ja	n.v.t.	Ja
minerale olie	1250	Nee	n.v.t.	Nee



