

De invloed van de Geul op de concentraties metalen in water en zwevend stof in de Maas

2009-U-R79299-1

drs. M.R.A. Verheul
dr. J. Joziase
dr. G.T. Klaver
drs. E.S. van der Meulen

Titel

De invloed van de Geul op de concentraties metalen in water en zwevend stof in de Maas




Opdrachtgever
Delft Cluster

Kenmerk
0904-0101

Pagina's
41

Dit onderzoek is mede gerealiseerd dankzij een financiële bijdrage van Delft Cluster, in het kader van werkpakket 3 van het project "Waterkwaliteit en calamiteiten"

Projectnummer
092.79299

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	2009-04-14	drs. M.R.A. Verheul		dr.ir. S. Jansen		dr.ir. H.H.M. Rijnaarts	

Status
definitief

Titel

De invloed van de Geul op de concentraties metalen in water en zwevend stof in de Maas

Opdrachtgever
Delft Cluster**Kenmerk**
0904-0101**Pagina's**
41**Inhoud**

Gebruikte afkortingen	i
Samenvatting	ii
1 Inleiding	1
2 Werkwijze en analysemethodes	2
3 Resultaten en interpretatie	6
3.1 Watermonsters en zwevend stof	6
3.2 Bodem	11
3.3 Zeldzame aarde-elementen (REE) patroon in de Geul	13
4 Conclusie	15
5 Aanbevelingen	16
Bijlage(n)	
Referenties	17
A Beschrijving veldwerk	18
B Bodemprofielen en analyseresultaten van water, zwevend stof en bodems in Geul en Maas	29

Gebruikte afkortingen

DOC	Dissolved Organic Carbon (opgeloste organische koolstof)
DTPA	Di-ethyleen Triamine Penta-Azijzuur
ICP	Inductively Coupled Plasma (inductief gekoppeld plasma spectrometrie)
MRI	Magnetic Resonance Imaging (magnetische resonantie-beeldvorming)
MS	Massa Spectrometrie
NASC	North American Shale Composite (representatieve samenstelling aardkorst)
NBS	National Bureau of Standards
OES	Optische Emissie Spectrometrie
REE	Rare Earth Elements (zeldzame aarde-elementen)
RWZI	RioolWater ZuiveringsInrichting
TGA	ThermoGravimetrische Analyse

Samenvatting

In het stroomgebied van de Geul wordt al sinds de Middeleeuwen intensieve mijnbouw bedreven. Als gevolg van transport en hersedimentatie van bodemmateriaal dat rijk is aan zware metalen en het “lekkeren” van zware metalen uit de afvalbergen van de mijnen in België komen ook nu nog verhoogde concentraties aan zware metalen voor in de Geul. Dit rapport gaat in op de vraag in hoeverre deze verhoogde concentraties leiden tot een significante bijdrage aan de totale afvoer van de Maas.

Uit de data verkregen in dit rapport blijkt dat de Geul een significante bijdrage levert aan de totale concentratie van enkele zware metalen (lood, zink en cadmium) in de Maas; de schattingen variëren van 15 tot 40 % in water en zwevend stof. Door het geringe aantal monsterlocaties is het echter moeilijk de bijdrage goed te kwantificeren. De gegeven schattingen zouden daarom beter moeten worden onderbouwd door een uitgebreidere bemonstering en monitoring.

Met behulp van loodisotopen is berekend dat het aandeel van het Geulwater in het Maaswater na de instroom van de Geul 13% is. Uit de zink-, lood- en cadmiumconcentraties in het water van de monding van de Geul is berekend dat 50 % van het zink, 17 % van het lood en 11 % van het cadmium in het water van de Maas na de instroom van de Geul, afkomstig is uit de Geul.

De bodemonsters in het overstromingsgebied van de Geul laten zeer hoge concentraties zware metalen zien. Deze nemen af, naarmate de afstand tot de afvalbergen van de mijnen toeneemt. De zware metalen in de bodem kunnen vrijkomen en door transport van het bodemsediment stroomafwaarts worden getransporteerd. Als in verband met de verwachte klimaatverandering en de daarbij horende hogere piekafvoer van de rivieren maatregelen worden genomen die leiden tot hermeandering van de Geul, moet daarom met name in het gebied bovenstrooms van de instroom van de Geul rekening worden gehouden met de hoge metaalgehalten in de bodem.

Het genormaliseerde patroon van zeldzame aarde-elementen (Rare Earth Elements, REE) laat een verrijking van gadolinium zien in de Geul benedenstrooms van de lozing van de waterzuiveringsinstallatie. Verrijking van het genormaliseerde patroon met dit element is daardoor indicatief voor een beïnvloeding van de waterkwaliteit door waterzuiveringsinstallaties.

1 Inleiding

Vanaf de Middeleeuwen is er mijnbouw bedreven in het gebied rond Plombières-La Calamine (België). Uit deze mijnen werd voornamelijk zink en lood gewonnen. Bij dit proces kwam slib vrij met hoge metaalconcentraties. Ook nu nog worden verhoogde metaalconcentraties in de Geul waargenomen, als gevolg van twee processen:

- 1) Uit de lood- en zinkmineralen in de mijnafvalbergen in België komen nog steeds zware metalen vrij die "lekker" naar het water van de Geul.
- 2) Door het meanderen van de Geul wordt het eerder gesedimenteerde, zwaar vervuilde slib opnieuw in het oppervlaktewater gebracht.

Een eerdere studie naar de bijdrage van de Geul aan de totale afvoer van zware metalen door de Maas laat percentages zien van ~10 % voor lood en ~5 % voor cadmium (Leenaers, 1989). Hetzelfde onderzoek geeft aan dat het gehalte aan zware metalen in het slib afneemt volgens een exponentieel verband met de afstand tot de grens. Het aandeel van de mobiele (opgeloste) vorm van de metalen neemt toe met de afstand tot de grens. Verder wordt de verwachting uitgesproken dat de totale bijdrage van de Geul aan de Maas door verdere verstedelijking van het gebied toe zal nemen. Verstedelijking leidt namelijk tot grotere oppervlakken aan asfalt en bebouwing, waardoor het bufferende effect van de bodem afneemt en de piekafvoer toeneemt. Tevens zal de piekafvoer toenemen ten gevolge van de klimaatverandering. Een hogere piekafvoer zal meer vervuild slib afvoeren.

Onderstaande foto (figuur 1) illustreert, dat er via de Geul een aanzienlijke hoeveelheid slib in de Maas wordt gebracht. Het doel van dit onderzoek is (1) na te gaan in hoeverre de verhoogde concentraties zware metalen in de Geul een significante bijdrage leveren aan de concentraties zware metalen in de Maas, zowel in de waterfase als in zwevend stof en (2) na te gaan welke kennis ontbreekt, c.q. welk onderzoek nodig is om de invloed van seizoensvariaties en lange termijnontwikkelingen te bepalen.



Figuur 1 Monding van de Geul in de Maas; foto ter beschikking gesteld door W. Hendrix (RWS-DLB)

2 Werkwijze en analysemethodes

Bemonstering

Op vier verschillende locaties in zowel de Geul als de Maas zijn monsters genomen van water, zwevend stof, sediment uit de stroomgeul van de rivier (zomerbed) en waar mogelijk een ondiepe boring in de uiterwaarden (winterbed) om het effect van de Geul op de water- en bodemkwaliteit te onderzoeken. In figuur 2 worden de monsterlocaties op een schematisch kaartje weergegeven. Bijlage A bevat meer detailgegevens van deze locaties. In tabel 1 zijn de monsterlocaties in de Geul opgenomen. De eerste monsterlocatie was op de grens met België; de tweede in Gulpen juist na de instroom van de Gulp, maar voor de RWZI in Wijlre; de derde in Wijlre zelf na de RWZI; de vierde nabij Bunde, enkele kilometers voor de monding van de Geul in de Maas (op 36,5 km van de grens).

Tabel 1 Overzicht van monsterlocaties in de Geul

Nr.	Omschrijving	Afstand tot Belgische grens (km)
1	Bij de grens Nederland-België	0
2	Gulpen, voor RWZI	10,5
3	Wijlre, na RWZI	13,2
4	Bunde	33,8

In tabel 2 staan de de monsterlocaties in de Maas. De eerste monsterlocatie was in de buurt van Borgharen, stroomopwaarts van de uitmonding van de Geul (op 7 km vanaf dit punt). De tweede monsterlocatie was nabij Elsloo, stroomafwaarts van de uitmonding van de Geul in de Maas. De andere twee monsterlocaties in de Maas lagen verder stroomafwaarts, namelijk nabij Stevensweert en Kessel.

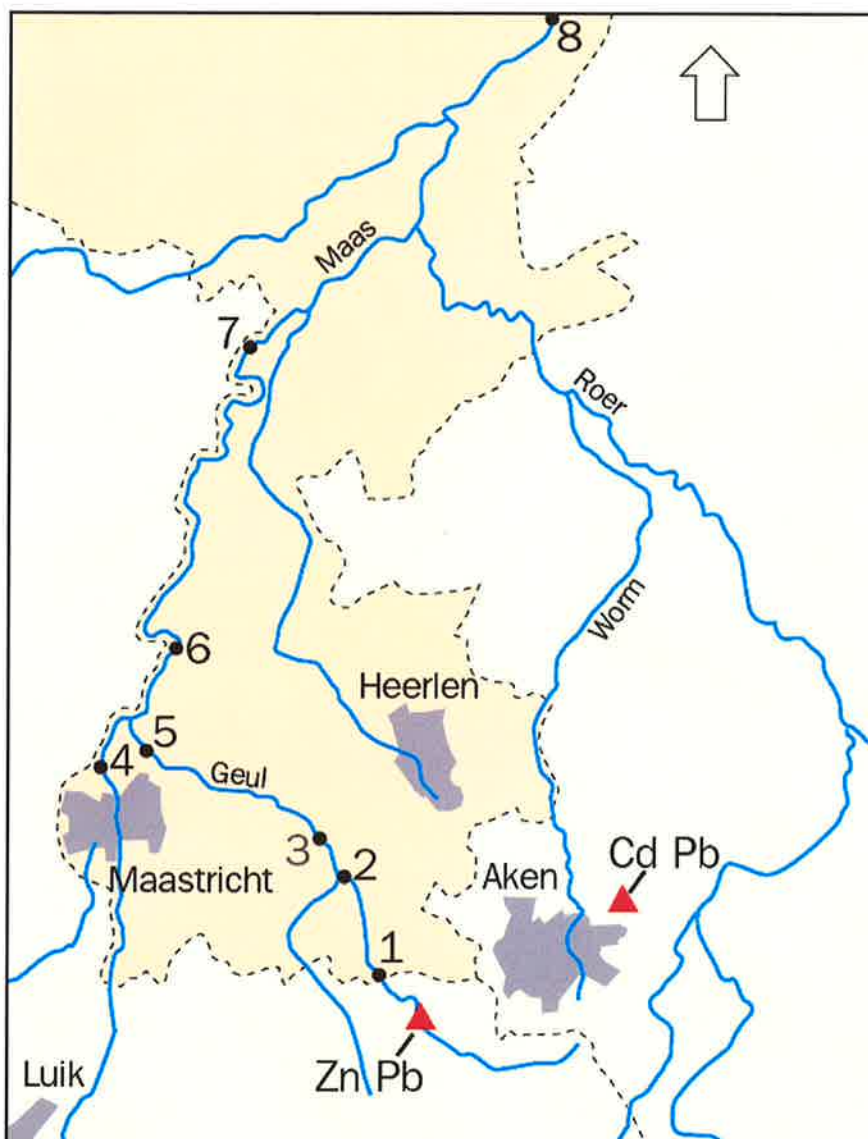
Tabel 2 Overzicht van monsterlocaties in de Maas

Nr.	Omschrijving	Afstand tot eerste monsterpunt (km)
1	Borgharen	0
2	Elsloo (stroomafwaarts van de Geulmonding)	12,8
3	Stevensweert	44,6
4	Kessel	77,8

De water- en zwevend stof monsters zijn met een slangenpomp genomen. De watermonsters zijn vervolgens gefiltreerd (0,45 µm); per locatie zijn twee watermonsters genomen. Eén van deze monsters is genomen voor metaalanalyses en is aangezuurd met 16 N salpeterzuur, dit om te voorkomen dat er metalen neerslaan in het monster. Tijdens de bemonstering werd de inlaat van de slangenpomp op een constante diepte van ca. 30 – 50 cm onder het wateroppervlak gehouden. Bij het nemen van de zwevend stofmonsters wordt het water, na het oppompen met een slangenpomp, in een centrifuge geleid. Hierin wordt het zwevend stof van het water gescheiden en op een teflonblad verzameld. Het overtollige water wordt door de centrifuge afgevoerd.

Sedimentmonsters uit de stroomgeul zijn genomen met behulp van een emmer. Op plaatsen waar het mogelijk was om de uiterwaarden te bemonsteren, is er met een Edelman grondboor tot maximaal een diepte van 70 cm geboord. Vervolgens zijn hieruit maximaal drie representatieve bodemmonsters genomen en in het laboratorium geanalyseerd.

De water-, zwevend stof- en sedimentmonsters van de Geul zijn midden in de stroomgeul genomen. Bij de Maas was dit echter onmogelijk en heeft monsterneming dichtbij de kant plaatsgevonden. Dit komt doordat de Maas grotendeels een ingebedde stroomgeul heeft, met grote stenen op de bodem, en snel diep wordt. Hierdoor was het niet mogelijk om sediment van de Maasbodem te bemonsteren. Op verschillende locaties langs de Maas kwamen er tijdens het monsternemen van het zwevend stof binnenvaartschepen langs. In hoeverre dat invloed heeft gehad op de data is niet bekend. In bijlage A worden de veldwerkzaamheden per locatie uitgebreid beschreven. Door omstandigheden was het niet altijd mogelijk om alle types monsters te nemen op alle locaties. Een overzicht van de per locatie genomen monstertypes wordt gegeven in tabel 3.



Figuur 2 Overzicht van de monsterlocaties in de Geul en de Maas (zwarte punten). Rode driehoeken zijn oude mijngebieden langs de Geul (Plombières-La Calamine) en langs de Worm (rond Aken)

Tabel 3 Overzicht van monstertypes per locatie

Rivier	Locatie	Watermonster:	Zwevend stof monster:	Bodem stroomgeul (zomerbed)	Bodem uiterwaard (winterbed) (zo ja hoeveel)
Geul	Locatie 1	X	X	X	X(5)
	Locatie 2	X	X	X	X(4)
	Locatie 3	X	X	X	
	Locatie 5	X	X		X(1)
Maas	Locatie 4	X	X		
	Locatie 6	X	X	X	X(1)
	Locatie 7	X	X	X	
	Locatie 8	X	X		X(3)

Analysetechnieken

De sedimentmonsters worden in twee delen opgedeeld. Het eerste deel wordt veldvochtig gehouden en gebruikt voor een gloeiverliesanalyse (TGA); het tweede deel wordt bij 105 °C overnacht gedroogd. Hierop worden de overige analyses uitgevoerd.

De bepaling van het gloeiverlies houdt in dat de temperatuur geleidelijk van kamertemperatuur naar een eindtemperatuur van 1000 °C wordt gebracht. Op verschillende temperaturen wordt de temperatuur stabiel gehouden: 105 °C (vocht gehalte), 450 °C (organische stoffractie), 550 °C (siderietfractie), 800 °C (carbonaat- fractie) en 1000 °C (mineralogisch water), totdat er geen massaverlies meer optreedt. Het toekennen van gewichtsverliezen bij de genoemde temperatuurniveaus aan gehalten aan specifieke stofgroepen gaat weliswaar gepaard met onzekerheden, maar is als indicatie wel bruikbaar. De gedroogde sedimentmonsters worden verder opgedeeld in tweeën; het eerste deel wordt gebruikt voor een korrelgroottebepaling, het tweede deel voor een totaal koolstof / zwavel bepaling. Het monster voor de korrelgroottebepaling wordt na een voorbehandeling met waterstofperoxide (wat reageert met het organisch materiaal) en zoutzuur (wat reageert met de kalk) met een optische laser geanalyseerd. Voor de totaal koolstof / zwavel analyse wordt het monster in een oven op een temperatuur van 1350 °C gebracht. Vervolgens worden de koolstofdioxide- en zwaveloxideconcentraties bepaald met infrarood spectrometrie.

Voor de bepaling van metaalconcentraties in de sedimenten is hierop een totaal destructie uitgevoerd, met onder andere 30 % waterstoffluoride (intern werkvoorschrift GL-WV107). Waterstoffluoride heeft als bijkomend effect dat het ook silicaten oplost. De verkregen oplossing is vervolgens geanalyseerd met een ICP-OES en een ICP-MS (interne werkvoorschriften GL-WV 118, resp. GL-WV 117).

De watermonsters zijn in het veld al opgedeeld in een aangezuurd monster voor metaalanalyses en een niet aangezuurd monster voor analyse van DOC (opgeloste organische koolstof). Het gefiltreerde aangezuurde watermonster (gefiltreerd over 0,45 µm) is geanalyseerd met een ICP-OES en een ICP-MS. Het niet aangezuurde monster is in het lab alsnog aangezuurd. De opgeloste organische koolstof is (na ontleding tot CO₂ bij 680°C) geanalyseerd met een infrarood detector.

De concentraties van de zeldzame aarde-elementen (REE) zijn gemeten met een ICP-MS, waarna deze concentraties zijn genormaliseerd op de samenstelling van de aardkorst: North American Shale Composite (NASC). Dit is wordt gedaan om anomalieën in het zeldzame aarde-elementenpatroon zichtbaar te maken. De achtergrond hiervan wordt toegelicht in de volgende tekstbox.

Achtergrond van de meting van het zeldzame aarde-elementen patroon

Gadolinium (Gd) wordt in de geneeskunde toegepast als een zogenoemde 'contrastversterker' voor het verkrijgen van kwalitatief hoogwaardigere beelden van MRI-scanners. Een oplossing van het Gd-complex met DTPA (di-ethyleen triamine penta-azijnzuur) wordt geïnjecteerd bij vermoedelijke kankerpatiënten. Het complex heeft de neiging zich bij voorkeur in het kankerweefsel te nestelen. Dankzij het grote paramagnetische moment van het Gd^{3+} -ion worden deze weefsels daardoor veel beter zichtbaar in een MRI-scan. Na afloop van het onderzoek wordt het complex geleidelijk door de nieren uitgescheiden. Verrijking van het genormaliseerde patroon met dit element is daardoor indicatief voor een beïnvloeding van de waterkwaliteit door waterzuiveringsinstallaties

In tabel 4 is een overzicht gegeven van uitgevoerde analyses per monstertype. In bijlage B (tabellen B1 tot en met B4) zijn de analyseresultaten weergegeven.

Tabel 4 Uitgevoerde analyses per monstertype

Monstertype	Totaal koolstof / zwavel	Thermisch gloei-verlies	Korrel-grootte	DOC	Metalen (ICP-OES)	Sporen-metalen (ICP-MS)
Water				X	X	X
Zwevend stof	X		X		X	X
Bodem stroomgeul	X	X	X		X	
Bodem uiterwaard	X	X	X		X	

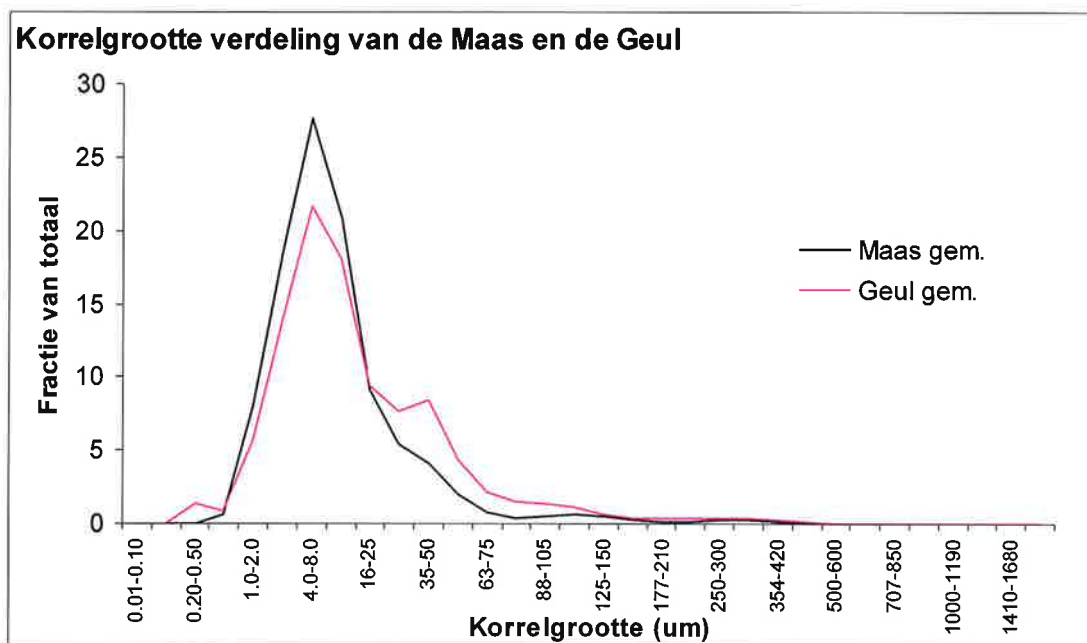
Analyse van loodisotopen

Loodisotopen werden geanalyseerd met een Thermo Element 2 High Resolution ICP-MS. Voordat de oplossingen in de massaspectrometer werden geïntroduceerd, werden de oplossingen verdund met 4,5 % HNO_3 tot een concentratie van ca. 10 ppb Pb, om de concentratie niet te veel te laten verschillen van die van de standaardoplossing. Voor elk monster werden tien runs gemeten. Voor de correctie van de massa-afwijking werd een NBS 981 standaardoplossing (10 ppb) gemeten na elke groep van zes monsters. De correctie werd uitgevoerd door alle relevante isotopenverhoudingen van de NBS 981 standaarden te middelen en de correctiefactor te berekenen (verhouding tussen gecertificeerde en gemeten waarde). Vervolgens werden alle relevante gemeten isotopenverhoudingen vermenigvuldigd met die factor. Deze verhoudingen werden bepaald met een precisie van $2\sigma < 0,2\%$. Blanco's van de gebruikte reagentia werden ook gemeten met de ICP-MS en bleken verwaarloosbare hoeveelheden lood te bevatten (< 20 ppt).

3 Resultaten en interpretatie

3.1 Watermonsters en zwevend stof

De korrelgrootteverdeling van het zwevend stof in de Geul komt sterk overeen met die van het zwevend stof in de Maas ($d_{50, \text{Geul}} = 10 \mu\text{m}$, $d_{50, \text{Maas}} = 7 \mu\text{m}$). Het korrelgrootteprofiel in de Geul laat een extra piek ten opzichte van het Maas profiel zien tussen de 25 en de 100 μm (zie figuur 3). Dit is de korrelgrootte van het in het stroomgebied aanwezige lössmateriaal. Het zwevend stof van de Maas en de Geul bestaat voor respectievelijk 8% en 6% uit klei.



Figuur 3: Korrelgrootteverdeling van het zwevend stof, gemiddeld profiel voor de Maas en de Geul.

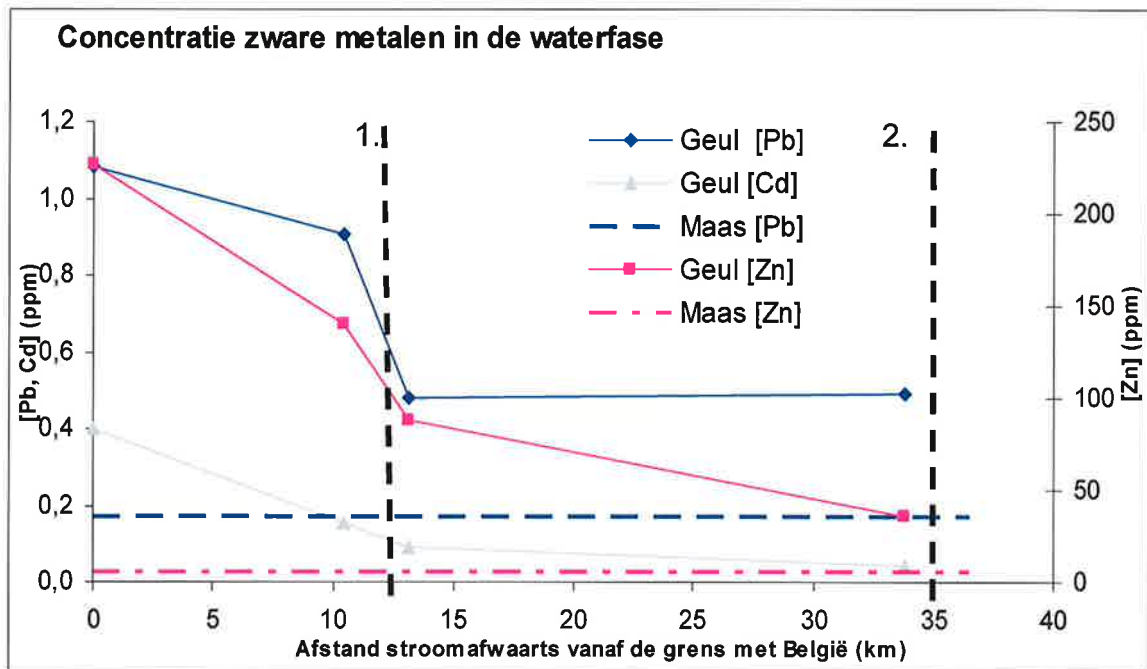
Het gehalte aan DOC in de waterfase van de Geul (6,4 – 8,2 mg/l) laat een geringe variatie zien over de lengte van de Geul, maar de concentratie is wel constant hoger dan in de Maas (3,5 – 3,7 mg/l). De totale koolstof- en zwavelconcentraties in het zwevend stof in de Geul (totaal C = ~ 9 %, totaal S = ~ 0,3 %) en de Maas (totaal C = ~ 9 %, totaal S = ~ 0,3 %) zijn vrijwel gelijk, met uitzondering van de monsters die het verste stroomafwaarts zijn genomen in beide rivieren. Deze monsters laten een lagere concentratie zien, Geul (totaal C = 4,7 %, totaal S = 0,15 %) en de Maas (totaal C = 3,0 %, totaal S = 0,05 %).

In de Geul nemen de concentraties zware metalen in de watermonsters en in het zwevend stof sterk af naarmate de monsters verder stroomafwaarts genomen zijn. De concentraties van enkele zware metalen zijn weergegeven in de figuren 4 en 5. De eerste zwart gestreepte lijn in beide figuren geeft aan waar de RWZI zijn water loost op de Geul. Dit is ook de plaats waar de Gulp in de Geul uitkomt. De tweede gestreepte lijn geeft aan waar de Geul uitmondt in de Maas. De horizontale gestreepte lijnen geven de metaalconcentraties aan in de Maas stroomopwaarts van de monding van de Geul.

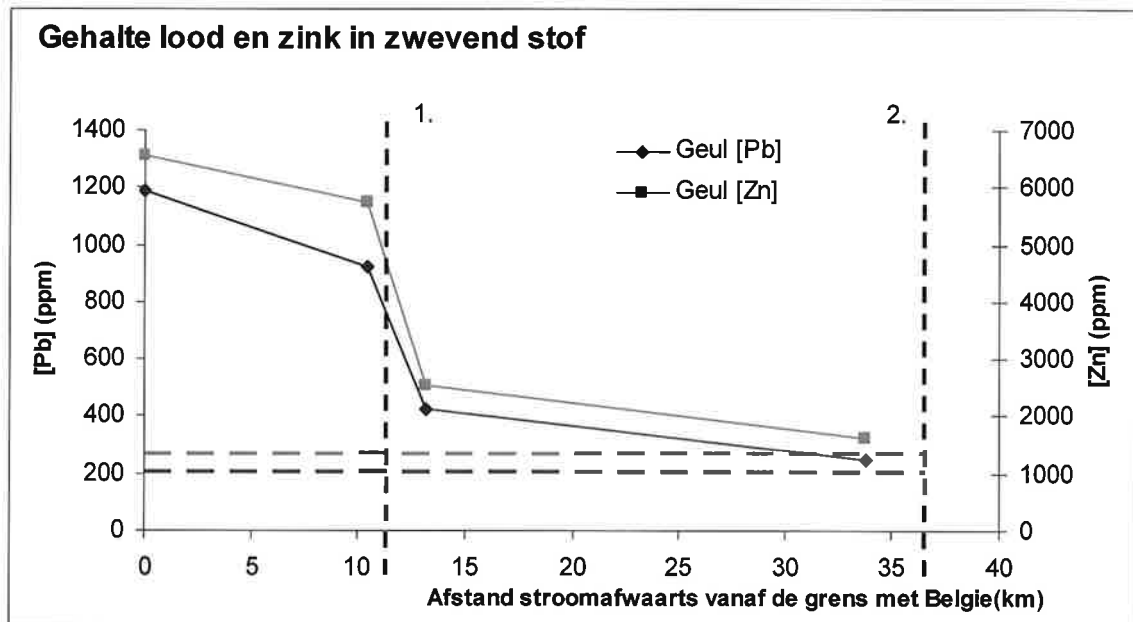
In de waterfase zijn de concentraties zink en lood duidelijk hoger in de monsters uit de Geul dan uit de Maas (figuur 4). Voor cadmium is dit verschil gering (0,05 ppm in de Geul en 0,03

ppm in de Maas). Bij de monding in de Maas laten de concentratie van zink en lood in het zwevend stof in de Geul nog maar een geringe verrijking zien ten opzichte van de Maas (figuur 5).

Uit de figuren 4 en 5 blijkt dat de uitstroom van de Geul in de Maas leidt tot verhoogde concentraties lood en zink in de Maas. Eveneens is zichtbaar dat er geen hogere cadmium concentraties aanwezig zijn in de Geul bij de monding in de Maas. Cadmium volgt echter wel hetzelfde patroon als de lood- en zink concentratie; een hoge concentratie aan de grens en daarna snel afnemend.



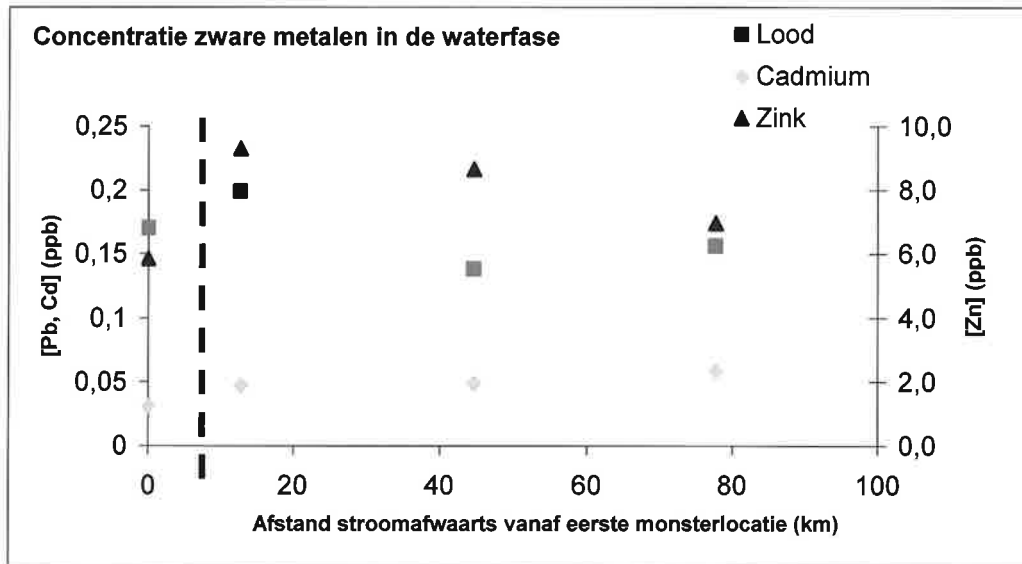
Figuur 4 Concentraties lood, cadmium en zink in de waterfase van de Geul als functie van de afstand. Lijn 1 geeft de plaats aan waar de waterzuiveringsinstallatie en de Gulp lozen op de Geul; lijn 2 de plaats waar de Geul uitmondt in de Maas. De horizontale gestreepte lijnen geven de metaalconcentraties aan in de Maas stroomopwaarts van de monding van de Geul. De concentratie cadmium is in de Maas 0,03 ppm; deze is niet zichtbaar in de grafiek, omdat deze lijn gelijk valt met de zinkconcentratie van de Maas.



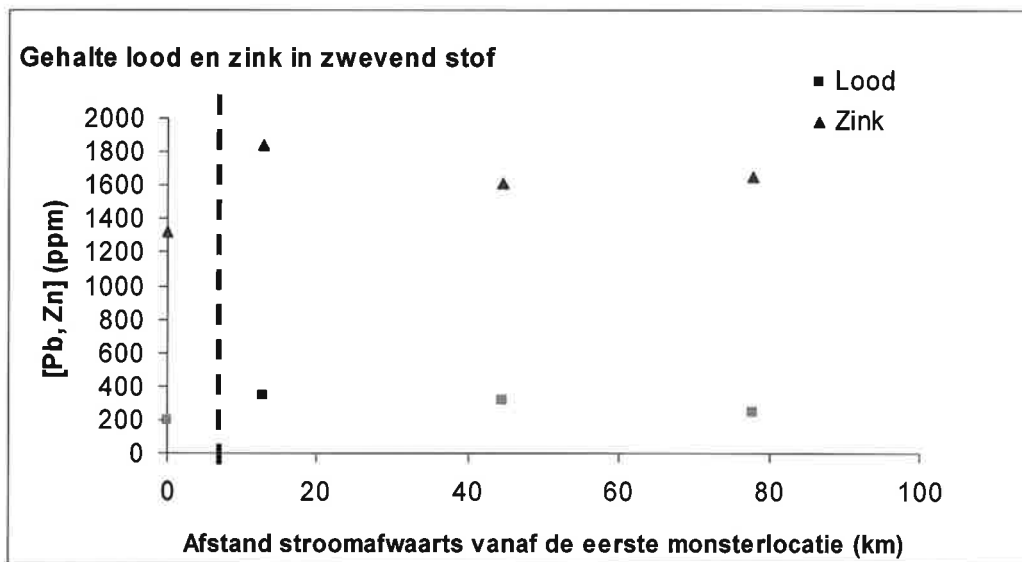
Figuur 5 Concentraties lood en zink in zwevend stof van de Geul als functie van de afstand. Lijn 1 geeft de plaats aan waar de waterzuiveringsinstallatie loost op de Geul; lijn 2 de plaats waar de Geul uitmondt in de Maas. De horizontale gestreepte lijnen geven de metaalconcentraties aan in de Maas stroomopwaarts van de monding van de Geul.

De concentraties cadmium, koper, chroom, nikkel, molybdeen, tin, barium en cesium in water en zwevend stof zijn in de Maas, stroomafwaarts van het instroompunt van de Geul, hoger dan de gemeten waarden in de Geul. Voor deze zware metalen is er dus geen verrijkend effect van de Geul op de Maas. Eerder [RIZA, 2002] is gemeten dat de concentratie van barium in zwevend stof van de Maas toeneemt stroomafwaarts van de monding van de Geul. Dit betekent dat de bariumbron in de Maas verder stroomafwaarts van de Geul gezocht moet worden.

In figuur 6 en 7 staan de resultaten van de metingen van de concentraties van enkele zware metalen in de waterfase en het zwevend stof op diverse locaties in de Maas. Uit de figuren blijkt dat bij de monding van de Geul in de Maas de concentraties lood, zink en cadmium in de waterfase toenemen. In zwevend stof wordt voor lood en zink een toename in de concentratie waargenomen bij de instroom van de Geul. Cadmium laat daarentegen een daling zien in het zwevend stof bij de instroming van de Geul in Maas (niet in de figuur opgenomen).



Figuur 6 De concentratie lood, cadmium en zink in het water van de Maas als functie van de afstand. De gestippelde lijn geeft de plaats aan waar de Geul in de Maas uitmondt.



Figuur 7 Het gehalte lood en zink in zwevend stof van de Maas als functie van de afstand. De gestippelde lijn geeft de plaats aan waar de Geul in de Maas uitmondt.

Eerder werd al aangetoond dat de concentratie lood, zink en in mindere mate cadmium in het water van de Geul hoger is dan de concentratie in de Maas stroomopwaarts van de monding van Geul (figuur 4). De toename van de concentratie van met name lood en zink in water en zwevend stof in de Maas bij de monding van de Geul (figuur 6 en 7) is een aanvullende indicatie dat de Geul voor deze metalen een concentratieverhogend effect heeft op de Maas. Voor zwevend stof werd echter slechts een gering verschil gevonden tussen de concentraties in de Geul en in de Maas stroomopwaarts van de monding van de Geul (figuur 5). Het is mogelijk dat ook één of meerdere andere bronnen bijdragen aan de toename van metaalconcentraties, zoals input vanaf de oevers als gevolg van oppervlakkige afstroming.

Door het gebrek aan monsterlocaties in de Maas stroomopwaarts van de monding van de Geul is het moeilijk de variatie in dit gebied vast te stellen en de achtergrondconcentratie in de Maas te bepalen. Dit bemoeilijkt het kwantificeren van het effect van de Geul op de Maas. Het is wel mogelijk de bijdrage van de zware metalen van de Geul in de Maas te schatten, door de toename van de concentraties van de zware metalen in de Maas volledig toe te schrijven aan de instroom van de Geul. Dit zal de bijdrage van de Geul waarschijnlijk overschatten, vanwege de potentiële bijdrage van andere bronnen aan de gemeten concentratieverhogingen.

Uit figuur 6 en figuur 7 worden de bijdragen van de Geul aan de metaalconcentraties in de Maas berekend, zoals vermeld in tabel 5. Vanwege de geringe gehalten aan cadmium in zwevend stof kon voor dit metaal geen bijdrage worden bepaald.

Tabel 5 Relatieve bijdragen van de Geul aan concentraties zware metalen in de Maas, berekend uit figuur 6 en figuur 7

Metaal	Concentratie in water	Gehalte in zwevend stof
Zink	40 %	30 %
Lood	15 %	40 %
Cadmium	40 %	n.b.

De waarden in tabel 5 zijn hoger dan de eerder gerapporteerde bijdrages die varieerden tussen de 5 en 10 % voor respectievelijk cadmium en lood [Leenaers, 1989]. De oorzaak hiervan kan zijn dat het onderzoek van Leenaers zich over meerdere jaren uitstreckte, waarbij veel monsternemingspunten werden gebruikt. Zowel de Maas als de Geul zijn regenrivieren die grote verschillen in debiet laten zien tussen de zomerperiode en de winterperiode. Het is dus mogelijk dat seizoensinvloeden een grote rol spelen in de bijdragen van zware metalen van de Geul op de Maas [RIZA, 2002]. Doordat dit onderzoek betrekking heeft op één moment in de tijd, kan niet worden bepaald in welke mate de bijdrage van de Geul seizoensafhankelijk is.

Voor lood, zink en cadmium kunnen de toenames in het water van de Maas door de Geul gecontroleerd worden door gebruik te maken van loodisotopen. In tabel 6 zijn de $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratio's van het water uit de Geul en de Maas weergegeven. In figuur 8 zijn deze ratio's uitgezet tegen de reciproke loodconcentraties ($\mu\text{g/l}$). Indien er sprake is van menging tussen beide "bronnen" (enerzijds de Geul, anderzijds de Maas stroomopwaarts van de Geulmonding), zonder bijdrage van een derde bron, moet de isotoopverhouding in het Maaswater, gemeten na de instroom van de Geul, op een lijn ('menglijn') liggen, die wordt getrokken tussen de punten voor beide afzonderlijke bronnen. Dit volgt uit een eenvoudige massabalans. Figuur 8 laat zien dat het monster in de Maas direct na de Geul vrijwel op de menglijn ligt. De twee verderop in de Maas genomen monsters hebben dezelfde $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratio, maar een lagere loodconcentratie (hogere reciproke concentratie). Met behulp van de volgende massabalans (vgl. 1) kunnen we de bijdrage van het Geulwater aan de Maas berekenen:

$$P_{MG} = x \cdot P_G + (1-x) \cdot P_M \quad (1)$$

waarin

x	= Aandeel water van de Geul in de Maas direct na instroom van de Geul
P_G	= $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratio van het water uit de Geul vlak voor instroom in de Maas
1-x	= Aandeel water van de Maas direct na instroom van de Geul
P_M	= $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratio van het water van de Maas voor de instroom van de Geul
P_{MG}	= $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratio's van water van de Maas direct na instroom Geul

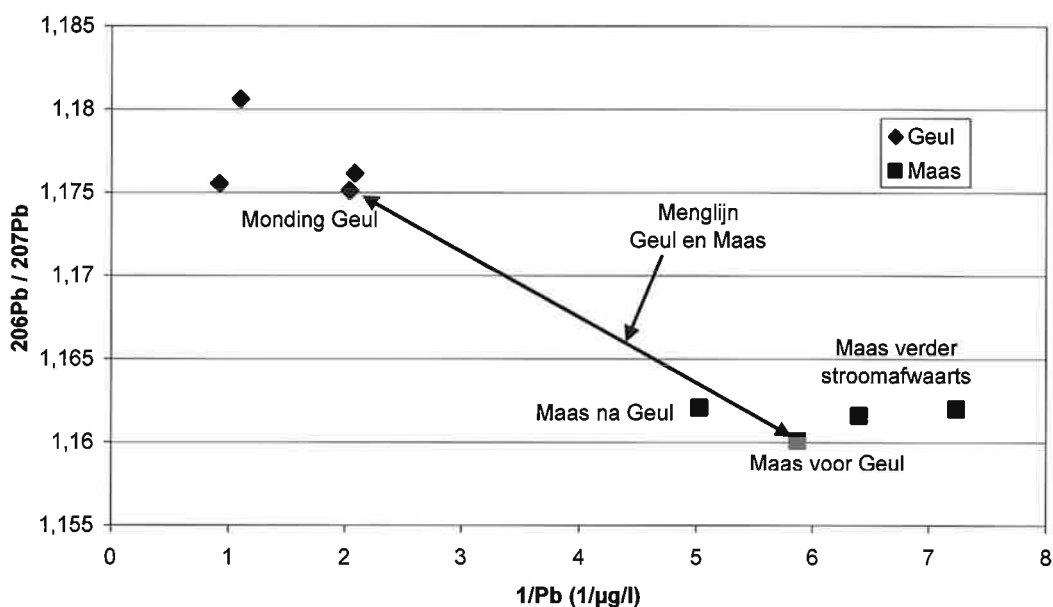
Hieruit kan x worden berekend:

$$x = (P_{MG} - P_M) / (P_G - P_M) \quad (2)$$

Met invulling van de gemeten waarden voor P_M , P_G en P_{MG} (resp. 1,1601, 1,1751 en 1,1621):

$$x = (1,1621 - 1,1601) / (1,1751 - 1,1601) = 0,13$$

Uit deze massabalans volgt dus dat het aandeel van het Geulwater in het Maaswater na de instroom van de Geul 13 % is. Met behulp van de Zn, Pb en Cd concentraties in het water van de monding van de Geul (tabel B2) kunnen we dan uitrekenen dat 50 % van het Zn, 17 % van het Pb en 11 % van het Cd in het water van de Maas na de instroom van de Geul afkomstig is uit de Geul. Voor zink en lood komen de waarden overeen met de schattingen gemaakt in tabel 5, voor cadmium is de op deze manier berekende bijdrage van de Geul veel kleiner.



Figuur 8: Variatie van de $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratio's van het water in de Geul en Maas met de reciproke Pb concentraties gemeten in het water van de Geul en de Maas. In deze figuur is ook de 'menglijn' van het Maas- en Geulwater aangegeven.

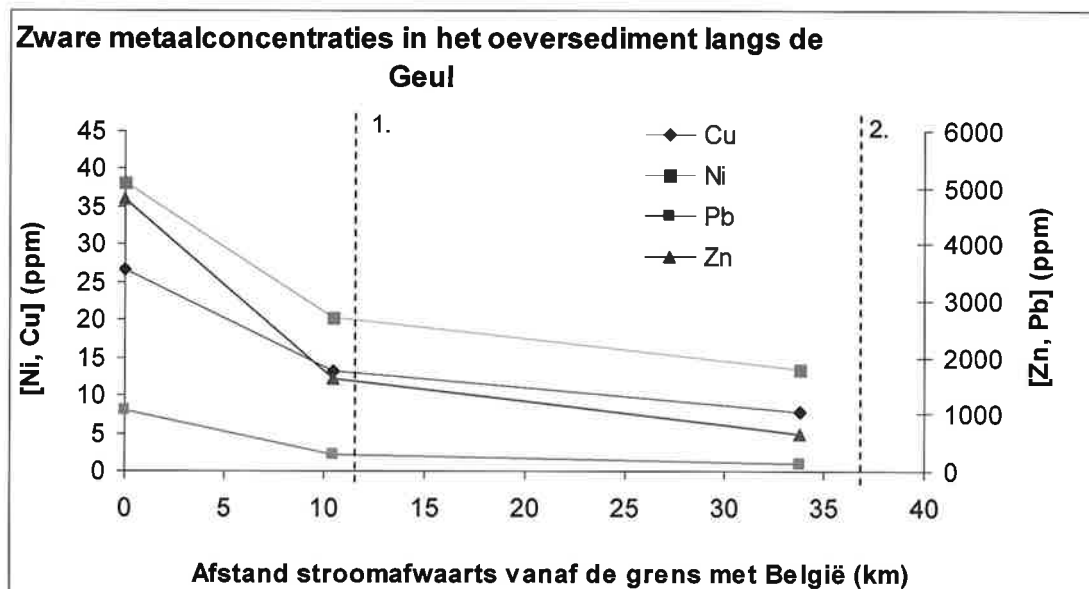
3.2 Bodem

In de monsters van de uiterwaarden langs de Geul is er weinig variatie in korrelgrootteverdeling en organische fractie. Deze twee variabelen kunnen van grote invloed zijn op de concentratie zware metalen in de bodem, omdat zware metalen kunnen accumuleren in de kleifractie of in organisch materiaal. De geringe variabiliteit, samen met een lage en constante zwavelconcentratie, geeft aan dat de verschillende bemonsteringslocaties goed met elkaar vergeleken kunnen worden, wat betreft de concentraties zware metalen. Het bemonsterde bodemprofiel langs de Maas (locatie 8, monsters 8.1.1 tot 8.1.3, bijlage B) heeft dezelfde macro-parameters (o.a. korrelgrootte en organische stof) als de bodemprofielen langs de Geul.

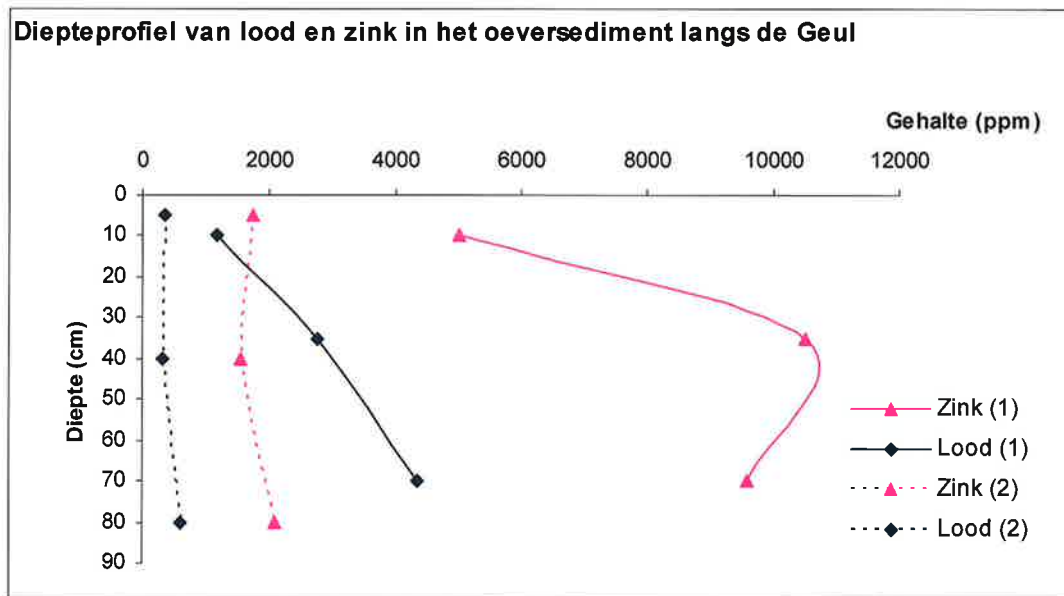
In de grond op de uiterwaarden van de Geul in het grensgebied (België-Nederland) worden zeer hoge concentraties aan zware metalen aangetroffen: Zn meer dan 10.000 ppm, Pb ruim 1.000 ppm. Deze concentraties zijn vele malen hoger dan de aangetroffen concentraties in het zwevend stof in de Geul. De concentraties zware metalen nemen sterk af naarmate de monsters verder stroomafwaarts genomen zijn. Op een afstand van 10 km van de grens (figuur 9) zijn de concentraties zware metalen al vergelijkbaar met de concentraties die langs de Maas worden aangetroffen (Appendix B). De concentraties nemen op deze locatie niet toe met de diepte, maar laten een constante waarde zien.

De zinkconcentratie bereikt op de grens met België een maximum op een diepte van 35 cm onder het maaiveld, terwijl de loodconcentratie blijft toenemen met de diepte (zie figuur 10).

Sediment uit de rivierbedding laat veel lagere concentraties zien en een veel grilliger patroon. Door de grote variatie in de korrelgrootteverdelingen en organische fracties in de monsters van het riviersediment wordt het beeld verstoord dat in de oeversedimentmonsters gevonden is: hoge concentraties nabij de grens met België en daarna een sterke afname in de concentratie zware metalen met de afstand. Op de derde monsterlocatie bestaat het sediment uit de rivierbedding uit veel fijner materiaal en een verhoogde organische stoffractie, waardoor dit sediment een vertekend beeld geeft. De riviersedimentmonsters in de Maas waren zo ver van de uitmonding van de Geul in de Maas genomen, dat het niet mogelijk is deze waarden aan die van het Geulsediment te koppelen.



Figuur 9 Concentraties zware metalen in het oppervlakte monsters in de uiterwaarden langs de Geul als functie van de afstand. Lijn 1 geeft de plaats aan waar de waterzuiveringsinstallatie loost op de Geul; lijn 2 de plaats waar de Geul uitmondt in de Maas.



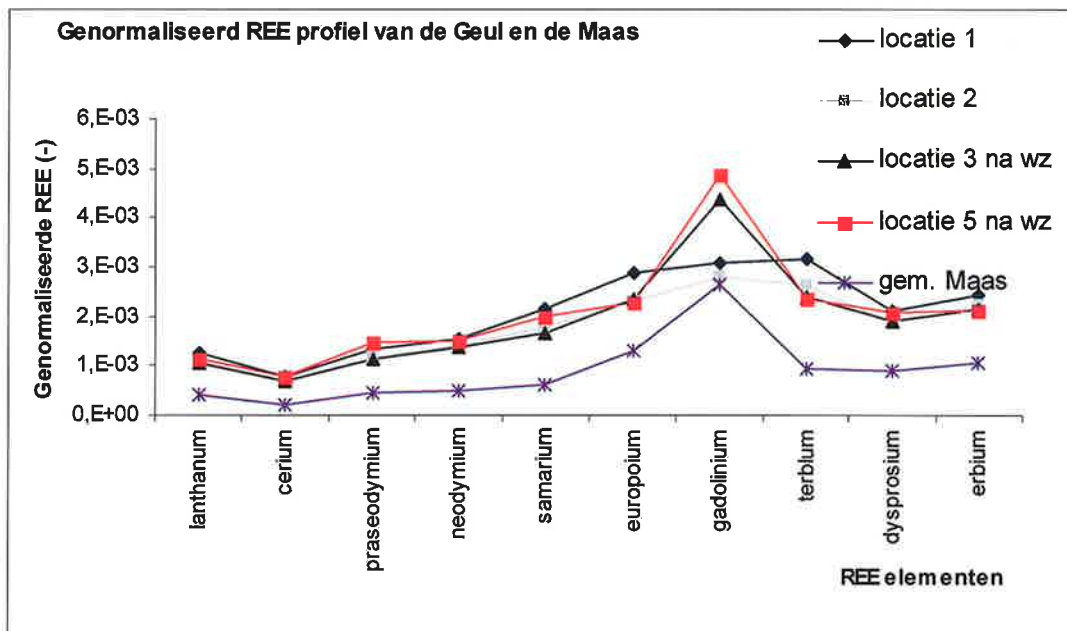
Figuur 10 Profiel van het gehalte lood en zink in het oeversediment van de Geul, op twee locaties langs de Geul. De eerste op de grens met België (1) en de andere locatie op 10 km afstand van de grens met België (2).

3.3 Zeldzame aarde-elementen (REE) patroon in de Geul

Uit de concentratieprofielen van de zware metalen in de Geul blijkt duidelijk dat de instroom van de Gulp en mogelijk de RWZI nabij Gulpen een belangrijke invloed hierop hebben (figuur 4 en 5). Hierin is duidelijk te zien dat de sterkste concentratieverdunding, zowel in de waterfase als in het zwevend stof, plaats vindt in de nabijheid van de RWZI (bij Gulpen) en de Gulp. Door middel van een genormaliseerd zeldzame aarde elementen patroon kan er bepaald worden of er invloed van de RWZI is.

In het genormaliseerde patroon van zeldzame aarde-elementen (Rare Earth Elements, REE) is een verrijking van Gadolinium (Gd) te zien in de Geul benedenstrooms van de lozing van de waterzuiveringsinstallatie (figuur 11). Dit wijst op beïnvloeding door de waterzuiveringinstallatie; zie ook de uitleg in hoofdstuk 2.

Locatie 3 en 5 zijn benedenstrooms van de waterzuiveringsinstallatie gelegen; deze twee monsterlocaties zijn verrijkt aan Gd. De meetwaarden voor de zware REE (thulium, ytterbium, lutetium) zijn lager dan de praktische detectielimiet van de analyse. Omdat deze waarden minder betrouwbaar zijn, zijn ze weggelaten uit figuur 11. Ook in het Maaswater is een Gadolinium verrijking zichtbaar, doordat er meerdere RWZI's in België en Nederland op de Maas lozen. Het genormaliseerde REE patroon van de Geul is relatief ten opzichte van de Maas verrijkt met zeldzame aarde-elementen. Dit kan het gevolg zijn van een andere ratio grondwater/regenwater input in de rivier. Naar verhouding is grondwater meer verrijkt met zeldzame aarde-elementen dan regenwater.



Figuur 11 De genormaliseerde waarden van de zeldzame aarden ('rare earth elements', REE) in water op verschillende locaties in het stroomgebied van de Geul. 'Na WZ' heeft betrekking op monsters die benedenstrooms van de RWZI genomen zijn. In de grafiek is een toename zichtbaar van de gadolinium (Gd) bijdrage aan het patroon.

4 Conclusie

De Geul draagt, onder de omstandigheden die heersten tijdens monsterneming voor dit onderzoek, bij aan de concentratie van lood, zink en in mindere mate, cadmium in het water van de Maas. Door de totale toename in de concentraties van de betreffende metalen in water en zwevend stof van de Maas voor de monsterlocatie benedenstrooms van de Geulmonding ten opzichte van de locatie bovenstrooms van de Geulmonding toe te schrijven aan de input van de Geul, is een schatting gemaakt van de relatieve bijdrage van de Geul aan de vracht van de Maas aan deze metalen. Deze schatting komt uit op hogere waarden voor deze bijdrage (tussen 15 en 40 %) dan eerder gerapporteerde waarden (5 - 10 %). Met behulp van loodisotopen is berekend dat het aandeel van het Geulwater in het Maaswater na de instroom van de Geul 13% is. Met behulp van de zink-, lood- en cadmiumconcentraties in het water van de monding van de Geul (tabel B2) kunnen we uitrekenen dat 50 % van het zink, 17 % van het lood en 11 % van het cadmium in het water van de Maas na de instroom van de Geul, afkomstig is uit de Geul. Voor zink en lood komen de waarden overeen met de bovenstaande schattingen; voor cadmium is de op deze manier berekende bijdrage van de Geul veel kleiner.

De gehalten aan zware metalen van de bodemonsters op de oevers van de Geul in de Geul laten sterk verhoogde waarden zien (tot ruim 10.000 ppm voor zink en ruim 4.000 ppm voor lood). Hieruit blijkt dat er een groot "reservoir" is van zware metalen in de bodem. Deze metalen kunnen in potentie door erosie en resuspensie vrij komen en stroomafwaarts worden verplaatst. Door de verwachte klimaatverandering en de daarbij horende hogere piekafvoer van de rivieren is de verwachting dat de resuspensie van dit materiaal sneller zal gaan verlopen. De grootste hoeveelheid metalen in de bodem naast de Geul bevindt zich voor de instroom van de Gulp en dit zou aanleiding kunnen zijn de Geul in dit gedeelte minder te laten eroderen.

De monsters uit de stroomgeul van de Geul hadden een sterk wisselende organische fractie en korrelgrootteverdeling. Hierdoor is het niet goed mogelijk een verloop van de zware-metaalconcentratie waar te nemen in het stroombed van de Geul.

Met behulp van het genormaliseerde zeldzame aarde-elementenpatroon is de invloed van de RWZI bij Gulpen zichtbaar gemaakt. Dit patroon laat een verrijking van Gadolinium (Gd) zien in de Geul benedenstrooms van de lozing van de waterzuiveringsinstallatie. Ook in het Maaswater is een Gd-verrijking zichtbaar, doordat er meerdere RWZI's in België en Nederland op de Maas lozen.

5 Aanbevelingen

- Als in verband met de verwachte klimaatverandering en de daarbij horende hogere piekafvoer maatregelen worden genomen die leiden tot hermeandering van de Geul, moet met name in het gebied bovenstrooms van de instroom van de Gulp rekening worden gehouden met hoge metaalgehalten in de bodem en verspreiding naar benedenstroomse delen.
- Een aantal conclusies uit dit rapport zou beter moeten worden onderbouwd door een uitgebreidere bemonstering en monitoring:
 - Om de bijdrage van zware metalen van de Geul aan de Maas beter te kwantificeren moeten bodem, water en zwevend stof op meer locaties worden gemonitord, vooral in het Maas stroomgebied stroomopwaarts van de monding van de Geul in de Maas.
 - Om inzicht te krijgen in de seizoensvariatie moet de kwaliteit van water en zwevend stof vaker door het jaar heen en over meerdere jaren verspreid worden gemonitord.
 - Om de invloed van de waterzuiveringsinstallatie duidelijk in beeld te krijgen, moet ook de Gulp apart worden bemonsterd, zodat de invloed daarvan beter kan worden gekwantificeerd.
 - Om een duidelijk beeld te krijgen van het profiel van zware metalen in het zomerbed van de Geul moet dit op meerdere locaties worden bemonsterd.

Referenties

Leenaers, H., 1989. The dispersal of metal mining wastes in the catchment of the river Geul (Belgium - The Netherlands). De verspreiding van metaalhoudend mijnaafval in het stroomgebied van de Geul (België - Nederland). Nederlandse geografische studies (ISSN 0169-4839; 102).

RIZA, 2002. Knijff, L.M. De kwaliteit van het zwevend stof van toestromende zijwateren van de Maas. RIZA werkdocument 2002.091X, mei 2002

A Beschrijving veldwerk

Het veldwerk is uitgevoerd in de periode 1-3 oktober 2007; de locatiebeschrijving is in volgorde van bemonsteren gegeven.

Locatie 1 (Geul)

Coördinaten: 50,758688 N; 5,933894 E; Geul, direct op de grens met België.



Locatie 1

Monsterbeschrijving:

- Gefilterd watermonster voor DOC
- Gefilterd watermonster voor nutriëntenbepaling
- Gefilterd en aangezuurde watermonster voor metaalbepaling
- Gecentrifugeerd zwevend stofmonster, twee emmers gevuld (~60 liter)
- Sedimentmonster van de bodem van de Geul

Monsterdiepte van de watermonsters: 30 cm onder het wateroppervlak

Boring 1: Afstand tot het water 0,5 m, 0,5 m boven het wateroppervlak
Bovenaan fijn zand, bruin van kleur, wordt steeds fijner en zwarter van kleur.
Totale diepte van de boring is 70 cm, de diepte werd beperkt door de aanwezigheid van kiezels.

Van deze boring zijn drie monsters genomen:

- 1.1.1 → op een diepte van 10 cm
- 1.1.2 → op een diepte van 35 cm
- 1.1.3 → op een diepte van 70 cm



Boring 1.1

Boring 2: Afstand tot het water 3 m, ca. 2 m boven het wateroppervlak
Bovenaan fijn zandig materiaal, op een diepte van 30 cm komen er kiezels bij tot een grote van 4 cm.

Van deze boring zijn twee monsters genomen:

1.2.1 → Op een diepte van 5 cm

1.2.2 → Op een diepte van 30 cm



Boring 1.2

Locatie 2 (Geul)

Coördinaten: 50,818669 N; 5,899551 E; afstand tot de grens 10,5km
Aan de rand van Gulpen. Tijdens deze monsterring was het aan het stortregenen.



Locatie 2

Monsterbeschrijving:

- Gefilterd watermonster voor DOC
- Gefilterd watermonster voor nutriëntenbepaling
- Gefilterd en aangezuurd watermonster voor metaalbepaling
- Gecentrifugeerd zwevend stofmonster, twee emmers gevuld (~60 liter)
- Sedimentmonster van de bodem van de Geul

Monsterdiepte van de watermonsters: 20-30 cm onder het wateroppervlak

1^e doorsnede: Afstand tot het water 2 m, 0,5 m boven het wateroppervlak

Fijn zandig materiaal zwart van kleur.

Hiervan zijn drie monsters genomen:

2.1.1 → Op een diepte van 5 cm

2.1.2 → Op een diepte van 40 cm

2.1.3 → op een diepte van 80 cm



Doorsnede 2.1

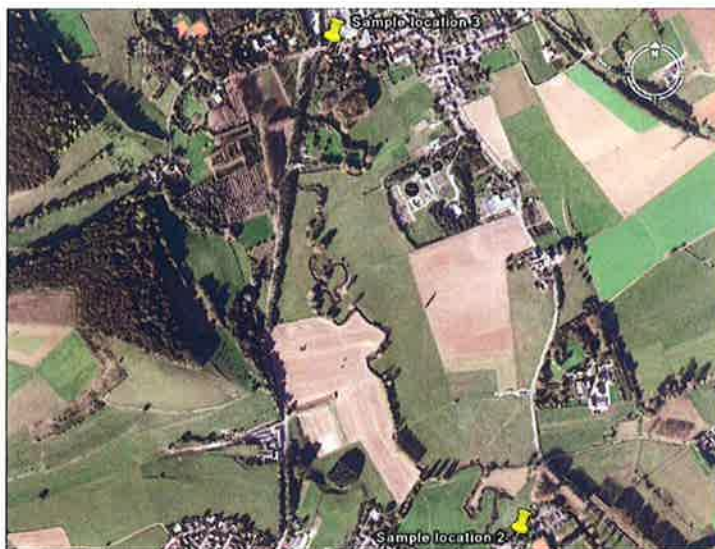
2^e doorsnede: Afstand tot het water 5 m, ~ 2 m boven het wateroppervlak.
Bovenaan bouwafval met stoeptegels en ander materiaal.
Hiervan is één monster genomen:
2.2.1 → op een diepte van 30 cm



Doorsnede 2.2

Locatie 3 (Geul)

Coördinaten: 50,830143 N; 5,892706 E; afstand tot de grens 13,2 km
Op de brug bij de Brand brouwerijen, belvorming als de bodem verstoord wordt.



Locatie 3

Monsterbeschrijving:

- Gefilterd watermonster voor DOC
- Gefilterd watermonster voor nutriëntenbepaling
- Gefilterd en aangezuurd watermonster voor metaalbepaling
- Gecentrifugeerd zwevend stofmonster, twee emmers gevuld (~60 liter)
- Sedimentmonster van de bodem van de Geul

Monsterdiepte van de watermonsters: 30 cm onder het wateroppervlak

Het was niet mogelijk om sedimentmonsters te nemen in het overstromingsgebied, doordat de loop van de Geul met stenen en houtwerk vastgelegd was.

Locatie 4 (Maas)

Coördinaten: 50,868723 N; 5,698804 E; eerste monsterlocatie aan de Maas, afstand 0 km
Locatiebeschrijving: Op de splitsing van de Grensmaas en het Julianakanaal, aan de kant van het Julianakanaal.



Locatie 4

Monsterbeschrijving:

- Gefilterd watermonster voor DOC
- Gefilterd watermonster voor Nutriënten bepaling
- Gefilterd en aangezuurd watermonster voor metaalbepaling
- Gecentrifugeerd zwevend stofmonster, twee emmers gevuld (~60 liter)

Monsterdiepte van de watermonsters: 50 cm onder het wateroppervlak

Het water stond direct aan de dijk die versterkt was met basaltstenen. Hierdoor was het onmogelijk om sedimentmonsters van het overstromingsgebied en ook om een stroom-sedimentmonster te nemen.

Locatie 5 (Geul)

Coördinaten: 50,887218 N; 5,732962 E; afstand tot de grens 36,5 km
Locatiebeschrijving: Bij de brug over de Geul in de buurt van Bunde.



Locatie 5

Monsterbeschrijving:

- Gefilterd watermonster voor DOC
- Gefilterd watermonster voor nutriëntenbepaling
- Gefilterd en aangezuurd watermonster voor metaalbepaling
- Gecentrifugeerd zwevend stofmonster, twee emmers gevuld (~60 liter)
- Sedimentmonster van de bodem van de Geul

Monsterdiepte van de watermonsters: 30 cm onder het wateroppervlak

1^o doorsnede: Afstand tot het water 0,5 m, 0,5m boven wateroppervlak

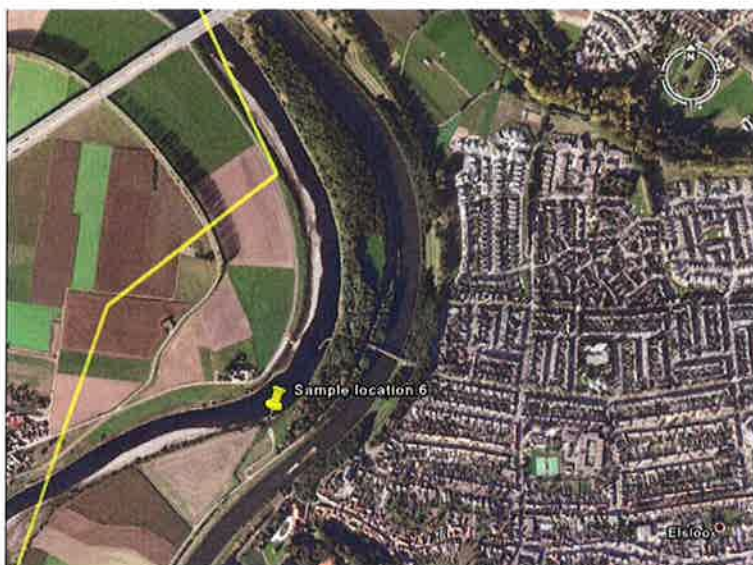
Fijn zandig materiaal, zwart van kleur

Hiervan is een oppervlaktesedimentmonster genomen (5.1.1)



Locatie 6 (Maas)

Coördinaten: 50,949728; 5,757115; afstand tot locatie 4: 12,8 km
In de buurt van Aa aan de Maas, bij een parkeerplaats direct gelegen aan de Maas.



Locatie 6

Monsterbeschrijving:

- Gefilterd watermonster voor DOC
- Gefilterd watermonster voor nutriëntenbepaling
- Gefilterd en aangezuurd watermonster voor metaal bepaling
- Gecentrifugeerd zwevend stofmonster, twee emmers gevuld (~60 liter)
- Sedimentmonster van de bodem van de Maas

Monsterdiepte voor de watermonsters: ongeveer 50 cm onder het wateroppervlak

1^e doorsnede: Afstand tot het water 2 m, 0,5m boven wateroppervlak.
Fijn zandig materiaal, zwart van kleur. Hiervan zijn monsters genomen.



Doorsnede 8.1

Locatie 7 (Maas):

Coördinaten 51,122634; 5,817615; afstand tot locatie 4: 44,6 km

Locatiebeschrijving: Bij het fietspontje Ohe en Laak, Grensmaas paaltje 59,5 km; recht tegenover de monsterlocatie stroomt een drainagebuis de Maas in.



Locatie 7

Monsterbeschrijving:

- Gefilterd watermonster voor DOC
- Gefilterd watermonster voor nutriëntenbepaling
- Gefilterd en aangezuurd watermonster voor metaalbepaling
- Gecentrifugeerd zwevend stofmonster, twee emmers gevuld (~60 liter)
- Sedimentmonster van de bodem van de Maas

Monsterdiepte van de watermonsters: 50 cm onder het wateroppervlak, ca. 3 m vanuit de kant.

Het was niet mogelijk om sedimentmonsters van het overstromingsgebied te nemen; deze waren kunstmatig opgehoogd.

Locatie 8 (Maas)

Coördinaten: 51,287785 N; 6,049143 E; afstand tot locatie 4: 77,8 km

Locatiebeschrijving: Tussen de pont naar Kessel en de promenade van Kessel. 100 m stroomopwaarts is een boorkern genomen. Tijdens het oppompen van de watermonsters zijn er regelmatig boten voorbij gekomen.



Locatie 8

Monsterbeschrijving:

- Gefilterd watermonster voor DOC
- Gefilterd watermonster voor nutriëntenbepaling
- Gefilterd en aangezuurd watermonster voor metaalbepaling
- Gecentrifugeerd zwevend stofmonster, twee emmers gevuld (~60 liter)
- Riviersediment van de Maas

Monsterdiepte van de watermonsters: 50 cm onder het wateroppervlak en 1 meter van de kant vandaan.

Boring 1: Afstand tot het water 4 m, 1 m boven het wateroppervlak.

Bovenaan bruinig zand met kiezels tot 4 cm erin. Materiaal wordt steeds kleiiger en kleurt zwart; er blijven kiezels tot 4 cm in zitten.

Op een diepte van ~70 cm bruine klei; hier zitten geen kiezels meer in. Van deze boring zijn drie monsters genomen:

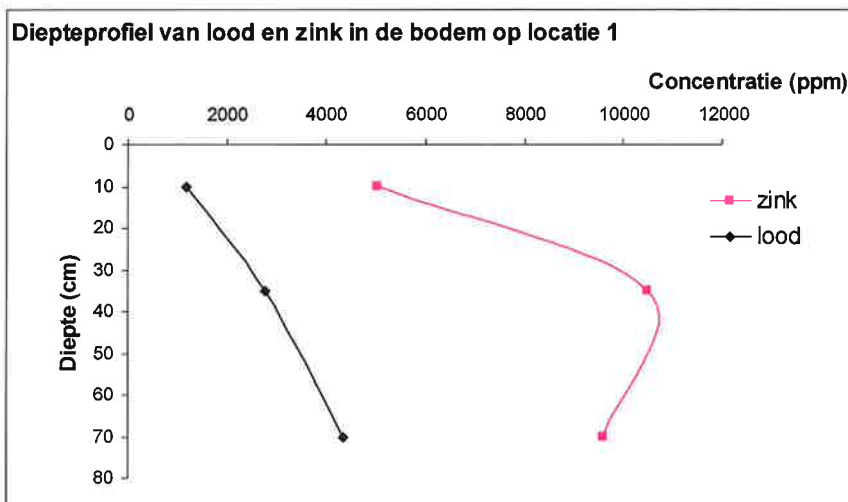
- 8.1.1 → op een diepte van ~10 cm
- 8.1.2 → op een diepte van ~35 cm
- 8.1.3 → op een diepte van ~70 cm

Het sedimentmonster dat uit de rivier gehaald is, bestond voor een groot deel uit bouw materiaal.

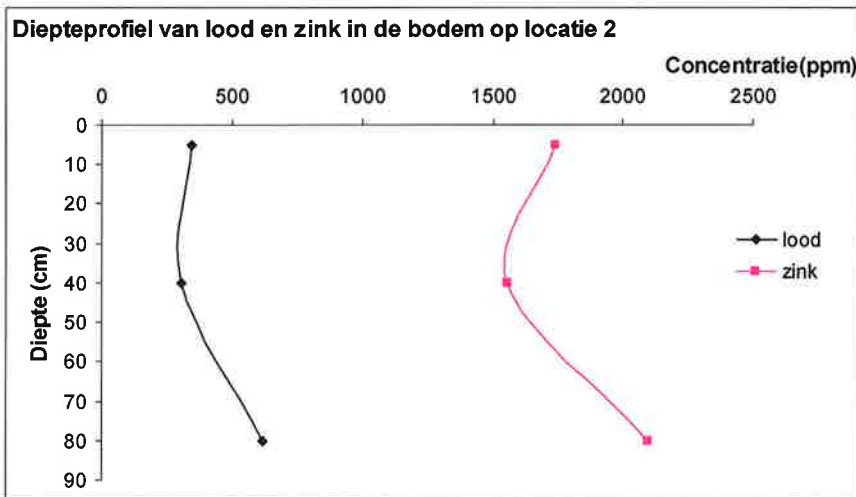


Boring 8.1

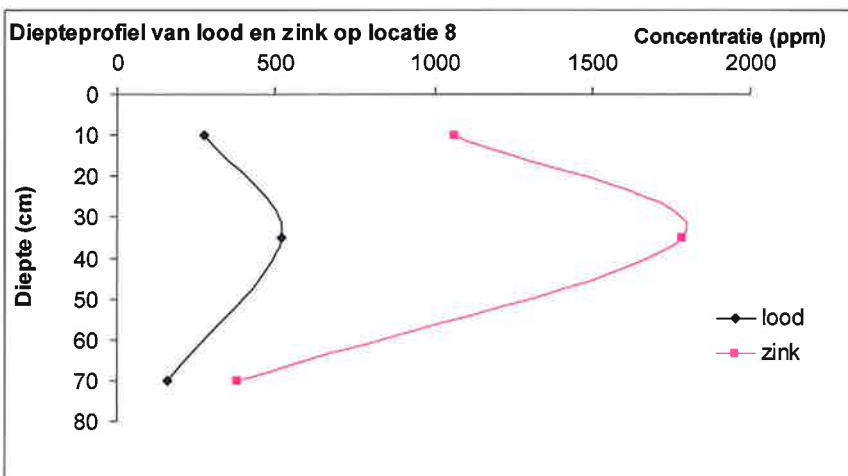
B Bodemprofielen en analyseresultaten van water, zwevend stof en bodems in Geul en Maas



Locatie 1:
Bij de grens tussen België



Locatie 2:
Nabij Gulpen



Locatie 8:
Langs de Maas nabij Kessel

Tabel B1 Hoofd- en spoorelementenanalyses van watermonsters in Geul en Maas

Method	TOC analyzer		IC										ICPOES																				
	Parameter	DOC	Cl	NO2	NO3	SO4	Ba	Ca	K	Mg	Mn	Na	P	Si	Sr	Zn	Method	Parameter	Li	B	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Rb
Entheid	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
2007425001	locatie Geul	6.481	20.73	0.35	19.55	38.80	0.03	65.01	6.14	10.69	0.06	16.10	0.13	5.05	0.13	0.25	ICPMS	locatie Geul	4.94	42	0.81	0.72	0.80	0.41	56	0.45	3.73	2.26	227	0.91	0.29	3.96	
2007425002	2	8.294	14.38	0.08	19.70	38.17	0.03	70.69	5.65	9.09	0.04	12.08	0.12	5.99	0.15	0.15	ICPMS	2	4.32	37	0.87	0.71	0.85	0.41	33	0.32	3.34	2.27	140	0.98	0.29	3.47	
2007425003	3	6.335	15.86	0.22	19.00	35.86	0.03	68.27	6.10	7.05	0.04	13.27	0.19	6.56	0.17	0.10	ICPMS	3	4.16	37	0.91	0.81	0.97	0.38	40	0.32	3.02	2.28	88	1.03	0.30	4.46	
2007425005	5	6.168	15.69	0.21	19.73	33.88	0.03	66.97	5.46	6.60	0.02	12.17	0.21	6.26	0.16	0.05	ICPMS	5	3.40	31	0.81	0.86	1.21	0.35	20	0.24	2.39	2.21	35	1.05	0.29	2.96	
2007425004	locatie Maas	3.566	30.73	0.28	12.51	35.67	0.02	57.89	3.79	6.54	0.02	22.78	0.17	2.60	0.16	0.01	ICPMS	4	4.79	33	0.38	0.41	1.05	0.64	19	0.19	1.98	1.44	5.85	0.77	0.30	3.50	
2007425006	6	3.709	30.47	0.30	13.73	37.46	0.02	62.36	4.09	6.81	0.03	22.53	0.19	3.05	0.17	0.02	ICPMS	6	4.63	33	0.43	0.43	1.04	0.57	26	0.47	1.18	1.58	9.30	0.84	0.32	3.44	
2007425007	7	3.711	31.59	0.21	17.52	41.60	0.02	63.05	4.18	6.88	0.01	24.93	0.19	3.22	0.17	0.01	ICPMS	7	44.64	36	0.43	0.38	1.47	0.50	11	0.13	2.29	1.53	8.64	0.80	0.31	3.31	
2007425008	8	3.843	32.60	0.15	14.39	44.98	0.02	55.16	4.64	7.07	0.03	27.23	0.17	3.18	0.15	0.01	ICPMS	8	5.87	39	0.41	0.39	1.23	0.40	23	0.22	2.40	1.91	6.96	0.88	0.33	3.68	
2007425004	locatie Maas	1.51	2.59	0.03	0.35	0.16	19	0.93	0.17	0.30	0.17	36.0					ICPMS	4	151	2.59	0.03	0.35	0.16	19	0.93	0.17	0.30	1.601	0.77	0.30	3.50		
2007425006	6	1.62	2.37	0.05	0.31	0.10	21	1.08	0.20	0.33	0.1621	36.4					ICPMS	6	162	2.37	0.05	0.31	0.10	21	1.08	0.20	0.33	1.1621	0.84	0.32	3.44		
2007425007	7	1.60	2.72	0.05	0.33	0.10	21	0.78	0.14	0.32	1.1620	35.7					ICPMS	7	160	2.72	0.05	0.33	0.10	21	0.78	0.14	0.32	1.1620	0.80	0.31	3.31		
2007425008	8	1.44	2.00	0.06	0.39	0.13	22	0.73	0.16	0.30	1.1616	35.9					ICPMS	8	144	2.00	0.06	0.39	0.13	22	0.73	0.16	0.30	1.1616	0.88	0.33	3.68		
2007425001	locatie Geul	0.040	0.057	0.011	0.051	0.012	0.003	0.016	0.003	0.012	0.002	0.008	0.002	0.010	0.002		ICPMS	1	129	0.57	0.40	0.47	0.05	24	0.09	1.08	0.47	1.1755	0.37	0.02	0.002		
2007425002	2	0.035	0.049	0.009	0.047	0.010	0.003	0.015	0.002	0.011	0.008	0.008	0.002	0.009	0.002		ICPMS	2	144	0.56	0.16	0.45	0.03	27	0.07	0.91	0.47	1.1806	0.37	0.02	0.002		
2007425003	3	0.034	0.049	0.009	0.045	0.010	0.003	0.023	0.002	0.011	0.007	0.008	0.002	0.009	0.002		ICPMS	3	158	0.66	0.09	0.39	0.02	31	0.09	0.48	0.41	1.1762	0.37	0.02	0.002		
2007425005	5	0.037	0.057	0.012	0.049	0.011	0.003	0.025	0.002	0.012	0.007	0.007	0.002	0.008	0.002		ICPMS	5	153	2.07	0.04	0.39	0.01	28	0.10	0.49	0.42	1.1751	0.37	0.02	0.002		
2007425004	locatie Maas	0.020	0.027	0.005	0.025	0.006	0.002	0.015	0.002	0.007	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005		ICPMS	4	151	2.59	0.03	0.35	0.16	19	0.93	0.17	0.30	1.1601	0.77	0.30	3.50		
2007425006	6	0.016	0.023	0.004	0.020	0.005	0.002	0.014	0.002	0.007	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005		ICPMS	6	162	2.37	0.05	0.31	0.10	21	1.08	0.20	0.33	1.1621	0.84	0.32	3.44		
2007425007	7	<0.0135	<0.016	0.003	0.017	0.004	0.002	0.014	0.002	0.007	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005		ICPMS	7	160	2.72	0.05	0.33	0.10	21	0.78	0.14	0.32	1.1620	0.80	0.31	3.31		
2007425008	8	0.014	0.021	0.004	0.018	0.005	0.0011	0.016	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.005	0.005		ICPMS	8	144	2.00	0.06	0.39	0.13	22	0.73	0.16	0.30	1.1616	0.88	0.33	3.68		

Tabel B2 CS en TGA analyses van zwevende stof en bodemsedimenten in Geul en Maas en bodemprofielen Geul en Maas

Labcode	Locatie	Diepte	Afstand	Hoogte tov wateroppervlæk	Totaal C %	Totaal S %	TGA105	TGA450	TGA550	TGA800	TGA1000	Vocht %
	Geul				%	%	%	%	%	%	%	%
	Zwevende stof Geul											
2007425009	Su 1				9.16	0.31						
2007425010	Su 2				8.97	0.28						
2007425011	Su 3				8.04	0.26						
2007425013	Su 5				4.68	0.15						
	Bodem Geul											
2007425028	Str 1				0.70	0.04						
2007425029	Str 2				0.93	0.02						
2007425030	Str 3				3.09	0.16						
	Bodem profielen Geul											
2007425017	Geul 1.1	10cm	0.5m	0.5m	8.74	0.15	3.71	1.01	0.59	0.13		
2007425018	Geul 1.1.2	35cm	0.5m	0.5m	4.50	0.10	2.13	2.00	0.53	0.27	2.13	
2007425019	Geul 1.1.3	70cm	0.5m	0.5m	3.08	0.06	1.82	0.84	0.38	0.23	1.82	
2007425020	Geul 1.2.1	5cm	3m	2m	2.93	0.07	1.56	0.90	0.67	0.17	1.56	
2007425021	Geul 1.2.2	30cm	3m	2m	2.26	0.04	1.69	0.85	0.39	0.20	1.69	
2007425022	Geul 2.1.1	5cm	2m	0.5m	2.79	0.06	1.30	0.60	0.43	0.12	1.30	
2007425023	Geul 2.1.2	40cm	2m	0.5m	2.17	0.05	1.27	0.68	0.50	0.12	1.27	
2007425024	Geul 2.1.3	80cm	2m	0.5m	2.03	0.03	1.27	0.66	0.67	0.10	1.27	
2007425025	Geul 2.2.1	30cm	5m	2m	2.21	0.04	1.28	0.76	0.99	0.09	1.28	
	Geul 5											
2007425026	Geul 5.1.1	5cm	0.5m	0.5m	2.00	0.02	1.12	0.65	1.76	0.05	1.12	
	Maas											
	Zwevende stof Maas											
2007425012	Su 4				9.80	0.35						
2007425014	Su 6				9.41	0.29						
2007425015	Su 7				7.89	0.25						
2007425016	Su 8				3.02	0.06						
	Bodem Maas											
2007425031	Str 6 (slip in buitenbocht)	50cm	1m		3.60	0.08	1.42	1.25	2.12	0.11	1.42	
2007425032	Str 7 (bodemsediment rechts)	50cm	3m		2.48	0.06	0.74	1.17	2.99	0.06	0.74	
2007425033	Str 8 (waterbodem links)	50cm	1m		0.21	0.00	0.47	0.10	0.08	0.02	0.47	
	Bodem profielen Maas											
2007425027	Maas 6 oeverklei	5cm	2m	0.5m	2.57	0.04	2.66	1.26	0.96	0.13	2.66	
2007425034	Maas 8 1.1	10cm	4m	1m	5.48	0.07	1.52	1.65	2.67	0.11	1.52	
2007425035	Maas 8 1.2	65cm	4m	1m	10.58	0.12	2.01	2.02	2.09	0.16	2.01	
2007425036	Maas 8 1.3	110cm	4m	1m	1.24	0.02	1.42	0.69	0.31	0.11	1.42	

Tabel B3 Hoofd- en spoorelementenanalyses van zwevende stof en bodemsedimenten in Geul en Maas en bodemprofielen Geul en Maas

Labcode	Locatie	Diepte	Afstand	Hoogte tov wateroppervlakt	Al mg/kg	Ba mg/kg	Be mg/kg	Ca mg/kg	Ce mg/kg	Co mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	K mg/kg	Li mg/kg	Mg mg/kg	
	Geul																
	Zwevende stof Geul																
2007425009	Su 1				61387	414	3	16160	86	23	83	94	44840	16664	44	6279	
2007425010	Su 2				61504	415	3	15895	83	25	85	69	44549	16645	43	6155	
2007425011	Su 3				53949	416	2	16358	77	15	76	52	37643	16782	35	5459	
2007425013	Su 5				55166	431	2	19246	83	15	86	43	35688	18157	34	5627	
	Bodem Geul																
2007425028	Str 1				27994	182	2	8410	41	93	74	23	38993	8838	28	3247	
2007425029	Str 2				13130	151	1	6144	27	118	34	9	16097	5584	16	1270	
2007425030	Str 3				30532	297	2	12876	61	76	60	29	19940	11973	19	2918	
	Bodem profielen Geul																
2007425017	Geul 1.1	10cm	0.5m	0.5m	25989	232	2	5559	56	200	54	39	20924	10268	20	3330	
2007425018	Geul 1.2	35cm	0.5m	0.5m	39500	305	3	6029	76	179	74	78	34981	12858	28	3873	
2007425019	Geul 1.3	70cm	0.5m	0.5m	36051	248	2	4647	64	108	83	46	42249	11580	25	3028	
2007425020	Geul 1.2.1	5cm	3m	2m	31711	265	2	7591	60	103	60	36	25344	11433	23	3848	
2007425021	Geul 1.2.2	30cm	3m	2m	42059	291	2	6030	70	113	80	52	34739	14020	31	4082	
2007425022	Geul 2.1.1	5cm	2m	0.5m	24166	234	1	7412	59	120	56	17	16852	10040	16	2211	
2007425023	Geul 2.1.2	40cm	2m	0.5m	25863	252	1	9022	55	132	58	19	17070	10519	17	2291	
2007425024	Geul 2.1.3	80cm	2m	0.5m	28179	262	1	10686	63	108	64	22	18538	11248	18	2496	
2007425025	Geul 2.2.1	30cm	5m	2m	29211	313	2	14210	63	96	64	25	18647	11490	19	2476	
	Geul 5																
2007425028	Geul 5.1.1	5cm	0.5m	0.5m	20750	233	1	24916	70	155	66	13	12801	9789	13	2016	
	Maas																
	Zwevende stof Maas																
2007425012	Su 4				61194	449	3	58615	89	22	163	138	50334	16887	45	7986	
2007425014	Su 6				71839	470	3	35758	101	22	138	113	54675	18972	53	8319	
2007425015	Su 7				68876	467	3	40711	98	26	149	113	55771	18107	53	8049	
2007425016	Su 8				69579	544	3	36414	95	29	158	142	56994	17931	56	7773	
	Bodem Maas																
2007425031	Str 6 (slip in buitenbocht)	50cm	1m		43331	365	2	26967	81	66	89	49	31177	14183	30	4969	
2007425032	Str 7 (bodemsediment rechts)	50cm	3m		22843	211	1	31397	56	90	51	30	25456	8276	21	6133	
2007425033	Str 8 (waterbodem links)	50cm	1m		10222	130	1	549	29	472	19	14	7841	4557	17	676	
	Bodem profielen Maas																
2007425027	Maas 6 oeverkwal	5cm	2m	0.5m	78187	460	3	15658	104	89	112	50	50412	22437	56	7248	
2007425034	Maas 8 1.1	10cm	4m	1m	37550	386	2	30189	77	99	103	87	30897	11558	35	6896	
2007425035	Maas 8 1.2	65cm	4m	1m	51309	568	3	24036	78	73	104	147	44208	13492	49	4952	
2007425036	Maas 8 1.3	110cm	4m	1m	45837	346	2	4367	77	71	79	26	29910	14268	33	3889	

Tabel B3 Hoofd- en spoorelementenanalyses van zwevende stof en bodemsedimenten in Geul en Maas en bodemprofielen Geul en Maas (vervolg)

Labcode	Locatie	Diepte	Afstand	Hoogte tov wateroppervlakt	Mn mg/kg	Na mg/kg	Ni mg/kg	P mg/kg	Pb mg/kg	Sc mg/kg	Sr mg/kg	Ti mg/kg	V mg/kg	Y mg/kg	Zn mg/kg	Zr mg/kg	
	Geul																
	Zwevende stof Geul																
2007425009	Su 1				2094	3528	203	3670	1188	12	96	4341	100	29	6544	144	
2007425010	Su 2				2220	3224	119	3027	922	12	94	4102	103	29	5745	133	
2007425011	Su 3				1170	4604	77	3433	422	10	101	4290	90	24	2528	160	
2007425013	Su 5				1101	5421	48	2039	243	10	108	4487	88	25	1613	181	
	Bodem Geul																
2007425028	Str 1				815	962	41	739	501	6	40	1695	66	13	3094	64	
2007425029	Str 2				538	856	18	616	181	3	34	1031	26	10	824	49	
2007425030	Str 3				409	3995	24	1154	265	6	72	3522	49	20	1718	212	
	Bodem profielen Geul																
2007425017	Geul 1.1	10cm	0.5m	0.5m	699	2248	39	610	1188	6	45	2749	42	19	5022	161	
2007425018	Geul 1.2	35cm	0.5m	0.5m	1851	3292	80	1151	2774	9	64	3671	67	29	10500	203	
2007425019	Geul 1.3	70cm	0.5m	0.5m	462	2847	61	877	4340	8	59	3411	62	23	9594	190	
2007425020	Geul 1.2.1	5cm	3m	2m	761	2722	40	1003	1256	7	54	3160	52	21	4497	166	
2007425021	Geul 1.2.2	30cm	3m	2m	781	2850	58	1052	3227	9	61	3574	74	26	6467	172	
2007425022	Geul 2.1.1	5cm	2m	0.5m	507	3215	21	669	345	5	54	3047	38	19	1742	208	
2007425023	Geul 2.1.2	40cm	2m	0.5m	484	3512	21	729	310	5	61	3005	41	19	1559	197	
2007425024	Geul 2.1.3	90cm	2m	0.5m	520	3705	25	659	617	6	65	3317	45	21	2098	221	
2007425025	Geul 2.2.1	30cm	5m	2m	499	3850	28	700	563	6	74	3418	47	21	2052	222	
	Geul 5																
2007425026	Geul 5.1.1	5cm	0.5m	0.5m	311	3434	13	554	131	5	80	3363	33	23	669	296	
	Maas																
	Zwevende stof Maas																
2007425012	Su 4				2832	3231	154	4213	203	12	146	3906	98	27	1323	133	
2007425014	Su 6				1974	3260	193	3509	345	15	129	4261	121	30	1841	135	
2007425015	Su 7				2860	3427	187	3474	314	14	127	3855	114	28	1613	121	
2007425016	Su 8				2679	3431	163	3555	247	13	127	3983	111	28	1655	130	
	Bodem Maas																
2007425031	Str 6 (slip in buitenbocht)	50cm	1m		903	4932	38	1396	212	8	105	3825	65	24	1037	188	
2007425032	Str 7 (bodemsediment rechts)	50cm	3m		494	1402	27	1220	70	5	101	1655	41	13	425	59	
2007425033	Str 8 (waterbodan links)	50cm	1m		88	769	13	242	54	3	22	525	8	6	84	29	
	Bodem profielen Maas																
2007425027	Maas 6 oeverklei	5cm	2m	0.5m	1320	5109	67	1015	586	16	97	5504	118	36	2072	191	
2007425034	Maas 8 1.1	10cm	4m	1m	822	2996	38	1472	276	8	87	2941	66	20	1063	141	
2007425035	Maas 8 1.2	65cm	4m	1m	1311	3836	50	1252	521	11	95	3556	94	24	1786	157	
2007425036	Maas 8 1.3	110cm	4m	1m	947	4590	34	455	159	9	71	4190	70	24	384	200	

Tabel B4 Korrelgrootte analyses van zwevend stof en bodemsedimenten in Geul en Maas en bodemprofielen Geul en Maas

Locatie	Diepte	Afstand	Hoogte tov wateroppervlakt	< 63		d (0-1)		d (0-5)		d (0-9)		f(0.9)/d(0.1)Residual W		0.01-0.10		0.20-0.50		0.50-1.0		1.0-2.0		2.0-4.0		
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Zwevende stof Geul																								
Su 1				87.98	2.25	10.11	15.89	72.97	7.07	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 2				85.57	2.40	9.72	15.21	84.93	6.34	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 3				94.40	2.51	10.14	14.21	49.07	5.66	1.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 5				96.15	2.17	10.60	15.75	46.94	7.24	1.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bodem Geul																								
Str 1				5.84	136.25	360.67	413.45	869.84	3.03	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Str 2				6.24	120.24	323.90	365.54	730.95	3.04	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Str 3				65.01	5.15	41.82	54.87	174.80	10.85	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bodem profielen Geul																								
Geul 1.1	10cm	0.5m	0.5m	34.64	9.09	111.77	152.56	329.14	16.79	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 1.1.2	35cm	0.5m	0.5m	65.11	3.90	38.16	52.85	247.05	13.55	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 1.1.3	70cm	0.5m	0.5m	60.70	4.78	42.01	61.28	260.94	12.83	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 1.2.1	5cm	3m	2m	47.32	5.15	70.27	105.74	369.43	20.52	0.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 1.2.2	30cm	3m	2m	57.95	3.86	44.01	70.10	552.16	18.14	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 2.1.1	5cm	2m	0.5m	46.96	7.35	70.45	106.46	315.96	14.49	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 2.1.2	40cm	2m	0.5m	49.95	7.46	63.12	97.26	307.04	13.04	1.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 2.1.3	80cm	2m	0.5m	56.98	5.91	51.16	69.60	267.48	11.78	0.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 2.2.1	30cm	5m	2m	58.73	5.81	49.00	66.51	283.59	11.27	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 5																								
Geul 5.1.1	5cm	0.5m	0.5m	40.60	13.42	81.52	110.37	267.60	8.22	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maas																								
Zwevende stof Maas																								
Su 4				99.71	2.15	6.85	8.76	28.46	4.07	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 5				91.02	2.42	7.19	8.99	55.28	3.72	1.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 7				98.08	2.18	7.53	9.95	31.63	4.57	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 6				95.28	1.97	7.09	9.50	39.03	4.82	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bodem Maas																								
Str 6 (ulp in buitenbocht)	50cm	1m	0.5m	68.82	4.09	35.96	47.21	344.80	11.55	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Str 7 (bodem sediment rechts)	50cm	3m	1m	6.28	102.99	215.01	241.03	378.26	2.34	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Str 8 (waterbodem links)	50cm	1m	0.5m	0.00	299.36	573.04	653.22	1017.46	2.18	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bodem profielen Maas																								
Maas 6 oeverkwal	5cm	2m	0.5m	98.41	2.08	9.05	11.74	31.07	5.66	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maas 8 1.1	10cm	4m	1m	45.09	4.20	81.33	122.20	443.93	29.07	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maas 8 1.2	65cm	4m	1m	74.71	3.06	23.46	35.81	147.93	11.71	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maas 8 1.3	110cm	4m	1m	75.34	3.65	20.20	30.61	161.55	8.38	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel B4 Korrelgrootte analyses van zwevende stof en bodemsedimenten in Geul en Maas en bodem profielen
Geul en Maas (vervolg)

Locatie	Diepte	Afstand	Hoogte tov wateroppervlakt	4.0-8.0		8.0-16.0		16-25		25-35		35-50		50-63		63-75		75-88		88-105		105-125		125-150		150-177		177-210									
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%						
Zwevende stof Geul																																					
Su 1				20.44	16.02	8.79	7.17	7.68	4.20	2.36	1.83	1.90	1.50	0.95	0.45	0.45																					
Su 2				22.22	16.50	6.98	5.42	7.50	4.69	2.12	2.14	1.75	1.29	0.89	1.04																						
Su 3				22.88	21.25	10.38	8.17	8.58	4.00	1.64	0.96	0.94	0.66	0.27	0.06	0.21																					
Su 5				20.69	17.79	11.34	9.74	10.13	4.52	1.78	0.90	0.70	0.38	0.09	0.00	0.00																					
Bodem Geul																																					
Sr 1				0.86	1.00	0.77	0.73	1.00	0.75	0.61	0.63	0.88	1.21	2.02	2.99	4.81																					
Sr 2				0.78	0.93	0.78	0.86	1.31	1.01	0.83	0.85	1.08	1.34	2.17	3.41	5.88																					
Sr 3				7.89	11.65	8.64	8.35	12.26	8.49	5.78	4.79	4.73	3.84	3.25	2.83	3.14																					
Bodem profielen Geul																																					
Geul 1.1	10cm	0.5m	0.5m	4.36	5.07	3.69	4.25	7.04	5.51	4.33	4.18	5.00	5.28	5.99	6.15	7.10																					
Geul 1.1.2	35cm	0.5m	0.5m	9.75	11.77	7.82	7.96	10.72	6.82	4.36	3.48	3.43	2.84	2.54	2.41	2.97																					
Geul 1.1.3	70cm	0.5m	0.5m	8.53	12.37	8.90	7.37	9.16	6.08	4.17	3.62	3.87	3.43	3.18	2.96	3.56																					
Geul 1.2.1	5cm	3m	2m	6.92	7.09	5.23	5.79	8.54	5.98	4.25	3.85	4.40	4.36	4.50	4.27	4.69																					
Geul 1.2.2	30cm	3m	2m	9.53	11.15	7.33	6.56	8.01	5.02	3.26	2.67	2.73	2.36	2.24	2.19	2.69																					
Geul 2.1.1	5cm	2m	0.5m	5.32	7.38	5.81	6.47	9.73	6.76	4.67	3.97	4.10	3.63	3.68	4.00	5.32																					
Geul 2.1.2	40cm	2m	0.5m	5.37	8.38	6.88	7.15	10.15	6.68	4.38	3.57	3.64	3.28	3.47	3.92	5.23																					
Geul 2.1.3	80cm	2m	0.5m	6.59	9.17	7.14	7.90	11.62	7.78	5.12	4.10	3.98	3.31	3.16	3.25	4.13																					
Geul 2.2.1	30cm	5m	2m	6.61	9.75	7.71	8.01	11.71	8.01	5.41	4.41	4.27	3.40	2.94	2.72	3.21																					
Geul 5																																					
Geul 5.1.1	5cm	0.5m	0.5m	2.96	3.54	3.71	5.84	11.19	8.81	6.45	5.58	5.81	5.30	5.45	5.59	6.61																					
Maas																																					
Zwevende stof Maas																																					
Su 4				26.91	20.89	10.00	5.90	4.41	1.96	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																						
Su 6				30.64	21.86	6.32	3.07	2.85	1.93	0.84	0.55	1.05	1.54	1.58	0.93	0.51																					
Su 7				25.86	21.41	11.35	6.52	4.42	2.03	0.71	0.27	0.34	0.37	0.21	0.01	0.00																					
Su 8				25.02	19.02	9.05	5.90	4.69	2.17	0.96	0.63	0.73	0.57	0.28	0.09	0.18																					
Bodem Maas																																					
Sr 6 (slip in buitenbocht)	50cm	1m		9.22	11.65	8.91	9.52	13.06	7.68	4.33	3.00	2.53	1.59	0.86	1.26																						
Sr 7 (bodemsediment rechts)	50cm	3m		1.04	1.11	0.81	0.72	0.92	0.77	0.77	1.08	2.19	4.21	8.01	11.07	14.32																					
Sr 8 (waterbodem links)	50cm	1m		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84																					
Bodem profielen Maas																																					
Maas 6 oeverklei	5cm	2m	0.5m	22.41	26.92	13.15	6.70	4.61	1.73	0.49	0.21	0.35	0.35	0.19	0.01	0.00																					
Maas 8.1.1	10cm	4m	1m	6.90	6.95	5.05	5.10	6.95	4.58	3.30	3.29	4.26	4.68	5.04	4.56	4.58																					
Maas 8.1.2	65cm	4m	1m	12.72	15.72	9.50	8.03	9.59	5.72	3.64	3.08	3.34	2.92	2.47	1.99	2.15																					
Maas 8.1.3	110cm	4m	1m	13.52	19.01	11.44	7.94	8.12	4.07	2.10	1.77	2.48	3.06	3.69	3.50	3.36																					

**Tabel B4 Korrelgrootte analyses van zwevende stof en bodemsedimenten in Geul en Maas en bodem profielen
Geul en Maas (vervolg)**

Locatie	Diepte	Afstand	Hoogte tov wateroppervlakt	210-250	250-300	300-354	354-420	420-500	500-500	600-707	707-850	850-1000	1000-1190	1190-1410	1410-1680	1680-2000
				%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Zwevende stof Geul																
Su 1				0.43	0.54	0.61	0.51	0.34	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 2				0.96	0.71	0.43	0.31	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 3				0.26	0.23	0.23	0.12	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 5				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bodem Geul																
Sr 1				7.24	10.56	11.81	12.49	10.46	7.40	4.92	5.41	4.80	3.72	2.02	0.17	0.00
Sr 2				9.09	12.91	13.56	13.18	9.79	5.74	3.29	3.87	3.63	2.36	0.75	0.04	0.00
Sr 3				2.71	1.95	1.23	0.70	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bodem profielen Geul																
Geul 1.1	10cm	0.5m	0.5m	7.22	6.93	5.48	4.20	2.21	0.54	0.21	0.37	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 1.1.2	35cm	0.5m	0.5m	3.07	3.07	2.73	2.34	1.35	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 1.1.3	70cm	0.5m	0.5m	3.67	3.51	2.84	2.17	1.12	0.27	0.17	0.31	0.35	0.11	0.00	0.00	0.00
Geul 1.2.1	5cm	3m	2m	4.43	4.00	3.20	2.52	1.43	0.69	0.84	1.38	1.30	0.87	0.45	0.59	0.84
Geul 1.2.2	30cm	3m	2m	2.84	2.96	2.76	2.63	2.11	1.67	1.64	2.39	2.44	2.15	0.31	0.00	0.00
Geul 2.1.1	5cm	2m	0.5m	6.00	6.06	4.84	3.68	1.93	0.50	0.17	0.32	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 2.1.2	40cm	2m	0.5m	5.83	6.00	5.03	3.86	1.81	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 2.1.3	80cm	2m	0.5m	4.36	4.29	3.51	2.63	1.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Geul 2.2.1	30cm	5m	2m	3.03	2.85	2.13	1.71	1.04	0.64	0.84	1.21	1.07	0.50	0.06	0.00	0.00
Geul 5																
Geul 5.1.1	5cm	0.5m	0.5m	6.42	5.45	3.72	2.32	0.69	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maas																
Zwevende stof Maas																
Su 4				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 6				0.29	0.50	0.56	0.42	0.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 7				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Su 8				0.21	0.32	0.39	0.33	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bodem Maas																
Sr 6 (ulp in buitenbocht)	50cm	1m		1.68	2.17	2.49	2.70	2.39	1.84	1.17	0.82	0.51	0.14	0.00	0.00	0.00
Sr 7 (bodemsediment rechts)	50cm	3m		15.17	13.98	9.86	6.73	3.03	0.41	0.30	1.15	1.20	0.25	0.00	0.00	0.00
Sr 8 (waterbodem links)	50cm	1m		2.62	4.56	6.71	9.99	12.67	14.12	12.29	12.95	10.23	8.10	2.81	0.06	0.00
Bodem profielen Maas																
Maas 6 oeverkwal	5cm	2m	0.5m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maas 8 1.1	10cm	4m	1m	4.04	3.69	3.32	3.22	2.67	2.10	1.75	1.83	1.47	0.99	0.10	0.00	0.00
Maas 8 1.2	65cm	4m	1m	1.87	1.47	1.11	0.83	0.40	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maas 8 1.3	110cm	4m	1m	2.32	1.28	0.68	0.40	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00