



Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA

vestiging dordrecht/afdeling WST

van leeuwenhoekweg 20

3316 av dordrecht

tel. (078) 6322500, fax (078) 6315003

doorkiesnummer (078) 6322614 (M.v.Wijngaarden)

MONITORING NEVENGEULEN

**Morfologische en chemi-
sche monitoring geulen
Gamerensche Waard**

datarapportage 1998/1999

WERKDOCUMENT 2000.006X

projectnummer: 6000.16.02

auteur(s): M. Schropp, M. van Wijngaarden, A. v.d. Scheer en L.M. v.d. Heijdt

datum: januari 2000

Inhoudsopgave	blz
Figuren	4
Tabellen	4
Samenvatting	5
1. Inleiding	7
1.1 Kader	7
1.2 Doel	7
1.3 Leeswijzer	7
2. Basisinformatie	9
2.1 De afvoer tijdens de meetperiode	9
3. Veldbezoeken	13
3.1 Overzicht foto's en dia's	13
3.2 Waarnemingen	14
4. Metingen en monsternamen: werkwijze	17
4.1 Morfologie	17
4.2 Geulafvoeren	19
4.3 Bodemmonsters	20
4.3.1 Oostgeul en Westgeul	20
4.3.2 Grote geul	21
4.4 Chemische analyses bodemmonsters	21
5. Resultaten morfologie en bodemmonsters	23
5.1 Oostgeul	23
5.2 Westgeul	24
5.3 Grote geul	25
5.4 Zomerbed	26
5.5 Afvoeren	27
5.6 Stroomsnelheden	28
6. Resultaten bodemchemische analyses	29
6.1 Oostgeul	29
6.2 Westgeul	29
6.3 Grote geul G365	29
6.3.1 Resultaten september 1998 (vastlegging T ₀ -situatie)	29
6.3.2 Resultaten mei 1999	30
7. Discussie	33
7.1 Algemeen beeld ontwikkeling periodieke geulen	33
7.2 Methode	33
7.2.1 Hoogtemetingen	33
7.2.2 Bodembemonstering	33
7.2.3 Peilingen zomerbed	34
7.2.4 Afvoermetingen	34
Literatuur	35

Bijlagen

Figuren

Figuur 2.1	Afvoer bij Lobith.	9
Figuur 2.2	Waterstanden bij kmr 937.	9
Figuur 2.3	Cumulatieve frequentieverdeling van de afvoer bij Lobith over de periode juli 1998-juni 1999 ten opzichte van de lange termijn 1970-1995.	10
Figuur 2.4	Hoogwater Oostgeul; november 1998.	10
Figuur 2.5	Lage afvoer Oostgeul; augustus 1999.	10
Figuur 3.1	27 augustus 1998; Westgeul.	14
Figuur 3.2	24 september 1998 Oostgeul, invloed scheepvaart.	14
Figuur 3.3	11 juni 1999; Oostgeul.	15
Figuur 3.4	6 augustus 1999; Oostgeul, westzijde abrupte overgang van het afgezette zand.	15
Figuur 3.5	6 augustus 1999; Oostgeul, verdieping nabij instroom.	16
Figuur 4.1	Ligging van de raaien en monsterpunten oostelijke uiterwaard.	18
Figuur 4.2	Ligging van de raaien en monsterpunten westelijke uiterwaard.	19
Figuur 5.1	Erosie oevers noordzijde Oostgeul.	23
Figuur 5.2	Morfologische eenheden (Oostgeul).	24
Figuur 5.3	Morfologische eenheden (Westgeul).	25
Figuur 5.4	Verschillen in gemiddelde bodemligging zomerbed ten opzichte van september 1996.	26
Figuur 5.5	Berekende en gemeten nevengeulafvoeren.	27
Figuur 5.6	Getij-invloed op waterstand en geulafvoeren bij Gameren.	28
Figuur 5.7	Tijdreeks stroomsnelheid Westgeul, 29 september 1999.	28
Figuur 6.1	Chemie en textuur van de monsters in de Oost- en Westgeul (periode mei/augustus 1999).	31
Figuur 6.2	Chemie en textuur van de monsters in de grote geul; oostelijke uiterwaard (periode september 1998).	31
Figuur 6.3	Chemie en textuur van de monsters in de grote geul; westelijke uiterwaard (periode september 1998).	32

Tabellen

Tabel 2.1	Aantal dagen watervoerend.	11
Tabel 3.1	Overzicht genomen foto's en dia's.	13
Tabel 4.1	Singlebeam meetraaien zomerbed ter hoogte van Gameren.	17
Tabel 4.2	Beschikbare peilingen bodemligging zomerbed ter hoogte van Gameren.	17
Tabel 4.3	Afvoermetingen nevengeulen Gameren.	20

Samenvatting

In dit werkdocument zijn de resultaten van de morfologische en bodemchemische monitoring van een drietal nevengeulen in de Gamerensche Waard beschreven. Deze monitoring vormt onderdeel van een integraal monitoringsprogramma dat door Rijkswaterstaat directie Oost-Nederland en het RIZA wordt uitgevoerd. In deze rapportage wordt een overzicht gegeven van de in 1998 en 1999 verkregen data voor de Oost- en de Westgeul in de Gamerensche Waard. Daarnaast wordt ook een beeld geschetst van de T_0 -situatie voor de grote geul, welke in oktober 1999 geopend is.

De beschouwde periode juli 1998 t/m september 1999 kan als relatief nat beschouwd worden. De gehele periode werd gekenmerkt door een opeenvolging van relatief hoge afvoeren met daarin twee hoge afvoerpieken. Een en ander heeft consequenties gehad voor de watervoerendheid van de geulen: de Oostgeul heeft gedurende 70% van de tijd meegestroomt en de Westgeul nagenoeg de gehele periode. Hierbij is geconstateerd dat de drempelhoogte van beide geulen onveranderd is gebleven ten opzichte van het voorgaande jaar.

De ligging van het zomerbed is middels peilingen en multibeammetingen 3 maandelijks vastgelegd. De hoogteligging van de Oost- en Westgeul is middels waterpassingen in augustus 1999 in kaart gebracht. Voor zowel de waterpassingen als de bodemmonsters in de Oost- en Westgeul is hetzelfde raaien- en monsterpuntenpatroon aangehouden als in de voorgaande jaren; voor de grote geul zijn nieuwe locaties gekozen. Op een zestal dagen is er een meting uitgevoerd voor de bepaling van de afvoer in zowel de grote geul als in de Westgeul. De bodemsamenstelling van de T_0 -situatie in de grote geul is vastgelegd in september 1998, waarbij enkele aanvullende monsters genomen zijn in mei 1999. De bodem in Oost- en Westgeul is bemonsterd in augustus 1999. Een deel van de bodemmonsters is geanalyseerd conform de methode van voorgaande jaren: een beperkt pakket voor de bodemchemische interpretatie (korrelgrootte, metalen, PAK's) en een uitgebreid pakket voor ecotoxicologische doeleinden.

Evenals in voorgaande jaren is er geen effect waarneembaar van de aanwezigheid van de beide geulen op de ligging van het zomerbed. In de geulen zelf is des te meer veranderd als een direct gevolg van de hoge waterstanden. Zo is er flink wat zand afgezet zowel in de Oost- als de Westgeul. In de Oostgeul is de in voorgaande jaren gevormde zandtong een stuk verder de geul ingeschoven en is er aan het begin weer enige erosie waarneembaar. De dikte van het afgezette zandpakket is lokaal nog enkele m's, waarbij het uiterste gedeelte 50 cm dik is. De erosie nabij de instroom van de rechteroever van de Oostgeul gaat met een vergelijkbare snelheid aan voorgaande jaren (10 m/jaar) voort. Ook de erosie aan de linkeroever gaat door. Hierbij komt vnl. kleiig materiaal in het water en in de geul terecht. Ook voor de Westgeul zet de morfologische ontwikkeling door: er ontstaat een geulen-platen patroon. In de eroderende buitenbocht wordt de onderliggende oude kleibodem weer zichtbaar, terwijl de binnenbocht verder aanzandt. Aan de linkeroever nabij de uitstroom ontstaat zelfs een zandplaat over bijna de gehele breedte van de geul. Sedimentatie van slib blijft beperkt tot enkele mm's tijdens lage afvoeren in de diepere delen van de geul.

De afvoeren door zowel de periodieke Westgeul als door de grote geul was, tijdens de uitgevoerde metingen, steeds onder de ontwerpafvoer. Door het gering aantal datapunten, allen in het lage afvoerbereik, is het nog te vroeg om hierover definitieve conclusies te trekken. Wel is gebleken dat de invloed van het getij meegenomen moet worden in een dergelijke analyse.

De kwaliteit van de bodem in de Oost- en de Westgeul laat wederom een sterk variërend beeld zien. Daarbij lijkt, evenals in de voorgaande jaren, de rechteroever van beide geulen sterker verontreinigd dan de linkeroever. Interne herverdeling van verontreinigd materiaal lijkt voor de kwaliteitsontwikkeling van de geulen een belangrijk proces te zijn: erosie vindt plaats aan de oevers en dit materiaal sedimenteert elders in de geul. De kwaliteit van de toplaag wordt berekend als 3 tot 4, waarbij voor klasse 4-zink de klasse-bepalende parameter is en bij klasse 3 PAK's.

De grote geul kent een sterke variatie in diepte en breedte met als meest opvallend element de diepe (> 15 m) zandwinput aan het benedenstroomse eind van de geul. De diepere delen van de geul kennen veelal een slibbige toplaag op een kleiige ondergrond. De ondiepe zones zijn veel zandiger. De kwaliteit van het sediment in deze geul is overwegend klasse 2 tot 3. Het oostelijke deel van de uiterwaard is relatief "schoner" met overwegend klasse 2-sedimenten, dit is waarschijnlijk slib dat tijdens hoogwaters is afgezet. De zandwinput kent eveneens een sediment klasse 2 dat richting het westelijk deel overgaat in een klasse 3 (PAK's) tot 4 (zink)-traject. Waarschijnlijk is daar door vergraven weer de oude, sinds het einde van de 19^e eeuw gevormde, kleibodem aan de oppervlakte gekomen.

1. Inleiding

1.1 Kader

Door Rijkswaterstaat, directie Oost-Nederland is aan het RIZA opdracht verleend om in een drietal uiterwaarden langs de Waal enkele nevengeulen integraal te monitoren. Daartoe is een monitoringsplan opgesteld, dat als doel heeft te voorzien in informatiebehoefte voor:

1. Evalueren van ongewenste neven-effecten (risico's).
2. Evalueren van gewenste effecten.
3. Vergroten van proceskennis omtrent de thema's
 - ecologisch herstel,
 - hydro-morfologische ontwikkeling,
 - beheer.

Er zijn vier inhoudelijke disciplines onderscheiden, te weten: morfologie en hydraulica, ecologie, bodemchemie en ecotoxicologie. De uitvoering van dit programma is in 1997 gestart, waarbij in een doorlooptijd van 5 jaar is voorzien. Voor een gedetailleerde beschrijving van de doelstelling en uitvoering van dit monitoringsprogramma wordt verwezen naar Jans *et al.* (1998).

Het monitoringsplan omslaat in totaal vijf geulen, waarvan er tussen november 1996 en oktober 1997 slechts twee kleinere periodiek stromende geulen in de Gamerense Waard volledig aangelegd waren. De resultaten van de fysisch/chemische monitoring in deze geulen in de Gamerensche Waard voor de jaren 1997 en 1998 zijn gerapporteerd in Sorber *et al.* (1999); de integrale rapportage van deze periode is terug te vinden onder Jans *et al.* (1999). Onderhavige datarapportage richt zich wederom op de doorgaande monitoring van de twee periodiek stromende geulen te Gameren ("Oostgeul" en "Westgeul") in de periode juli 1998-september 1999. Tevens is een permanent stromende geul, verder te noemen "grote geul", in de loop van 1999 gerealiseerd en in oktober 1999 geopend. Voorafgaand daaraan is de nulsituatie van de fysisch-chemische bodemsamenstelling van deze geul in beeld gebracht; deze wordt eveneens in deze rapportage beschreven. De overige twee geplande geulen die in het monitoringsplan genoemd zijn, zullen alle permanent stromend zijn en zullen zich bevinden in de Afferdensche en Deestsche Waarden en in de Stiftse Waard.

Bij de monitoring zijn meerdere RIZA (hoofd)afdelingen betrokken: IHO (projectleiding, ecologische en bodemkundige aspecten), WSR (zandtransport en hydraulica), WST (transport van slib en verontreinigingen) en WSE (ecotoxicologie en macrofauna).

1.2 Doel

Het doel van deze rapportage is een overzicht te geven van de in 1998 en 1999 verkregen data voor de Oost- en de Westgeul in de Gamerensche Waard, zoals vastgelegd in het monitoringsplan. Daarnaast wordt ook een beeld geschetst van de uitgangssituatie voor de grote geul te Gameren. Evenals in het voorgaande jaar zijn de morfologische en de bodemchemische resultaten integraal in deze rapportage opgenomen.

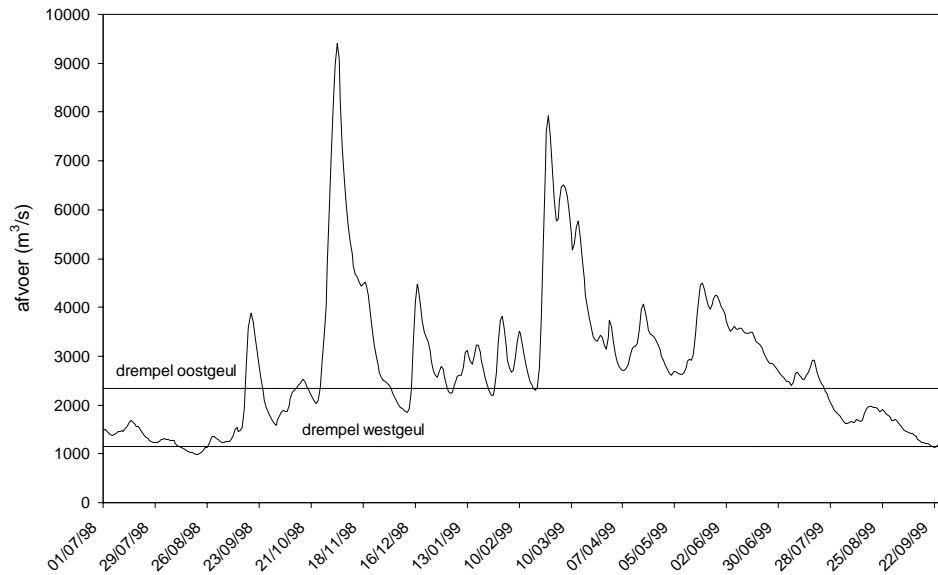
1.3 Leeswijzer

Allereerst wordt in hoofdstuk 2 een korte analyse gegeven van de hydrologische meetperiode. In hoofdstuk 3 wordt verslag gedaan van de veldbezoeken. En in hoofdstuk 4 wordt de methodiek van de uitgevoerde metingen uiteengezet, waarna in hoofdstuk 5 de resultaten voor de morfologie en in hoofdstuk 6 die voor de bodemchemie gepresenteerd worden. In hoofdstuk 7 worden de methodes en resultaten bediscussieerd.

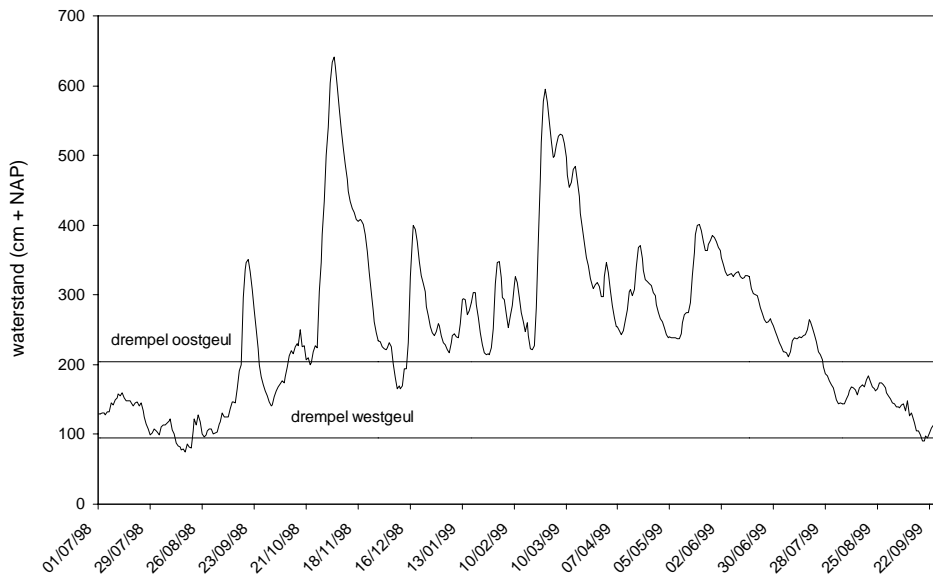
2. Basisinformatie

2.1 De afvoer tijdens de meetperiode

Figuur 2.1 geeft de afvoer bij Lobith weer; de bijbehorende waterstanden ter hoogte van Gameren (kvr 937) zijn in figuur 2.2 opgenomen.

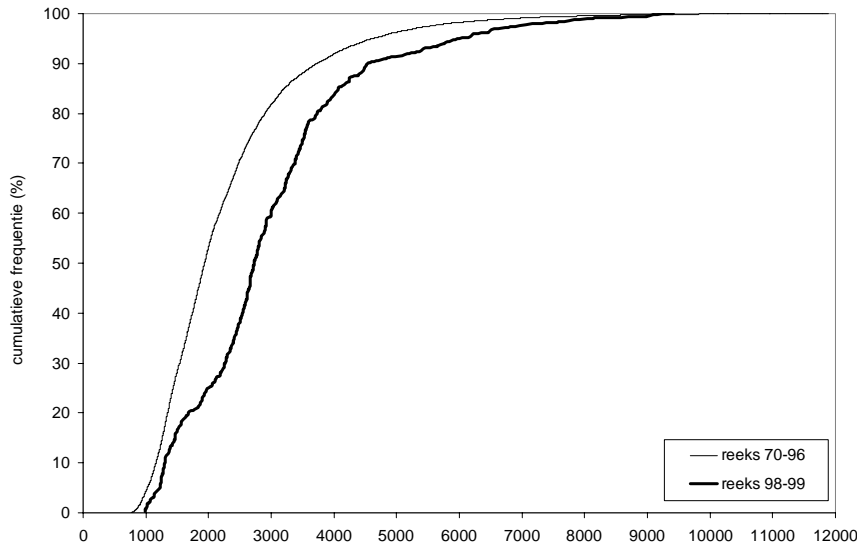


Figuur 2.1 Afvoer bij Lobith.



Figuur 2.2 Waterstanden bij kmr 937.

De beschouwde periode juli 1998 t/m september 1999 kan als relatief nat beschouwd worden gezien ten opzichte van het langjarig gemiddelde (1970-1996): zie figuur 2.3. De gehele periode tussen oktober 1998 en juli 1999 werd gekenmerkt door een opeenvolging van relatief hoge afvoeren. Zoals figuur 2.1 aangeeft is de afvoer bijna deze gehele periode boven het jaargemiddelde van 2.300 m³/s geweest. Daarnaast is er zelfs tweemaal sprake geweest van hoogwater.



Figuur 2.3 Cumulatieve frequentieverdeling van de afvoer bij Lobith over de periode juli 1998-juni 1999 ten opzichte van de lange termijn 1970-1995.

Er was zelfs een hoogwater "ongebruikelijk" vroeg in november 1998. Deze situatie is weergegeven in figuur 2.4 t.o.v. een lage afvoersituatie in augustus 1999 (figuur 2.5). In november 1998 was de piekafvoer ruim 9.400 m³/s gevolgd door een piek in maart 1999 van bijna 8.000 m³/s. Eén en ander heeft directe gevolgen gehad voor de watervoerendheid van de geulen: de Oostgeul is 70% van het jaar watervoerend geweest en de Westgeul zelfs bijna de gehele periode. In tabel 2.1 staat het aantal dagen per jaar per dat elke geul water heeft gevoerd gepresenteerd. In deze analyse is ervan uitgegaan dat de drempel van de geulen onveranderd van hoogte zijn gebleven ten opzichte van het voorgaande jaar. In hoofdstuk 5 zal dit nader onderbouwd worden.



Figuur 2.4 Hoogwater Oostgeul; november 1998.



Figuur 2.5 Lage afvoer Oostgeul; augustus 1999.

Tabel 2.1 Aantal dagen watervoerend.

	afvoerdrempel (Lobith, m ³ /s)	aantal dagen stroomvoerend in periode juli 1998-juni 1999		
		juli 1998- december 1998	januari 1999- september 1999	juli 1998- juni 1999
G100 (Oostgeul)	2.340	80	207	261
G265 (Westgeul)	1.150	175	244	356

3. Veldbezoeken

3.1 Overzicht foto's en dia's

In het onderstaande overzicht is aangegeven wanneer welke personen in het veld zijn geweest en ze er foto's of dia's hebben genomen. Ook is de waterstand op de datum van bezoek in Zaltbommel aangegeven en van welke geul(en) er opnamen zijn gemaakt.

In de volgende paragraaf worden de waarnemingen beschreven. Zowel de waarnemingen als de foto's en de dia's kunnen bij de interpretatie van de meetgegevens van belang zijn.

Tabel 3.1 Overzicht genomen foto's en dia's.

datum	water-stand*	personen	foto/dia	bijzonderheden
16-06-1998	168	Jans	dia	Oostgeul, Westgeul, steilranden
19-06-1998	191	van der Scheer	foto	Oostgeul, Westgeul, ISAC
22-07-1998	158	Jans	dia	instroom Oostgeul, Westgeul, toekomstige grote geul
04-08-1998	119	Jans	dia	onderdelen Westgeul en grote geul
14-08-1998	089	Buijse	dia	Oostgeul, Westgeul en grote geul o.a. west. Eilandjes
14-08-1998	089	Jans	dia	vissterfte Oostgeul, drooggevallen bodem grote geul
27-08-1998	099	Sorber	dia	diversen Oostgeul en Westgeul
27-08-1998	099	Van der Scheer	foto	overzichten Oostgeul en Westgeul, droge deel grote geul
10-09-1998	141	Sorber	dia	Oostgeul overgang zand/slib, poelen
20-09-1998	379	Jans	dia	diversen van de drie geulen
24-09-1998	269	Van der Scheer	foto	Oostgeul stroomsnelheid, invloed scheepvaart
25-09-1998	240	Buijse	dia	Oostgeul overzicht, steilrand
08-11-1998	566	Van Wijngaarden	foto	Oostgeul overzicht, grote geul
26-11-1998	303	Jans	dia	diversen Oostgeul en Westgeul
26-11-1998	303	Buijse	dia	aanleg fundering brug over grote geul
22-12-1998	353	Jans	dia	diversen van de drie geulen
17-05-1999	353	Jans	dia	diversen Westgeul en grote geul, bemonst. meetdienst
11-06-1999	361	Van der Scheer	foto	Oostgeul en Westgeul, o.a. afkalving Oostgeul
01-07-1999	266	Jans	dia	diversen van de drie geulen, bemonst. Klink en OVB
06-08-1999	157	Van der Scheer	foto	drooggelegen Oostgeul, Westgeul diversen
11-08-1999	178	Jans	dia	diversen van de drie geulen
23-08-1999	181	Jans	dia	Westgeul, hoogtemetingen door Meetk. Dienst
23-08-1999	181	Sorber	foto	diversen Oostgeul en Westgeul
24-08-1999	162	Van Wijngaarden	foto	Oostgeul en Westgeul overzicht, afkalving oevers oost
31-08-1998	156	Schropp	foto	Oostgeul en Westgeul overzicht
13-10-1999	189	Jans	dia	grote geul, officiële opening

* waterstand in Zaltbommel in cm +NAP.

3.2 Waarnemingen

19 juni 1998

De Oostgeul stroomt niet mee en staat droog met uitzondering van de lage delen. De Westgeul stroomt een beetje mee. De ISAC wordt in het lage deel van de Oostgeul uitgeprobeerd. Daar is een dun laagje slib aanwezig. Ook worden in de Westgeul vanuit een bootje verschillende testen verricht.

27 augustus 1998



Figuur 3.1 27 augustus 1998; Westgeul.

De waterstand is gedurende een langere periode laag en de gevolgen daarvan zijn duidelijk zichtbaar.

In de Oostgeul is er nu op veel plaatsen begroeiing aanwezig, vooral in het deel waar geen zand is afgezet. Ook in het deel waar zand is afgezet komen er nu al kleine plantjes voor. Ter hoogte van de bomen staat nog een klein beetje water op het maaiveld en een diepe gat ten noordoosten van de bomen bevat nog veel water.

De Westgeul stroomt niet meer mee en van de zandafzettingen ligt een groot deel droog (zie figuur 3.1). De drempel van de Westgeul ligt geheel droog en het lagere deel ten oosten van de drempel stroomt alleen vol water door scheepvaartbewegingen. Het ondiepe deel van de toekomstige grote geul ten oosten van de dam is nu ook geheel droog. Op het hogere ondiepe deel komt reeds begroeiing voor.

24 september 1998

Behoorlijk hoge waterstand voor de tijd van het jaar. Niet alleen de westelijke geul, maar ook de oostelijke geul stroomt mee. Het hoogste punt van de waterstand is enige dagen geleden bereikt, wat duidelijk te zien is. De begroeiing steekt op de hogere delen van de Oostgeul weer boven water uit. Door de Meetdienst DON werd geprobeerd om stroomsnelheidsmetingen in de Oostgeul te verrichten. Bleek niet een succes, o.a. omdat de stroming in de Oostgeul wordt beïnvloed door de scheepvaartbewegingen (zie figuur 3.2).



Figuur 3.2 24 september 1998 Oostgeul, invloed scheepvaart.

1 oktober 1998

De Oostgeul is weer bijna even droog als voor het recente hoge water. Er is wat zand bijgekomen en ook een laagje slib in de lage rustige delen. Westgeul stroomt nog juist iets mee, maar de invloed van de scheepvaart is bepalend voor de mate van stroming. Er is veel zand bijgekomen. Vanwege mistige weer geen foto's genomen.

Herfst 1998/winter 1999/voorjaar 1999

Vanwege de hogere waterstand, die optrad vanaf eind oktober 1998, is de bouw van de brug over de grote geul stilgelegd. Gedurende de hogere waterstanden geen waarnemingen gedaan.



Figuur 3.3 11 juni 1999; Oostgeul.

12 mei 1999

De waterstand is zakkende, maar nog vrij hoog. De Oostgeul is juist met een waadpak doorwaadbaar, maar door de sterke stroming is het verrichten van waarnemingen niet uitvoerbaar. Daarna stijgt het water opnieuw (figuur 3.3) en blijft het hoog tot aan de tweede helft van juli.



Figuur 3.4 6 augustus 1999; Oostgeul, westzijde abrupte overgang van het afgezette zand.

6 augustus 1999

Waterstand is recentelijk flink gedaald en de Oostgeul is onlangs drooggevallen. Er is veel zand bijgekomen, tot aan het diepere deel ten oosten van de bomen toe. Het diepe gat aan de noordzijde iets ten oosten van de bomen is voor een groot deel opgevuld met het aangevoerde zand. Tot zover is het zand afgezet. Er is een scherpe scheiding en een hoogteverschil van ongeveer 40 cm (zie figuur 3.4). Het is ook duidelijk dat van het eerder afgezette zand nu een deel is verplaatst. Bij de ingang van de geul is een verdieping van de geul te zien (zie figuur 3.5). Thans steken er paaltjes boven het maaiveld uit. Dit was tot nu toe niet het geval.



In de Westgeul is eenzelfde proces van afzetting van zand waar te nemen. Eveneens zijn er verplaatsingen van eerder aangevoerd zand. In tegenstelling tot vorig jaar kan met een bootje niet tot aan de uitgang van de Westgeul worden gevaren. Sommige zandplaten liggen boven water. Er wordt niet gewerkt aan de voltooiing van de brug over de grote geul.

Figuur 3.5 6 augustus 1999; Oostgeul, verdieping nabij instroom.

25 augustus 1999

Bij de waarnemingen in de Westgeul blijkt dat er tijdens de hoge waterstanden achter de ingang van de geul een gat is ontstaan met een diepte tot ongeveer 3,0 m -NAP Dit is een gevolg van de waterbewegingen juist achter de verstevigde ingang.

9 september 1999

De brug over de grote geul is klaar. Er zijn volop graafwerkzaamheden om de aantakking van de grote geul te kunnen realiseren. Ook vinden er egalisatiewerkzaamheden plaats in het gebied ten noordoosten van de brug. De oever wordt daar onder een meer geleidelijke helling geplaatst.

13 oktober 1999

Officiële opening van de grote geul.

4. Metingen en monsternamen: werkwijze

4.1 Morfologie

De hoogteligging van het zomerbed kan veranderen als gevolg van de aantakking van nevengeulen. In verband hiermee wordt sinds september 1995 het zomerbed bij Gameren periodiek gepeild. Daarbij wordt onderscheid gemaakt in drie deeltrajecten, te weten (1) bovenstrooms van, (2) ter hoogte van, en (3) benedenstrooms van de Gamerensche Waard, zie tabel 4.1. Naast dwarsraaien worden nog vijf langsvaaien gevaren, en wel op de rivieras en op 25 en 50 m uit de beide normaallijnen.

Tabel 4.1 Singlebeam meetraaien zomerbed ter hoogte van Gameren.

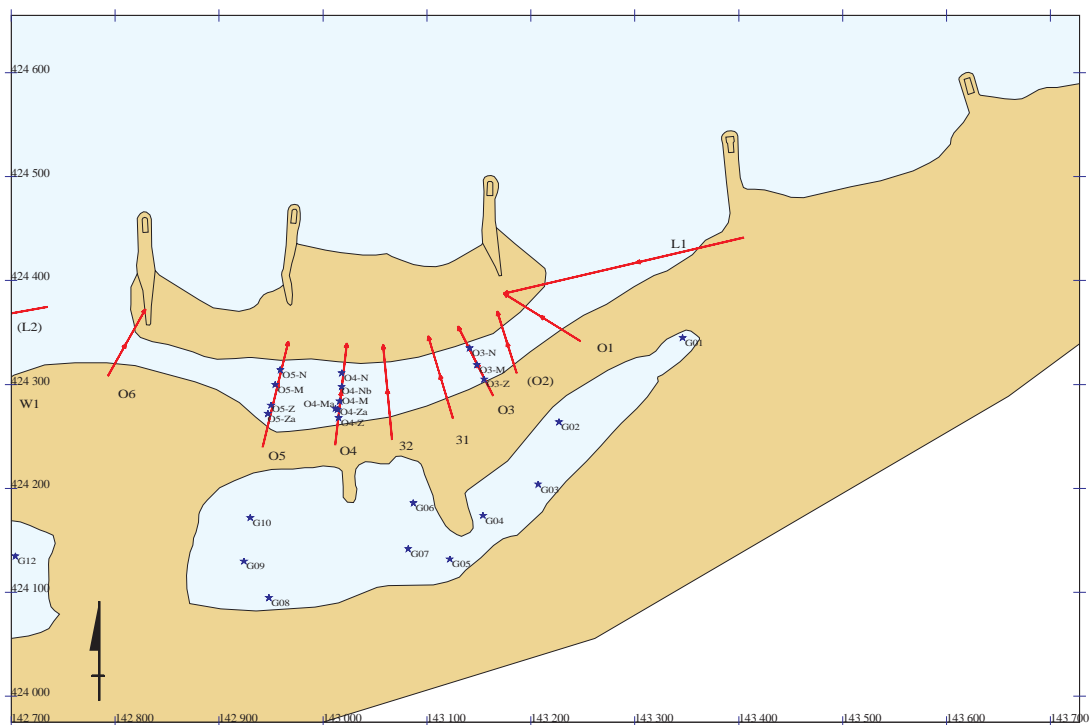
deeltraject	van (kmr)	tot (kmr)	aantal raaien	omschrijving
1	935.500	936.250	7	raaiafstand 125 m (JDP)
2	936.375	938.875	61	raaiafstand cyclisch 50 - 25 - 50 m
3	939.000	940.875	16	raaiafstand 125 m (JDP)

In (Sorber *et al.*, 1999) is gerapporteerd over de zomerbedpeilingen t/m februari 1998. Na deze datum zijn in 1998 nog drie peilingen uitgevoerd op de tot dan toe gebruikelijke methode, d.w.z. singlebeam in dwarsraaien op onderlinge afstanden van 25 tot 125 m, en vijf langsvaaien. Met ingang van 1999 zijn de peilingen uitgevoerd met een multibeam peilsysteem, d.w.z. gebiedsdekkend met een hoge resolutie. In tabel 4.2 is samengevat welke peilingen van het zomerbed bij Gameren tot eind 1999 zijn uitgevoerd en verwerkt in ArcInfo. De beschikbare peilingen sinds het vorige datarapport (9805 t/m 9909) zijn opgenomen in bijlage A, met uitzondering van peiling 9903. De meetgegevens van deze peiling zijn helaas verloren gegaan.

Tabel 4.2 Beschikbare peilingen bodemligging zomerbed ter hoogte van Gameren.

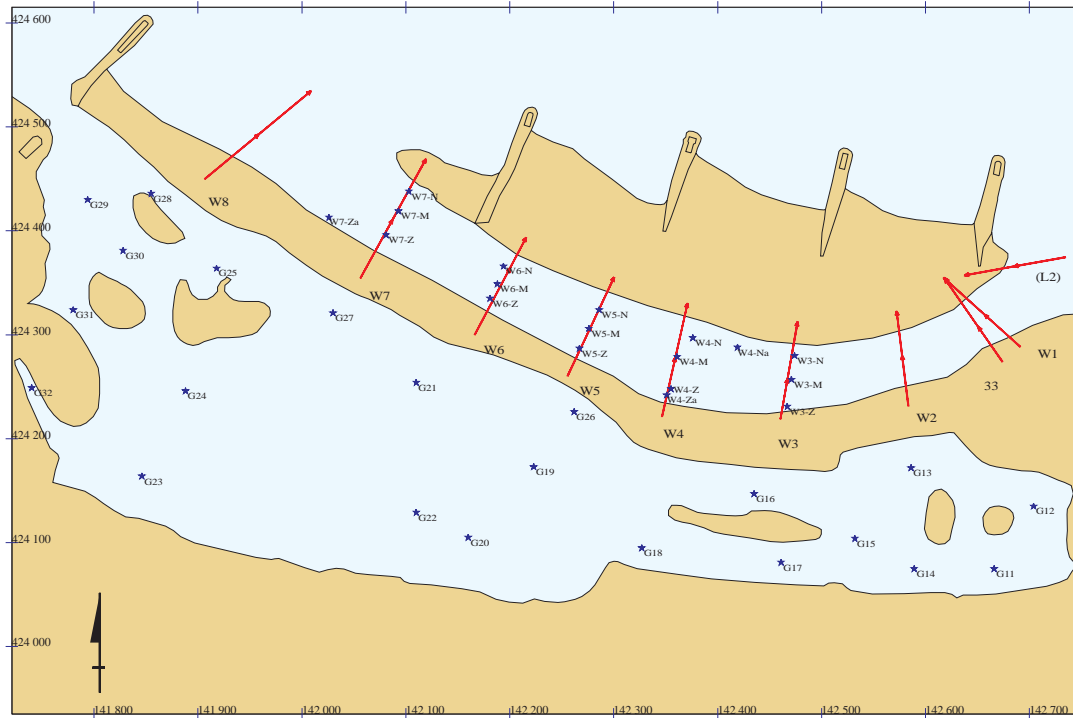
nr	datum	opmerkingen
1	95-09	
2	96-03	
3	96-05	figuur hoogteligging opgenomen in datarapport 97/98.
4	96-09	
5	96-11	
6	97-01	eerste peiling na aantakking beide periodieke geulen.
7	97-02	
8	97-03	
9	97-04	
10	97-05	
11	97-08	vanaf deze datum frequentie verlaagd tot 1 peiling per kwartaal.
12	97-11	
13	98-02	figuur hoogteligging opgenomen in datarapport 97/98.
14	98-05	
15	98-08	
16	98-12	
17	99-03	eerste peiling met multibeam i.p.v. singlebeam; data verloren gegaan.
18	99-06	
19	99-09	

De hoogteligging van de periodieke geulen wordt gemeten in dwarsraaien: 9 raaien in de Oostgeul en 10 raaien in de Westgeul, zie figuren 4.1 en 4.2. Niet van alle raaien zijn voor alle opnames gegevens beschikbaar: een aantal raaien is later toegevoegd (31, 32, 33), en voor een aantal raaien (O2, L2) zijn de metingen gestaakt. Beide geulen zijn in augustus 1999 door de Meetkundige Dienst bemeten, en de resultaten van deze meting zijn opgenomen in bijlage B, waarin tevens de gecorrigeerde metingen van juli 1998 voor de raaien 31 en 32 gegeven zijn. De metingen van deze raaien zijn dus voor dat tijdstip onjuist weergegeven in Sorber *et al.* (1999). Raai 31 had in zijn geheel 1 m hoger moeten liggen, en ook de rechterhelft van raai 32 lag 1 m te laag. Deze correcties zijn overigens niet van invloed op de in het vorige datarapport getrokken conclusies aangaande de morfologische ontwikkeling van de Oostgeul. Naast de profielmetingen is in de periode oktober-december 1999 een DTM-opname van de bodem van beide geulen uitgevoerd. Bij deze methode wordt niet in dwarsraaien gemeten, maar worden bodemsprongen in het terrein in kaart gebracht. Deze methode is voor de relatief hoogdynamische geulbodem beter geschikt dan metingen volgens dwarsraaien. Voor de oevers wordt uitsluitend volgens dwarsraaien gemeten. De DTM-opname is nog niet verwerkt, en zal in een volgend datarapport worden opgenomen.



Figuur 4.1 Ligging van de raaien en monsterpunten oostelijke uiterwaard.

De grote nevengeul is in 1999 verder uitgegraven en aangetakt aan de hoofdgeul. De hoogteligging van deze geul is door de Grontmij, die de werken uitvoert, bij de oplevering eind 1999 opgemeten. De resultaten komen ter beschikking van het RIZA, en zullen in een volgend datarapport worden opgenomen.



Figuur 4.2 Ligging van de raaien en monsterpunten westelijke uiterwaard.

4.2 Geulafvoeren

In de twee periodieke geulen zouden in principe maandelijks stroomsnelheids- en afvoermetingen uitgevoerd moeten worden. Bij hogere waterstanden bleek dit echter moeilijk uitvoerbaar, en ook de stroomsnelheidsfluctuaties als gevolg van passerende scheepvaart leverden problemen op. In 1999 zijn in de periodieke geulen daarom slechts vier afvoermetingen verricht. De meetmethode bestaat uit het meten van de stroomsnelheid met een EMS (elektromagnetische stroomsnelheidsmeter). Deze is bevestigd aan een staaf die door een waarnemer in de bodem wordt gestoken. Al naar gelang de waterdiepte wordt gemeten op één of meer verticalen in een raai, en op één of meer punten per verticaal. Om fluctuaties uit te kunnen middelen wordt per meetpunt gedurende 40 minuten gemeten. De gemiddelde snelheid wordt met het oppervlakte van het dwarsprofiel vermenigvuldigd tot een totaalafvoer. De EMS is zo ingesteld dat 1x per seconde de stroomsnelheid wordt gemeten, hetgeen betekent dat fluctuaties in de stroomsnelheid als gevolg van scheepsinvloeden nauwkeurig gemeten worden. Deze informatie kan van belang zijn bij de ecologische interpretatie van de stroomsnelheden.

De grote geul is in oktober 1999 geopend, en in december 1999 zijn de eerste afvoermetingen uitgevoerd. De metingen worden uitgevoerd vanaf de brug halverwege de grote geul, zodat de metingen minder gehinderd worden door hoge waterstanden. Dankzij de relatief hoge afvoer door de grote geul spelen ook stroomsnelheidsfluctuaties als gevolg van scheepvaart een minder grote rol. In de grote geul wordt in 17 verticalen op een onderlinge afstand van 0,50 m de snelheid gemeten, op diepteintervallen van 0,20 m in de verticaal. Per meetpunt wordt het specifieke debiet berekend, en over het profiel gesommeerd tot een totaaldebiet. De resultaten van de afvoermetingen zijn weergegeven in tabel 4.3.

Tabel 4.3 Afvoermetingen nevengeulen Gameren.

datum	afvoer Lobith (m ³ /s)	afvoer Tiel (m ³ /s)	waterstand kmr 937 (cm +NAP)	bemeten geul	instrument	geulafvoer (m ³ /s)
30 aug. 1999	1.716	1.271	160	Westgeul	EMS	0,730
8 sep. 1999	1.438	1.146	144	Westgeul	EMS	0,075
29 sep. 1999	1.432	1.088	140	Westgeul	EMS	0,070
22 okt. 1999	1.412	1.131	123	Westgeul	EMS	0,038
1 dec. 1999	1.561	1.232	168	grote geul	Ottmolen	9,4
1 dec. 1999	1.561	1.232	168	grote geul	Ottmolen	9,8

De afvoer wordt beperkt door een drempel aan de bovenstroomse zijde van beide geulen. Omdat deze drempels lager zijn aangelegd dan in het ontwerp was voorzien, zal ook de afvoer door de geulen groter zijn dan volgens het ontwerp is toegestaan, zie (Sieben, 1998). Anderzijds zal door aanzanding van de geulen (zie hoofdstuk 5) het debiet weer afnemen.

4.3 Bodemmonsters

4.3.1 Oostgeul en Westgeul

De geplande bemonstering in het voorjaar van 1999 was moeilijk uit te voeren vanwege de hoge waterstanden. Weliswaar kunnen de waarnemingen ook onder die omstandigheden vanaf een boot worden verricht, maar in de praktijk is het bij een sterke stroming moeilijk om dit vanuit een kleine boot uit te voeren. Ook is het niet eenvoudig om bij een hoge waterstand de juiste omvang van de opgetreden veranderingen in bodemhoogte te bepalen. Gezien deze situatie werd besloten om de bemonstering niet in het voorjaar uit te voeren maar op een moment dat de waterstand was gedaald naar de "normale" waarden voor de zomerperiode. Dit vond voor de vakantie niet meer plaats. Na de vakantieperiode was de waterstand zo sterk gedaald dat de Oostgeul inmiddels droog stond en de Westgeul nog nauwelijks watervoerend was (zie ook figuren in hoofdstuk 3). In overleg en in samenwerking met de meetdienst DON vond de bemonstering plaats op 23 t/m 25 augustus 1999.

De plaatsen van de bemonsterde plekken werden gebaseerd op de eerder bepaalde raaien en locaties zoals weergegeven in figuren 4.1 en 4.2. Bij de bemonstering werd rekening gehouden met de aard en de dikte van de bodemlagen. Op deze wijze werd niet steeds een monster genomen van een laag, bijvoorbeeld zand, waarvan verwacht mocht worden dat ze van gelijke samenstelling zou zijn als andere monsters. Zodoende werd het aantal monsters enigszins beperkt. Vanwege behoefte aan aanvullende informatie over het bodemmateriaal dat zich aan de randen van de raaien bevond, werd op een viertal plekken in de Westgeul nu een monster genomen van de klei aan de rand van de geul. Het betrof de oorspronkelijke bodemlagen op een diepte van ongeveer 1,70m +NAP. Recentelijk vond er van deze kleilagen afslag plaats. De monsters zijn genomen aan de noordzijde en zuidzijde van de raaien W7 en W6.

De bemonstering werd in het droge gedeelte uitgevoerd met een gutsboor. In het natte gedeelte van de Westgeul werden de monsters genomen met een Van Veen happer vanuit een bootje. In totaal zijn 20 monsters genomen. Een uitgebreide beschrijving van de bemonstering van de Oostgeul en de Westgeul is gegeven in bijlage D1. Aan deze reeks van monsters zijn ook de monsters (5) toegevoegd die in het kader van de bemonstering ten behoeve van de macrofauna zijn genomen. Het betreft de bodemmonsters die door Luc Jans zijn genomen op 1 juli 1999. De aard van de monsters en de beschrijving van de plaats, inclusief de coördinaten, zijn eveneens in bijlage D1 vermeld.

4.3.2 Grote geul

Het was gewenst om de uitgangstoestand van de bodem van de Grote geul voor de aantakking, de zogenaamde T0 situatie, vast te leggen. Echter een vraag die daarbij een belangrijke rol speelde was: op welk moment is de daadwerkelijke uitgangssituatie voor het moment van meestromen bereikt? Dit speelde te meer daar het verwachte moment van aantakken stelselmatig opschoof in de tijd en het onduidelijk was of er nog veel grondverzet viel te verwachten. Als moment van aantakking werd de herfst van 1998 verwacht.

In de loop van zomer van 1998 werd daarom, na overleg met de direct betrokkenen, besloten dat de toestand als uitgangssituatie mocht worden aangemerkt. Er zou in de toekomst weliswaar nog enig grondverzet in de omgeving van de te bouwen brug plaatsvinden, maar dit werd niet van grote invloed geacht op de uiteindelijke uitgangssituatie.

In overleg met de Meetdienst van DON werd vervolgens het tijdstip van de bemonstering bepaald. De uitvoering door medewerkers van de meetdienst DON en RIZA IH werd gerealiseerd tussen 21 en 24 september 1998. Vanuit een bootje vonden de werkzaamheden plaats. Daarbij werd de exacte positie van de plekken bepaald en werd de waterdiepte opgenomen. Omdat de grote geul in het gedeelte van de voormalige zandwinput behoorlijk diep is, 10 à 15 m, gaf dit bij de bemonstering enige praktische problemen.

De bodemmonsters werden genomen met een Van Veen happer (met uitzondering van de plekken G6 en G7 waar een gutsboor werd gebruikt). Op deze wijze kon de toplaag van de waterbodembodem goed worden opgenomen. De daadwerkelijke bemonstering werd afgestemd op de aangetroffen bodemlagen. Veelal werd de laag 0-5 cm bemonsterd, maar in enkele situaties werd daarvan afgeweken. In bijlage D2 is de plek van de locaties van september 1998 aangegeven, de NAP-hoogte van de bodem, een beschrijving van de aard en dikte van de waargenomen bodemlagen en van de genomen bodemmonsters. In totaal werden op 32 plekken waarnemingen verricht. Het aantal monsters bedraagt in totaal eveneens 32.

Door verschillende oorzaken vond de aantakking niet in 1998 plaats. Vooral de hoge waterstanden in de herfst van 1998 en aansluitend in de winter en het voorjaar van 1999 waren hieraan debet. Het gevolg was dat in mei 1999 de situatie van de grote geul nog niet was veranderd ten opzichte van september 1998. Bij de bemonstering ten behoeve van macrofauna en ecotoxicologie wordt ook het sediment bemonsterd en uitgebreid geanalyseerd. In de grote geul werden voor deze parameters ten behoeve van de uitgangssituatie monsters genomen op 17 mei 1999. In bijlage D 3 zijn de gegevens vermeld van de 4 genomen bodemmonsters. Het betreft monsters die genomen zijn op locaties die ook in september 1998 werden bemonsterd.

4.4 Chemische analyses bodemmonsters

De bodemmonsters zijn evenals in de voorgaande periode geanalyseerd volgens een van de navolgende sets van parameters.

Beperkte set: droge stofpercentage
korrelgrootteverdeling 2, 16 en 63 µm, inclusief CaCO₃
organische stof
metalen
PAK's

Uitgebreide set: beperkte set, aangevuld met:
korrelgrootteverdeling 210 en 500 µm
stikstof en fosfor
OCB's
PCB's
bestrijdingsmiddelen
minerale olie

Bij de keuze van de analyse set werd het doel van de bemonstering nadrukkelijk betrokken. Monsters genomen ten behoeve van de morfologie zijn geanalyseerd volgens de beperkte set. Daarbij werd in sommige zandige monsters de analyse van de metalen en de PAK's achterwege gelaten. Op deze wijze werd het aantal analyses enigszins beperkt.

Wanneer ook op dezelfde locatie monsters in verband met het ecotoxicologisch onderzoek werden genomen, werd de uitgebreide set gehanteerd. Aan deze set is vanwege dit onderzoek in de loop van de tijd op verzoek de parameter fosfor toegevoegd.

Bijlage E geeft een overzicht van de uitgevoerde analyses van de monsters die op de verschillende tijdstippen en locaties zijn genomen. Ook is in bijlage E, voor zover van toepassing, de uitgevoerde toetsing volgens de Evaluatie Nota Water gegeven; de zogenaamde Lawabotoets. In E1 zijn de resultaten van de bemonstering van de Oost- en Westgeul in augustus 1999 opgenomen, in E3 de resultaten van de bemonstering van de grote geul in september 1998 en in E4 de resultaten van de bemonstering van de grote geul ten behoeve van ecotoxicologie in mei 1998.

5. Resultaten morfologie en bodemmonsters

Op grond van de in het vorige hoofdstuk beschreven metingen, wordt in dit hoofdstuk de morfologische ontwikkelingen in beide periodieke geulen en het zomerbed beschreven.

5.1 Oostgeul

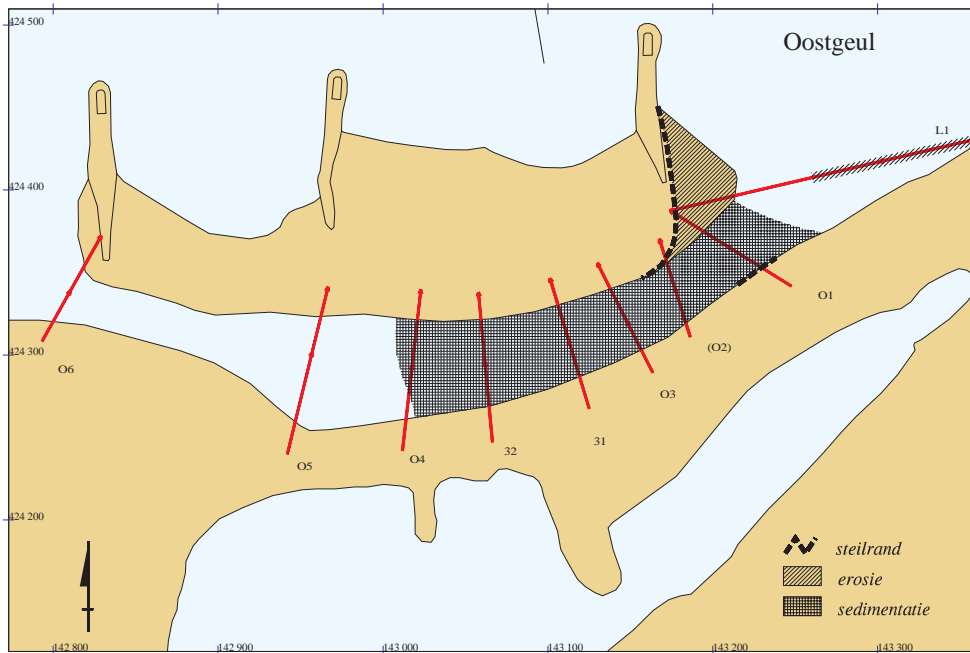
In de Oostgeul heeft de in het vorige datarapport beschreven morfologische ontwikkeling zich voortgezet. Op grond van de profielen in bijlage B zijn in figuur 5.2 de morfologische veranderingen in de Oostgeul geschetst ten opzichte van de uitgangssituatie in 1996. De zandtong op de bodem van de geul is vanaf de instroomopening gevorderd tot halverwege de geul. Het sedimentatiefront is scherp begrensd en heeft een hoogte van circa 0,50 m. Direct achter deze zandtong is evenals in voorgaande jaren, rond raai O5, nog een slibrijk, lager gelegen gebied aanwezig (zie figuur 3.5). Halverwege de zandtong, midden op raai O3, is sprake van enige erosie ten opzichte van 1998. Op die locatie is er ook zo'n 10 cm slib op het nog onderliggende zand afgezet (zie figuur 3.4). De overige monsterlocaties op de raaien O3 en O4 laten enkel een zandige bodem zien, waarbij aan de zuidoever in de diepere lagen (> 25 cm diepte) wel weer de oude kleibodem zichtbaar is: het zand is daarop afgezet. Benedenstreams van het sedimentatiefront zijn geen veranderingen in de bodemligging geconstateerd. Ten opzichte van vorig jaar is de hoogte van de zandtong iets afgenomen.



Figuur 5.1 Erosie oevers noordzijde Oostgeul.

Nabij de instroomopening ligt het aanzandingsniveau nu op gelijke hoogte met de kruin van de drempel, waardoor deze zijn functie als regelwerk voor de afvoer heeft verloren. Van de gemeten profielen heeft raai O4 met 2,10 m +NAP de hoogste ligging van de thalweg. De inlaatdrempel ligt op 2,04 m +NAP, dus de aanzanding van de Oostgeul leidt nauwelijks tot een verlaagde frequentie van meestromen.

De erosie van de steilrand heeft zich voortgezet. Het tempo, circa 10 m in het afgelopen jaar, ligt ondanks de hoogwaters van november 1998 en maart 1999 in dezelfde orde van grootte als het jaar ervoor. Sinds de oplevering is de steilrand circa 40 m achteruitgegaan, zie raai L1. Bij een hoogte van circa 3 m en een breedte van (gemiddeld) 50 m, betekent dit dat in totaal circa 6.000 m³ materiaal van de oostpunt van het eilandje is verdwenen. Schattenderwijs bestaat dit voor 2/3 uit zand en 1/3 uit klei. Het steilrandje aan de linker-oever bij de instroomopening is niet van ligging veranderd. Dat deze oevers onderhevig zijn aan erosie ten gevolge van scheeps- en windgolven was in het veld duidelijk waarneembaar. Oevermateriaal blijkt niet alleen in brokken geërodeerd te worden, maar komt ook deels in suspensie. De aanwezigheid van deze suspensie als troebel water direct langs de oever is duidelijk zichtbaar in figuur 5.1.



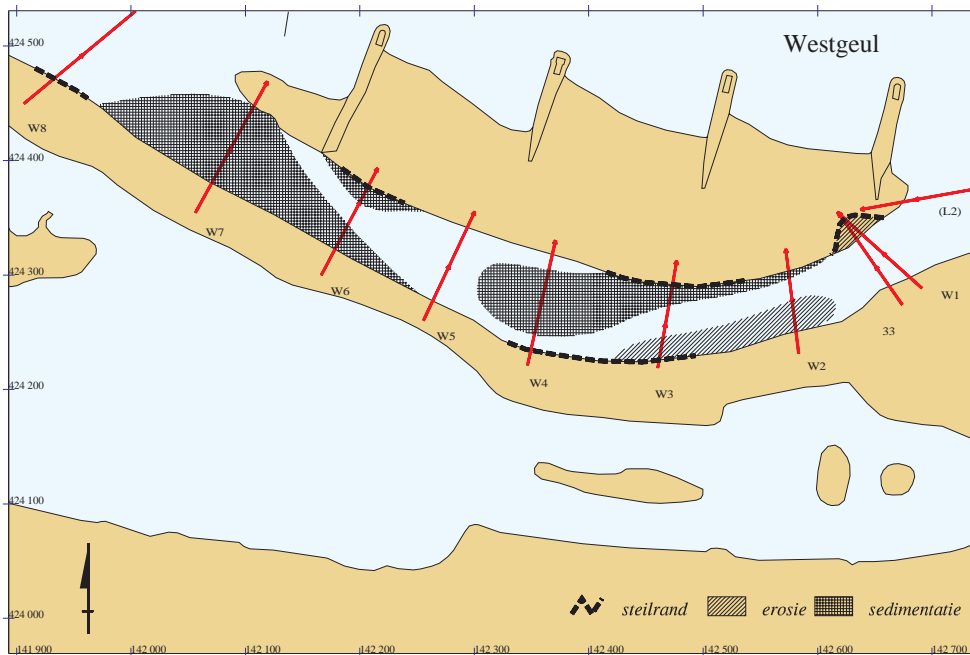
Figuur 5.2 Morfologische eenheden (Oostgeul).

5.2 Westgeul

In de Westgeul is het morfologische beeld iets gevarieerder dan in de Oostgeul. In figuur 5.2 zijn op grond van de profielen van bijlage B de morfologische ontwikkelingen ten opzichte van de uitgangssituatie geschetst. De steilrand nabij de instroomopening is niet van ligging veranderd, de drempel die als regelwerk voor de afvoer fungeert, is nog steeds achterloops.

De zandbank die zich ter hoogte van de raaien W2 en W3 aan de rechteroever had gevormd is smaller geworden, en de geul heeft zich aan de linkeroever ten opzichte van vorig jaar verdiept. In deze geul wordt in het midden van raai W3 een beperkte sedimentatie van slib (enkele mm) op het onderliggende zand waargenomen, terwijl aan de zuidoever het onderliggende kleipakket zichtbaar wordt door de doorgaande erosie. Ter hoogte van raai W4 is ten opzichte van vorig jaar in het midden van de geul een zandplaat ontstaan van ruim 1 m dikte. De stroming concentreert zich in geultjes rechts en vooral links van de plaat. In de geul aan de linkerkant heeft de uitschuring reeds plaats gevonden tot op het onderliggende (oude) kleipakket. Het zand waaruit de plaat bestaat is mogelijk afkomstig uit de erosiegebieden bij de raaien W2 en W3. Bij de raaien W6 en W7 is de zandbank aan de linkeroever sinds vorig jaar breder geworden, en raakt bij W7 zelfs aan de rechteroever. Het midden van de geul is hierbij, evenals in de rest van de geul, overwegend zandig, terwijl aan de beide oevers de (oude) kleibodem nog steeds aan de oppervlakte ligt.

Van de gemeten profielen heeft raai 33 de hoogste thalwegligging. Dit is het profiel over de inlaatdrempel, en daarmee blijft de drempel maatgevend voor het wel of niet meestromen van de Westgeul.



Figuur 5.3 Morfologische eenheden (Westgeul).

5.3 Grote geul

De bathymetrie (dieptekaart) van deze geul wordt in een volgende rapportage gepresenteerd en uitgebreid beschreven. Wel kan nu al gesteld worden dat de geul een behoorlijke variatie aan diepte kent. Het meest oostelijk gelegen deel is 2 tot 3 m diep, terwijl de zone rondom de brug duidelijk ondieper en recentelijk vergraven is. De zandwinput is zeer diep (> 15 m) terwijl de uitstroom weer ondieper is. De breedte varieert ook sterk: de zandwinput is relatief breed (300 m), terwijl de geul ook secties kent van maar enkel tientallen m's breedte.

De monsterlocaties in de grote geul (zie zowel figuur 4.1 als 4.2) laten een overwegend slibbig c.q. kleiig beeld zien. Het laat zich aanzien dat ook deze geul niet is uitgegraven tot op het onderliggende zand, maar dat het daarbovenop liggende kleipakket de "nieuwe" geulbodem is geworden. Belangrijk gegeven is dat de delen oostelijk en westelijk van de brug altijd water hebben bevat. Het oostelijk deel kreeg dit water normaliter aangevoerd tijdens hoge afvoeren terwijl het westelijk deel al jaren in open verbinding met de Waal stond. Echter, sinds september 1998 is dit oostelijke deel aangetakt aan het westelijk deel van de geul. De monsters in het oostelijke deel (G1 t/m G8) liggen in een deel van een oude strang. De bodem laat daar een beeld zien van sedimentatie van slib op het onderliggende kleipakket. Dit slib is het zwevend sediment dat uit het water in deze "plas" is uitgezakt. De laagjes slib zijn slechts enkele mm dik, maar consolidatie kan hier het beeld verstoren: door conolidatie wordt slib immers klei. Wat overblijft als "slib" is het heel recent afgezette, nog niet geconsolideerde, materiaal. Omdat consolidatie van dunne lagen zich relatief snel voltrekt, zal de sliblaag veelal relatief dun zijn.

Verderop in de geul, rondom de brug, is de bodem, en dan met name de oeverzone, lokaal iets zandiger (G10, 11 en 13). Tevens wordt daar ook in de toplaag weer iets slib bijgemengd aangetroffen. Even verder stroomafwaarts van de brug ligt een kleine zandplaat midden in de geul, waardoor daar de (kleiige) ondergrond duidelijk zandiger is. Ook vind daar weer sedimentatie van slib plaats en wel met een iets hogere snelheid: er worden lokaal enkele cm's aangetroffen (G14, 15 en 16).

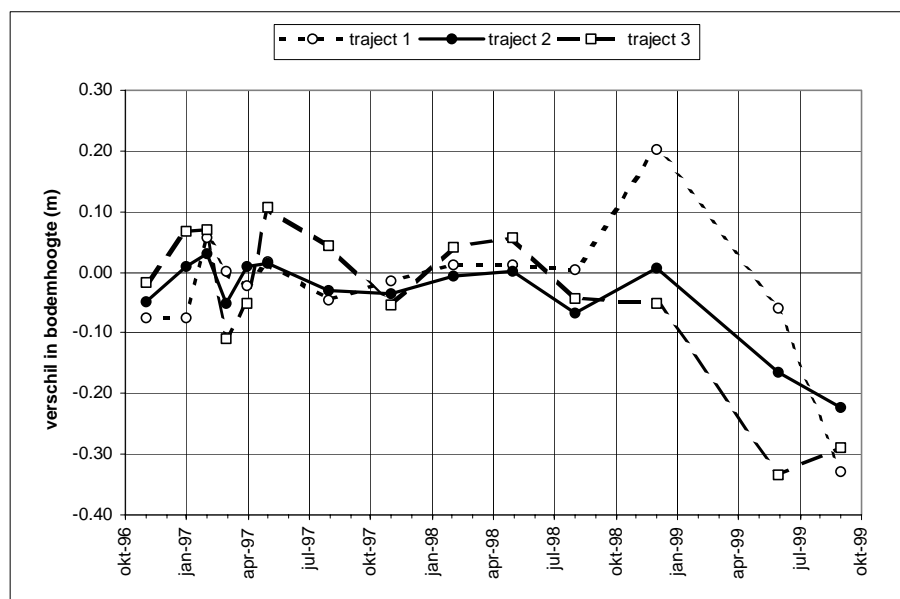
In de diepere delen van de zandput (G19 t/m 24) is de toplaag van de bodem slibrijk. Het slib lijkt een zeer recente afzetting te zijn, wat verklaard kan worden doordat deze zandvang in open verbinding met de Waal staat waardoor er, min of meer continu, sedimentatie plaats vindt. De dikte van deze sliblaag is voorsnog onbekend is, omdat enkel de toplaag bemonsterd is. De ondiepe delen van de noordoever van de put zijn overwegend zandig (G26 en 27). Bij het aan het einde van de geul gelegen groepje ondiepe zandplaten is de bodem zandiger, terwijl ook hier de toplaag slibbig van samenstelling is. De aangetroffen slibdiktes zijn hier weer in de orde van enkele mm's.

In het algemeen lijkt de bodemsamenstelling van deze geul gekarakteriseerd te worden door zandige ondiepe delen en slibbige diepe delen.

5.4 Zomerbed

De constatering uit het vorige datarapport, dat alle bodemliggingskaarten van het zomerbed ongeveer hetzelfde patroon laten zien, is ook van toepassing op de in dit rapport opgenomen peilingen (bijlage A). Dit is kwantitatief uitgewerkt in figuur 5.4, waar voor elk van de drie deeltrajecten uit tabel 4.1 per peiling de verschillen in gemiddelde bodemligging ten opzichte van de peiling van september 1996 zijn uitgezet, zie ook (Sorber, 1999). Tot augustus 1998 is er nauwelijks enige variatie in bodemligging, en de trend van traject 2 wijkt niet significant af van de trend in de trajecten 1 of 3. Tussen augustus en december 1998 neemt de bodemhoogte iets toe, hetgeen te toe te schrijven is aan het hoogwater van november 1998. De toename zit echter vooral op deeltraject 1 (bovenstrooms van Gameren), en kan dus niet veroorzaakt worden door de nevengeulen. Een schijnbare afname van de bodemhoogte is te zien tussen december 1998 en juni 1999, maar dit is te wijten aan de overstap van het singlebeam naar het multibeam peilsysteem. Het verschil tussen de peilingen van juni en september 1999, allebei uitgevoerd met multibeam, is weer nagenoeg nul.

Naar verwachting zal na aantakking van de grote geul wel een effect op de bodemligging van de het zomerbed te zien zijn, omdat deze geul permanent stroomt, en omdat de afvoer door de permanent stromende geul groter is dan die door de periodieke geulen.



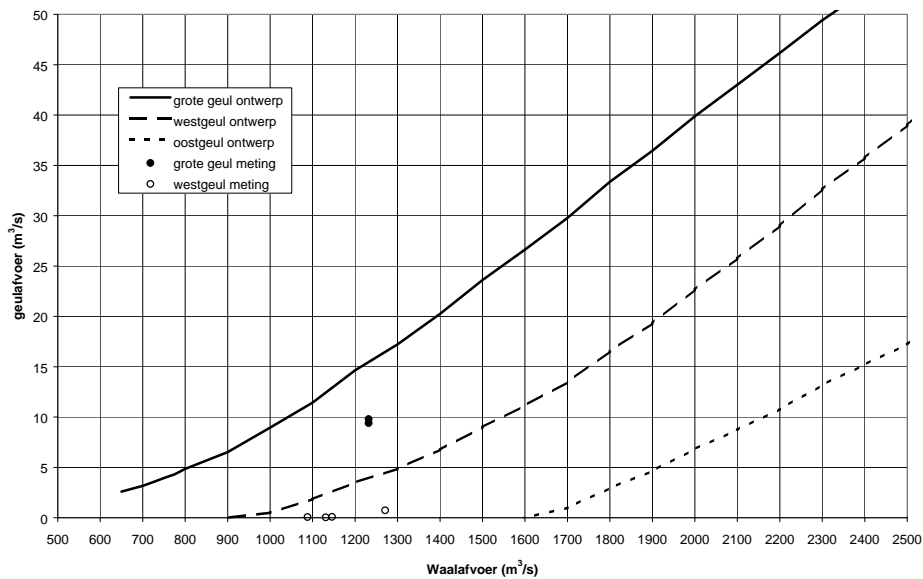
Figuur 5.4 Verschillen in gemiddelde bodemligging zomerbed ten opzichte van september 1996.

5.5 Afvoeren

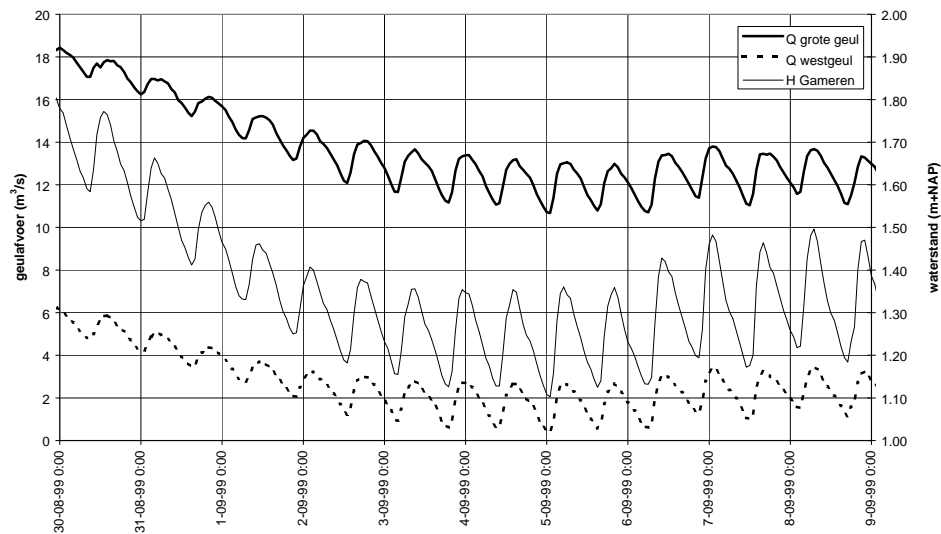
In de ontwerpfase van de nevengeulen bij Gameren is met het waterbewegingsmodel ZWENDL een schatting gemaakt van de afvoer door de geulen als functie van de Waalafvoer. Nu voor twee geulen de afvoeren ook gemeten zijn, kan gekeken worden of de geulafvoer voldoet aan het ontwerp. In figuur 5.5 zijn de ontwerpaafvoeren en de metingen uitgezet.

Zowel voor de grote geul als voor de Westgeul is de gemeten afvoer aanzienlijk kleiner dan de ontwerpaafvoer. Voor de Westgeul wordt dit mogelijk veroorzaakt door de aanzanding van de geul, waarvan het effect zich vooral doet voelen in het lage afvoerbereik. De beperkte afvoer door de grote geul heeft wellicht te maken met de vormgeving van de inlaatconstructie, waardoor extra energieverlies optreedt. Omdat nog slechts een beperkt aantal metingen beschikbaar is, is het te vroeg om definitieve conclusies te trekken.

De Gamerensche Waard ligt ver genoeg stroomafwaarts om invloed te ondervinden van het getij, vooral bij lage Waalafvoeren. Dit effect is gekwantificeerd door met ZWENDL een berekening uit te voeren over de periode 1 juli - 30 september 1999, met de gemeten afvoer bij Tiel en de gemeten waterstand bij Vuren als randvoorwaarden. In figuur 5.6 is het getij-effect bij Gameren aangegeven tussen 30 augustus en 8 september 1999, toen in de Westgeul afvoermetingen zijn uitgevoerd. Te zien is dat de fluctuatie van de geulafvoer enige tientallen procenten bedraagt van de gemiddelde afvoer, en dat de variatie in waterstand 2 à 3 dm per dag is. De getij-invloed is daarom van belang bij het toetsen van de afvoer aan de ontwerpisen.



Figuur 5.5 Berekende en gemeten nevengeulafvoeren.

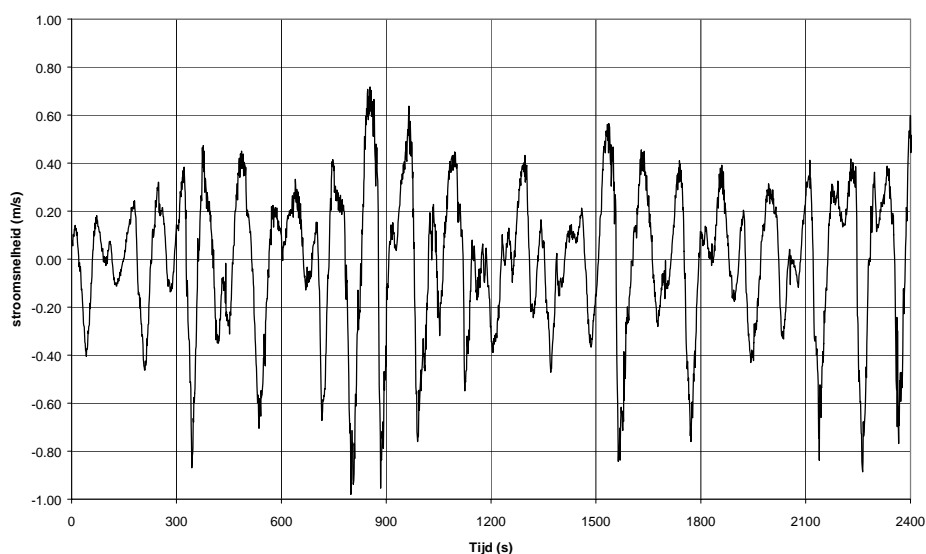


Figuur 5.6 Getij-invloed op waterstand en geulatvoeren bij Gameren.

5.6 Stroomsnelheden

In de omgeving van een varend schip treedt een daling van de waterspiegel op. Deze waterspiegeldaling plant zich als een translatiegolf voort in de nevengeul, weerkaatst daarbij op veranderingen in het doorstroomprofiel, interfereert met andere golven, en dempt uit na een aantal malen heen en weer gelopen te zijn. De translatiegolf zorgt voor fluctuaties in zowel de waterstand als de stroomsnelheden in de geul. Een illustratie van dit effect is figuur 5.7, waar een tijdreeks van de stroomsnelheid is uitgezet, ontleend aan de afvoermeting in de Westgeul op 29 september 1999. De gemiddelde stroomsnelheid over de volledige meetperiode (40 minuten) bedroeg slechts enkele cm/s, maar de snelheidsfluctuaties liggen in de orde van dm/s. De passage van één schip zorgt voor fluctuaties die tientallen minuten kunnen aanhouden, als gevolg van het weerkaatsen van de translatiegolven.

Opgemerkt wordt, dat de metingen van figuur 5.7 zijn uitgevoerd bij relatief lage waterstanden en navenant kleine afvoeren door de nevengeul. Bij grotere nevengeulafvoeren is de amplitude van de snelheidsfluctuatie minder, en is ook de gemiddelde snelheid hoger. Per saldo resulteert dit in een rustiger stroombeeld.



Figuur 5.7 Tijdreeks stroomsnelheid Westgeul, 29 september 1999.

6. Resultaten bodemchemische analyses

6.1 Oostgeul

Slechts een beperkt aantal van de in augustus 1999 bemonsterde locaties is onderworpen aan een nadere chemische analyse (zie figuur 6.2). Het beeld dat hieruit ontstaat stemt redelijk overeen met hetgeen naar voren kwam uit de bemonsteringsrondes gedurende 1997/1998: plaatselijk (locaties O3M en O5Z) wordt in de toplaag ook nu weer Zn in klasse-IV gehalten aangetroffen. Gezien de huidige kwaliteit van zwevend stof in de Waal is het onwaarschijnlijk dat het hier gaat om vers gesedimenteerd rivierslib. De vaststelling dat de toplaag op voornoemde locaties niet bestaat uit de oorspronkelijke kleibodem, maar dat het hier gaat om recentelijk gesedimenteerd materiaal duidt erop dat de toplaag waarschijnlijk bestaat uit elders in de geul (uit bijvoorbeeld de steilrand nabij de instroomopening), of elders langs de rivier, geërodeerd materiaal.

6.2 Westgeul

In de Westgeul heeft in 1999 tweemaal een bemonsteringsronde plaats gevonden (zie figuur 6.1). De op 1 juli 1999 ten behoeve van de ecotoxicologische inventarisatie verzamelde monsters (W4-Na, W4-Za, W7-Na) blijken alle Zn in klasse-IV gehalten te bevatten. Voor locatie W4Z zijn dergelijke hoge gehalten ook tijdens de eerdere monsternames vastgesteld in de oppervlakkige sliblaag (Sorber *et al.*, 1999). Het gaat hier waarschijnlijk niet om recent afgezet "relatief schoon" rivierslib, maar om zwaarder verontreinigd materiaal dat elders in de geul danwel langs de rivier is geërodeerd. Daarentegen zijn voor de meer zandige van deze monsters (W7Za; W4Na) dergelijke hoge gehalten aan metalen opmerkelijk te noemen: weliswaar zijn deze monsters genomen in de nabijheid van de kleiige geuloevers, waarvan bekend is dat zij plaatselijk sterk zijn verontreinigd met metalen, echter het gaat hier nadrukkelijk om als zand gekwalificeerde monsters.

De chemische analyse van de in augustus 1999 verzamelde monsters heeft zich met name gericht op het (aan afslag onderhevige) materiaal aan de oevers van de geulen. Dit is de "oude" klei waarin de geul is uitgegraven. Op raai W6 wordt aan beide oevers materiaal aangetroffen met zware metalen in klasse-IV-gehalten (W6Z: Zn/Pb/As; W6N: Zn/As), terwijl op raai 7 dergelijke gehalten uitsluitend aan de rechteroever dergelijke gehalten voorkomen (W7N: Zn). Aan de linkeroever (W7Z) wordt hier klasse-II-materiaal gevonden. Deze variatie in kwaliteit houdt waarschijnlijk verband met de variatie in ouderdom van de aan de top aanwezige "oude" kleilaag: in Sorber *et al.* (1999) is reeds betoogd dat met name de rechteroever van de geul voor een aanzienlijk deel bestaat uit materiaal dat sinds het einde van de 19^e eeuw is gesedimenteerd. Op raai 5 (W5M) wordt relatief schoon zand aangetroffen (klasse-II).

6.3 Grote geul G365

6.3.1 Resultaten september 1998 (vastlegging T_0 -situatie)

In de uitgangssituatie zoals vastgelegd in september 1998 wordt de Grote Geul gekenmerkt door een overwegend uit slibbig/kleilig materiaal bestaande toplaag met een klasse-II/III bodemkwaliteit, waarbij de polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's) in de regel klassebepalend zijn: gehalten aan metalen liggen in het overgrote deel der monsters op klasse-0/I/II niveau (zie figuur 6.2 en 6.3). In hoofdstuk 5 is betoogd dat de verzamelde monsters waarschijnlijk bestaan uit een mengsel van materiaal van de "oude" kleibodem, en (al dan niet tijdens hoge afvoeren) vanuit de rivier aangevoerd en vervolgens in de geul gesedimenteerd zwevend materiaal. Het recente materiaal zal qua kwaliteit sterk lijken op het zwevend stof van de Waal (klasse-II/III, zie bijvoorbeeld tabel 7.1 in Sorber *et al.*, 1999), terwijl de kwaliteit van de daaronder liggende oude kleilaag sterk afhankelijk is van de afzettingshistorie: afzettingen uit de periode tussen circa 1875 en 1960 kunnen sterk verhoogde gehalten aan zware metalen bevatten (zie Sorber *et al.*, 1999), terwijl de nog oudere afzettingen over het algemeen worden gekenmerkt door metaalgehalten rond het niveau van de natuurlijke achtergrond (klasse-0/I).

Met name in het middengebied van de grote geul (monsterlocaties G8 t/m G18, aan weerszijden van de brug) worden dergelijke lage metaalgehalten gevonden, terwijl ook de PAK-gehalten aldaar tot maximaal klasse-II oplopen: klaarblijkelijk is de geul hier uitgegraven tot op de oude (pre-industriële) kleibodem, en is het door sedimentatie bijgemengde materiaal van relatief goede kwaliteit.

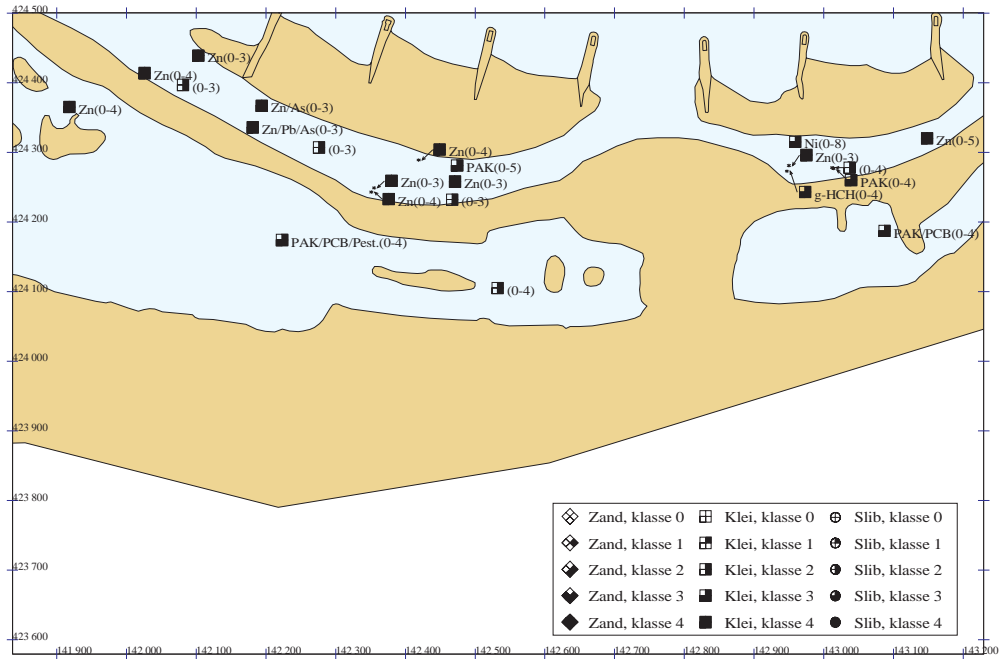
In het westelijk deel van de geul, dat al veel langer in open verbinding staat met de Waal, liggen de gehalten aan PAK's en metalen duidelijk hoger dan in het middengebied en (met uitzondering van enkele locaties) het oostelijk deel van de geul. Dit houdt mogelijk verband met het feit dat in het westelijk deel van de geul sprake is van continue sedimentatie van zwevend materiaal afkomstig uit de rivier, terwijl in het middengebied en in het oostelijk deel van de geul met name sedimentatie van zwevend stof zal kunnen optreden na perioden van hoge afvoer: tijdens perioden van hoge afvoer kan de kwaliteit van zwevend stof tijdelijk aanzienlijk verbeteren door bijvoorbeeld bijmenging van relatief schoon terrestrisch materiaal dat bovenstreams is geërodeerd (van der Heijdt en Zwolsman, 1997). De verklaring voor de kwaliteitsverschillen die in de geul kunnen worden aangetroffen lijkt dus, naast dat zij in verband staat met de afzettingshistorie van de oude geulbodem, niet zozeer te liggen in het relatieve aandeel recent gesedimenteerd materiaal in de monsters, als wel in de variatie in kwaliteit van het bijgemengde materiaal.

Plaatselijk is in de geul ook sterker verontreinigd materiaal aangetroffen: op de locaties G25 en G28, beiden gelegen in het noordelijk deel nabij de uitstroomopening, blijken zware metalen (G25: Zn) en (G28: Zn, As) in klasse-IV-gehalten voor te komen in de toplaag (0-4 cm). Met name locatie G28 wordt gekenmerkt door sterk verhoogde gehalten (Zn: 1.100 mg/kg; As: 60 mg/kg) hetgeen duidt op materiaal dat is afgezet sinds het einde van de 19e eeuw. In het oostelijk deel van de geul is bovendien klasse-IV-materiaal aangetroffen in de onderlaag (20-40 cm op locatie G6). Gezien de aangetroffen gehalten en de vaststelling dat het hier niet om recent gesedimenteerd slib maar om oude klei gaat, moet ook hier geconcludeerd worden dat dit materiaal niet van oudere datum dan het begin van deze eeuw kan zijn. De toplaag (0-20 cm) op deze locatie bleek meer slibbig van karakter en de aangetroffen gehalten sluiten in dat geval goed aan op de recente kwaliteit van het zwevend stof van de Waal.

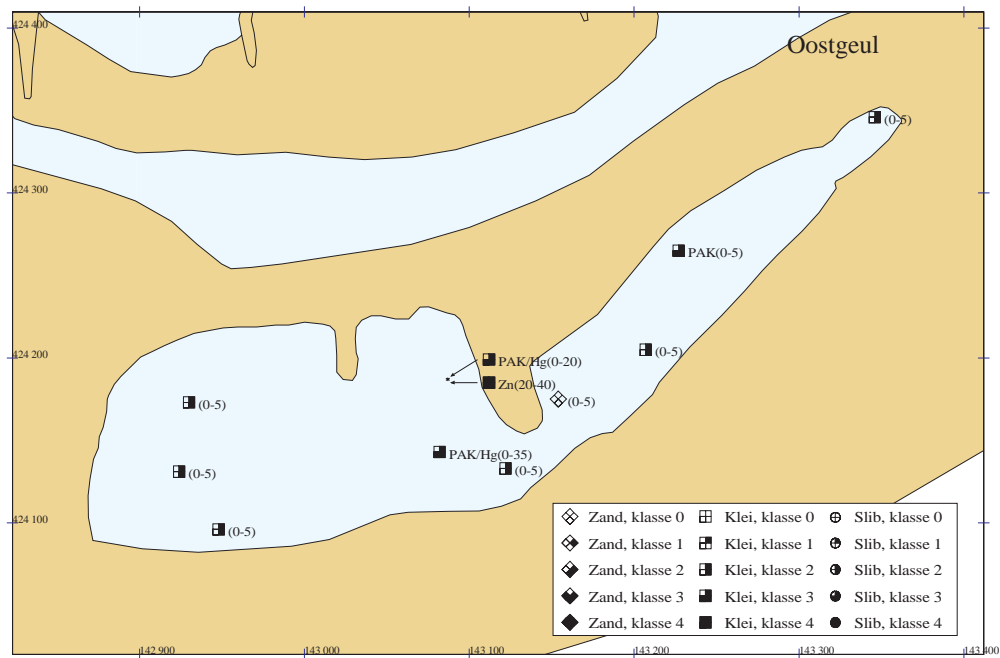
6.3.2 Resultaten mei 1999

Op 17 mei 1999 zijn in de grote geul op een viertal locaties sedimentmonsters van de toplaag (0-4 cm) genomen welke zijn geanalyseerd volgens het uitgebreide pakket (zie p.20). Het beeld komt sterk overeen met dat van september 1998: op locatie G6 (in het oostelijk deel van de geul) wordt opnieuw klasse-III-materiaal in de toplaag gevonden, op locatie G15 (in het middendeel, nabij de brug) is de kwaliteit opnieuw op klasse-II niveau en op locatie G25 (noordelijk, nabij de uitstroomopening) wordt ook nu klasse-IV (Zn)-materiaal aangetroffen. Op locatie G19 wordt nu klasse-III materiaal gevonden, terwijl hier in september nog klasse-II-materiaal werd aangetroffen. Deze afwijking valt echter ruim binnen de spreiding die tussen locaties gelegen in de diepere delen van de zandput kan worden aangetroffen en duidt dus niet a-priori op zeer actieve sedimentatie en/of erosieprocessen: waarschijnlijk is niet exact op dezelfde locatie gemonsterd.

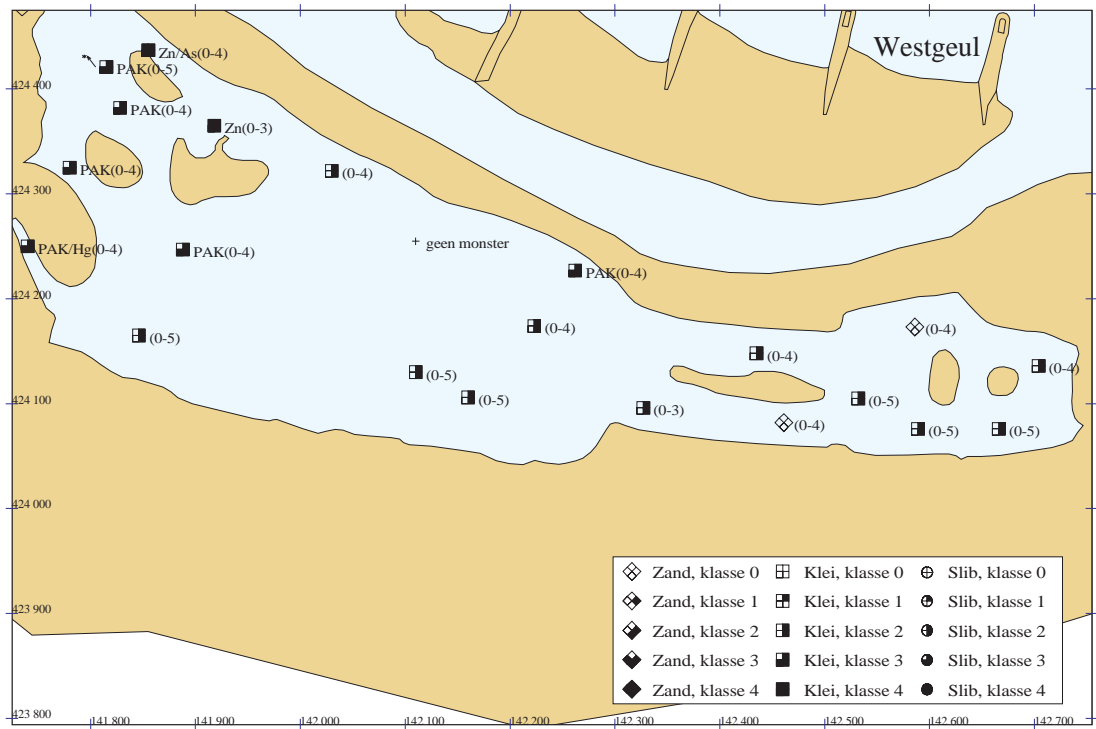
In alle monsters blijken de gehalten aan polychloor-bifenylen (PCB's) en hexachloorbenzeen (HCB) qua klasse-indeling nauw aan te sluiten bij de aangetroffen PAK-gehalten (klasse-II/III). Op basis hiervan kan worden geconcludeerd dat de aangetroffen toplaagsedimenten over het algemeen van relatief recente datum moeten zijn: PCB's en HCB worden in pre-industriële sedimenten in het geheel niet aangetroffen, terwijl in sedimenten van voor circa 1970 deze stoffen al snel in gehalten tot op klasse-IV-niveau kunnen worden aangetroffen.



Figuur 6.1 Chemie en textuur van de monsters in de Oost- en Westgeul (periode mei/augustus 1999).



Figuur 6.2 Chemie en textuur van de monsters in de grote geul; oostelijke uiterwaard (periode september 1998).



Figuur 6.3 Chemie en textuur van de monsters in de grote geul; westelijke uiterwaard (periode september 1998).

7. Discussie

7.1 Algemeen beeld ontwikkeling periodieke geulen

Het algemene beeld is dat de periodieke geulen bezig zijn te verzanden. Dit is het duidelijkst bij de Oostgeul, waar een sedimentatiefront zich gestaag in stroomafwaartse richting uitbreidt. Daarbij varieert de hoogte van de zandtong weliswaar in tijd en plaats, maar lijkt netto niet hoger te worden. Kennelijk is er sprake van een zeker dynamisch evenwicht in de hoogteligging van de zandtong.

Naar schatting is sinds 1996 van de steilrand bij de instroomopening van de Oostgeul 6.000 m³ zand en klei geërodeerd. Gezien het stromingspatroon bij hoogwater, zal hiervan circa de helft via de Oostgeul en de helft via het zomerbed zijn afgevoerd. Verwacht mag worden dat circa 2.000 m³ zand in de Oostgeul is achtergebleven, en dat 1.000 m³ klei als slib is weggespoeld. De erosie van de steilrand levert daarmee een flinke bijdrage aan de aanzanding van de geul.

De Westgeul kent behalve de instroom vanuit de Waal geen externe zandbronnen. De vorming van zandbanken gaat hier, meer dan in de Oostgeul, gepaard met erosie elders in de geul. Opmerkelijk is dat nabij de uitstroomopening flinke sedimentatie heeft plaatsgevonden. Mogelijk ligt hier een relatie met de zandhuishouding van het aansluitende kribvak.

Netto sedimentatie van slib lijkt in beide geulen afwezig te zijn. Gedurende perioden met een lage afvoer is er weliswaar sprake van een beperkte sedimentatie in de diepere delen van, met name de Westgeul. Echter, tijdens perioden met verhoogde afvoer wordt dit materiaal weer weggespoeld. In beide geulen lijkt de erosie van oevers een belangrijke bron te vormen voor herverdeling van dit sediment. Vooralnog is onbekend wel gedeelte hiervan netto achterblijft en welk gedeelte wordt doorgevoerd.

7.2 Methode

7.2.1 Hoogtemetingen

In 1999 zijn in de twee periodieke geulen naast hoogtemetingen in raaien tevens metingen uitgevoerd volgens de zgn. DTM-methode (Digitaal TerreinModel). De verwachting is dat een DTM door de grotere mate van detail betere resultaten geeft dan metingen in dwarsraaien. Hoewel de resultaten van de DTM-meting nog niet geanalyseerd zijn, kan wel vastgesteld worden dat de inwinning en verwerking ervan aanzienlijk meer tijd in beslag neemt dan raaimetingen. Als bij te lange doorlooptijden tussentijds een hoogwater optreedt, kan een hoogtemeting niet meer worden gezien als een momentopname, hetgeen de interpretatie bemoeilijkt. Dit aspect zal moeten worden meegenomen bij de uiteindelijke keuze voor één van beide methoden. De hoogteligging van de grote geul zal twee keer per jaar jaarlijks in beeld gebracht gaan worden. Er zal in het komende jaar bekeken worden hoe dit het best uitgevoerd kan worden. Wellicht biedt hier een combinatie van peilingen (met een boot) en waterpassingen uitkomst.

7.2.2 Bodembemonstering

Het in beeld brengen van de bodemsamenstelling met behulp van bodemmonsters zal, eenmaal per jaar, voortgezet worden in de Oost- en Westgeul. Ook voor de grote geul zullen bodemmonsters nodig blijven om de ontwikkeling van de kwaliteit en de ecotoxicologische risico's te kunnen volgen. Echter, in de grote geul is naast informatie met betrekking tot kwaliteit en samenstelling ook behoefte aan informatie over de ontwikkeling van de dikte van de aanwezige sliblaag. In deze geul wordt (tenminste in enkele delen) sedimentatie van slib verwacht. Daarvoor zal op de locaties die een zandige ondergrond kennen de ISAC ingezet kunnen worden. Echter, een groot deel van de locaties heeft een kleiige ondergrond. Om ook op die locaties de sedimentatie te kunnen volgen, kan wellicht gebruik gemaakt worden van aan te leggen verharde (stenen/zand) delen van de bodem in de geul. Daarop kan de sedimentatie weer bepaald worden met behulp van de ISAC. Deze methode zal in het komend jaar verder uitgewerkt worden.

7.2.3 Peilingen zomerbed

Vanaf januari 1999 zijn de peilingen van het zomerbed uitgevoerd met een multibeam peilsysteem. De meet- en verwerkingsinspanning is van een vergelijkbare orde van grootte als met een singlebeam-systeem, maar door de hoge resolutie is ook de kwaliteit van de metingen een stuk hoger. In het vervolg zullen zomerbedpeilingen daarom uitsluitend met het multibeam systeem worden uitgevoerd. Daarbij dient wel rekening te worden gehouden met de trendbreuk die de overstap van singlebeam op multibeam met zich meebrengt. Onderzocht dient nog te worden bij welke roosterafstand (1 x 1 m, 5 x 5 m) de bestanden nog hanteerbaar zijn zonder teveel aan detail te verliezen.

7.2.4 Afvoermetingen

Tot nog toe zijn de afvoeren in de periodieke geulen gemeten met een EMS bevestigd aan een staaf die door een waarnemer in de geul wordt geplaatst. Deze methode werkt alleen bij kleine waterdieptes, en dus lage geulafvoeren. Om ook bij grotere dieptes de afvoer te kunnen meten ontwikkelt de meetdienst momenteel een systeem, waarbij één of meerdere EMS-en vanaf een onbemand vaartuig in het water worden gelaten. Het vaartuig wordt met vier lijnen op zijn plaats gehouden. Andere mogelijke methoden, bijvoorbeeld met een EMS aan een meetframe, zouden bij hoge stroomsnelheden niet voldoende stabiel zijn.

Tot nu toe zijn alleen nog afvoermetingen uitgevoerd bij relatief lage Waalafvoeren. Om te kunnen toetsen of de geulen voldoen aan de ontwerpeisen voor de afvoer, is behoefte aan afvoermetingen bij Waalafvoeren van 2.000-3.000 m³/s.

Literatuur

Heijdt, L.M. van en J.J.G. Zwolsman (1997)

'Influence of flooding events on suspended matter quality of the Meuse river (The Netherlands).'
In: Destructive water: Water caused natural disasters, their abatement and control, IAHS
publication no 239, p.p. 285-294.

Jans, L., T. Buijse, L.M. van der Heijdt, J. de Jonge, F. Kok, A. Sorber & M. van Wijngaarden (1998).
Monitoring nevengeulen (1998-2003). Monitoringsprogramma voor nevengeulen in de
Gamerense, de Stiftse en de Afferdensche & Deestsche Waarden: morfologie, hydraulica,
ecologie, bodemchemie en ecotoxicologie. Projectplan. RIZA werkdocument 98.071X.

Sieben, J. (1998),

'Geulen in de Gamerensche uiterwaard. Aanvullende analyse van morfologische effecten',
RWS/RIZA, rapport 98.032, juni 1998.

Sorber, A. (1999),

'Zomerbed Gameren september 1995-februari 1998', RWS/RIZA, memo 99-17, april 1999.

Sorber, A., M. van Wijngaarden, L.M. van der Heijdt, A. van der Scheer (1999),

'Monitoring nevengeulen. Morfologische en bodemchemische monitoring Oost- en Westgeul
Gamerensche Waard. Datarapport 1997/1998', RWS/RIZA, werkdocument 99.012X,
januari 1999.

