

32/446(397) 2<sup>e</sup> ex

BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW

**Evaluatie van de ecohydrologische systeembeschrijving van  
de Gelderse Poort**

**P.C. Jansen  
R.H. Kemmers**

**Rapport 397**

**DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1995**



- 9 JAN. 1996

15n 912624

## REFERAAT

Jansen, P.C. en R.H. Kemmers, 1995. *Evaluatie van de ecohydrologische systeembeschrijving van de Gelderse Poort*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 397 74 blz.; 17 fig.; 4 tab.; 10 ref.; 2 aanh.

Voor het natuurontwikkelingsproject De Gelderse Poort wordt een hydrologisch deelonderzoek uitgevoerd om de potenties van het gebied aan te geven, om een analyse van het hydrologische systeem te ondersteunen, en om effecten van ingrepen te volgen. In raaien zijn de waterstanden en de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit gemeten en er is een gebiedsdekkende inventarisatie van het elektrisch geleidingsvermogen uitgevoerd. De analyseresultaten zijn gerelateerd aan referenties voor diep grondwater, neerslagwater en verontreinigd rivierwater. Vervolgens zijn grondwaterstroming, infiltratie- en kwelgebieden en de invloed van de rivieren aangegeven. De resultaten worden getoetst aan het hydrologische systeem dat in het voorgaande jaar is beschreven aan de hand van de waterkwaliteitsmetingen.

Trefwoorden: ecohydrologie, grondwaterstroming, infiltratie, kwel, natuurontwikkeling, rivierwater, waterkwaliteit

ISSN 0927-4499

©1995 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)  
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.  
Tel.: 0317-474200; telefax: 0317-424812.

DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw 'De Dorschkamp' (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

## **Inhoud**

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Bodem	15
2.1 Methode	15
2.2 De afdekkende kleilaag	15
2.3 Het eerste watervoerende pakket	21
3 Waterkwaliteit	23
3.1 Methode	23
3.2 Analyseresultaten	25
3.3 Typering van het water	26
3.4 EC-routing	45
4 Hydrologie van het grondwater	49
4.1 Methode	49
4.2 Grondwaterstanden	49
4.3 Grondwaterstroming	55
5 Evaluatie	61
5.1 Conclusies	61
5.2 Aanbevelingen	62
Literatuur	65

### **Tabellen**

1 Beschrijving van de kleiprofielen bij de meetlocaties in het Rijnstrangengebied	18
2 Beschrijving van de kleiprofielen van de boorpunten in de Ooijpolder en Millingerwaard	19
3 Gemiddelde elektrische geleidbaarheid (mS/m) en gemiddelde concentraties calcium en chloride (mg/l) van het Rijnstrangengebied	25
4 Gemiddelde elektrische geleidbaarheid (mS/m) en gemiddelde concentraties calcium en chloride (mg/l) in de Ooijpolder en Millingerwaard	26

### **Figuren**

1 Situering van de meetpunten voor grond- en oppervlaktewater en raaien in het Rijnstrangengebied	12
2 Situering van de meetpunten voor grond- en oppervlaktewater en raaien in de Ooijpolder en Millingerwaard	13
3 Vereenvoudigde bodemkaart van het Rijnstrangengebied (ontleend aan Stiboka, 1975)	16
4 Kleidikte in een doorsnede langs raai B - B' door de Kleine Geldersche Waard (ontleend aan eigen boorgegevens en Overmars et al., 1992)	19
5 Vereenvoudigde bodemkaart van de Ooijpolder en Millingerwaard (ontleend aan Stiboka, 1975)	20
6 Typering van het grondwater en het oppervlaktewater. Per 2 meetplekken voor grondwater of oppervlaktewater wordt op dezelfde bladzijde een toelichting gegeven. Voor de situering van de meetpunten: zie fig. 1	26
7 Typering van het grondwater en het oppervlaktewater. Per 2 meetplekken voor grondwater of oppervlaktewater wordt op dezelfde bladzijde een toelichting gegeven. Voor de situering van de meetpunten: zie fig. 2	37
8 Typering van het oppervlaktewater aan de hand van EC-metingen d.d. 14 en 15 november 1994 in het Rijnstrangengebied	46
9 Typering van het oppervlaktewater aan de hand van EC-metingen d.d. 16 en 17 november 1994 in de Ooijpolder en Millingerwaard	48
10 Tijd-stijghoogtelijnen van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket in m + NAP over de periode 14 januari - 28 september 1994 (dagnummer 14 - 271)	50
11 Overschrijdingsduurlijnen van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket in cm ten opzichte maaiveld over de periode 14 januari - 28 september 1994	52
12 Tijd-stijghoogtelijnen van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket in m + NAP over de periode 14 januari - 28 september 1994 (dagnummer 14 - 271)	54
13 Overschrijdingsduurlijnen van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket in cm ten opzichte maaiveld over de periode 14 januari - 28 september 1994	55
14 Overschrijdingsduurlijnen van het grondwater per raai ten opzichte van NAP over de periode 14 januari - 28 september 1994	56
15 Globale isohypsen van het grondwater in 1994	57
16 Overschrijdingsduurlijnen van het grondwater per raai ten opzichte van NAP over de periode 14 januari - 28 september 1994	58
17 Globale isohypsen van het grondwater in 1994	59

### **Aanhangsels**

1 Analyseresultaten van grond- en oppervlaktewater in het Rijnstrangengebied	67
2 Analyseresultaten van grond- en oppervlaktewater in de Ooijpolder en Millingerwaard	71

## Woord vooraf

Ten behoeve van het natuurontwikkelingsproject 'De Gelderse Poort' is de Werkgroep hydrologisch onderzoek Gelderse Poort ingesteld. De heer R.A. de Groot (Provincie Gelderland, dienst Milieu en Water) is voorzitter van de werkgroep. De behoefte aan een onderbouwing van de kwaliteit van het hydrologische systeem in de Gelderse Poort resulteerde in een opdracht van de Directie Landbouw, Natuur en Openlucht-recreatie in de provincie Gelderland aan DLO-Staring Centrum om een meetnet te ontwerpen, in te richten en aansluitend de waterkwaliteit te meten en de gegevens te evalueren. SC-DLO rapport 352 gaat in op de resultaten van 2 bemonsteringen die in 1993 hebben plaatsgevonden en de hydrologische systeembeschrijving die daaruit is afgeleid. Dit rapport geeft hier een aanvulling op en evalueert de onderzoeksresultaten die tot en met 1994 zijn verzameld.

Er is gebruik gemaakt van grondwaterstanden die door het Polderdistrict Rijn en IJssel en het Polderdistrict Groot Maas en Waal zijn gemeten. De watermonsters zijn door O.M. Hooyer van DLO-Staring Centrum geanalyseerd. P. Mekkinck en S.P.J. van Delft van DLO-Staring Centrum hebben de EC-routing uitgevoerd.

## **Samenvatting**

Met de meetresultaten van 25 meetplekken uit 1993 is aan de hand van de waterkwaliteit een hydrologische systeemanalyse voor de Gelderse Poort opgesteld. De waterkwaliteitsmetingen zijn in 1994 voortgezet. Daarnaast zijn in 1994 ook de grondwaterstanden op de meetlocaties gemeten en is een gebiedsdekkende EC-routing uitgevoerd. De aanvullende meetresultaten worden in dit tweede rapport geëvalueerd.

Begin 1994 kenmerkte zich door extreem natte omstandigheden. De uiterwaarden waren volledig geïnundeerd en binnendijs was er op uitgebreide schaal sprake van kwel. In dergelijke perioden kan ook onderaan de stuwwallen van Nijmegen en bij de Eltenerberg als gevolg van opstuwning kwel optreden.

De kwaliteit van het oppervlaktewater in de uiterwaarden is door de inundatie met rivierwater weinig verslechterd, maar herstel tot de eerdere kwaliteit gaat relatief langzaam. Het kwelwater is van lokale herkomst.

In het Rijnstrangengebied is in de omgeving van de Oude Rijnstrang en bij de middenloop van de Oude Rijn regelmatig sprake van kwel. De kwaliteit van het kwelwater is betrekkelijk goed, maar vanuit het zuiden stroomt water met een kwalitatief matige samenstelling toe. Op de onderzochte locaties aan de noordzijde is de kwaliteit slechter, maar de grondwaterstroming is daar hoofdzakelijk naar het noorden gericht. De ligging van de waterscheiding is niet bekend.

In de richting van de Eltenerberg komen grotere infiltratiegebieden voor. Plaatselijk, zoals bij Erfkamerlingschap, heeft het grondwater een stabiele, atmosferische kwaliteit. Daarnaast zijn er ook plekken met verontreinigd water aangetroffen.

In het gebied Ooijpolder/Millingerwaard komt onderaan de stuwwal van Nijmegen in de Polder van Beek grond- en oppervlaktewater voor dat als atmosferisch getypeerd is. Dit watertype duikt weg in de richting van de Waal. In de Millingerwaard doet zich de situatie voor waarbij vervuild rivierwater via de zandondergrond het gebied aan de noordoostzijde binnenkomt en in westelijke richting stroomt, terwijl het oppervlaktewater naar het noordoosten een steeds groter aandeel atmosferisch water bevat.

Op plekken waar dichtgeslibde rivierbeddingen lopen heeft het grondwater een afwijkende, verontreinigde samenstelling.

De grondwaterstanden zijn tweemaal per maand waargenomen. Over de periode 14 januari tot 28 september 1994 was de fluctuatie het grootst bij de rivieren. In de Millingerwaard bedroeg deze plaatselijk meer dan 5 meter. De kleinste fluctuatie treedt op aan de voet van de stuwwallen van Nijmegen en Montferland (Eltenerberg). Het verschil tussen de hoogste en laagste grondwaterstand bedroeg enkele decimeters. De stroming van het grondwater bevestigt in grote lijnen hetgeen uit de kwaliteit is afgeleid. Alleen aan de noordoostzijde van de Oude Rijnstrang stroomt het grondwater in de stroomrug niet in zuidwestelijke, maar in noordelijke richting.

## 1 Inleiding

Ten behoeve van het natuurontwikkelingsproject 'De Gelderse Poort' is aan de hand van de waterkwaliteit een ecohydrologische systeemanalyse opgesteld voor het Rijnstrangengebied en de Ooijpolder en Millingerwaard (Jansen en Kemmers, 1994). Daarvoor is gebruik gemaakt van de waterkwaliteitsgegevens van 2 meetrondes die in 1993 zijn verzameld via een meetnet dat voor dat doel is aangelegd (fig. 1 en 2).

Naast een beschrijving van het actuele hydrologische systeem heeft het onderzoek in de Gelderse Poort tot doel om aan de hand van het meetnet een programma voor het monitoren van waterkwaliteitsvariabelen en grondwaterstanden op te stellen. De uitvoering en gecompliceerde verslaglegging daarover start in 1995.

De gegevens die in 1994 beschikbaar zijn gekomen, worden in dit tweede rapport geëvalueerd. Het betreft de uitwerking van boorbeschrijvingen die tijdens de inrichting van het meetnet zijn gemaakt, de waterkwaliteitsanalyses van 3 meetrondes en de grondwaterstandsgegevens.

De boorbeschrijvingen worden in hoofdstuk 2 besproken. Op de 25 meetlocaties van het meetnet zijn dikte en zwaarte van het kleidek vastgesteld. Hoewel het een beperkt aantal plekken betreft geeft het aanvullende informatie over de bestaande bodemkundige kennis van het gebied. Er wordt aangegeven in hoeverre de meetpunten volgens bodem- en kleidiktekaart representatief zijn voor de omgeving.

De waterkwaliteitsmetingen zijn in 1994 voortgezet. Het doel hiervan was de verificatie van de systeemanalyse en de uitbreiding van de reeks kwaliteitsgegevens die als referentie moet dienen voor de evaluatie van ingrepen die in de Gelderse Poort worden uitgevoerd. De resultaten staan in hoofdstuk 3. Tevens wordt in dit hoofdstuk de uitkomst van een EC-routing besproken.

In de grondwaterstandsbuizen van het meetnet wordt regelmatig de stijghoogte van het grondwater gemeten. In hoofdstuk 4 vindt de uitwerking van deze gegevens plaats. Tijd-stijghoogtediagrammen en overschrijdingsduurlijnen geven informatie over de dynamiek van het hydrologisch systeem en de situatie rond de tijdstippen waarop bemonsterd is. Aan de hand van de NAP-hoogtes van de standen worden globale isohypsenpatronen getekend die vervolgens worden getoetst aan de systeemanalyse.

In hoofdstuk 5 wordt een aantal conclusies gegeven. Op grond van de opgedane ervaringen wordt een voorstel voor de monitoring van grondwaterstanden en waterkwaliteit gegeven.

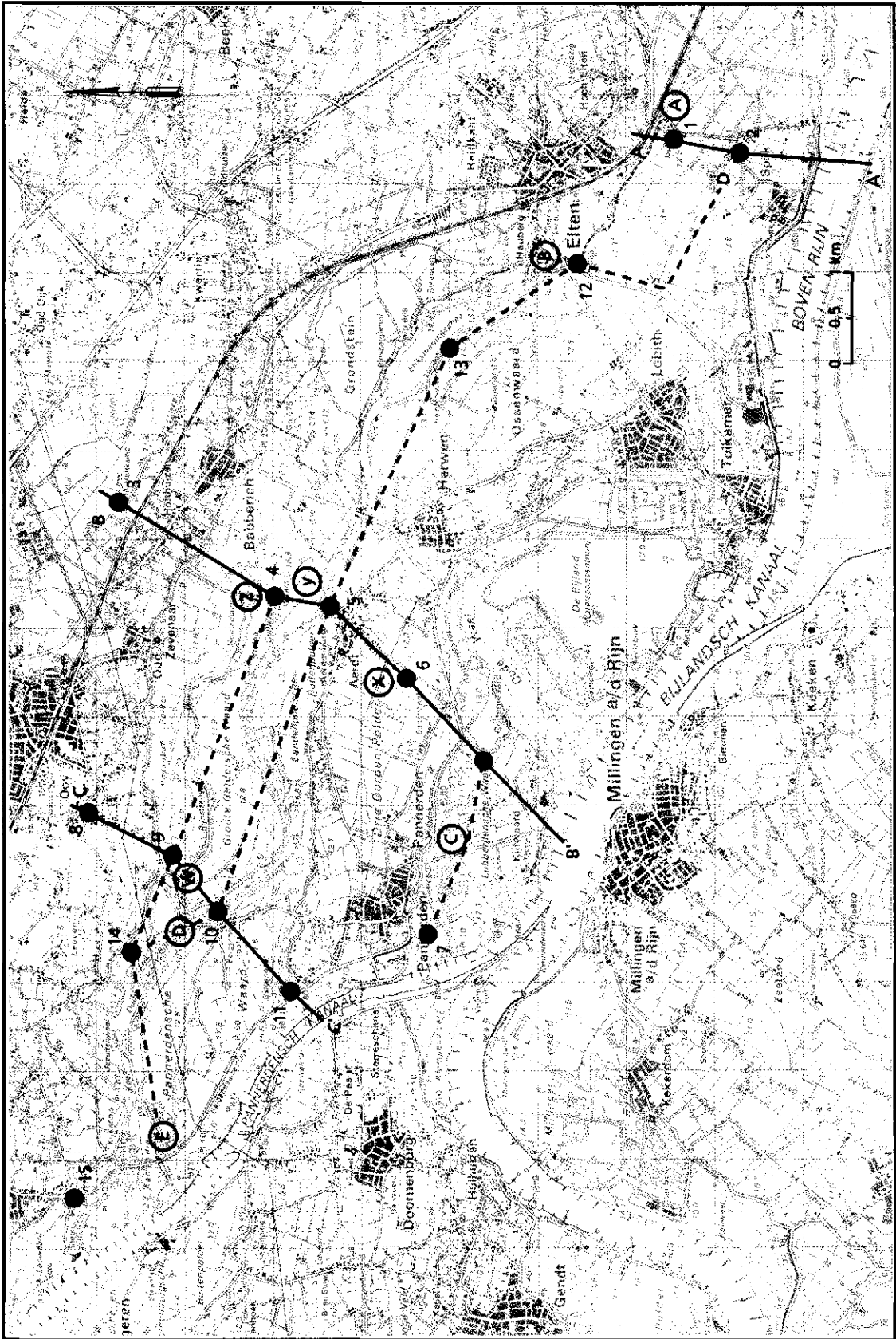


Fig. 1 Situering van de meetpunten voor grond- en oppervlaktewater en raaien in het Rijnstrangengebied



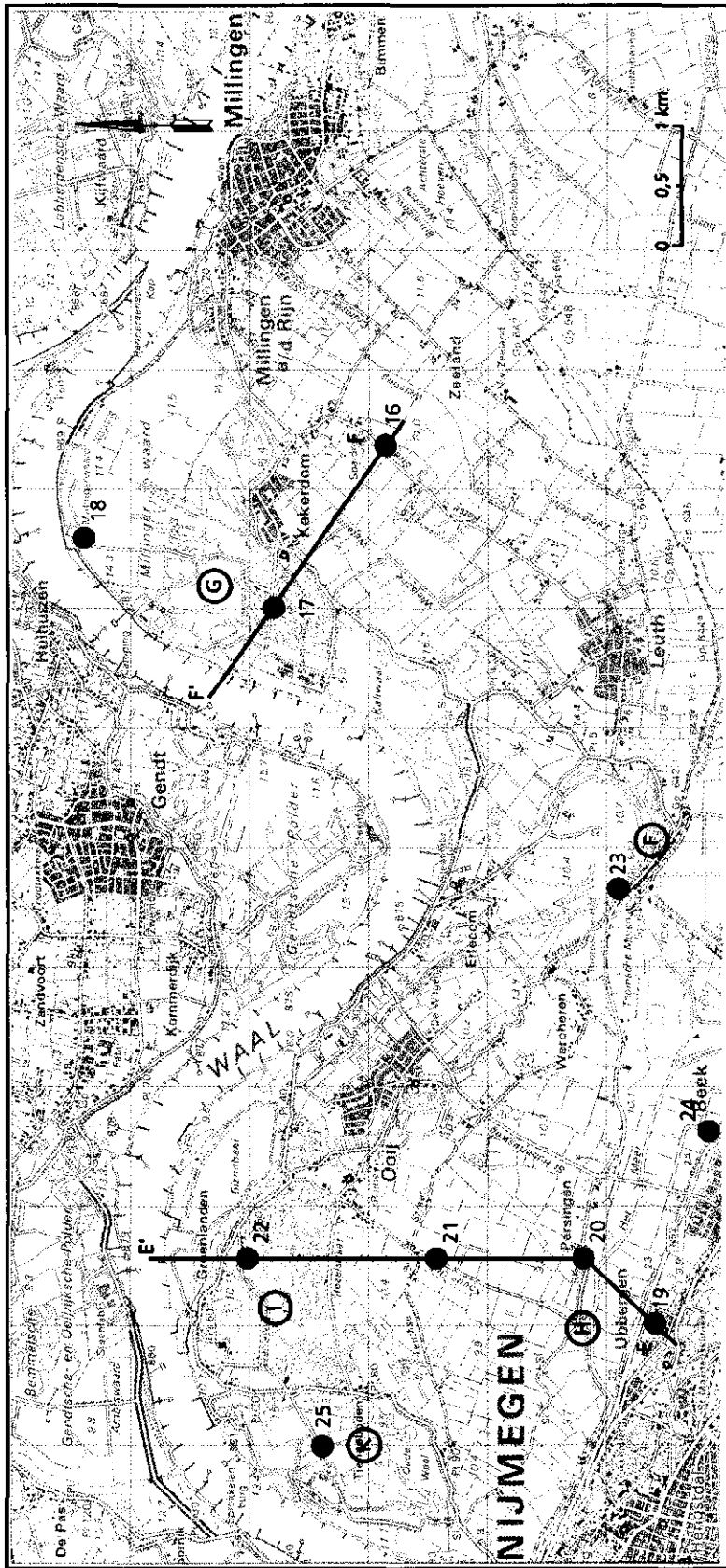


Fig. 2 Siuering van de meetpunten voor grond- en oppervlaktewater en raaien in de Ooijpolder en Millingerwaard

## 2 Bodem

### 2.1 Methode

Bij de inrichting van het meetnet zijn de boorgaten voor de 25 meetlokaties voor het grondwater gepulst om verstoring van de bodemopbouw te voorkomen. De aangetroffen bodemlagen zijn beschreven. In alle gevallen is een afdekkende kleilaag aangetroffen en is doorgeboord tot in het daaronder gelegen watervoerende zandpakket.

De kalkrijke kleilaag is in hydrochemisch opzicht erg belangrijk. Na infiltratie in de bodem neemt het neerslagwater snel een matig harde, lithotrofe samenstelling aan.

Bij een aantal meetpunten bestaat het voornemen om het kleidek tot op de zandondergrond af te graven. Op de meeste plaatsen is de kleilaag al gedeeltelijk afgegraven. Op grond van de bestaande bodem- en kleidiktekaarten wordt aangegeven of de aangetroffen kleiprofielen representatief zijn voor de omgeving.

Het aangeboorde zand maakt deel uit van het eerste watervoerende pakket en is met name van belang voor de grondwaterstroming. Aan de hand van literatuurgegevens wordt hiervan een korte beschrijving gegeven.

### 2.2 De afdekkende kleilaag

#### *Het Rijnstrangengebied*

Volgens de bodemkaart (Stiboka, 1975) varieert de samenstelling van het kleidek van lichte zavel tot lichte klei. Het lutumgehalte bedraagt 15-30%. Het kleidek is in het hele gebied kalkrijk. De kalkloze kleigronden liggen ten noorden van spoorlijn Duiven - Zevenaar. In figuur 3 is een vereenvoudigde weergave van de bodemkaart gegeven. Onderscheiden zijn poldervaaggronden en ooijvaaggronden. Poldervaaggronden zijn in een nat en dynamisch milieu ontstaan en hebben een heterogene profielopbouw. Ooijvaaggronden hebben daarentegen een homogeen profiel en zijn in een minder dynamisch en veel droger milieu ontstaan. De bodemkaart laat zien dat langs het boven- en benedenstroomse gedeelte van de Oude Rijn vooral poldervaaggronden voorkomen en rond de middenloop ooijvaaggronden. De meetpunten van het meetnet komen op beide bodemtypen voor. De meetpunten 1 en 6 liggen op de overgang tussen beide bodemtypen en meetpunt 3 ligt aan de rand het onderzoeksgebied in een kalkloze poldervaaggrond. De beschrijving van het kleiprofiel (tabel 1) laat zien dat de bovengrond van de meeste punten overeenkomt met profielopbouw die op grond van het gekarteerde bodemtype verwacht mag worden. Alleen bij meetpunt 3 is geen kalkloze maar een kalkhoudende ooijvaaggrond aangetroffen en bij meetplek 10 is een poldervaaggrond meer waarschijnlijk. Bij de meetplekken 8 en 12 is de bovengrond sterk vergraven.

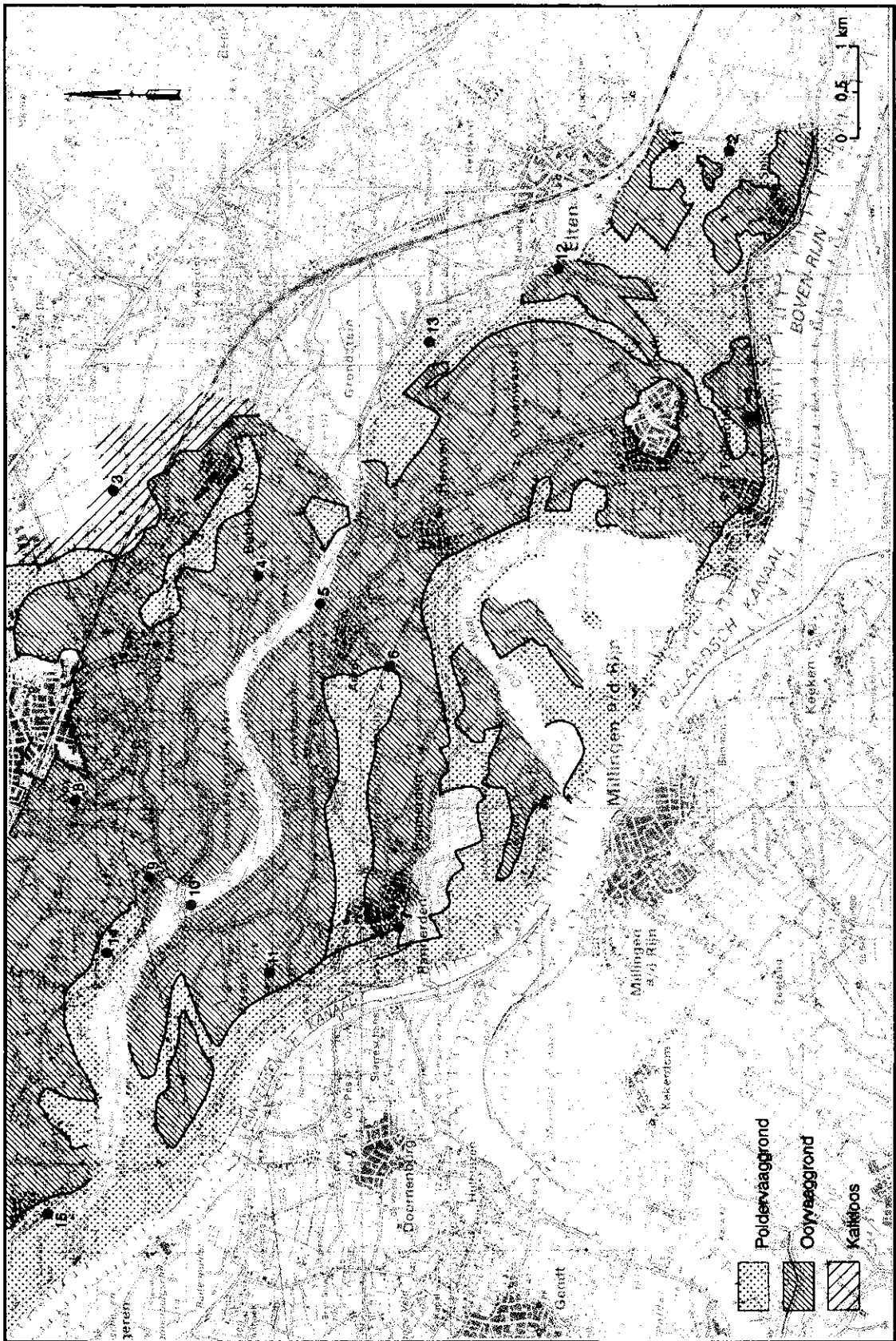


Fig. 3 Vereenvoudigde bodemkaart van het Rijnstrangengebied (ontleend aan Sibboka, 1975)

Tabel 1 laat zien dat de dikte van het kleilaag varieert van 0,8 m bij meetplek 11 tot 5,7 m bij meetplek 7. Op veel plekken is het oorspronkelijke profiel niet meer aanwezig doordat er klei is afgegraven voor dijk aanleg en steenfabricage en er steen- en kleiafval is teruggestort (Janssen, 1991). Uit inventarisaties van kleidikten (o.a. Overmars et al., 1992) blijkt dat de dikte plaatselijk sterk kan variëren doordat de zandondergrond een golvend oppervlak heeft en de kleilaag ongelijkmatig is afgegraven. Dit wordt in figuur 4 geïllustreerd voor een doorsnede door het centrale gedeelte van raai B - B' (fig. 1).

De kleidikte bedraagt meestal 1 - 4 meter. Op de plekken waar een dikker kleipakket is aangetroffen betreft het meestal een dichtgeslibde stroomgeul. Dat is het geval bij meetpunt 7 en mogelijk bij meetpunt 14.

### ***De Ooijpolder en Millingerwaard***

De bodemkaart (Stiboka, 1975) geeft aan dat in het gebied zowel kalkrijke als kalkloze klei- en zavelgronden voorkomen. Op de afgeleide bodemkaart (fig. 5) is te zien dat deze gronden verspreid in de zuidelijke helft van het onderzoeksgebied voorkomen. De drogere, homogene ooijvaaggronden zijn vooral tussen plaatsen Millingen aan de Rijn, Kekerdome en Leuth te vinden. De nattere en gelaagde poldervaaggronden beslaan echter het grootste gedeelte van het gebied.

Volgens figuur 5 komt bij de meeste meetpunten een poldervaaggrond voor. Alleen meetpunt 23 ligt op de overgang naar een ooijvaaggrond, meetpunt 20 aan de rand van een oude, opgehoogde bewoningsplaats en meetpunt 18 in de zone tussen een ooijvaaggrond en grofzandige rivierduinen. De beschrijvingen van de kleilagen (tabel 2) zijn hiermee in overeenstemming. De profielen bij de punten 20, 21 en 22 hebben echter ook kenmerken van een ooijvaaggrond. Deze punten hebben grondwatertrappen V en VI (Stiboka, 1975). Ze liggen ten zuidwesten en ten westen van Ooij.

In het gebied varieert de kleidikte van minder dan één tot meer dan tien meter op plekken waar voormalige, dichtgeslibde rivierbeddingen liggen (Mulder et al., 1992). Buitendijks is de Oude Waal bij Nijmegen nog als een voormalige rivierbedding te herkennen en binnendijks de Ooysche Graaf tussen Leuth en Erlecom. Bij de Ooysche Gaaf ligt meetpunt 23 in een bedding. Er is een kleilaag van 5,9 meter aangetroffen. Meetpunt 16 ligt eveneens in een oude rivierbedding. Het gelaagde kleiprofiel heeft een dikte van 6,7 meter. Bij de overige meetpunten is de variatie in kleidikte betrekkelijk gering: 1,5 tot 3,0 meter. Bij meetplek 17 is weliswaar een dikkere kleilaag aangetroffen, maar daar is 1,5 meter puin en zavel opgebracht.

Tabel 1 Beschrijving van de kleiprofielen bij de meetlocaties in het Rijnstrangengebied

Buis nr.	Diepte in cm - mv.	Omschrijving	Buis nr.	Diepte in cm - mv.	Omschrijving
1	0-180	kalkrijke lichte klei	9	0- 15	kalkrijke humusrijke lichte klei
	180-210	kalkloze zware klei		15-150	kalkrijke lichte klei
	210-240	veen met houtresten	10		0- 20
	240-260	veen en zandige klei, gelaagd		20- 80	kalkrijke zware zavel (met zandlensjes)
2	0-160	lichtbruine, kalkhoudende, matig zware klei	80-280	kalkloze zware klei	
	160-220	rode klei en sterk lemig matig fijn zand, gelaagd met roest	11	0- 80	kalkrijke, zeer lichte zavel
	220-290	lichtbruine, matig zware klei en sterk lemig matig fijn zand, gelaagd		12	0- 50
3	0- 40	kalkrijke zware zavel (opgebracht)	50-200		kalkrijke, lichte klei
	40- 60	lichte klei	200-220	fijn zand met kleilenzen	
	60-160	kalkrijke lichte klei met roest	220-240	blauwe zware zavel met roest	
	160-200	kalkrijk, humusrijk, matig fijn zand, gereduceerd (veel oker)	240-280	blauw gereduceerde kalkrijke zware zavel	
4	0- 40	kalkrijke lichte klei (met puin)	13	0-140	lichtbruine, kalkhoudende matig zware klei
	40-150	kalkrijke lichte klei		14	0-290
	150-250	kalkrijke zware zavel	290-300		lichte klei met zand (roestig)
5	0- 30	kalkrijke, humusrijke lichte klei	300-340	blauwe lichte en zware klei (gelaagd)	
	30-150	kalkrijke lichte klei	340-350	lichte klei met zandbijmenging	
	150-250	kalkrijk, lutumhoudend fijn zand	350-440	bruine lichte klei en blauwe zware klei (gelaagd)	
6	0- 40	grind en puin (opgebracht)	15	0- 20	puin
	40-210	lichtbruine, kalkrijke lichte klei		20-220	bruine, kalkrijke lichte klei
	210-240	lichtbruine, kalkrijke lichte klei (met ijzerconcreties)	220-230	lutumhoudend zand	
7	0-100	kalkrijke lichte klei	230-280	lichtbruine, kalkrijke lichte klei	
	100-120	kalkrijke zware klei	280-450	sterk lemig, matig fijn zand	
	120-150	kalkrijke humeuze lichte klei			
	150-200	kalkrijke zware zavel (veel oker)	450-470	lichte klei	
	200-570	kalkrijke lichte en zware klei, gelaagd (veel oker)			
8	0-140	humeus zand en puin			
	140-160	lichtbruine, kalkrijke lichte klei			
	160-180	bruine, kalkrijke lichte klei			
	180-210	kalkrijke klei met roest			
	210-290	donkerblauwe kalkrijke matig zware klei (met veenresten)			
	290-340	lichtblauwe lichte tot zware zavel			

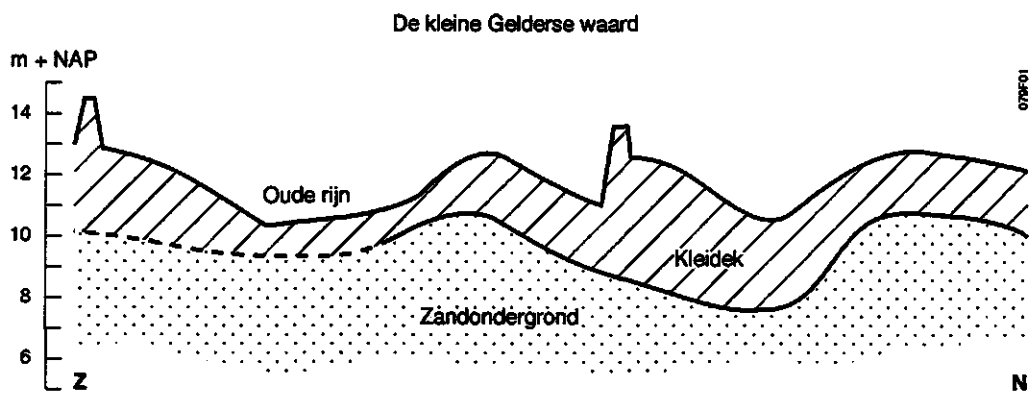


Fig. 4 Kleidikte in een doorsnede langs raai B - B' door de Kleine Gelderse Waard (ontleend aan eigen boorgegevens en Overmars et al., 1992)

Tabel 2 Beschrijving van de kleiprofielen van de boorpunten in de Ooijpolder en Millingerwaard

Buis nr.	Diepte in cm - mv.	Omschrijving	Buis nr.	Diepte in cm - mv.	Omschrijving	
16	0-100	bruine zware zavel (met puin)	22	0- 35	lichtbruine, matig zware klei (opgebracht)	
	100-150	bruine lichte klei met roest		35-240	lichtbruine, matig zware klei	
	150-230	bruine, zware zavel met roest	23		0- 20	puin
	230-260	bruine lichte zavel		20-100	donkerbruine, kalkrijke matig zware klei met grind, roestig	
	260-290	grijze zware zavel			100-250	bruingrijze, kalkrijke matig zware klei met roest
	290-310	grijs matig fijn zand		250-590		grijze, kalkrijke lichte klei
	310-490	grijze matig zware klei			24	0- 25
	490-640	bruine humeuze zware klei		25-150		bruine, matig zware klei, roestig
640-670	lichte zavel, ongerijpt	150-250	donkerbruine, humusrijke lichte klei			
17	0- 20		puin	250-300	rietzegeveen	
	20-150	lichtbruine lichte zavel (opgebracht)	25		0- 30	puin
	150-340	lichtbruin matig fijn zand		30-100	donkerbruine, humusarme lichte zavel	
340-375	blauwe zware zavel	100-150	lichtbruin, matig fijn zand, roestig			
18	0- 60		bruine, humusarme lichte zavel	150-155	blauwgrijze, zware zavel	
	60-140	bruin, matig fijn zand	21		0- 20	puin
	140-200	bruine lichte zavel		20-150	bruine, matig zware klei; schelpresten	
19	0- 30	donkerbruine, humusarme lichte klei	150-180		bruingrijs, matig humeus lutumhoudend zand, gelaagd	
	30-150	bruine zware klei		180-270	grijsgel, lichte zavel	
	150-200	donkerbruine, humusrijke zware klei				
	200-250	blauwgrijze, matig zware klei (roest)				
20	0-150	lichtbruine, humusarme, matig zware klei				
	150-230	donkerbruine, zeer lichte zavel				



Fig. 5 Vereenvoudigde bodemkaart van de Ooijpolder en Millingerwaard (ontleend aan Stihoka, 1975)

### **2.3 Het eerste watervoerende pakket**

Het eerste watervoerende pakket bestaat uit fluviatiele zanden en grind van de Formatie van Kreftenheye. In het studiegebied varieert de dikte van het zandpakket van 20 tot 30 meter. Aan de onderzijde wordt het begrensd door kleilagen van de Formatie van Drente die in een erosiedal zijn afgezet. In het westen van de Ooijpolder en onder de stuwwallen van Montferland en Nijmegen ontbreekt deze Formatie. De stuwwalen, die de begrenzing van de Gelderse Poort vormen, zijn van oudere datum.

In de tijd dat de grote rivieren nog vrij konden meanderen is door erosie en sedimentatie een onregelmatig oppervlak ontstaan. Op veel plaatsen is de zandlaag afgedekt met een kleilaag (Pons, 1952; Overmars et al, 1992). Alleen op plekken waar door aan- en opwassen hoge zand- en grindbanken zijn gevormd, in de rivierbeddingen en in klei- en zandputten ontbreekt de kleilaag.

Het zandpakket is van belang voor de grondwaterstroming en de uitwisseling met het freatische grondwater. Via het grove pakket verplaatst het grondwater zich voornamelijk in horizontale richting. Het rivierpeil is in grote delen van het studiegebied bepalend voor de stromingsrichting van het grondwater. In perioden met een laag peil hebben de rivieren een drainerende werking, maar in perioden met hoge rivierstanden zal de stromingsrichting juist tegengesteld zijn en kan er binnendijks kwel optreden.



## 3 Waterkwaliteit

### 3.1 Methode

#### *Bemonstering en analyse*

Het meetnet bestaat uit 25 meetlokaties voor grondwater en 14 vaste meetpunten voor oppervlaktewater. In 1994 zijn op 30 maart, 23 juni en 9 november bemonsteringen uitgevoerd. De grondwatermonsters worden op iedere lokatie van 2 dieptes (3,5 meter - m.v. en in de zandondergrond op minimaal 5 meter - m.v.) van vers toegestroomd water genomen.

Na de extreem hoge rivierpeilen en grondwaterstanden van begin 1994 was het in maart nog dermate nat, dat 2 meetpunten niet bereikbaar waren. In juni en november stond een aantal ondiepe meetbuizen en waterlopen droog.

Na de bemonstering is de zuurgraad (pH) gemeten, zijn de monsters gefiltreerd (0,45  $\mu\text{m}$ ) en is de elektrische geleidbaarheid (EC) bepaald. In de gefiltreerde monsters is spectrofotometrisch (ICP/AES- en FI-technieken) de concentraties aan kalium (K), natrium (Na), calcium (Ca), magnesium (Mg), chloride (Cl), sulfaat ( $\text{SO}_4$ ), nitraat ( $\text{NO}_3$ ) en ammonium ( $\text{NH}_4$ ) gemeten. De concentratie bicarbonaat ( $\text{HCO}_3$ ) is titrimetrisch bepaald.

De controle van de ionenbalansen gaf aan dat bij 24% van de analyses de afwijking groter was dan 10% en bij 7% van de analyses groter dan 15%. Voor een belangrijk deel is dat het gevolg van het instabiele  $\text{CO}_3^{2-}$  -  $\text{HCO}_3^-$  -  $\text{CO}_2$  evenwicht. Voor de typering van het water hebben de afwijkingen geen consequenties.

#### *Bewerking van de resultaten*

Na infiltratie in de bodem verandert de samenstelling van het neerslagwater en gaat het meer overeenkomst vertonen met gerijpt grondwater. De kalkrijke bovengrond heeft tot gevolg dat infiltrerend regenwater onmiddellijk in contact komt met kalkrijk bodemmateriaal en op geringe diepte al een matig hard grondwaterkarakter aanneemt. Het ondiep voorkomen van een dergelijk watertype wordt in een kalkloze bodem geassocieerd met de aanwezigheid van kwellend grondwater. In het onderzoeksgebied duidt de aanwezigheid van hard grondwater op kwel. Afgezien van de rijping van het grondwater kan de samenstelling beïnvloed worden door vervuiling.

De watermonsters worden vergeleken met referenties van 3 watertypen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van MAION (van Wirdum, 1990), een programma dat op basis van de macro-ionen de verwantschap van monsters met referentiewatertypen berekent. Als referenties worden de volgende watertypen genomen:

Li-An: Hard, diep (lithotroof) grondwater in evenwicht met kalkrijke rivierafzettingen nabij Angeren (Gld).

Atmo: Gemiddelde samenstelling van regenwater (atmotroof) nabij Witteveen in Drente.

Rijn: Gemiddelde Rijnwatersamenstelling in 1975 te Lobith.

Voor een groot aantal mengverhoudingen tussen *atmo*, *li-An* en *Rijn* zijn de concentraties van de ionen in de mengmonsters berekend. In vergelijking met het eerste rapport (Jansen en Kemmers, 1994) is voor verontreinigd water onderscheid gemaakt in verontreinigd lithotroof en verontreinigd atmotroof water. Voor verontreinigd lithotroof water is Rijnwater genomen en voor verontreinigd atmotroof water een ondiep grondwatermonster in een infiltratiegebied op arm dekzand in de Gelderse Vallei aan de rand van een Grove dennenbos. De samenstelling is sterk beïnvloed door indikking en depositie (Jansen, 1985). De mengverhoudingen tussen de 4 watertypen zijn beperkt tot veelvouden van 5%. Op deze wijze konden van 1751 mixen de concentraties ionen worden berekend, bijv. 15% atmotroof, 5% verontreinigd atmotroof, 70% lithotroof en 10% verontreinigd lithotroof cq. Rijnwater. Voor elke mengverhouding is met MAION op identieke wijze als voor de reële watermonsters de verwantschap met de 3 oorspronkelijke referentiemonsters berekend en vastgelegd (MIX-bestand). In een aparte rekenmodule wordt de verwantschap van elk watermonster vergeleken met het MIX-bestand en toegewezen aan die mengverhouding waarmee de verwantschap het dichtst wordt benaderd. Op deze wijze wordt elk watermonster ontleed in 'volume aandelen' onbeïnvloed en verontreinigd atmotroof en lithotroof water.

### ***EC-routing***

Van 58 oppervlaktewatermonsters uit de Gelderse Poort is volgens de hierboven beschreven methode de verdeling in referentiewatertypen bepaald. Vervolgens is de relatie tussen het elektrisch geleidingsvermogen (EC) van de monsters en de aandelen referentiewatertypen berekend. Tussen de EC en het aandeel atmotroof water (%AT) bestond een relatie met een verklaarde variantie van ruim 70%. De relaties tussen de EC en het aandeel lithotroof water (%LI) enerzijds en de som van de aandelen verontreinigd atmotroof water en Rijnwater (%VO) anderzijds waren met verklaarde varianties van 53 en 26% minder goed. Het verschil tussen de EC van verontreinigd water en lithotroof water is relatief klein.

Tussen 14 en 17 november is in het Rijnstrangengebied op 76 plaatsen en in de Ooijpolder/Millingerwaard op 174 plaatsen de elektrische geleidbaarheid van het oppervlaktewater gemeten. Met de relatie EC-%AT is hieruit het aandeel atmotroof water afgeleid. Voor het resterende aandeel is uit de relaties EC-%LI en EC-%VO de verdeling tussen verontreinigd en lithotroof water berekend. Gezien de onbetrouwbaarheid van het aandeel verontreinigd water en het geringe onderscheidende vermogen met lithotroof water wordt dit als een mengtype aangemerkt. Op grond van de verdeling zijn 4 watertypen onderscheiden:

- type 1 bestaat voor meer dan 75% uit atmotroof water als gevolg van rijping in een kalkloos sediment (stuwwal) of door stagnatie van regenwater in geïsoleerd water;
- type 2 bestaat voor 60 - 75% uit atmotroof water. Er is sprake van kwel via een kalkloos sediment of een beperkte kwel met een harder, meer lithotroof watertype;
- type 3 bestaat voor 40 - 60% uit atmotroof water en uit een vergelijkbaar gedeelte uit lithotroof water. Er is een belangrijke kwelcomponent aanwezig;
- type 4 bestaat voor minder dan 40% uit atmotroof water. Er is een dominante invloed van kwel. Sterk verontreinigd water valt ook onder dit type maar wordt apart aangegeven.

## 3.2 Analyseresultaten

### *Het Rijnstrangengebied*

De analyseresultaten van de bemonsteringen staan in aanhangsel 1. De bemonstering in maart 1994 heeft plaatsgevonden na een periode met een extreem hoog rivierpeil. De kwaliteit van het Rijnwater heeft echter geen wezenlijke invloed gehad op de kwaliteit van het grondwater in de uiterwaarden en in de binnendijkse kwelzone. Het gemiddelde elektrische geleidingsvermogen en de gemiddelde concentraties calcium en chloride (tabel 3) laten zien dat het (diepe) grondwater bovenin de zandondergrond in maart 1994 wel de hoogste waarden had. Tijdens de bemonstering in juni 1994 waren de waarden weer normaal. Het ondiepe grondwater (2,5-3,5 m) bereikte in maart 1994 eveneens de hoogste EC en Ca-concentratie, maar de verschillen waren kleiner dan van het diepere grondwater. Het oppervlaktewater laat in maart 1994 de sterkste toename in EC en Ca-concentratie zien. Blijkbaar is het met een groter aandeel gerijpt grondwater gevoed. In de loop van 1994 neemt de concentratie langzaam af.

Tabel 3 Gemiddelde elektrische geleidbaarheid (mS/m) en gemiddelde concentraties calcium en chloride (mg/l) van het Rijnstrangengebied

Datum	EC	Ca	Cl	EC	Ca	Cl	EC	Ca	Cl
	diep grondwater (ca. 5 m)			ondiep grondwater (2,5-3,5 m)			oppervlaktewater		
6-1993*)	65	135	36	70	138	49	39	79	31
9-1993*)	61	141	41	68	149	57	34	66	32
3-1994	76	151	47	81	158	50	55	104	38
6-1994	65	145	36	74	157	48	52	114	30
11-1994	65	143	39	75	151	69	44	93	33

\*) gegevens van het eerste meetjaar

Het verschil in waterkwaliteit is tussen de meetpunten vaak groter dan de variatie die per meetpunt in de tijd optreedt. Meetpunt 2 heeft een permanent afwijkende samenstelling met hoge concentraties natrium, chloride en nitraat. Hoge nitraatconcentraties zijn ook aangetroffen bij de meetpunten 3, 5 en 15 en hoge chlorideconcentraties bij de punten 3, 11 (diep) en 12. Bij de meetpunten 4, 5 en 6 zijn de chlorideconcentraties erg laag (< 20 mg/l).

### *De Ooijpolder en Millingerwaard*

In aanhangsel 2 staan de resultaten van de bemonsteringen in maart, juni en november. Na de natte winterperiode met een hoog rivierpeil met ondergelopen uiterwaarden en binnendijkse kwel is de waterkwaliteit weinig veranderd. Het gemiddelde elektrische geleidingsvermogen en de gemiddelde concentraties calcium en chloride (tabel 4) laten zien dat alleen het oppervlaktewater in maart een groter geleidingsvermogen had. Tussen het ondiepe en diepere grondwater bovenin het zandpakket is er een verschil in chlorideconcentratie van ongeveer 15 mg/l. In vergelijking met het Rijnstrangengebied (tabel 3) is de chlorideconcentratie van zowel het diepe en ondiepe grondwater en van het oppervlaktewater in de Ooijpolder/Millingerwaard hoger. In het Rijnstrangengebied is de calciumconcentratie in het ondiepe grondwater en in het oppervlaktewater groter. Opvallend is verder dat het grondwater in de Ooijpolder en Millingerwaard in tegenstelling tot het Rijnstrangengebied in maart 1994 de laagste concentraties calcium en chloride had.

Tabel 4 Gemiddelde elektrische geleidbaarheid (mS/m) en gemiddelde concentraties calcium en chloride (mg/l) in de Ooijpolder en Millingerwaard

datum	EC	Ca	Cl	EC	Ca	Cl	EC	Ca	Cl
	diep grondwater (ca. 5 m)			ondiep grondwater (2,5-3,5 m)			oppervlaktewater		
6-1993	69	132	56	77	147	70	44	72	43
9-1993	61	131	47	70	149	63	33	86	29
3-1994	70	127	44	70	123	55	47	84	40
6-1994	61	128	49	68	132	57	37	73	40
11-1994	65	130	49	75	140	70	37	68	42

De diepte waarop het grondwater wordt gemeten en de bufferende invloed van het kleidek maken dat veranderingen in de waterkwaliteit worden gedempt. Er zijn geen grote veranderingen waargenomen.

Bij meetpunt 23 zijn het elektrisch geleidingsvermogen en de concentraties van de meeste parameters permanent hoog. Hoge nitraatconcentraties, die verontreiniging duiden, zijn bij alle 3 de bemonsteringen gemeten bij 18 en 19 diep en ondiep en bij 20 diep. Meetpunt 18 ligt in de Millingerwaard en meetpunt 19 aan de voet van de stuwwal van Nijmegen. Bij meetpunt 20 komt in de zandondergrond stuwwalwater voor.





### 3.3 Typering van het water

#### *Het Rijnstrangengebied*

Hoewel in absolute zin de concentraties aan ionen in de tijd gezien weinig variatie vertonen, wordt de verhouding tussen de ionen soms beïnvloed door een ander type water. Op grond van de ionensamenstelling is een verdeling in de watertypen atmotroof, verontreinigd atmotroof, verontreinigd lithotroof en hard lithotroof berekend. De resultaten staan grafisch weergegeven in figuur 6 waarbij per monsterpunt een korte toelichting wordt gegeven. Bij de resultaten zijn ook de gegevens uit 1993 opgenomen. Regelmatig wordt in de toelichting over kwel gesproken. Gezien de diepte van het grondwater (par. 4.2) zal de invloed daarvan vaak niet tot aan het maaiveld reiken. Bij de aanduiding 'verontreinigd water' wordt een watertype bedoeld dat door (on)natuurlijke processen beïnvloed is.

Fig. 6 Typering van het grondwater en het oppervlaktewater. Per 2 meetplekken voor grondwater of oppervlaktewater wordt op dezelfde bladzijde een toelichting gegeven. Voor de situering van de meetpunten: zie fig. 1

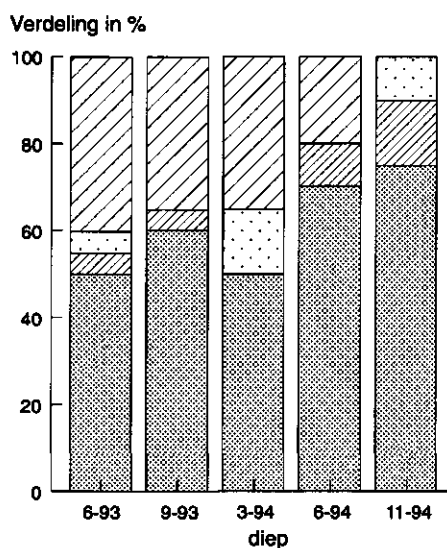
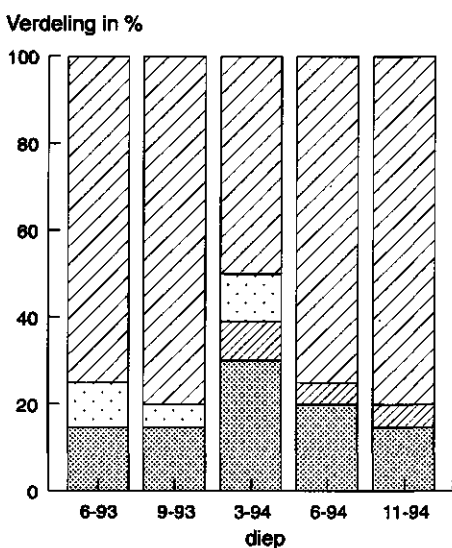
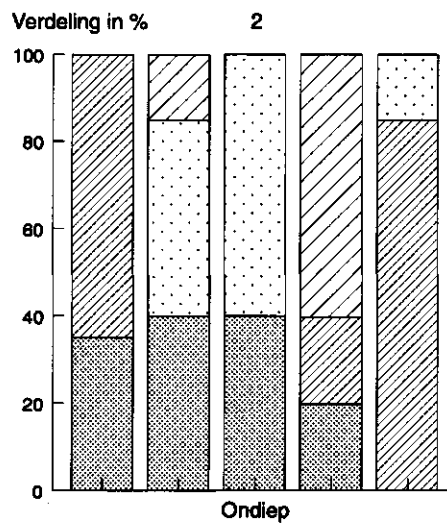
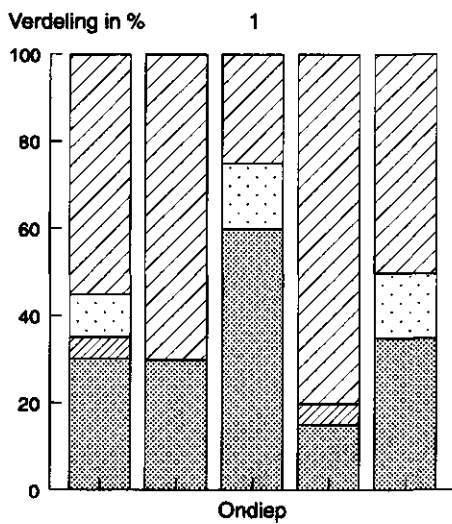
#### Legenda

Atmotroof water	
Verontreinigd atmotroof water	
Verontreinigd lithotroof water	
Hard lithotroof water	

079F28

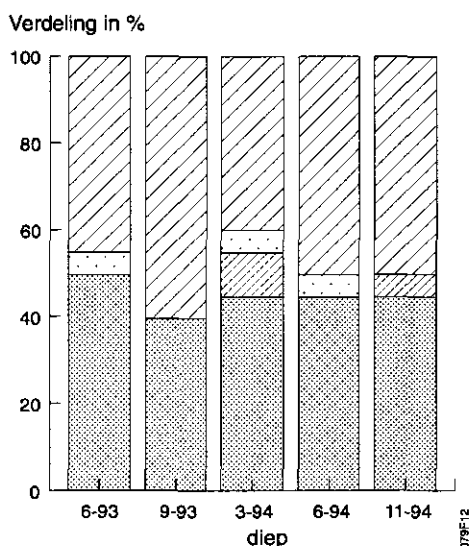
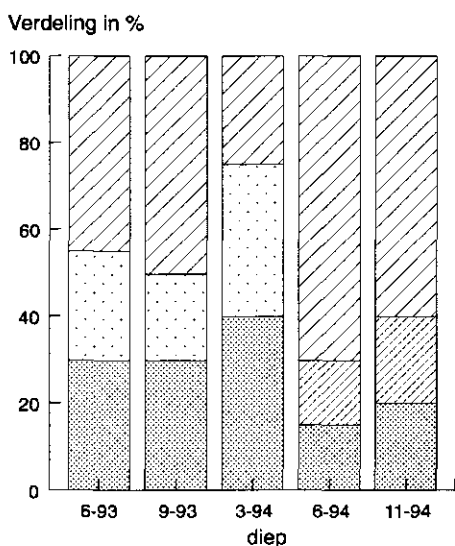
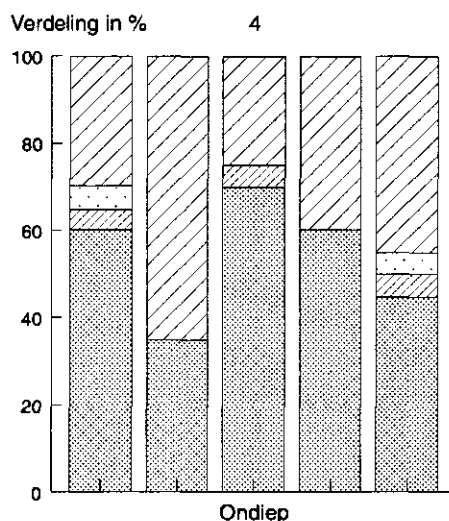
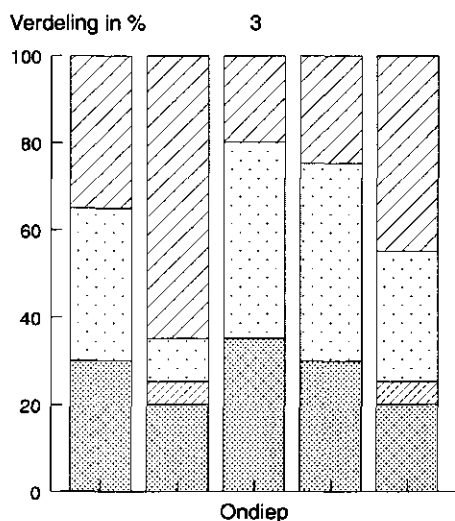
Normaliter is een situatie waarbij het ondiepe grondwater een groter aandeel lithotroof water heeft dan het diepe grondwater typerend voor kwel. Bij meetpunt 1 doet deze situatie zich voor, maar het diepe grondwater is afkomstig van de stuwwal van Montferland (Eltenerberg). Het verschil met neerslagwater is relatief klein. Hoewel de hydrologische situatie aangeeft dat er infiltratie optreedt is er incidenteel kwel mogelijk. De samenstelling van het grondwater wisselt sterk. De verontreiniging in het ondiepe grondwater is wisselend.

Meetpunt 2 kenmerkt zich door een erg onevenwichtige samenstelling van het ondiepe grondwater. Met uitzondering van juni 1994 domineerde het aandeel verontreinigd water. In het diepere grondwater is het aandeel lithotroof water in de afgelopen onderzoeksperiode toegenomen, met een wisselend aandeel verontreinigd water.



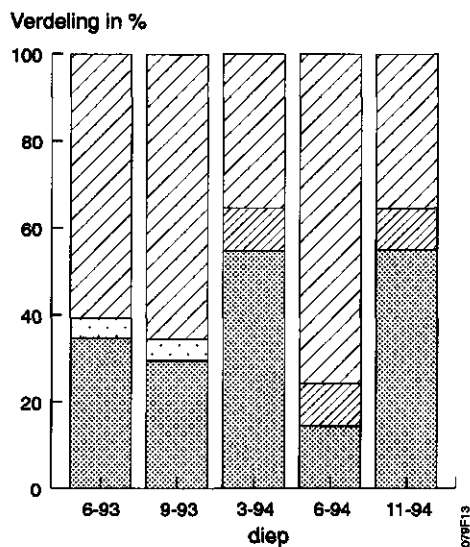
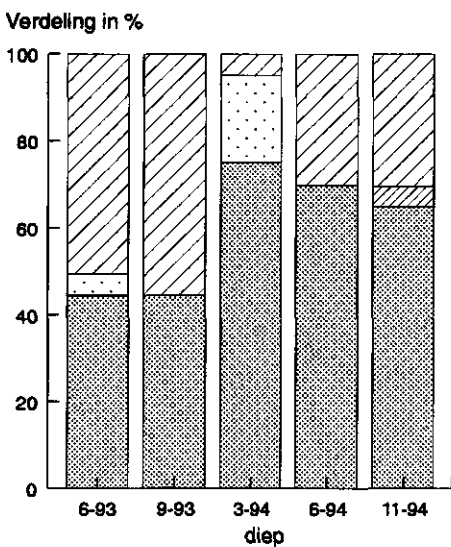
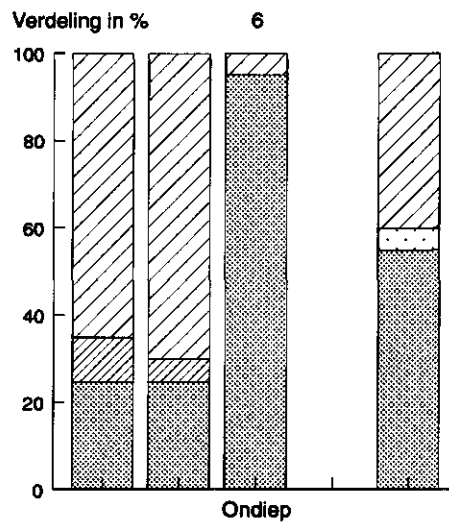
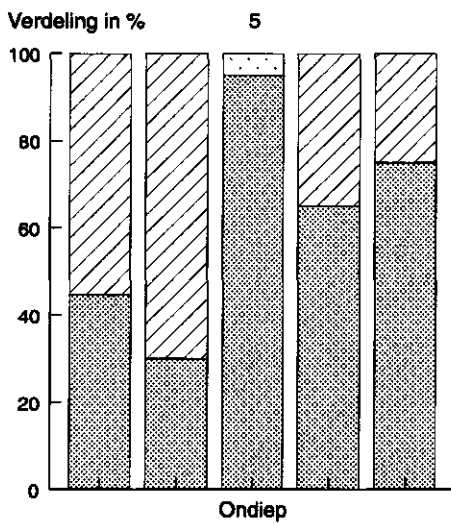
Bij meetpunt 3 treedt infiltratie op. Het ondiepe grondwater is permanent verontreinigd. Het aandeel lithotroof water vertoont weinig variatie, 25 - 35%. Het diepere grondwater heeft een vergelijkbare samenstelling, maar met een iets minder groot aandeel verontreinigd water.

Meetpunt 4 ligt in de Kleine Gelderse Waard. Bij de Oude Rijnstrang, die iets te noorden van meetpunt 4 ligt, treedt kwel op. In het ondiepe grondwater wisselen de aandelen atmotroof en lithotroof water. Er is regelmatig sprake van kwel. Het aandeel verontreinigd water is klein. Dat is eveneens het geval in het diepe grondwater. Daarvan is de samenstelling wel stabiel.



Van het ondiepe grondwater bij meetpunt 5 was in juni 1993 en juni 1994 het aandeel atmotroof water groter dan van het diepe grondwater, wat op infiltratie duidt. Bij de andere bemonsteringen was sprake van kwel. Met name in maart 1994 toen de grondwaterstanden hoog waren. Het diepe grondwater heeft een samenstelling met een hoog, wisselend aandeel lithotroof grondwater. De hoge nitraatconcentraties worden niet bij de typering betrokken. Afgezien daarvan heeft het water een natuurlijke samenstelling.

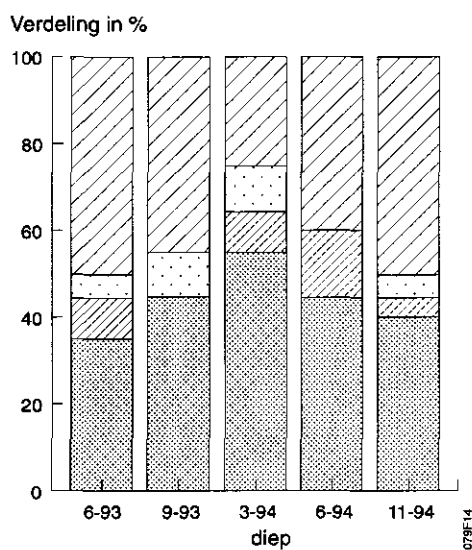
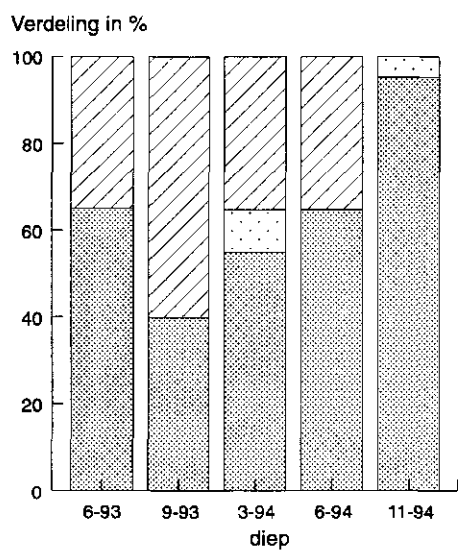
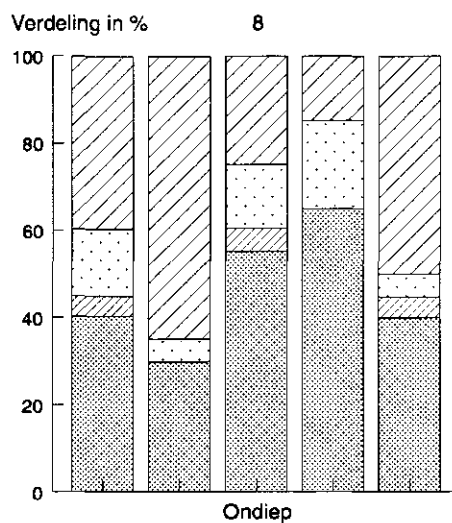
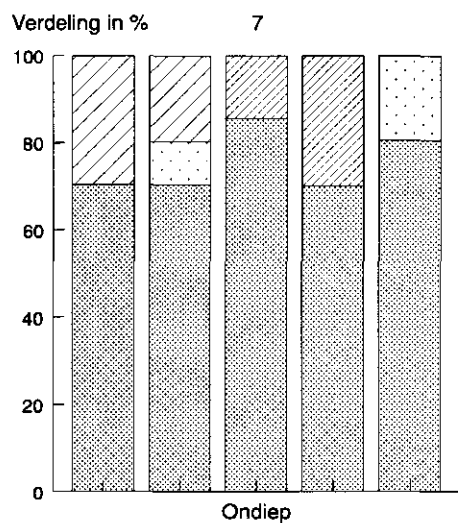
Bij meetplek 6 overheerst infiltratie. Met name het diepe grondwater is enigszins verontreinigd. In maart is onder invloed van hoge grondwaterstanden en een hoog rivierpeil kwel opgetreden. Zowel in het diepe als in het ondiepe grondwater wisselt de samenstelling.



079F13

Meetpunt 7 ligt in een dichtgeslibde stroomgeul met een dik, slecht doorlatend kleidek. Het ondiepe grondwater heeft daardoor een samenstelling die afwijkt van de overige meetpunten in het Rijnstrangengebied. Na de periode met hoge grondwaterstanden heeft het ondiepe grondwater een lithotrofe samenstelling. Het aandeel verontreinigd water is echter ook toegenomen.

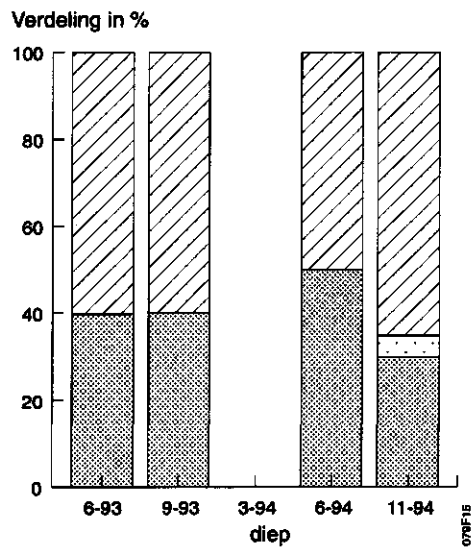
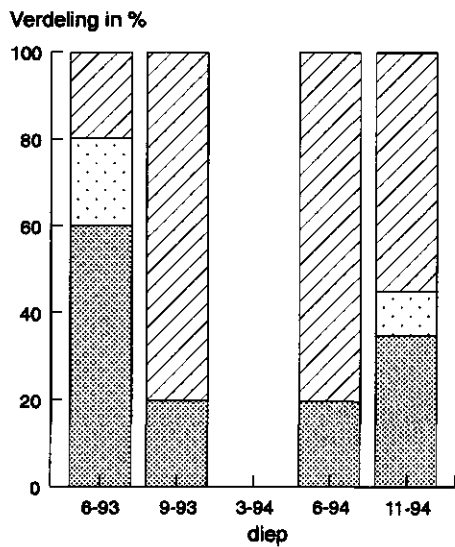
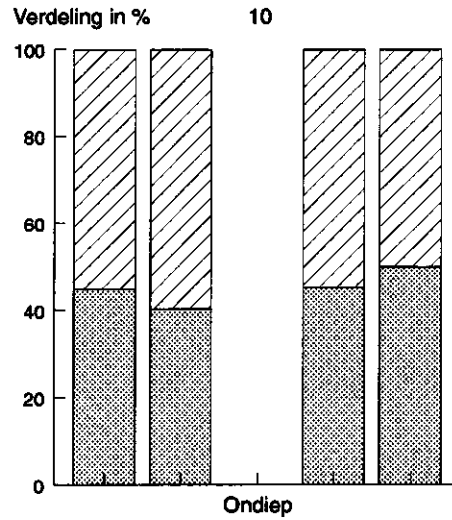
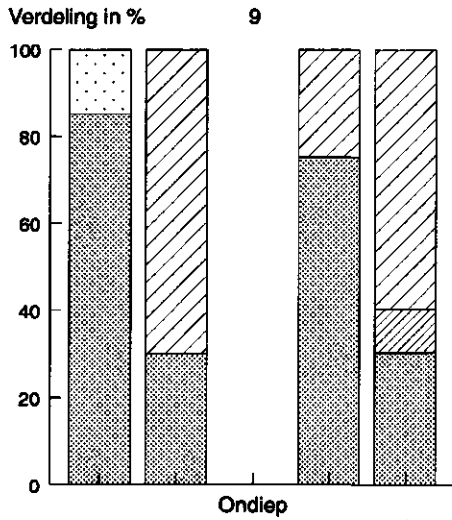
Bij meetpunt 8 overheerst een bescheiden infiltratie. Het punt is, evenals meetpunt 3, gesitueerd op de noordelijke stroomrug langs de Oude Rijn. Het diepe en het ondiepe grondwater is verontreinigd. Het diepe grondwater heeft het grootste aandeel lithotroof water, de wisselingen zijn gedempt. In het ondiepe grondwater treedt een grotere wisseling in watertypen op.





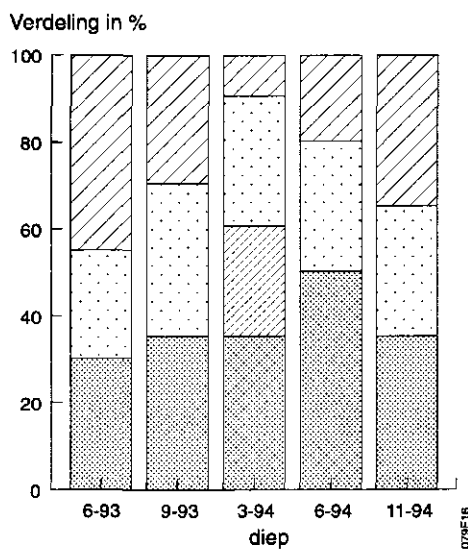
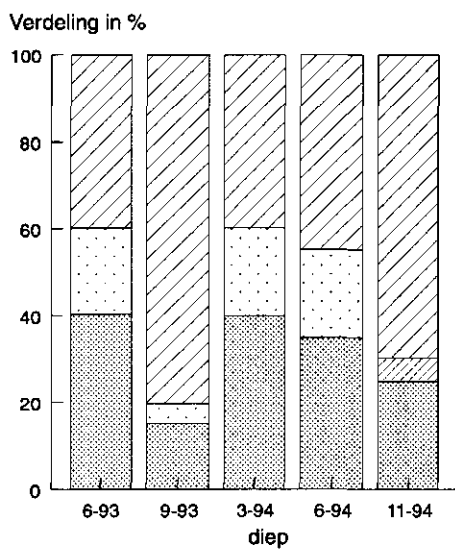
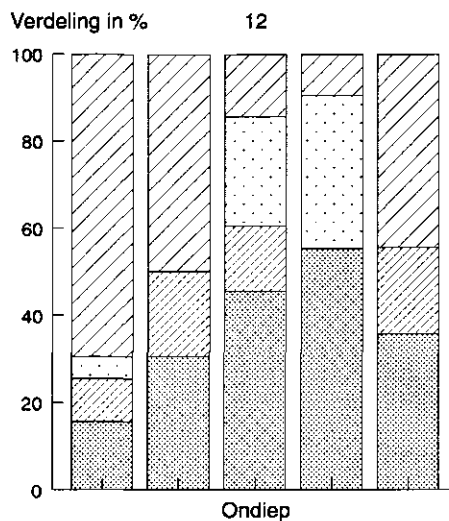
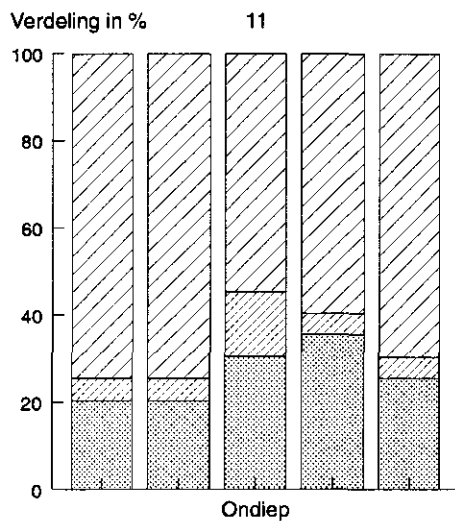
Bij meetpunt 9 treedt in het ondiepe en in het diepe grondwater een sterke wisseling in de aandelen atmotroof en lithotroof water op. Hoewel het aandeel atmotroof water er groot kan zijn, zoals in september 1993, is er sprake van een vrij permanente, variabele kwelsituatie.

Meetpunt 10 laat voor zowel het ondiepe als het diepe grondwater een stabiele situatie zien waarin geen duidelijke kwel of infiltratie te herkennen is. Er is vrijwel geen verontreiniging. Het meetpunt ligt dicht bij de Oude Rijn.



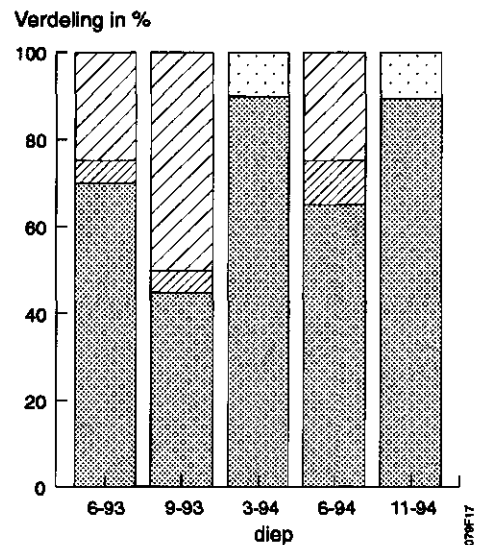
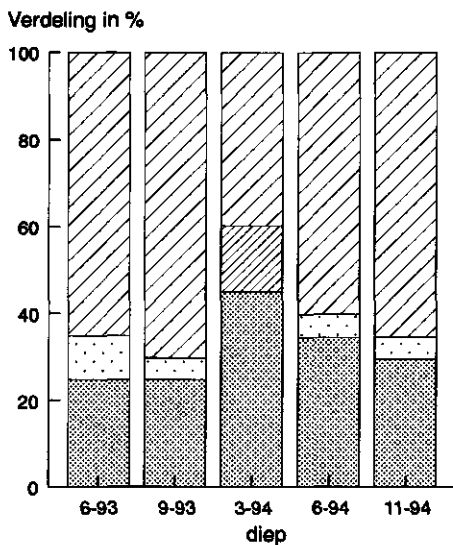
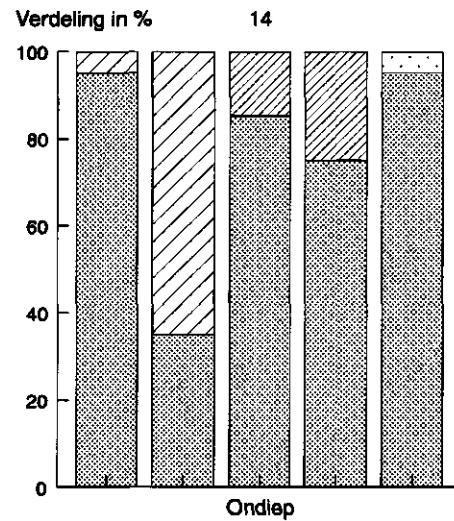
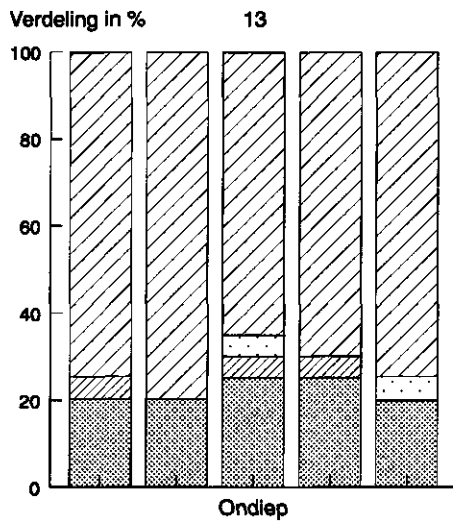
Bij meetpunt 11 is in het diepe grondwater sprake van verontreiniging. Bij het ondiepe grondwater is dat minder het geval. Er is sprake van infiltratie, met uitzondering van maart en juni 1994 waarin de samenstelling op een zekere kwel duidt. In maart 1994 leidde dat tot verontreinigd, ondiep water.

Meetpunt 12 ligt in bij de Oude Rijn, niet ver van de stuwwal van Montferland. De samenstelling van het water duidt op een situatie waarin kwel en infiltratie elkaar afwisselen. Het aandeel verontreinigd water in zowel het diepe als het ondiepe water is erg groot.



Meetpunt 13 (Erfkamerlingschap) ligt evenals meetpunt 12 in de nabijheid van de Oude Rijn. Er treedt uitsluitend infiltratie op met schoon, atmosferisch water. Het ondiepe grondwater heeft een stabiele kwaliteit. Het diepe grondwater is vergelijkbaar met dat bij meetpunt 1 maar heeft een 10% groter aandeel lithotroof water. Meetpunt 13 ligt verder van de stuwwal van Montferland.

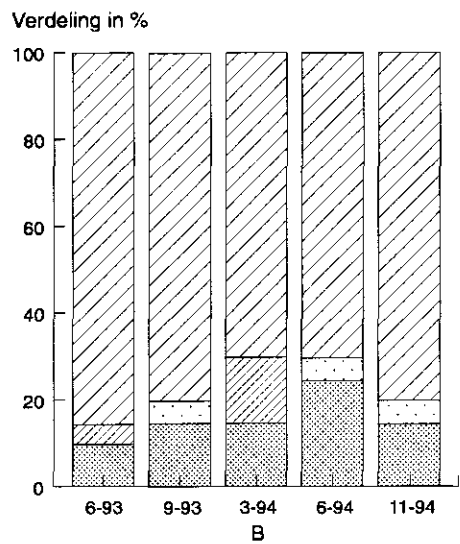
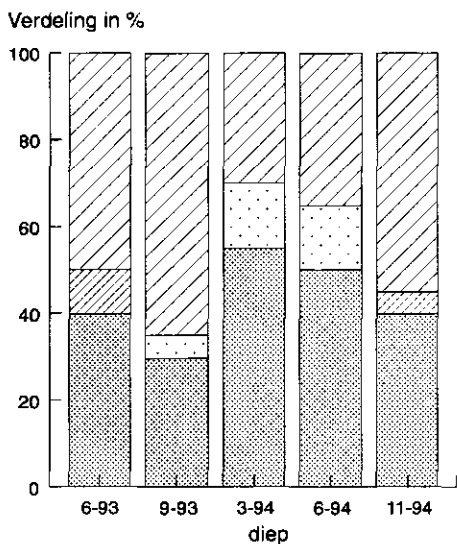
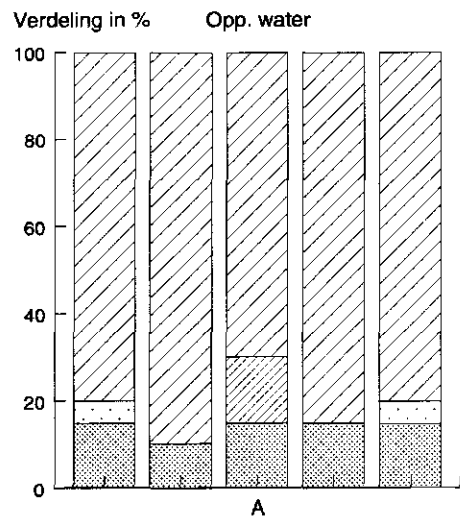
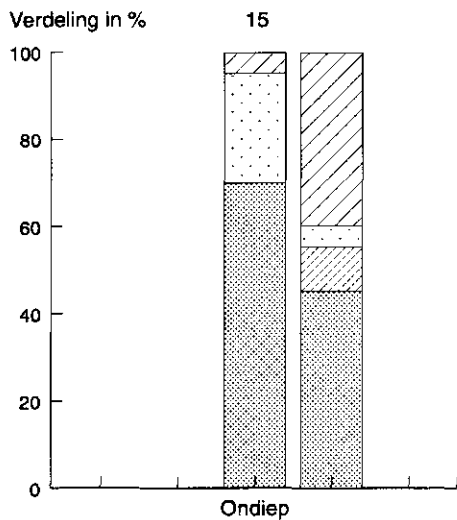
Meetpunt 14 ligt in een omgeving waarin perioden met kwel en infiltratie elkaar afwisselen. Er treedt in het ondiepe en diepe water een fluctuatie in samenstelling op en er is sprake van een zekere verontreiniging.



Het ondiepe grondwater bij meetpunt 15 kon 3 keer niet worden bemonsterd omdat de grondwaterstand te diep was. Het diepe grondwater heeft een wisselende samenstelling met gemiddeld gelijke aandelen atmotroof en lithotroof water. Het water is enigszins verontreinigd.

Het water in het riviertje de Wild (A) bestaat voor een belangrijk deel uit atmotroof kwelwater dat afkomstig is van de stuwwal van Montferland. Het vertoont overeenkomst met het diepe grondwater bij meetplek 1.

Stroomafwaarts van A heeft het water in de Oude Rijn bij B een vergelijkbare atmotrofe samenstelling met een kleine variatie in de samenstelling.



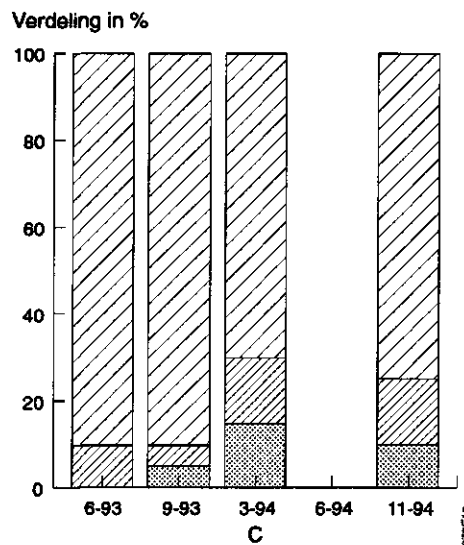
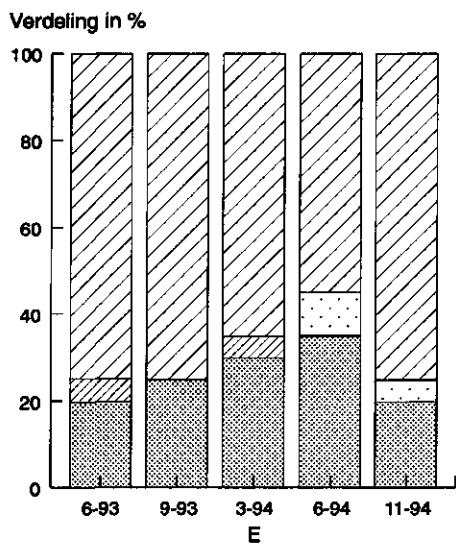
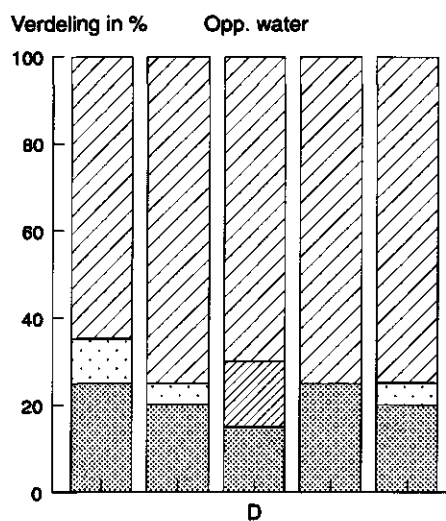
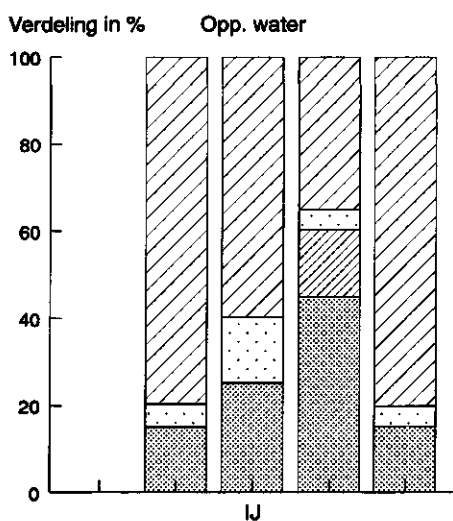
079F 18

Verder stroomafwaarts van B heeft het water in de Oude Rijn bij Y een meer wisselende samenstelling met gemiddeld een groter aandeel lithotroof water. Een groot aandeel lithotroof water gaat gepaard met een toename van het aandeel verontreinigd water.

Bij Bergse Hoofd (D) heeft het water van de Oude Rijn een vrij constant aandeel van 25% lithotroof water.

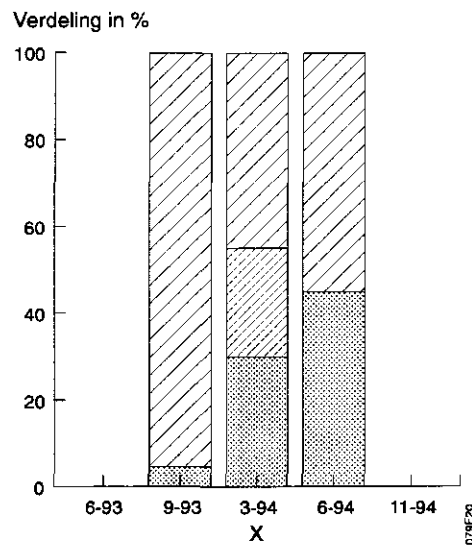
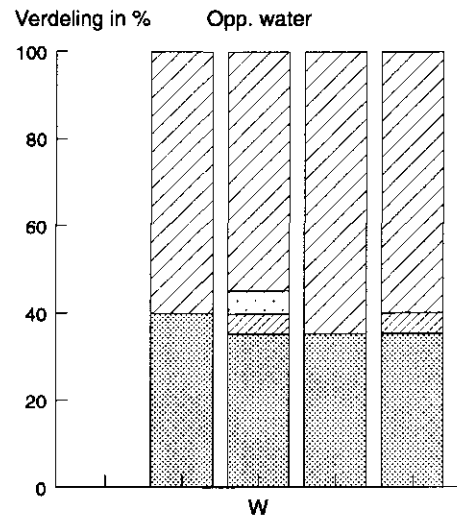
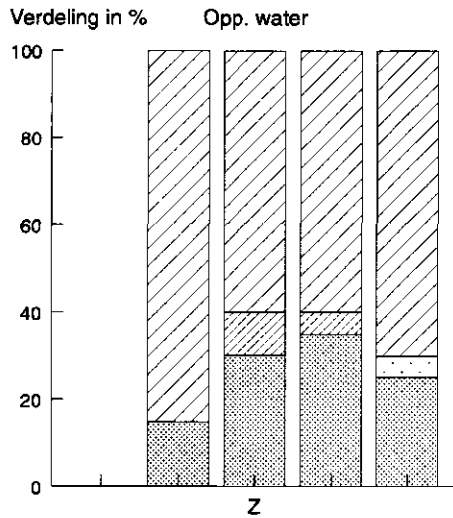
Bij het gemaal Kandia (E) kan water vanuit de Neder Rijn binnen een bepaalde fluctuatie vrij in- en uitstromen. Tijdens de bemonsteringen is geen terugstromend Rijnwater aangetroffen.

Het water in de zandplassen in de Lobberdensche Waard (C) heeft een atmotrofe, enigszins verontreinigde samenstelling. Het wijkt sterk af van het grondwater in de omgeving (7).



In de Oude Rijnstrang heeft het water bij Z een aandeel lithotroof water van 15 - 40%. Verder stroomafwaarts (W) is het aandeel permanent 40%. Voor oppervlaktewater is dat een groot aandeel. Het water is vrijwel niet verontreinigd.

De waterloop door de Drie Dorpen Polder (X) staat regelmatig droog. In tijden met hoge grondwaterstanden wisselen de aandelen van de verschillende watertypen sterk.



Resumerend treedt op de stroomrug ten noordoosten van de Oude Rijn (meetpunten 3 en 8) infiltratie op. Het grondwater is verontreinigd en heeft een wisselende samenstelling. Aan de zuidwestzijde van de Oude Rijn (meetpunten 6 en 11) is het grondwater minder verontreinigd maar het heeft eveneens een wisselende samenstelling. Meestal is sprake van infiltratie. Alleen onder invloed van een hoog rivierpeil treedt kwel op. De kwel bestaat dan niet uit Rijnwater, maar uit een lokaal watertype.

In de uiterwaarden (meetpunten 7 en 15) is de situatie minder duidelijk. Het water is verontreinigd.

Onderaan de Eltenerberg treedt 'arme' kwel uit dat wordt afgevangen door het riviertje de Wild. In de traject tot de Rijn (monsterpunten 1 en 2) treedt infiltratie op, maar dichtbij de Eltenerberg (monsterpunt 1) kan incidenteel kwel optreden. Het water bij monsterpunt 2 is sterk verontreinigd.

Langs de Oude Rijn en de Oude Rijnstrang zijn uiteenlopende situaties aangetroffen. Langs de Oude Rijn is op 3 plekken (12, 5 en 14) situaties met afwisselend kwel en infiltratie aangetroffen. Bovenstrooms bij 12 heeft het grondwater een wisselende, vrij atmotrofe en verontreinigde samenstelling. Middenstrooms bij 5 is het water lithotrofer, maar eveneens verontreinigd (nitraat) en benedenstrooms bij 14 is het overwegend lithotroof met een minder groot aandeel verontreinigd water.





In het bovenstroomse deel van de Oude Rijn is bij meetpunt 13 een situatie met infiltratie met schoon, overwegend atmotroof water aangetroffen. Bij meetpunt 10 is eveneens schoon water aangetroffen, echter zonder dat van een duidelijk situatie met infiltratie sprake is. Langs de Oude Rijnstrang komt vrij permanent kwel voor, bij meetpunt 4 wat minder overheersend dan bij meetpunt 9.

### ***De Ooijpolder en Millingerwaard***

Op grond van de ionensamenstelling is ook voor de Ooijpolder en Millingerwaard de verdeling in de watertypen atmotroof, verontreinigd atmotroof, verontreinigd lithotroof en hard lithotroof berekend. De resultaten staan in figuur 7. Per monsterpunt wordt een korte toelichting wordt gegeven. De invloed van de kwel zal vaak niet tot aan het maaiveld reiken omdat de grondwaterstanden erg diep zijn.

*Fig. 7 Typering van het grondwater en het oppervlaktewater. Per 2 meetplekken voor grondwater of oppervlaktewater wordt op dezelfde bladzijde een toelichting gegeven. Voor de situering van de meetpunten: zie fig. 2*

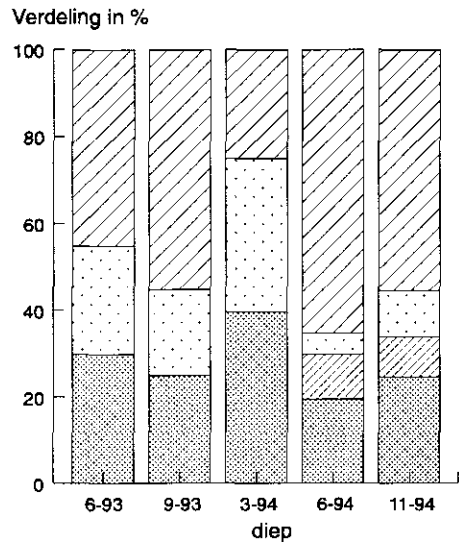
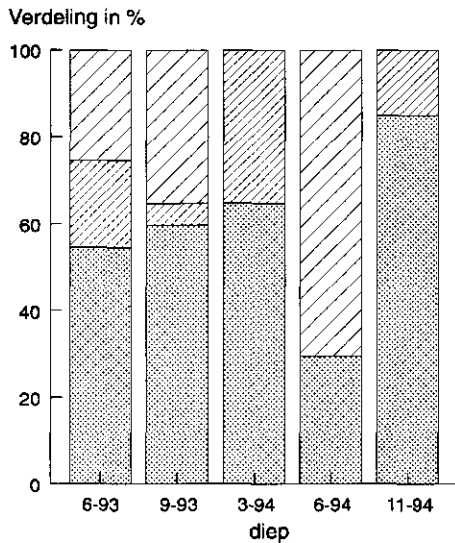
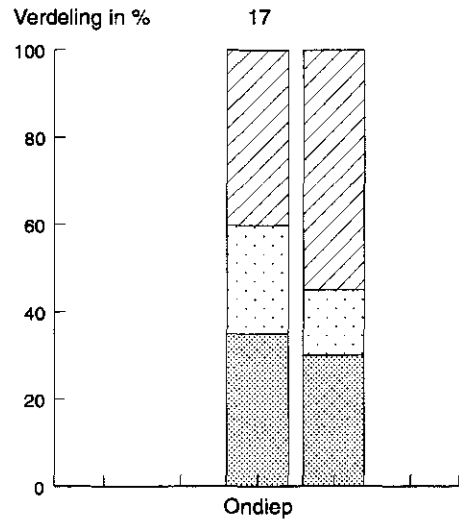
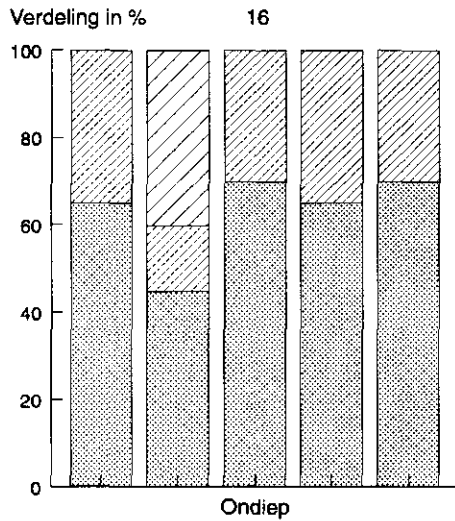
#### **Legenda**

Atmotroof water	
Verontreinigd atmotroof water	
Verontreinigd lithotroof water	
Hard lithotroof water	

079F28

Meetpunt 16 bevat een groot aandeel lithotroef water, zowel diep als ondiep. Er lijkt sprake te zijn van kwel, maar situering van het meetpunt in een oude stroomgeul die met een erg dikke, gelaagde kleilaag is opgevuld en het aandeel verontreinigd water vertroebelen het beeld.

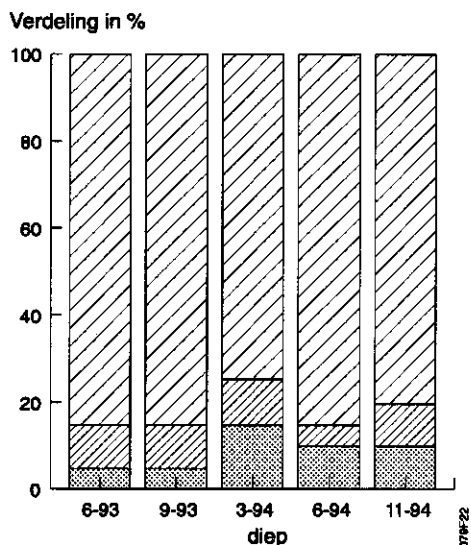
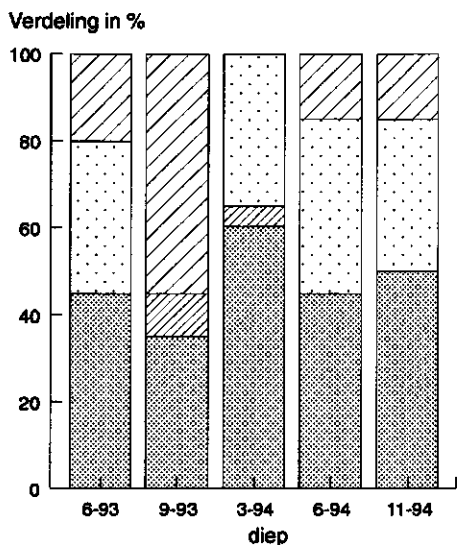
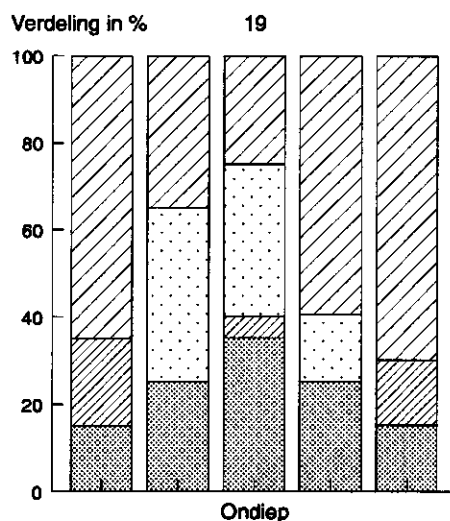
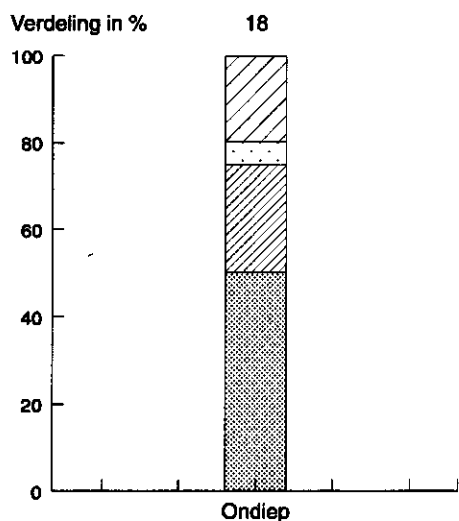
Meetpunt 17 ligt bij Kekerdom in de Millingerwaard. De beide metingen van het ondiepe grondwater duiden op een intermediaire situatie tussen kwel en infiltratie. Het aandeel verontreinigd water is groot, vooral in het diepe grondwater na de periode met hoge grondwaterstanden (maart 1994).





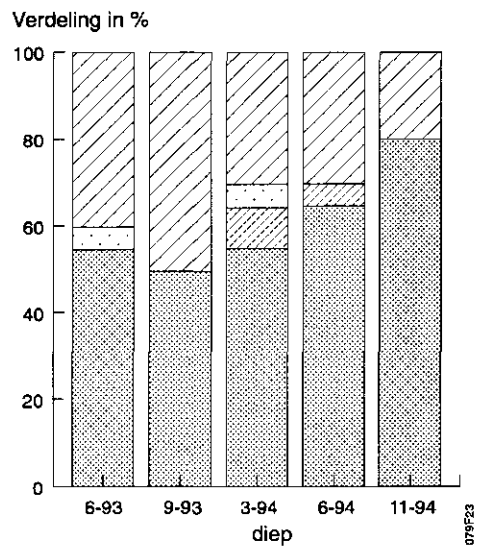
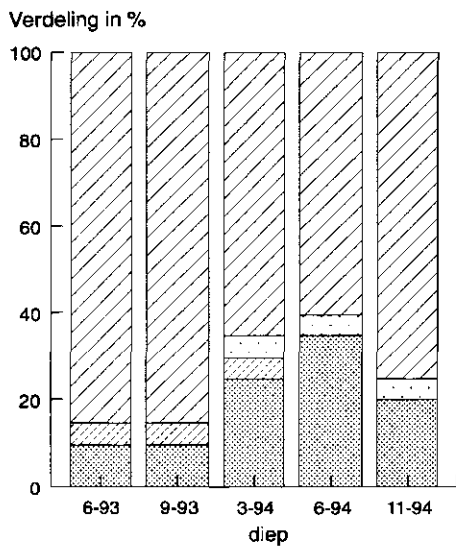
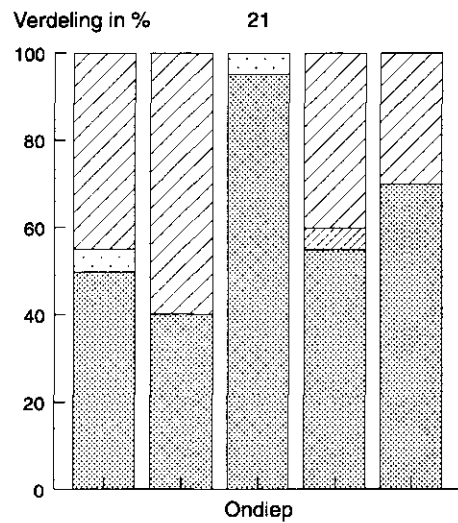
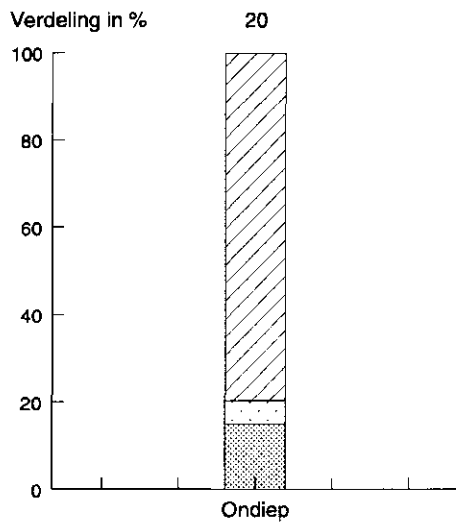
Meetpunt 18 ligt in het noordoosten van de Millingerwaard. De aandelen lithotroof en verontreinigd water zijn groter dan bij meetpunt 17. Waarschijnlijk is het water afkomstig uit de dichtbij gelegen Waal.

Bij meetpunt 19 zou op grond van een groter aandeel lithotroof water in het ondiepe grondwater sprake zijn van kwel. Waarschijnlijk zijn er perioden (maart en juni 1994) waarin dat het geval is, maar het diepe grondwater bestaat uit een atmotroof watertype dat afkomstig is van de kalkloze stuwwal van Nijmegen. Het verschil met neerslagwater is relatief klein waardoor niet duidelijk is welk water in het kleidek rijpt. Het ondiepe grondwater is sterk verontreinigd.



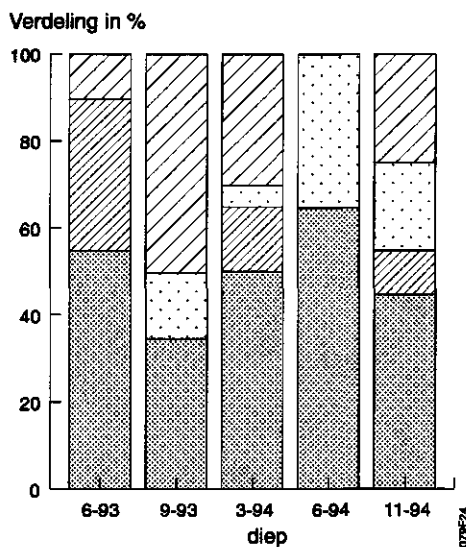
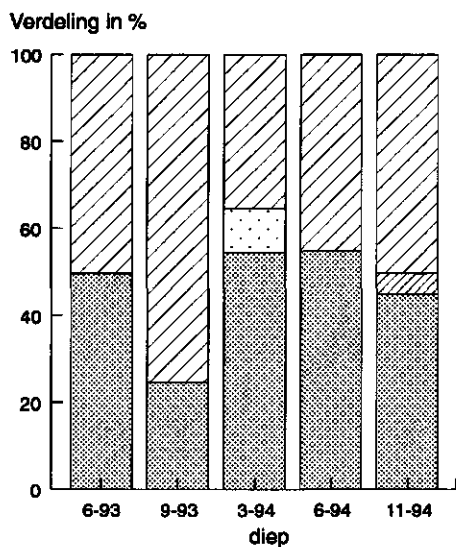
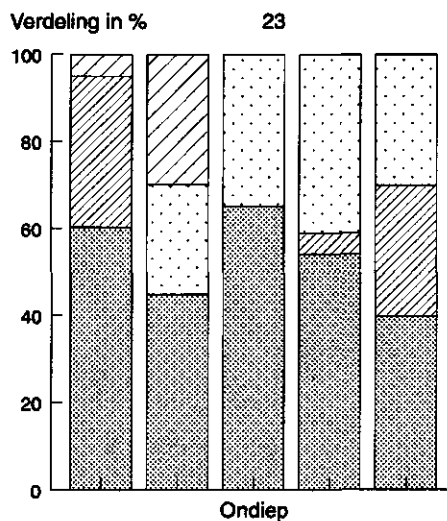
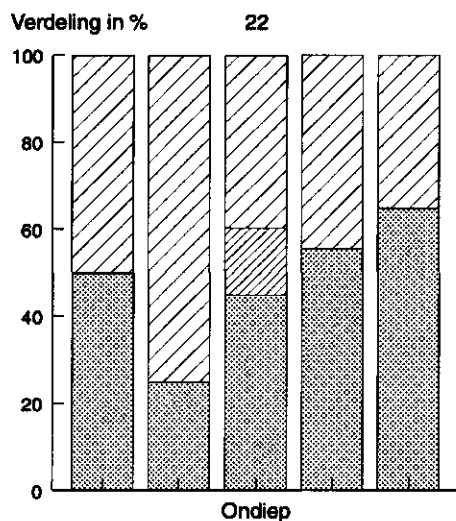
Bij meetpunt 20 heeft het diepe grondwater, in vergelijking met dat bij meetpunt 19, een iets meer lithotrofe samenstelling. In de samenstelling is nog duidelijk het stuwwalwater van Nijmegen te herkennen. Er is sprake van infiltratie.

Meetpunt 21 heeft diep grondwater met een overwegend lithotrofe samenstelling. De invloed van de stuwwal is niet meer aanwezig. Ook het ondiepe grondwater heeft een overwegend lithotrofe samenstelling. Infiltratie domineert, maar er treedt ook kwel op, met name in de periode waarin de grondwaterstanden en rivierpeilen hoog zijn.



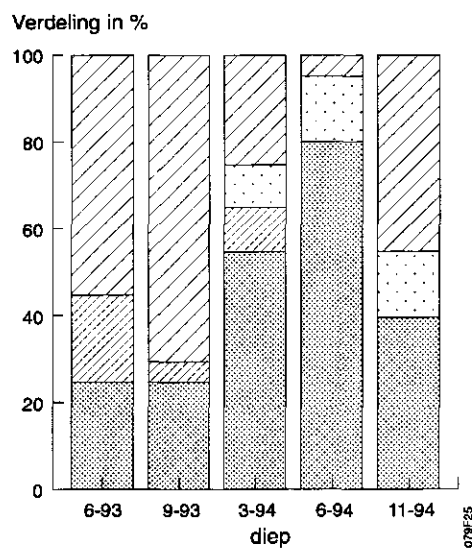
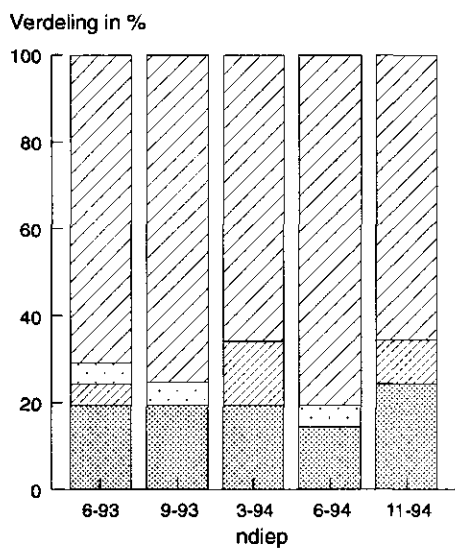
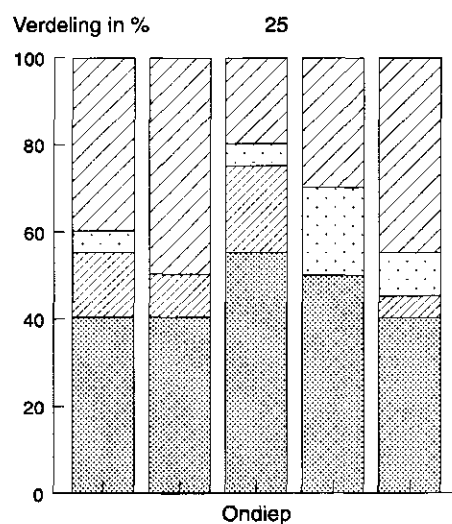
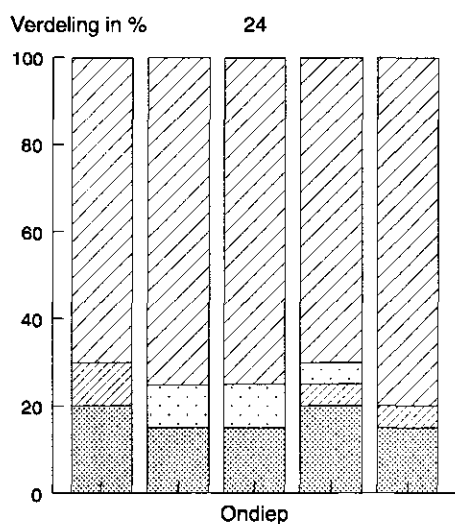
Het diepe en ondiepe grondwater bij meetpunt 22 heeft een vrijwel identieke, schone samenstelling waarin geen kwel of infiltratie te herkennen is.

Het grondwater bij meetpunt 23 is sterk verontreinigd. Het aandeel atmosferisch water in het diepe en ondiepe grondwater is klein, maar het is niet duidelijk of er sprake is van kwel. Het meetpunt ligt in een oude, diepe rivierbedding. De dikke kleilaag en het grote aandeel verontreinigd water vertroebelen de situatie.



Het grondwater bij meetpunt 24 heeft op beide dieptes een atmotrofe, licht verontreinigde samenstelling. In het diepe grondwater is nog een deel kalkloos stuwwalwater aanwezig, terwijl de neerslag door een kalkloos kleidek percoleert.

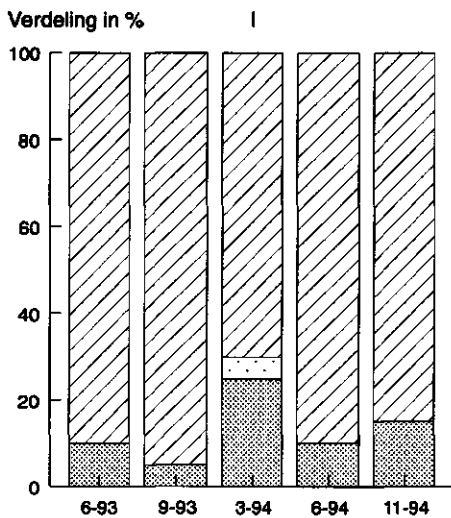
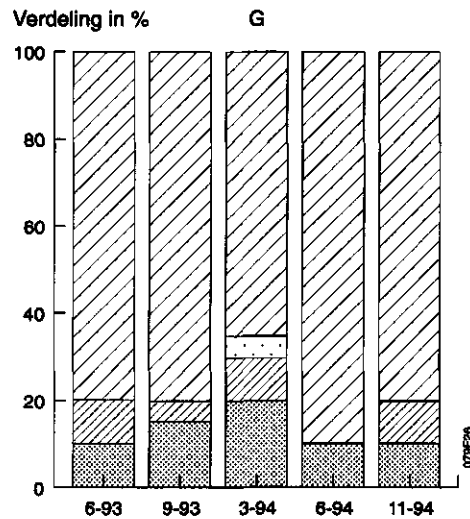
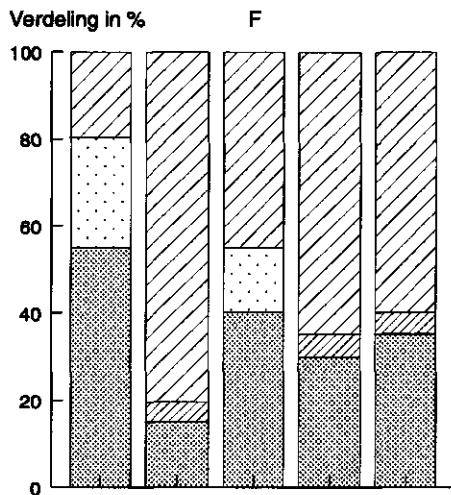
Meetpunt 25 ligt in de uiterwaarden waar vooral in het diepe grondwater een grote wisseling in watertypen optreedt. Infiltratie overheerst, maar er treedt ook kwel op. Het water is permanent verontreinigd.



Meetpunt F ligt in de Ooysche Graaf. Deze waterloop voert water met een sterk wisselende samenstelling af. Het vormt een verdunde afspiegeling het vervuilde, lithotrofe grondwater dat bij meetpunt 23 is aangetroffen.

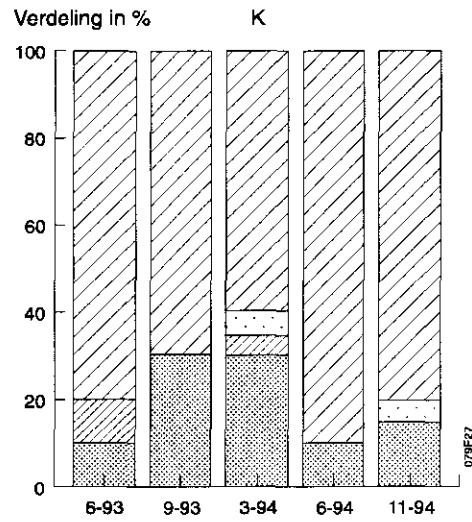
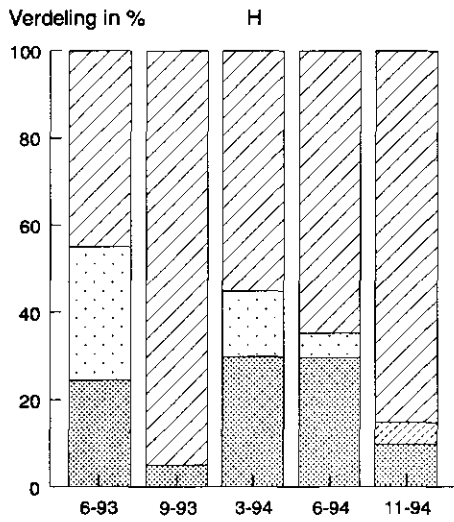
Het oppervlaktewater in een zandplas in de Millingerwaard (G) heeft een overwegend atmotrofe samenstelling met een wisselende verontreiniging.

Het water in een binnendijkse zandplas (I) heeft een samenstelling die vergelijkbaar is met het water in een zandgat in de Millingerwaard (G). Alleen de mate van verontreiniging verschilt. Bij I is het water schoon en bij G verontreinigd.



In de uiterwaarden bij Tiengeboden (K) heeft het water in een kleigat een meer lithotrofe samenstelling dan het water in de zandgaten. De variatie in watertypen is wel groter.

Het Meer (H) voert in droge perioden (juni 1993 en juni 1994) atmotroof water af dat afkomstig is van de stuwwal. In natte perioden neemt het aandeel lithotroof water vanuit het achterland toe.



Resumerend heeft het water dat afkomstig is van de stuwwal van Nijmegen een atmotroof, verontreinigd karakter. Aan de voet van de stuwwal kan kwel optreden (meetpunt 19), maar infiltratie overheerst. Op enige afstand van de stuwwal treedt infiltratie op, maar wordt het stuwwalwater nog ondiep in de zandondergrond aangetroffen (meetpunten 20 en 24), waarna het dieper wegduikt. Verder in de richting van de Waal (meetpunt 21) is het niet meer aangetroffen. In delen van de uiterwaarden en in een brede binnendijkse zone treedt in perioden met een hoog rivierpeil kwel op. Het binnendijkse kwelwater is van lokale herkomst. Het grondwater in de uiterwaarden is vervuild. Het oppervlaktewater in de uiterwaarden is over het algemeen meer beïnvloed door atmotroof water.

Het grond- en oppervlaktewater in omgeving van de Ooysche Graaf is verontreinigd (meetpunt 23).

### **3.4 EC-routing**

#### ***Het Rijnstrangengebied***

De verdeling in watertypen die op grond van het elektrisch geleidingsvermogen is berekend staat in figuur 8. Op meerdere stroomruggen, zoals de Pannerdensch Waard, de Drie Dorpen Polder en de Ossenwaard is weinig oppervlaktewater aangetroffen.

In het Rijnstrangengebied komt het atmotrofe watertype 1 met uitzondering van een geïsoleerde plas ten zuiden van Oud Zevenaar niet voor. Al dan niet verontreinigd water waarin het aandeel kwelwater domineert (type 4) komt eveneens niet voor. Het water dat in het Rijnstrangengebied voorkomt is matig hard met een beperkte invloed van kwel (type 2) tot vrij hard met een groter aandeel kwel (type 3). Het water in de Wild en in de boven- en benedenloop van de Oude Rijn valt onder type 2. De samenstelling van het water in de Wild en in de bovenloop van de Oude Rijn bij Erfkamerlingschap wordt beïnvloed door arm grondwater dat afkomstig is van de stuwwal van Montferland. De grootste kwelinvloed is aanwezig in de Oude Rijnstrang en Oude Rijn bij de Grootte Geldersche Waard en de Kleine Geldersche Waard.

Het water in de verspreid liggende wielen en plassen in de uiterwaarden heeft een overwegend atmotrofe samenstelling. In de diepere Loopplas en De Bijland is de invloed van lithotroof water wel groter. Beide plassen staan in open verbinding met de Rijn.

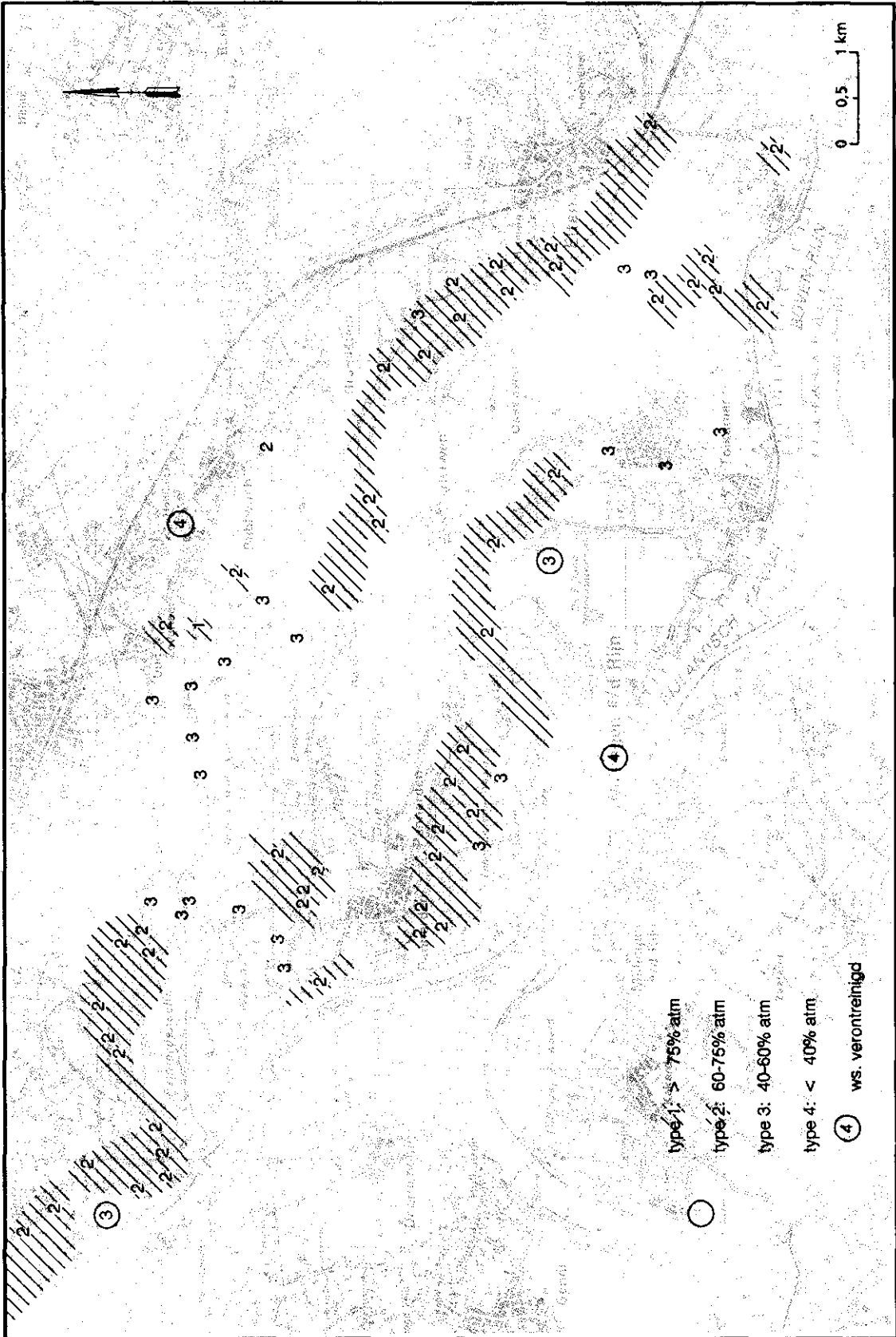


Fig. 8 Typering van het oppervlaktewater aan de hand van EC-metingen (d.d. 14 en 15 november 1994) in het Rijnstrangengebied



### ***De Ooijpolder en Millingerwaard***

In de Ooijpolder en Millingerwaard voerden veel waterlopen water waardoor een goed beeld van de verspreiding van de verschillende watertypen is verkregen (fig. 9).

Het water met de grootste overeenkomst met atmotroof water (type 1), is aangetroffen in de Polder van Beek, onderaan de stuwwal van Nijmegen. Water dat als matig hard kan worden aangemerkt (type 2) is aangetroffen in een aantal waterlopen verspreid door het hele gebied, maar vooral ook in de vele wielen, kleiputten en zandgaten die in het gebied voorkomen. Vaak betreft het stagnerend, relatief schoon water. Water waarin het aandeel atmotroof water weliswaar nog ongeveer de helft bedraagt maar sprake is van een situatie met kwel (type 3) is aangetroffen in het landbouwgebied ten noorden en westen van Persingen en in verschillende binnen- en buitendijkse plassen langs de Waal. Waarschijnlijk is het water in een aantal gevallen verontreinigd. Het water in het landbouwgebied tussen Millingen aan de Rijn en Leuth is dominant lithotroof (type 4). Dat type is, met uitzondering van de Polder van Beek, ook verspreid door het hele onderzoeksgebied aangetroffen. In een aantal gevallen is het echter verontreinigd.

Opvallend is, dat het water in het natuurontwikkelingsgebied Millingerwaard ondanks de inundaties van afgelopen winter naar 'achteren' (noordoosten) een steeds grotere gelijkenis met atmotroof water heeft. Uitzondering vormt het water in een ondiepe kleiputten dat waarschijnlijk beïnvloed is door graafwerkzaamheden die recent hebben plaatsgevonden.

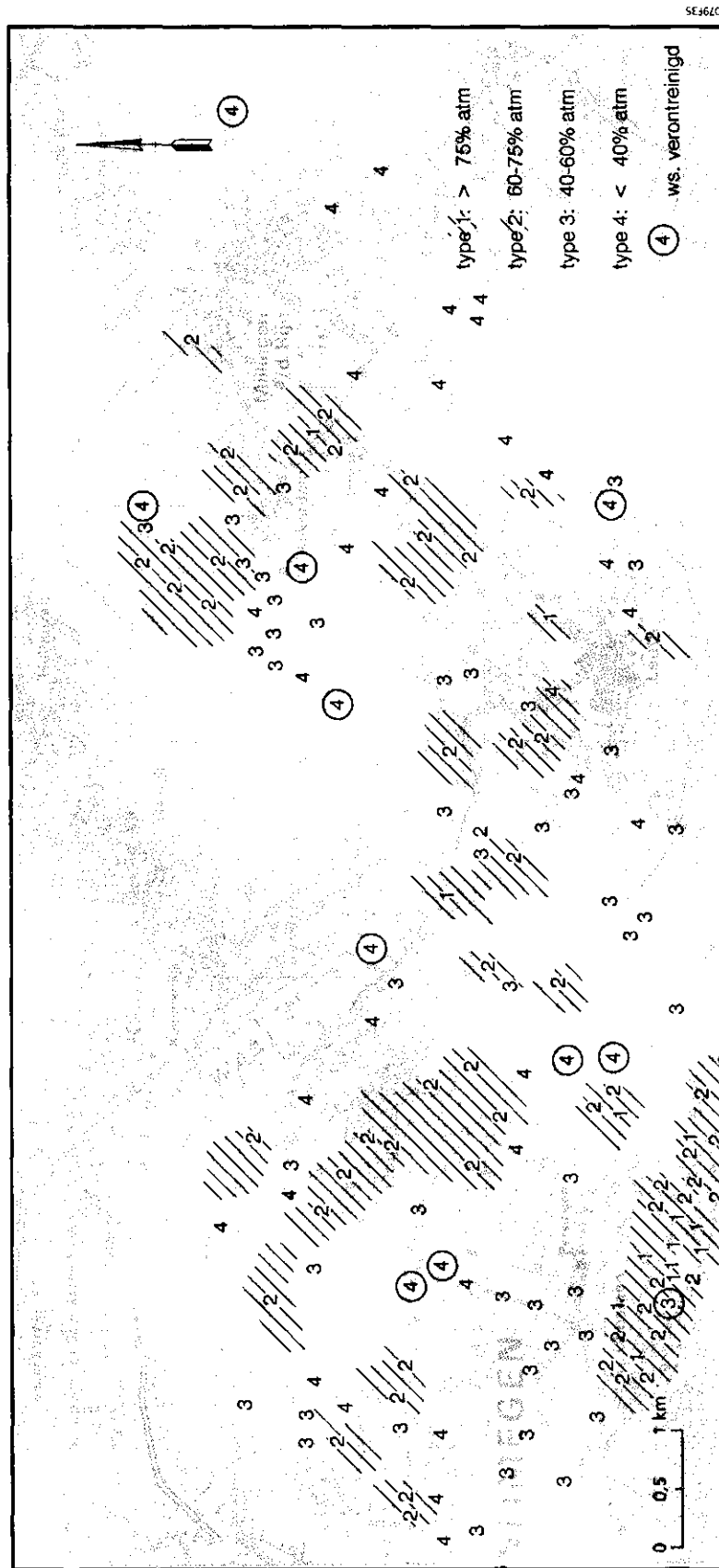


Fig. 9 Typering van het oppervlaktewater aan de hand van EC-metingen (d.d. 14 en 15 november 1994) in het Rijnstrangengebied

## 4 Hydrologie van het grondwater

### 4.1 Methode

De grondwaterstanden in de buizen van het meetnet in het Rijnstrangengebied worden tweemaandelijks door het Polderdistrict Rijn en IJssel gemeten. Met eenzelfde meetfrequentie worden de standen in de Ooijpolder en Millingerwaard door het Polderdistrict Groot Maas en Waal opgenomen. De meetgegevens zijn voor verdere verwerking ter beschikking gesteld aan DLO-Staring Centrum. Voor het Rijnstrangengebied betreft het gegevens van de 15 punten van het meetnet over de periode 14 januari 1994 tot 28 september 1994 en voor de Ooijpolder/Millingerwaard gegevens van 10 meetpunten over de periode 28 juli 1993 tot 14 november 1994. Landmeters van de Provincie Gelderland hebben de buishoogtes ten opzichte van NAP ingemeten.

De grondwaterstanden zijn omgerekend naar NAP-hoogte. Hieruit zijn de stijghoogteverschillen tussen het diepe en ondiepe grondwater berekend. De verschillen geven de richting van de verticale stromingscomponent van het grondwater aan. Verder zijn met de meetgegevens tijd-stijghoogtelijnen en overschrijdingsduurlijnen getekend. Tijd-stijghoogtelijnen geven inzicht in de dynamiek van het grondwater en in de omstandigheden waaronder het grondwater bemonsterd is. Uit de overschrijdingsduurlijnen kunnen hoogste en laagste standen eenvoudig worden afgelezen. De vorm van een duurlijn is veelal karakteristiek voor de hydrologische situatie (Nieman, 1973).

De horizontale stroming van het grondwater wordt afgeleid uit de standen die per raai zijn uitgezet. Een verdere uitwerking wordt gegeven aan perioden met een hoge en een lage grondwaterstand en aan een gemiddelde situatie. Deze gegevens worden in kaart gebracht en gerelateerd aan het isohypsenpatroon dat de hydrologische studie Gelderse Poort (IWACO, 1993) heeft opgeleverd.

### 4.2 Grondwaterstanden

#### *Het Rijnstrangengebied*

De meetpunten 9 en 10 langs de Oude Rijn en meetpunt 7 in de uiterwaarden konden door de hoge standen in januari en maart niet worden opgenomen.

Uit de beschikbare gegevens zijn per meetpunt de gemiddelde stijghoogteverschillen tussen het diepe en ondiepe grondwater berekend. De verschillen zijn minimaal, niet alleen bij de meetpunten waar het diepe en het ondiepe filter in de grove zandondergrond staan, maar ook bij de meetpunten waar dat niet het geval is. Het gemiddelde verschil is nergens groter dan 1 cm. Situaties met kwel of infiltratie kunnen hiermee niet worden aangetoond.

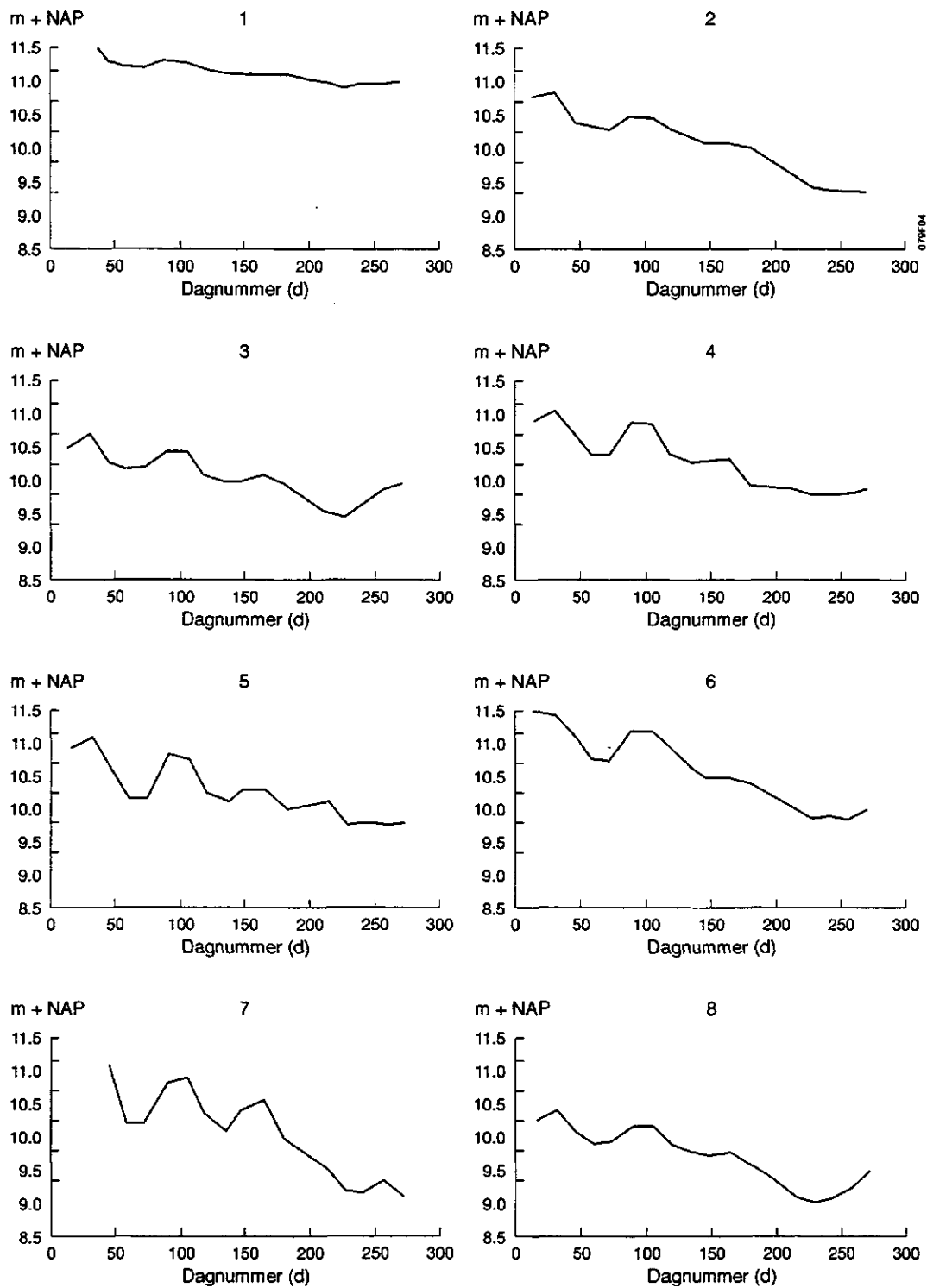


Fig. 10 Tijd-stijghoogtelijnen van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket in m + NAP over de periode 14 januari - 28 september 1994 (dagnummer 14 - 271)

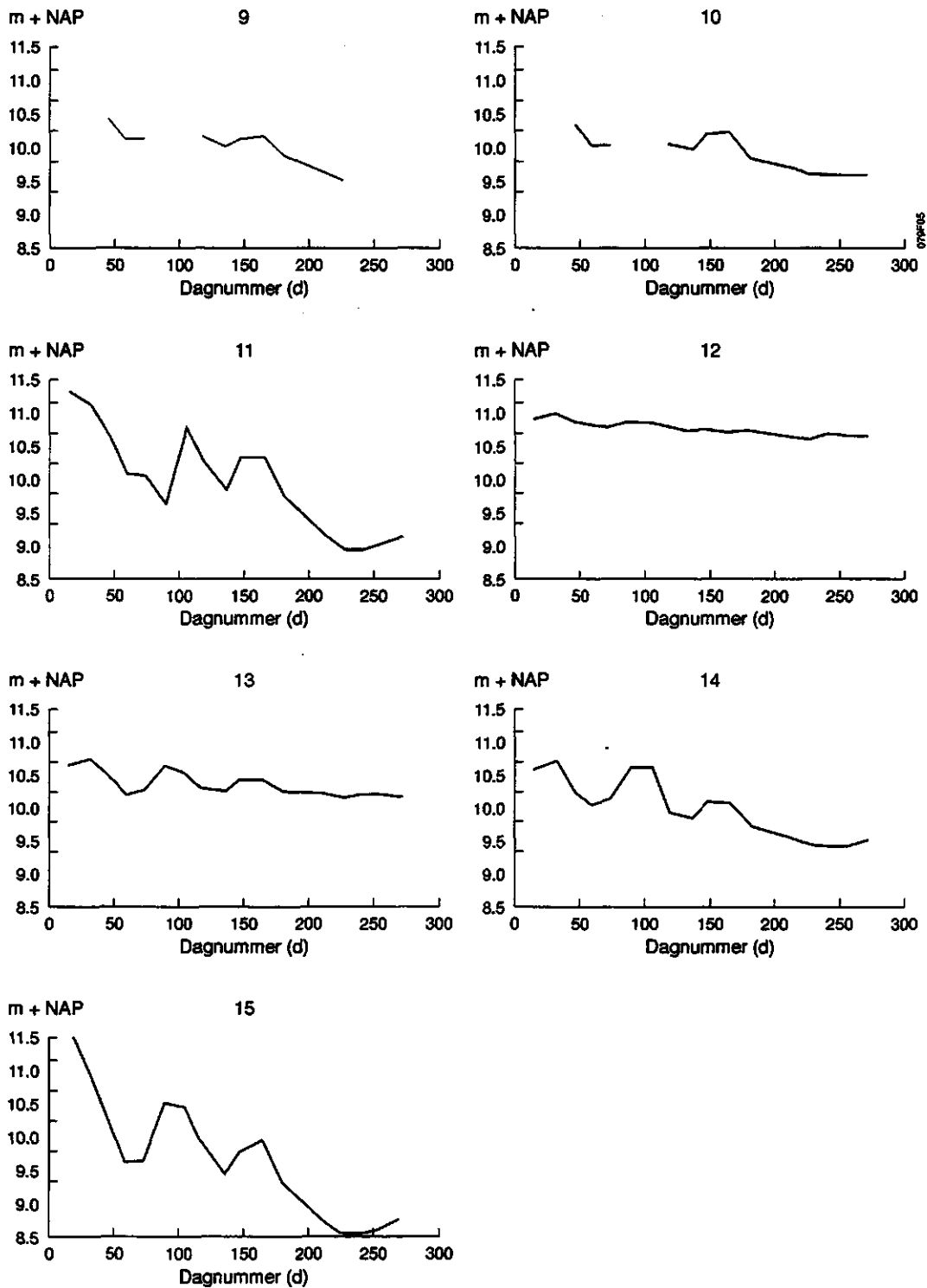


Fig. 10 (vervolg)

Aangezien het verschil in stijghoogte tussen het diepe en ondiepe grondwater klein

is, zijn alleen de diepe stijghoogtegegevens als tijd-stijghoogtelijnen samengesteld (fig. 10). Er blijken aanzienlijke verschillen te zijn. In het oosten van het gebied is de grondwaterstand aan de voet van de Eltenerberg (meetpunten 1 en 12) het hoogst, terwijl de fluctuatie erg klein is. Verder naar het zuidwesten (meetpunt 2) wordt de invloed van de Rijn groter. Het rivierpeil en de grondwaterstand blijven tot ver in de zomer dalen. Eenzelfde beeld laten ook de andere meetpunten zien die dicht bij de rivier zijn gesitueerd (meetpunten 6, 7, 11, 14 en 15), maar hier treden frequentere fluctuaties op doordat er geen permanente voeding vanuit het achterland plaatsvindt. De meetpunten die benedenstrooms van de bodemval bij de Erfkamerlingschap in de uiterwaarden van de Oude Rijn liggen (meetpunten 4, 5, 9, 10, 14) staan onder invloed van het oppervlaktewaterpeil dat, binnen bepaalde randvoorwaarden, via het gemaal Kandia in open verbinding staat met de Rijn. Daardoor fluctueert de grondwaterstand in de eerste helft van 1994 sterk, maar zet een verdere daling in de loop van de zomer niet door. Meetpunt 13 ligt in de omgeving van de bodemval in de Erfkamerlingschap. Het verloop van de grondwaterstand vormt de overgang van het bovenstroomse, relatief stabiele verloop bij meetpunt 12 naar het benedenstroomse, dynamischer verloop bij meetpunt 5. Ten noorden van het Rijnstrangengebied liggen de meetpunten 3 en 8. In vergelijking met de grondwaterstand in de uiterwaarden van de Oude Rijn zijn de hoogste standen door ontwatering afgevlakt. In de zomer staan de waterlopen droog en zakt het grondwater dieper weg.

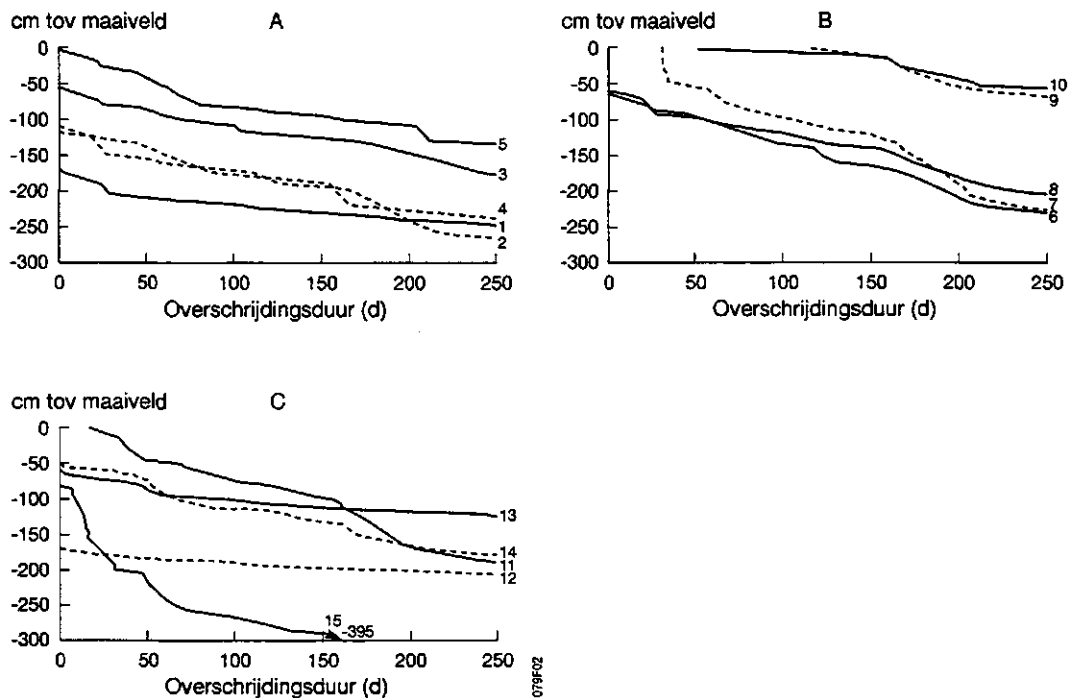


Fig. 11 Overschrijdingsduurlijnen van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket in cm ten opzichte maaiveld over de periode 14 januari - 28 september 1994

De overschrijdingsduurlijnen van het grondwater staan in figuur 11. De standen zijn ten opzichte van maaiveld uitgezet, maar rekening moet worden gehouden met vaak

variërende maaiveldhoogtes rond de meetpunten. In bepaalde gevallen duidt een holle duurlijn op infiltratie en een bolle duurlijn op kwel. Op grond van het quotiënt van de gemiddelde stand over de periode van 14 januari tot 28 september ( $z$ ) en de stand die even vaak wordt onder- als overschreden ( $x$ ) kan worden afgeleid of de lijn hol ( $z/x < 1$ ) dan wel bol ( $z/x > 1$ ) is. Bij meetpunt 5 is de waarde groter dan 1 en zou sprake zijn kwel en bij de meetpunten 7, 9, 10, 11 en 15 met een waarde kleiner dan 1 infiltratie. Het peil in de Rijn en Oude Rijn heeft bij de meeste plekken echter een dominante invloed op het grondwaterstandsverloop, wat tot een onjuiste interpretatie kan leiden. Wel is duidelijk dat de meetpunten die dicht bij de Rijn liggen (meetpunten 7, 11 en 15) over een periode van 100 dagen lage standen hadden en daarmee de grootste amplitudo van het grondwater ( $> 2$  meter). De kleinste amplitudo ( $< 1$  meter) treedt op bij de meetpunten 1, 12 en 13 die bij de Eltenerberg liggen.

### ***De Ooijpolder en Millingerwaard***

De meetpunten 17, 18 en 25 in de uiterwaarden konden door de hoge standen in januari en maart 1994 niet worden opgenomen en bij de meetpunten 18 en 20 stonden de ondiepe meetbuizen gedurende langere perioden droog. Meetpunt 18 ligt op enkele honderden meters van de Waal in een relatief hooggelegen gedeelte van de Millingerwaard en meetpunt 20 onderaan de woonheuvel van Persingen.

De gemiddelde stijghoogteverschillen tussen het diepe en het ondiepe grondwater zijn bij 6 van de 10 plekken klein. Bij 2 punten (18 en 20) waren onvoldoende gegevens beschikbaar. Bij de plekken 16 en 23 was wel een kwelindexerend verschil. Op deze beide plekken is een vaak stugge, meer dan 5 meter dikke kleilaag aanwezig.

Voor de tijd-stijghoogtelijnen die in figuur 12 ten opzichte van NAP staan afgebeeld is de periode 14 januari - 28 september aangehouden, de periode waarover voor het Rijnstrangengebied meetgegevens beschikbaar waren. Tussen Nijmegen en Ooij (meetpunten 22 en 25) worden in de loop van de zomer de laagste standen in het gebied bereikt onder invloed van de drainerende werking van de Waal.

Er is een opvallend verschil tussen de meetpunten die in de Millingerwaard liggen (meetpunten 17 en 18). Het verloop van het grondwater bij meetpunt 17 is vergelijkbaar met het verloop verder stroomafwaarts in de uiterwaarden (meetpunt 25). Meetpunt 18 ligt relatief hoog en dicht bij de langs de Waal. Het grondwater fluctueert er sterk en in tegenstelling tot de overige meetpunten stijgt het grondwaterpeil aan het einde van de zomer. Op 15 augustus is de diepste stand in het gebied ten opzichte van het maaiveld gemeten, 5,28 m. Ondiepe grondwaterstanden, waarin bovendien weinig fluctuatie optreedt zijn bij meetpunt 19 gemeten. Dit meetpunt ligt aan de voet van de stuwwal van Nijmegen. Een vergelijkbaar verloop laat meetpunt 24 zien. Meetpunt 20 ligt op een zelfde afstand tot de stuwwal als meetpunt 20, maar wordt hiervan gescheiden door Het Meer dat een sterk drainerende werking heeft. Het grondwaterpeil is een meter dieper. Verder in de richting van Waal (meetpunt 21) neemt de fluctuatie toe.

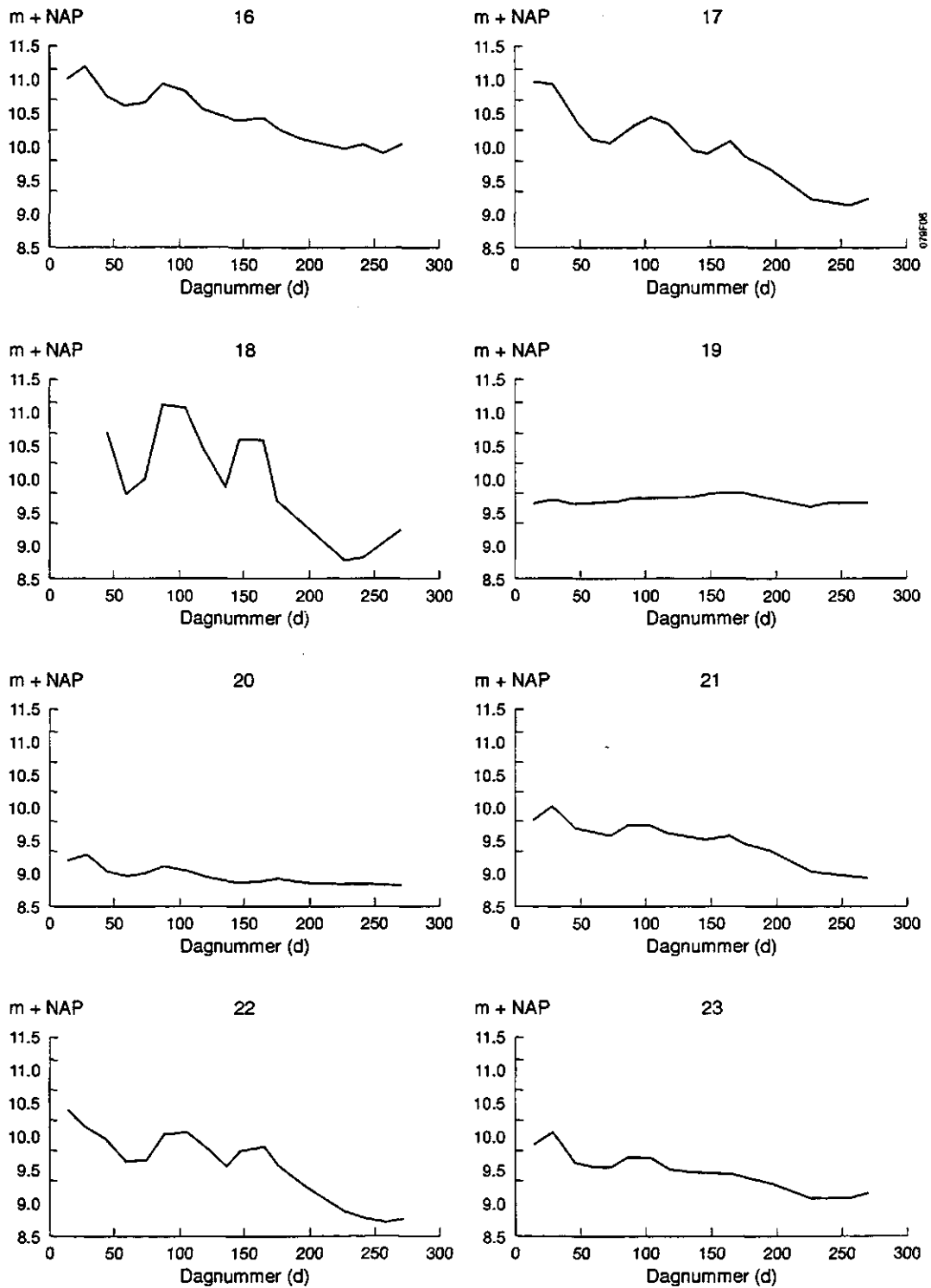


Fig. 12 Tijd-stijghoogtelijnen van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket in m + NAP over de periode 14 januari - 28 september 1994 (dagnummer 14 - 271)



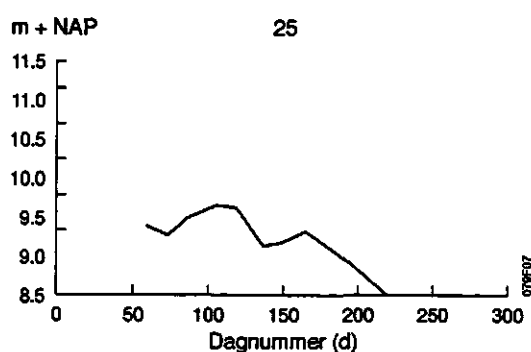
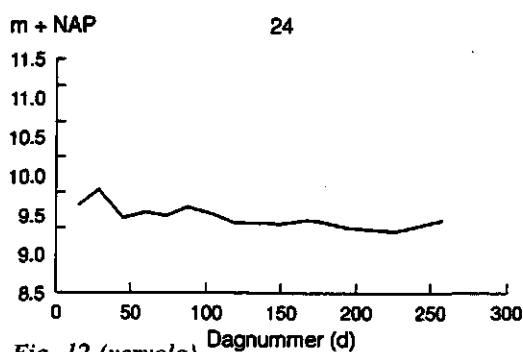


Fig. 12 (vervolg)

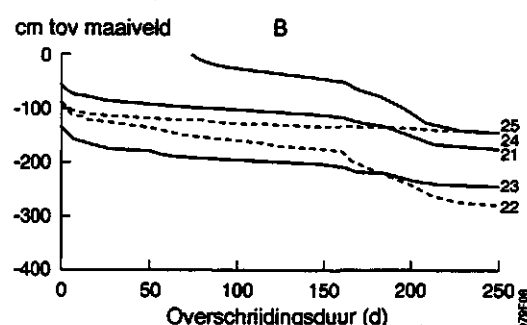
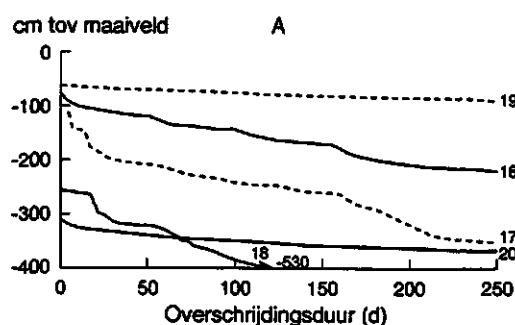


Fig. 13 Overschrijdingsduurlijnen van het grondwater in het ondiepe watervoerende pakket in cm ten opzichte maaiveld over de periode 14 januari - 28 september 1994

De overschrijdingsduurlijnen ten opzichte van maaiveld (fig. 13) laten zien dat de grootste dynamiek optreedt in de uiterwaarden, met name bij plek 18 in de Millingerwaard. Het dichtst bij de stuwwal van Nijmegen (meetpunten 19 en 23) en langs de diep drainerende Ooijsche Graaf (meetpunt 23) en Het Meer (meetpunt 20) is de amplitudo met minder dan 1 meter het kleinst.

### 4.3 Grondwaterstroming

#### *Het Rijnstrangengebied*

In figuur 14 is voor de meetpunten uit eenzelfde raai de overschrijdingsduur van het grondwater ten opzichte van NAP uitgezet. Samen met de tijd-stijghoogtelijnen uit figuur 10 wordt hiermee een beeld verkregen van de stromingsrichting en het verhang van het grondwater.

Bij raai A is de grondwaterstroming van meetpunt 1 naar meetpunt 2 gericht. Het verhang neemt toe bij lage grondwaterstanden.

Bij raai B heeft het grondwater in de Drie Dorpen Polder ten zuiden van Aerdt (meetpunt 6) de hoogste standen en stroomt het water in noordoostelijke richting naar de Oude Rijn (meetpunt 5) en in zuidwestelijke richting naar de Rijn (meetpunt 7). Alleen in erg natte omstandigheden is het peil in de uiterwaarden van de Rijn hoger en is er uitsluitend sprake van een noordoostelijke stroming. Aan de noordzijde

en ten zuiden van de Kleine Geldersche Waard (meetpunten 4 en 5) heeft het grondwater een vergelijkbare overschrijdingsduur. Tijdens droge perioden convergeren beide lijnen met die van meetpunt 6 op een niveau van ongeveer 9,8 m + NAP. Het grondwater aan de noordzijde van raai B-B' (meetpunt 3) heeft over het algemeen het laagste niveau. Alleen aan het begin van natte perioden waarin het peil in de Rijn en in de Oude Rijn minder snel stijgt dan het grondwater is er sprake van een zuidwestelijke stroming van het grondwater. De overige tijd is de stroming noordoostelijk. Tijdens perioden met hoge grondwaterstanden wordt het grondwater niveau afgevlakt door lokale ontwateringsmiddelen die uitkomen op de Hengelder Leigraaf.

De situatie bij raai C-C' is vergelijkbaar met die bij raai B-B'. Ook hier stroomt het grondwater aan de noordzijde van de raai niet in de richting van de Oude Rijnstrang. Alleen gedurende perioden met een hoog peil van de Rijn treedt er in de gehele raai een noordoostelijke stroming op.

De raai in de stromingsrichting van de Oude Rijn, raai D-D', laat zien dat er in droge perioden sprake is van een gelijkmatig verhang, maar dat in natte perioden het water in het midden- en benedenstroomse gedeelte langs de Oude Rijn (meetpunten 5 en 14) er een opstuwung plaatsvindt. In de natste periode was het peil van de Rijn nog aanzienlijk hoger; de uiterwaarden stonden onder water (meetpunt 15).

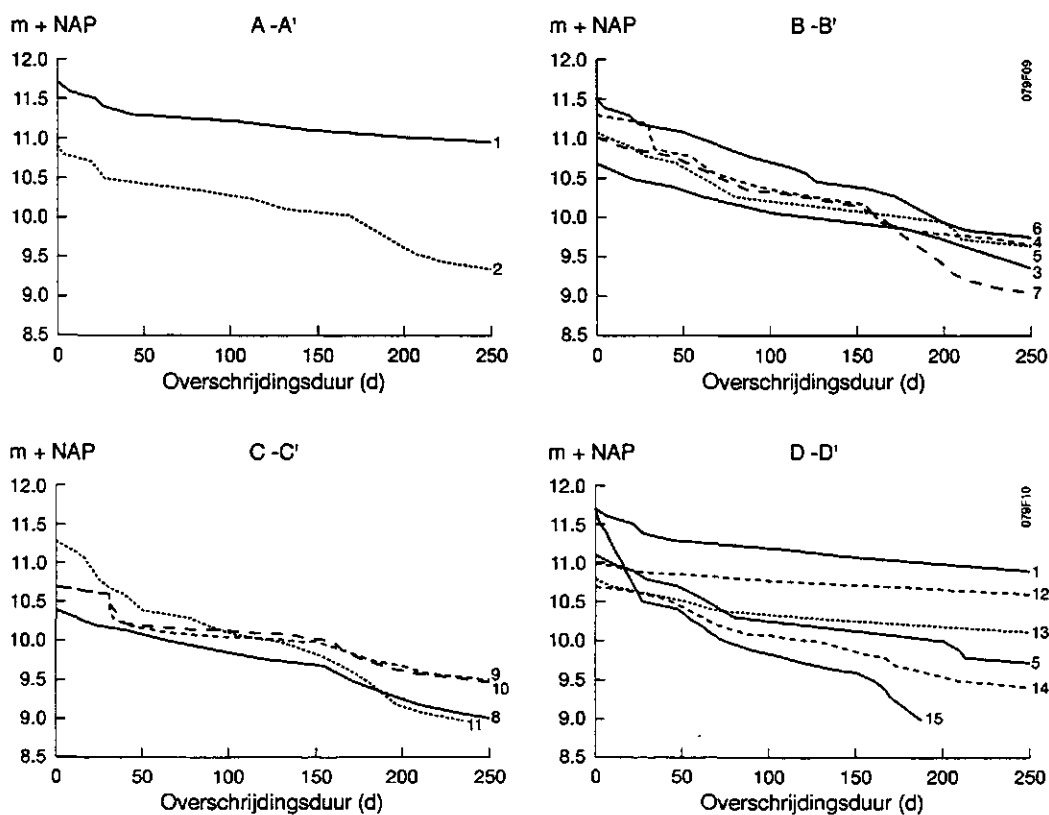
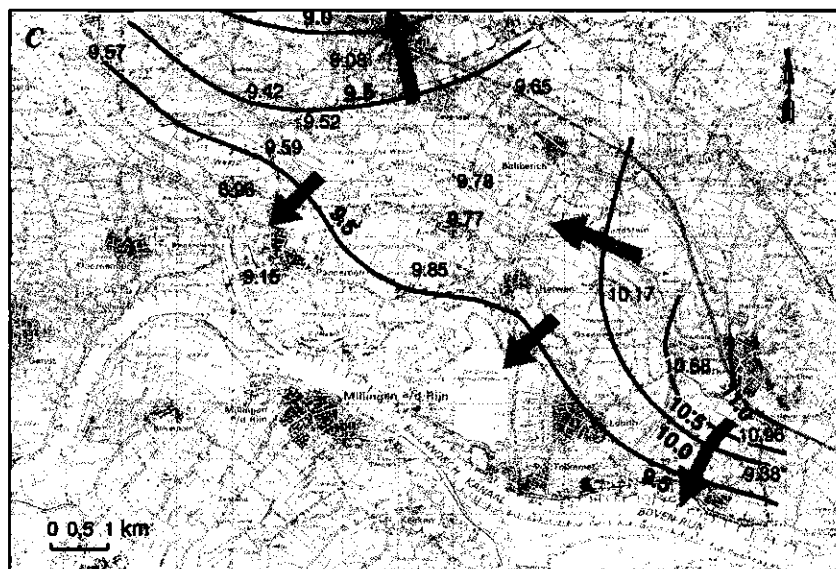
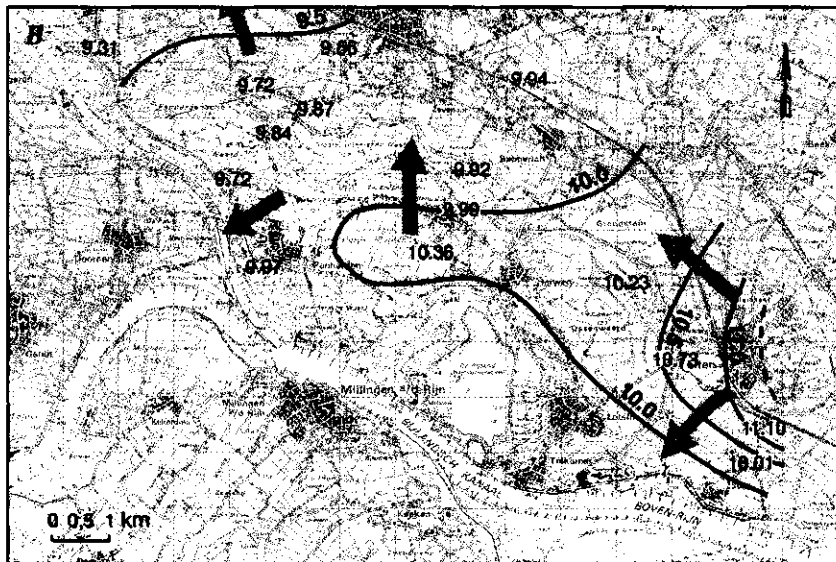
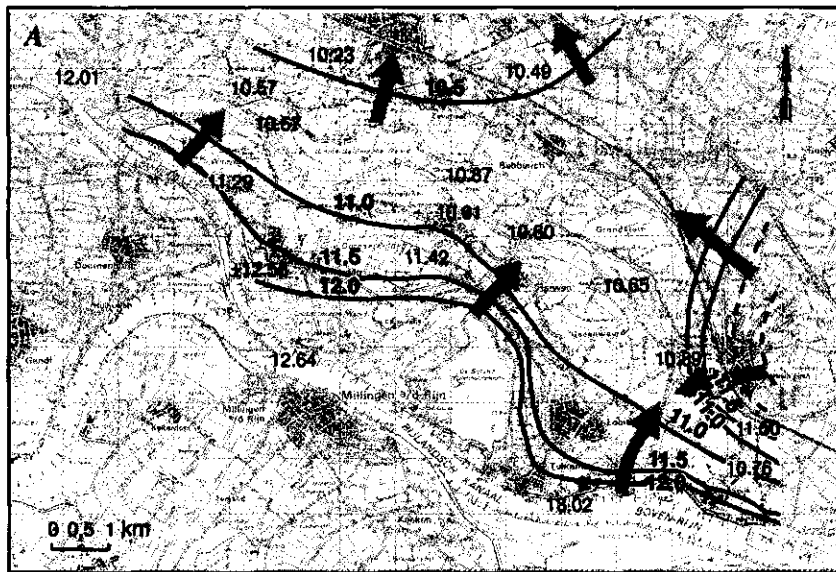


Fig. 14 Overschrijdingsduurlijnen van het grondwater per raai ten opzichte van NAP over de periode 14 januari - 28 september 1994



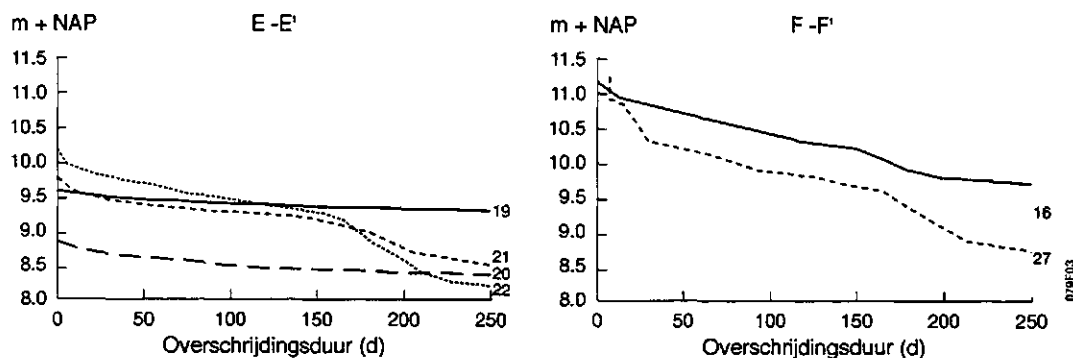
**Fig. 15** Globale isohypsen van het grondwater in 1994  
**A.** een natte situatie op 14 januari  
**B.** een gemiddelde situatie op 28 juni  
**C.** een doge situatie op 28 augustus

zijn, rekening houdend met gegevens uit de hydrologische studie van het gebied (IWACO, 1993) isohypsen getekend. De betrouwbaarheid is echter gering door het beperkte aantal waarnemingspunten. Wel blijkt dat een hoog rivierpeil (fig. 15a) de stroming in een groot gedeelte van het gebied beïnvloedt. Alleen rond de Eltenerberg blijft een onafhankelijk systeem bestaan. De tijdsduur dat dergelijke perioden met hoge standen optreden is echter relatief kort. In een periode met lage grondwaterstanden en een laag rivierpeil (fig. 15c) werkt de Rijn sterk drainerend. Afgezien van de grondwaterstroming rond de Eltenerberg buigt de stroming alleen aan de noordzijde van het gebied in noordelijke richting naar de IJssel af. Een beeld van de gemiddelde stroming (fig. 15b) laat zien dat het gebied rond de middenloop van de Oude Rijn wordt gevoed vanuit het bovenstroomse gedeelte bij de Eltenerberg en de relatief hoger gelegen stroomrug tussen Herwen en Pannerden. De Rijn werkt drainerend en in het noorden is een noordelijke stroming aanwezig.

### ***De Ooijpolder en Millingerwaard***

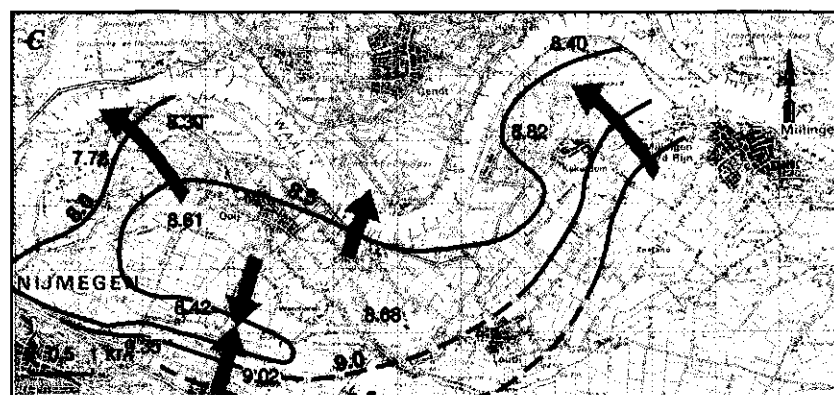
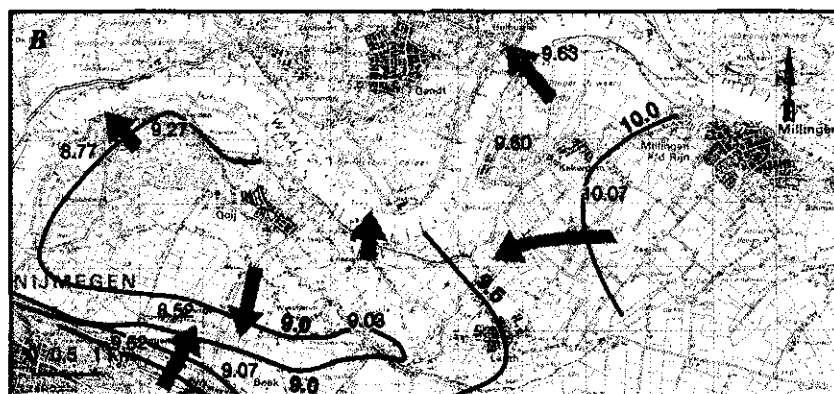
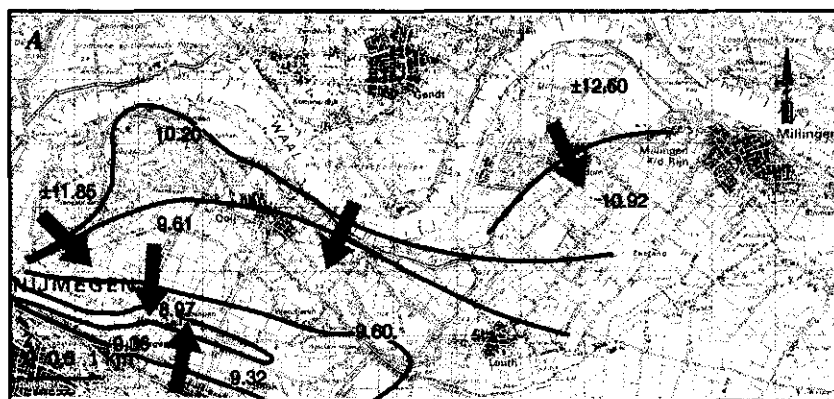
De overschrijdingsduurlijnen ten opzichte van NAP van de raaien E-E' en F-F' staan in figuur 16. Samen met de tijd-stijghoogtelijnen (fig. 12) is duidelijk dat het grondwater vanaf de stuwwal met een constant verhang in de richting van Het Meer stroomt. Ook vanuit noordelijke richting (meetpunt 21) stroomt het grondwater permanent in de richting van Het Meer. In deze raai werkt de Waal alleen bij een laag peil drainerend.

Bij de Millingerwaard (raai F-F') overheerst de stroming in de richting naar de Waal. Alleen bij natte perioden is de stromingsrichting tegengesteld.



*Fig. 16 Overschrijdingsduurlijnen van het grondwater per raai ten opzichte van NAP over de periode 14 januari - 28 september 1994*

Evenals voor het Rijnstrangengebied zijn voor een natte periode (14 januari), een gemiddelde periode (25 juni) en een droge periode (29 augustus) met behulp van het beperkte aantal meetgegevens enkele isohypsen getekend (fig. 17). In alle gevallen blijft Het Meer een sterk drainerende werking op de omgeving houden, ook in de droge periode wanneer het peil in de Waal laag is. Vooral vanuit de stuwwal treed een permanente voeding op. Het verschil tussen een gemiddelde en een droge periode is klein.



**Fig. 17** Globale isohypsen van het grondwater in 1994  
**A.** een natte situatie op 14 januari  
**B.** een gemiddelde situatie op 28 juni  
**C.** een doge situatie op 28 augustus

## 5 Evaluatie

### 5.1 Conclusies

*intermezzo*

*De conclusies uit het SC-DLO rapport 352 over de resultaten uit 1993 luiden: De invloed van rivierwater was, kwalitatief gezien, alleen in de uiterwaarden langs de Waal aantoonbaar. Het grootste gedeelte van het jaar hebben Rijn en Waal een drainerende werking. De waterkwaliteit in de zandwinplassen in de uiterwaarden is opvallend goed. Waarschijnlijk ontleent dit water zijn zachte en schone karakter aan regionale toestroming vanuit het achterland, in combinatie met neerslagwater.*

*De invloed van de stuwwallen beperkt zich tot een smalle strook langs de voet, waar meestal een enigszins verrijkt regenwatertype kan worden aangetroffen (stuwwalwater). Het water dat vanuit de Eltenerberg in de richting van de Rijn stroomt betreft zacht gerijpt grondwater dat licht verontreinigd is. De grondwaterstanden zijn diep en er is sprake van infiltratie.*

*Eenzelfde type grondwater, maar in sterkere mate verontreinigd, stroomt vanaf de Nijmeegse stuwwal in de richting van Het Meer. Ook ten noordoosten van deze waterloop is dit type water nog aangetroffen.*

*De kwaliteit van het grondwater in het gebied dat ten westen, ten zuidwesten en oosten van Ooij ligt heeft een goede, vrij hard lithotrofe samenstelling die mogelijk beïnvloed wordt door kwel. In het oostelijke gedeelte van de Ooijpolder en Millingerwaard heeft het grondwater een meer atmotrofe en beïnvloede samenstelling.*

*In het Rijnstrangengebied treedt kwel op langs de midden- en benedenloop van de Oude Rijn en de Oude Rijnstrang. Kwalitatief het meest zuivere, hard lithotrofe grondwater is aangetroffen in de omgeving van de Oude Rijnstrang, maar dit betreft periodieke kwel. Langs de Oude Rijn lijkt een meer permanente kwelinvloed te zijn, maar in neerslagrijke perioden neemt, ondiep, de invloed van licht verontreinigd infiltratiewater vanuit zuidelijke richting toe.*

*In de (oude) stroomruggen langs de Oude Rijn vindt infiltratie plaats en kan een regenwatertype worden aangetroffen dat enigszins verrijkt is met mineralen.*

*Het huidige waterregime in de Oude Rijn met een ongeregelde instroming van Rijnwater via het gemaal Kandia heeft geen permanente negatieve invloed op de kwaliteit van het grondwater en het oppervlaktewater. De samenstelling duidt er op, dat er hard lithotroof grondwater in het midden- en benedenstroomse gedeelte in beperkte mate bijdraagt aan de voeding van de Oude Rijn.*

*Bij het ontkleien van delen van het Rijnstrangengebied tot de zandondergrond, zoals in het kader van het project wordt voorgestaan, zal in infiltratiegebieden de kwaliteit van het bovenste grondwater op de lange duur een meer atmotroof karakter krijgen. De buffervoorraad kalk in de kleilaag is afgevoerd en die in de zandondergrond is*

*aanzienlijk kleiner.*

Als aanvulling op het eerste rapport kunnen uit de gegevens van 1994 de volgende conclusies worden getrokken:

In het Rijnstrangengebied is sprake van een regionaal stromingspatroon vanaf de Eltenerberg in noordwestelijke richting. De stroming buigt af in oostelijke richting naar lager gelegen gebieden en de IJssel en in westelijke richting naar het Pannerdensch kanaal. De rivieren hebben het grootste gedeelte van het jaar een drainerende werking. Bij een hoog peil treedt in een brede zone langs de rivieren echter kwel op. De kwaliteit van het kwelwater komt overeen met het locale, diepere grondwater dat in het kleidek een verdere rijping ondergaat.

Ten zuiden van de Waal is een overheersende grondwaterstroming vanaf de stuwwal van Nijmegen richting Waal. In erg natte perioden keert het stroompatroon om. In het westen heeft het Meer een duidelijk drainerend effect.

Na inundatie van de uiterwaarden is het aandeel verontreinigd water in het oppervlaktewater over het algemeen weinig toegenomen.

De waterkwaliteit bij de meetpunten die in een dichtgeslibde stroomgeul zijn gesitueerd wijkt af van het gemiddelde beeld. De flux in de dikke kleilaag is erg klein en het grondwater heeft een dominant lithotrofe, verontreinigde samenstelling. De concentratie nitraat- of ammoniumstikstof is groot.

De variatie in watertypen in het oppervlaktewater in het Rijnstrangengebied is relatief klein. Er komt noch uitgesproken atmotroof, noch overheersend lithotroof water voor. In de Ooijpolder/ Millingerwaard komen deze watertypen wel voor, het atmotrofe water in de Polder van Beek onderaan de stuwwal van Nijmegen en het lithotrofe water tussen Leuth en Millingen aan de Rijn en plaatselijk in de uiterwaarden.

Onderaan de stuwwallen van Nijmegen en bij de Eltenerberg kan in natte perioden door opstuwing kwel optreden.

De grondwaterstanden zakken in een groot gedeelte van het onderzoeksgebied diep weg in drogere perioden. Met name is dat het geval langs de grote rivieren. In natte perioden met een hoog rivierpeil is het in grote delen daarentegen erg nat. Alleen onderaan de stuwwal van Nijmegen en langs de bovenloop van de Oude Rijn bij de Eltenerberg zijn de grondwaterstanden permanent hoog.

## **5.2 Aanbevelingen**

Op grond van de resultaten en ervaringen uit de afgelopen onderzoeksperiode is een aantal aanbevelingen opgesteld voor de komende monitoringsfase en voor aanvullend onderzoek.

Het grove meetnet dat is ingericht heeft een globaal, maar goed beeld opgeleverd

van de ruimtelijke en temporele spreiding in watertypen en de werking van het hydrologische systeem in de Gelderse Poort. De onderzoeksperiode omvatte een erg natte en een droge periode zodat naar verwachting ook de bandbreedte waarbinnen de waterstanden en waterkwaliteit variëren min of meer bekend is. Desondanks verdient het aanbeveling om het onderzoek in de huidige opzet nog enkele jaren voort te zetten om eventuele tendensen op het spoor te komen. De afgelopen periode voorzag in tweemaandelijks grondwaterstandsmetingen en tweejaarlijkse kwaliteitsmetingen van grond- en oppervlaktewater.

Er zijn enkele meetpunten waarvan naar verwachting verdere meetgegevens geen aanvullende informatie opleveren. Het betreft 3 meetpunten (7, 16, 23) in een oude rivierbedding. De profiel-opbouw en waterkwaliteit wijken sterk af van het algemene beeld. Deze punten kunnen vervallen.

In het Rijnstrangengebied is de kwaliteit van het grondwater van belang dat vanuit noordelijke en zuidelijke richting naar de Oude Rijn en de Oude Rijnstrang stroomt en daar opkwelt. Het grondwater in de Drie Dorpen Polder en tussen Duiven en Babberich heeft een ongewenste kwaliteit. Hoewel de toestroom vanuit noordelijke richting nog beperkt is, zal deze toenemen naar de gebieden waar de kwel toeneemt als in het kader van natuurontwikkeling de kleilaag wordt afgegraven. Het verdient aanbeveling om de ontwikkelingen nauwkeurig te volgen. Intensivering van de waarnemingen in de bestaande meetraai B-B' verdient hierbij de voorkeur gezien het voornemen om de Kleine Geldersche Waard te ontkleien. Verder is het een representatieve doorsnede waar het meetnet betrekkelijk eenvoudig aangepast kan worden. Hierbij zouden 3 à 4 extra meetpunten, waarvan 1 of 2 met filterdieptes tot de eerste scheidende laag (21 m), voldoende informatie opleveren.

In de Millingerwaard doet zich de situatie voor waarbij vervuild rivierwater via de zandondergrond het gebied aan de noordoostzijde binnenkomt en in westelijke richting stroomt, terwijl het oppervlaktewater dat in het zuidwesten in verbinding staat met de Kaliwaal (Waal) naar het noordoosten een steeds groter aandeel atmosferisch water bevat. Het meetnet is te grof om de interactie tussen de verschillende watertypen te kunnen volgen. Twee extra meetpunten met filterdieptes tot ca. 10 meter zou hier meer informatie over opleveren.

Voor een aantal gebieden bestaat het plan om het kleidek reliëfvolgend te gaan afgraven. De ontwikkeling van de vegetatie en de bodem beginnen vanaf een 'ongestoord', relatief arm zandprofiel. Naast een successie in de vegetatie worden er nutriënten vastgelegd, treedt er sedimentatie op en ontstaan er humusprofielen die karakteristiek zijn voor een riviermilieu. Door deze ontwikkelingen in een (voorbeeld)gebied te volgen wordt informatie verkregen die waardevol kan zijn bij de inrichting van vergelijkbare gebieden.



## Literatuur

IWACO, 1993. *Hydrologische studie Gelderse Poort*. 's-Hertogenbosch, IWACO B.V. Eindrapport Fase 1.

Jansen, P.C., 1985. 'Bemonsteringsstrategie voor het meten van grondwaterkwaliteit in natte natuurgebieden'. *Landinrichting*, tijdschrift voor inrichting en beheer van het landelijk gebied, 32, 2: 25-32.

Jansen, P.C. en R.H. Kemmers, 1994. *Hydrologische systeembeschrijving van de Gelderse Poort aan de hand van de waterkwaliteit*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 352.

Janssen, G.B., 1991. *De steenfabricage in de Gelderse Poort. Het Rijnstrangengebied tussen de Houberg en Candia*. Laag Keppel, Stichting ARK.

Mulder, J.R., T.C. van Steenberg en F. Brouwer, 1992. *De bodemgesteldheid van de uitbreiding van het herinrichtingsgebied 'Ooijpolder'*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 215.

Nieman, E., 1973. *Grundwasser und vegetationsgefüge*. Leipzig, Nova Acta. Leopoldina suppl. R.6, Band 38.

Overmars, W., W. Helmer en G. Litjes, 1992. *De Rijnstrangen. Bodemkundig onderzoek en aanbevelingen voor natuurontwikkeling*. Laag Keppel, Stroming; bureau voor natuur- en landschapsontwikkeling.

Pons, L.J., 1952. *De bodemgesteldheid van het uiterwaardengebied van de oude Rijnmond en van de Driedorpenpolder*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

STIBOKA, 1975. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50 000*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Wirdum, G. van, 1990. *Vegetation and hydrology of floating rich-fens*. Maastricht, Datawyse.

# Aanhangsel 1 Analyseresultaten van grond- en oppervlaktewater in het Rijnstrangengebied

maart 1994

PUNT	EC20 mS/m	pH -	K+ mg/l	Na+ mg/l	Ca++ mg/l	Mg++ mg/l	Cl- mg/l	SO4= mg/l	HCO3- mg/l	NO2+3 mgN/l	NH4+ mgN/l
diep											
1.1	77,7	7,3	0,6	30,5	154,7	16,2	50,5	119,7	396,0	0,01	0,24
2.1	69,4	7,4	17,9	23,2	134,1	16,9	34,8	80,9	409,0	11,30	0,01
3.1	111,4	7,4	1,5	36,2	261,9	2,3	68,4	193,4	465,0	4,44	0,01
4.1	69,5	7,6	0,8	11,9	150,0	17,1	13,4	55,3	331,0	1,38	0,01
5.1	72,8	7,5	2,0	10,3	149,0	15,6	13,7	32,7	293,0	17,60	0,01
6.1	64,3	7,7	0,9	28,3	122,9	13,5	19,9	54,4	379,0	0,01	0,05
7.1	68,5	7,9	3,4	28,3	122,3	15,3	46,8	46,1	551,0	0,68	3,75
8.1	84,4	7,2	6,5	25,2	170,2	18,9	50,7	91,5	483,0	0,01	0,16
9.1	niet bereikbaar i.v.m. hoog water										
10.1	niet bereikbaar i.v.m. hoog water										
11.1	76,0	7,2	2,2	14,3	163,7	15,5	50,2	100,6	407,0	0,01	1,60
12.1	89,6	7,5	11,4	90,5	125,1	12,8	136,0	86,7	293,0	6,54	0,01
13.1	66,7	7,6	4,3	19,7	126,3	15,2	20,7	69,7	318,0	16,90	0,12
14.1	68,2	7,4	5,8	30,9	123,7	15,0	63,8	8,1	423,0	0,01	1,62
15.1	73,5	7,3	0,9	24,7	157,5	17,1	38,0	68,1	437,0	13,70	0,01
ondiep											
1.2	70,6	7,3	2,1	19,9	143,6	20,4	30,8	60,6	392,0	3,52	0,01
2.2	74,9	7,4	4,0	121,7	78,1	7,4	97,6	34,8	265,0	3,28	0,01
3.2	122,2	7,1	2,1	82,7	277,8	23,8	124,0	268,3	365,0	0,01	0,01
4.2	71,9	7,3	0,5	12,0	165,6	19,8	11,3	52,9	437,0	2,43	0,01
5.2	73,9	7,3	6,6	11,3	148,1	17,5	5,0	27,3	401,0	4,50	0,16
6.2	76,3	7,5	0,4	14,5	143,5	15,0	12,2	26,0	592,0	0,86	0,01
7.2	93,5	7,2	3,0	26,5	176,3	20,2	35,8	66,0	567,0	5,15	5,34
8.2	84,5	7,2	2,8	25,0	169,1	18,9	52,8	93,4	503,0	0,35	0,10
9.2	niet bereikbaar i.v.m. hoog water										
10.2	niet bereikbaar i.v.m. hoog water										
11.2	70,2	7,3	1,6	13,0	158,6	14,5	35,2	88,5	323,0	0,01	1,07
12.2	87,6	7,4	4,1	84,6	138,9	11,7	128,0	69,4	414,0	3,03	0,01
13.2	54,2	7,7	1,8	16,2	108,8	11,5	30,6	81,2	291,0	4,30	0,01
14.2	80,6	7,4	0,9	41,0	171,6	23,0	51,1	31,4	435,0	0,01	0,34
15.2	89,5	7,3	3,2	24,7	174,9	19,9	38,3	89,0	465,0	10,00	0,01
oppervlakte											
A	51,4	8,1	3,1	16,3	95,1	10,9	30,7	80,4	120,0	4,07	0,17
B	51,3	8,1	3,1	18,0	101,9	11,5	30,9	83,5	139,0	3,73	0,08
C	42,1	8,2	3,7	24,4	71,5	9,6	48,2	41,1	111,0	1,25	0,07
D	53,5	8,2	30,8	19,3	98,4	11,5	60,5	71,0	143,0	2,59	0,05
E	53,8	8,0	3,3	19,0	109,4	12,6	33,1	74,3	396,0	2,29	0,15
W	55,4	8,1	7,6	20,4	103,4	12,8	39,2	61,1	352,0	0,31	0,11
X	71,5	7,9	4,1	27,1	136,3	15,7	48,7	82,2	231,0	2,20	0,01
Y	53,9	8,1	3,7	17,4	104,3	11,9	29,4	80,6	243,0	3,69	0,09
Z	56,5	7,9	3,5	18,6	112,9	14,2	35,1	78,8	325,0	2,24	0,01

juni 1994

PUNT	EC20 mS/m	pH	K+ mg/l	Na+ mg/l	Ca++ mg/l	Mg++ mg/l	Cl- mg/l	SO4= mg/l	HCO3- mg/l	NO2+3 mgN/l	NH4+ mgN/l
diep											
1.1	63,2	7,1	0,2	10,0	182,7	17,9	17,9	122,4	450,0	0,00	0,10
2.1	72,7	7,6	18,5	24,4	147,3	23,7	48,2	63,2	430,0	10,79	0,05
3.1	82,7	7,4	1,2	32,6	192,3	27,3	52,6	199,1	320,0	3,44	0,00
4.1	58,4	7,4	0,6	12,5	136,7	19,6	14,1	56,2	425,0	0,00	17,66
5.1	61,5	7,4	1,7	8,4	146,3	19,4	6,0	22,1	385,0	10,24	0,00
6.1	54,1	7,5	0,8	24,1	125,9	17,1	17,1	43,4	125,0	0,00	0,00
7.1	63,2	7,4	4,3	28,1	138,8	22,7	43,5	41,7	530,0	0,00	17,66
8.1	76,0	7,3	6,6	21,2	163,6	22,7	34,9	89,6	390,0	0,00	0,26
9.1	43,0	7,5	0,9	22,4	116,0	19,1	9,9	74,8	380,0	0,00	0,21
10.1	53,2	7,3	1,4	12,0	118,2	15,7	21,4	21,8	485,0	0,53	0,11
11.1	75,4	7,3	2,7	24,5	178,6	22,1	82,7	94,0	400,0	0,00	1,74
12.1	82,0	7,4	11,8	95,3	119,0	15,2	79,7	74,3	545,0	0,18	0,08
13.1	53,8	7,7	3,1	16,6	107,2	15,7	28,5	66,2	425,0	0,00	0,46
14.1	66,0	7,4	0,9	35,7	146,1	23,6	55,3	16,3	405,0	0,00	0,13
15.1	72,0	7,5	2,2	33,8	151,7	17,0	34,5	72,8	455,0	14,90	0,00
ondiep											
1.2	58,6	7,2	0,8	34,5	156,6	26,7	34,4	142,5	345,0	0,05	0,30
2.2	68,2	7,8	1,6	105,3	82,8	9,9	79,5	34,9	430,0	0,00	0,21
3.2	112,3	7,0	1,1	75,4	206,3	29,2	94,8	273,3	315,0	0,00	0,06
4.2	61,7	7,6	0,6	10,2	158,4	23,6	7,7	46,2	415,0	2,60	0,00
5.2	59,5	7,2	10,0	9,4	145,0	21,5	3,6	20,3	445,0	0,00	0,31
6.2	78,3	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.2	104,3	6,9	2,9	25,8	210,4	27,4	32,3	65,9	450,0	1,77	7,45
8.2	80,3	7,5	3,3	24,7	165,0	23,3	46,5	90,9	425,0	0,00	0,00
9.2	60,4	7,5	0,9	20,6	127,5	21,6	22,1	39,1	385,0	4,25	0,06
10.2	53,7	7,7	1,5	17,3	123,4	16,2	26,9	26,8	535,0	0,00	0,00
11.2	63,7	7,3	1,8	13,8	163,0	19,3	41,4	81,4	545,0	2,60	0,00
12.2	86,6	7,4	5,0	90,4	153,6	16,7	152,8	63,1	540,0	0,28	0,05
13.2	52,0	7,4	2,1	19,2	136,2	13,1	28,6	73,4	405,0	0,39	0,00
14.2	102,0	7,2	0,4	50,9	210,7	30,2	54,8	25,9	465,0	0,00	0,24
15.2	74,5	7,3	2,1	28,4	164,2	24,0	39,8	85,0	420,0	23,30	0,06
oppervlakte											
A	41,7	7,7	2,7	17,5	85,0	13,2	29,2	73,0	415,0	1,56	0,00
B	51,5	7,8	2,2	18,3	96,5	14,5	28,3	78,0	435,0	1,79	0,10
D	44,8	7,9	3,2	22,8	107,0	16,3	36,3	59,2	440,0	0,54	0,18
E	54,8	7,5	3,3	20,0	108,1	16,0	32,8	65,7	340,0	0,74	0,46
W	47,7	7,7	1,4	19,6	145,2	17,7	34,0	21,2	480,0	0,07	0,15
X	50,4	7,6	0,5	23,8	112,3	16,4	19,8	13,0	480,0	0,28	0,05
Y	75,6	7,7	8,5	18,2	146,3	19,9	31,8	80,6	340,0	4,25	0,06
Z	53,5	7,8	1,1	11,1	110,6	19,3	26,0	69,0	355,0	0,18	0,08

november 1994

PUNT	EC20 mS/m	pH -	K+ mg/l	Na+ mg/l	Ca++ mg/l	Mg++ mg/l	Cl- mg/l	SO4= mg/l	HCO3- mg/l	N02+3 mgN/l	NH4+ mgN/l
diep											
1.1	56,8	6,8	0,1	12,2	152,6	21,5	22,5	171,4	415,0	0,00	0,21
2.1	83,8	6,9	28,7	50,7	136,3	22,0	66,5	76,5	427,0	19,33	0,00
3.1	91,7	6,8	1,5	31,7	203,7	26,6	55,0	200,8	391,0	13,54	0,00
4.1	60,5	7,1	0,7	13,2	140,2	19,9	16,7	69,6	401,0	0,71	0,00
5.1	66,8	7,1	1,5	11,3	152,9	20,3	16,5	35,0	367,0	16,30	0,00
6.1	61,3	7,1	0,5	19,3	132,8	17,4	14,0	35,4	311,0	0,00	0,08
7.1	76,8	7,5	3,7	26,8	136,8	22,3	47,7	41,9	561,0	0,84	6,45
8.1	69,4	7,0	10,2	21,1	163,9	22,9	37,4	95,0	469,0	0,00	0,21
9.1	58,6	7,1	0,1	22,3	123,3	20,9	12,5	75,6	335,0	0,00	0,16
10.1	55,8	7,1	1,0	13,3	199,3	15,5	24,7	25,1	456,0	0,00	1,07
11.1	55,0	7,0	1,8	11,4	128,1	14,7	32,7	83,4	420,0	0,00	1,94
12.1	69,8	7,2	12,6	81,2	115,2	14,8	110,0	68,7	369,0	2,61	0,00
13.1	43,3	7,4	5,1	20,9	81,8	11,6	34,1	43,2	349,0	0,00	1,05
14.1	66,8	7,1	0,7	32,8	134,5	20,5	58,5	7,6	397,0	0,00	2,34
15.1	57,5	7,0	0,1	24,7	137,1	16,4	36,1	49,1	441,0	8,20	0,00
ondiep											
1.2	66,1	6,8	0,1	26,2	143,5	23,4	43,7	91,2	365,0	0,00	0,25
2.2	145,5	6,8	13,0	261,9	134,9	17,1	434,0	41,8	368,0	3,35	0,00
3.2	109,7	6,8	2,6	96,8	217,5	29,9	113,0	326,3	399,0	0,00	0,00
4.2	70,7	7,0	0,1	16,0	159,7	23,4	15,3	81,8	442,0	3,36	0,00
5.2	60,9	7,0	9,8	9,4	138,7	19,6	8,1	24,4	420,0	8,65	0,00
6.2	59,7	7,1	0,1	18,0	136,7	16,6	18,5	41,3	416,0	1,42	0,00
7.2	97,1	6,7	2,3	23,3	205,5	28,3	29,6	68,9	517,0	0,29	3,67
8.2	70,0	7,0	4,1	23,2	167,9	22,4	40,2	94,2	499,0	0,00	0,15
9.2	62,2	7,0	0,1	21,0	139,0	22,9	17,8	82,3	317,0	0,00	0,10
10.2	53,2	7,1	1,0	15,8	123,2	15,5	27,0	27,2	465,0	0,00	1,30
11.2	60,1	7,0	1,6	12,9	144,8	16,0	27,8	103,2	464,0	0,00	1,24
12.2	70,0	7,1	4,1	69,6	132,1	13,9	103,0	59,2	447,0	2,00	0,01
13.2	40,7	7,3	3,4	22,7	93,7	12,1	36,2	52,4	305,0	0,00	0,10
14.2	79,6	7,0	0,1	42,9	175,2	28,4	49,6	22,8	576,0	0,00	0,22
15.2	droog										
oppervlakte											
A	40,4	7,3	3,3	15,0	86,0	12,9	29,5	86,7	274,0	2,33	0,37
B	40,2	7,3	3,8	16,3	85,1	13,2	30,2	86,6	284,0	2,54	0,42
C	33,7	7,5	3,1	23,4	52,4	13,1	47,4	34,4	75,0	0,09	0,18
D	44,8	7,6	3,5	16,4	98,9	14,3	30,3	73,7	331,0	1,09	0,07
E	44,3	8,0	3,6	16,9	93,2	14,1	31,6	69,8	345,0	0,54	0,00
W	56,5	7,4	5,4	21,7	126,4	18,0	38,0	76,9	446,0	0,14	0,26
X	droog										
Y	42,9	7,7	2,9	16,0	92,7	13,5	33,1	74,1	285,0	1,42	0,15
Z	47,6	7,5	2,8	11,6	111,3	18,7	25,9	72,8	384,0	0,15	0,08

## Aanhangsel 2 Analyseresultaten van grond- en oppervlaktewater in de Ooijpolder en Millingerwaard

maart 1994

PUNT	EC20 mS/m	pH -	K+ mg/l	Na+ mg/l	Ca++ mg/l	Mg++ mg/l	Cl- mg/l	SO4= mg/l	HCO3- mg/l	N02+3 mgN/l	NH4+ mgN/l
diep											
16.1	106,5	7,6	7,6	49,3	176,8	19,1	64,3	34,5	461,0	0,24	4,42
17.1	68,8	7,8	1,4	37,8	114,8	9,8	84,0	73,7	254,0	0,28	0,01
18.1	92,7	7,4	0,8	39,1	161,7	15,3	65,7	92,0	361,0	20,60	0,01
19.1	38,2	6,9	4,4	19,1	48,5	12,2	28,0	52,3	134,0	24,50	0,08
20.1	46,7	7,3	6,1	14,3	78,9	10,4	20,6	66,8	211,0	15,90	0,01
21.1	78,4	7,2	2,0	15,9	157,4	27,1	15,2	85,5	426,0	0,01	0,10
22.1	61,2	7,5	0,9	11,9	133,8	14,7	19,4	42,6	355,0	0,05	0,12
23.1	76,3	7,3	6,2	21,4	141,5	19,4	38,1	83,2	374,0	0,21	4,73
24.1	50,4	7,4	2,2	25,3	89,3	11,8	44,8	51,3	172,0	0,05	0,08
25.1	84,0	7,7	1,7	34,0	163,1	14,9	63,1	74,3	522,0	0,01	0,34
ondiep											
16.2	112,4	7,4	11,7	87,8	168,1	21,8	122,0	62,6	823,0	0,93	0,07
17.2	59,9	7,7	1,3	30,5	106,4	9,8	72,2	52,1	247,0	2,55	0,01
18.2	88,1	7,5	0,5	35,9	158,0	15,0	65,6	84,4	387,0	19,90	0,01
19.2	52,0	6,9	9,0	39,2	61,6	11,0	58,8	48,9	143,0	22,90	0,01
20.2	36,1	7,6	2,2	14,9	70,7	8,1	17,4	67,0	206,0	2,01	0,01
21.2	69,7	7,5	1,3	12,7	139,3	19,8	14,6	30,7	382,0	0,01	0,01
22.2	70,3	7,9	1,2	18,3	145,6	14,9	32,1	49,9	310,0	0,17	0,01
23.2	85,6	7,6	16,2	48,6	150,5	20,5	51,2	101,3	368,0	3,32	2,14
24.2	42,8	6,7	0,5	17,6	73,2	11,2	48,7	76,1	248,0	0,05	0,01
25.2	84,7	7,6	5,5	36,2	155,5	17,4	69,8	81,5	438,0	0,01	0,11
oppervlakte											
F	64,9	8,3	3,1	23,7	121,0	13,4	44,4	70,9	438,0	1,00	0,01
G	42,2	8,6	3,8	29,0	62,5	9,6	58,6	44,7	204,0	2,61	0,05
H	50,1	8,0	3,8	15,7	94,9	13,4	26,8	67,3	262,0	4,87	0,21
I	34,4	8,4	1,1	12,9	61,9	10,7	25,9	29,4	229,0	0,11	0,01
K	44,2	8,5	3,1	21,5	77,6	9,4	41,8	34,8	199,0	0,01	0,06

juni 1994

PUNT	EC20 mS/m	pH -	K+ mg/l	Na+ mg/l	Ca++ mg/l	Mg++ mg/l	Cl- mg/l	SO4= mg/l	HCO3- mg/l	NO2+3 mgN/l	NH4+ mgN/l
diep											
16.1	47,5	7,4	6,9	55,6	166,7	23,6	66,6	33,9	510,0	0,21	4,40
17.1	63,3	7,4	1,6	47,3	121,3	12,3	89,3	101,2	420,0	0,00	0,05
18.1	83,2	7,5	0,7	40,6	163,5	19,2	62,7	99,0	230,0	21,20	0,00
19.1	32,8	6,7	3,9	16,8	45,3	15,3	25,4	51,4	102,0	23,50	0,00
20.1	44,4	6,9	11,2	14,9	78,1	13,6	24,2	56,3	275,0	12,46	0,05
21.1	76,0	7,3	2,2	16,9	160,3	33,8	17,6	84,0	525,0	0,00	0,11
22.1	58,7	7,5	0,6	12,1	135,7	18,7	20,6	43,5	480,0	0,05	0,06
23.1	96,7	7,2	10,0	57,2	193,6	35,7	86,6	124,6	460,0	0,05	5,20
24.1	36,4	7,3	1,7	26,1	78,2	13,0	36,2	50,6	255,0	0,00	0,08
25.1	70,8	7,5	0,4	8,4	141,0	19,1	61,5	32,1	385,0	0,00	0,43
ondiep											
16.2	90,8	7,3	15,3	82,8	160,5	27,4	100,3	57,8	440,0	0,00	1,17
17.2	62,5	7,6	1,7	39,3	130,7	15,5	74,8	86,3	440,0	0,82	0,00
18.2	droog										
19.2	44,0	6,8	7,6	32,3	59,3	14,4	48,7	51,8	215,0	24,10	0,00
20.2	droog										
21.2	58,5	7,5	0,9	12,8	127,5	22,6	13,1	20,1	280,0	0,00	0,06
22.2	56,0	7,5	0,4	8,6	139,0	19,0	13,1	32,0	380,0	0,73	0,00
23.2	108,5	7,4	14,3	68,8	198,1	36,0	95,0	153,5	395,0	0,57	2,60
24.2	47,2	7,0	0,7	21,2	88,0	17,8	50,4	75,5	245,0	0,00	0,06
25.2	74,6	7,7	1,3	32,2	152,2	16,9	60,7	78,4	430,0	0,00	0,29
oppervlakte											
F	48,0	7,9	1,8	24,1	100,2	17,2	41,8	47,2	350,0	0,12	0,06
G	30,1	8,2	2,3	30,4	49,1	11,8	54,3	40,7	355,0	0,93	0,00
H	33,4	8,4	3,1	18,9	72,8	13,6	27,5	66,6	285,0	1,11	0,00
I	24,5	8,1	1,2	13,6	53,5	13,3	25,6	26,4	365,0	0,10	0,00
K	49,6	8,2	4,4	28,2	91,8	15,2	49,1	34,8	425,0	0,25	0,45

november 1994

PUNT	EC20 mS/m	pH -	K+ mg/l	Na+ mg/l	Ca++ mg/l	Mg++ mg/l	Cl- mg/l	SO4= mg/l	HCO3- mg/l	N02+3 mgN/l	NH4+ mgN/l
diep											
16.1	86,1	7,5	6,8	45,9	174,8	23,3	68,9	23,8	486,0	0,52	5,38
17.1	70,0	7,1	1,5	41,7	119,6	11,7	88,5	97,6	389,0	0,06	0,09
18.1	77,8	7,3	1,0	36,3	148,9	18,6	60,7	82,0	261,0	31,63	0,00
19.1	33,6	6,3	4,3	16,7	43,8	14,2	26,0	54,8	88,0	23,29	0,00
20.1	36,9	6,8	4,4	15,6	76,9	12,2	15,6	63,1	225,0	9,19	0,00
21.1	71,0	6,9	2,1	14,7	149,9	28,9	17,4	65,8	480,0	0,00	0,05
22.1	59,6	7,1	0,1	58,7	150,1	19,0	6,2	24,1	432,0	1,01	0,00
23.1	99,2	6,9	23,6	61,2	187,7	31,7	105,0	168,1	561,0	0,80	2,75
24.1	45,5	7,1	1,7	24,8	84,9	13,8	41,7	48,8	216,0	0,00	0,12
25.1	70,8	7,2	1,3	28,1	160,8	17,7	58,9	88,9	479,0	0,00	0,42
ondiep											
16.2	102,9	6,9	16,0	91,8	173,2	28,0	144,0	62,9	647,0	0,94	0,88
17.2	droog										
18.2	droog										
19.2	44,8	6,6	7,1	44,9	47,6	11,0	45,2	55,5	206,0	25,60	0,05
20.2	droog										
21.2	57,9	7,0	1,1	22,3	136,0	22,6	14,5	18,2	404,0	0,00	0,10
22.2	60,4	7,2	0,1	5,4	156,0	19,9	7,3	22,5	365,0	2,14	0,00
23.2	151,2	6,9	15,9	88,0	245,0	42,2	171,0	252,1	544,0	0,41	2,60
24.2	39,1	6,7	0,8	22,9	65,4	13,0	44,0	62,0	219,0	0,00	0,06
25.2	72,0	7,2	3,4	30,8	159,6	19,6	63,5	91,4	467,0	0,00	0,34
oppervlakte											
F	52,0	7,5	4,2	20,5	102,9	17,0	41,9	52,6	401,0	0,00	0,28
G	33,6	7,8	3,1	29,5	48,9	11,9	59,9	41,1	155,0	0,17	0,88
H	39,2	7,4	3,9	16,6	86,5	14,4	30,3	75,8	267,0	3,67	0,28
I	27,7	7,7	1,0	13,3	50,3	13,6	27,0	29,4	199,0	0,05	0,09
K	32,4	8,0	3,4	26,4	51,0	11,8	50,5	48,7	159,0	0,21	0,19