

ICW nota 1617



nota

— instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen —

**DE VERSPREIDING VAN ECOLOGISCH RELEVANTE
GRONDWATERTYPEN IN RELATIE TOT DE
GEOHYDROLOGIE VAN HET STUDIEGEBIED
HERKENBOSCH-VLODROP**

COAL-publikatie nr 18

R.H. Kemmers en P.C. Jansen

mei 1985

I N H O U D

	blz.
VOORWOORD	
1. INLEIDING	1
2. METHODEN	3
2.1. Bemonstering	3
2.2. Analyses	3
2.3. Typologie	5
3. RESULTATEN	5
3.1. Analyses	5
3.2. Grondwatertypen	7
3.3. Verontreiniging grondwater	11
3.4. Verspreiding van watertypen in relatie tot de geohydro- logie	14
4. CONCLUSIES	17
5. SAMENVATTING	19
LITERATUUR	20
BIJLAGE	21

VOORWOORD

In het kader van het programma van onderzoek aangepaste landbouw - het zogenaamde COAL-onderzoek - is er een gebiedsstudie Herkenbosch-Vlodorp verricht.

Dit programma^a beoogt praktijkgericht onderzoek te doen naar de mogelijkheden en effecten van natuur- en landschapsbeheer door landbouwbedrijven. In het programma werkt een groot aantal instanties samen: alle elf provincies, verschillende diensten en onderzoeksinstituten van het Ministerie van Landbouw en Visserij, die betrokken zijn bij landbouw en natuurbeheer en de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek.

Vanuit het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) is een studie verricht naar de geohydrologische en hydrochemische geaardheid van het gebied Herkenbosch-Vlodorp.

In ICW-nota 1624 wordt door WIT, VAN REES VELLINGA en WIJNSMA (1985) verslag gedaan van geohydrologisch onderzoek naar de grondwaterstromingen tussen subgebieden binnen het studiegebied.

In de voorliggende nota wordt verslag gedaan van het onderzoek naar de chemische samenstelling en de verspreiding van watertypen in relatie tot de hydrologie van het studiegebied. Kennis van deze relaties draagt in belangrijke mate bij aan het inzicht in de ecologische samenhang van het studiegebied en vormt een belangrijke basis voor het evalueren van de mogelijkheden en effecten van natuur- en landschapsbeheer door landbouwbedrijven.

1. INLEIDING

De waterhuishouding speelt een zeer belangrijke rol niet alleen bij de vochtvoorziening maar ook bij de voedingsstoffenhuishouding van vochtige en natte vegetatietypen. De beschikbaarheid van voedingsstoffen wordt in dergelijke vegetaties in hoge mate gereguleerd door de kwantitatieve en kwalitatieve waterhuishouding (KEMMERS en JANSEN, 1985).

Hoewel het nog niet goed mogelijk is de grootte van het aanbod van deze voedingsstoffen voor de verschillende vegetaties aan te geven kan desondanks onderscheid worden aangebracht tussen vegetatietypen met behulp van vrij eenvoudige hydrologische en hydrochemische variabelen welke een conditionele betekenis hebben voor de beschikbaarheid van voedingsstoffen (MOORE and BELLAMY, 1974; PIETSCH, 1976; SUCCOW, 1982).

Daar de variatie in trofiegraad en floristische samenstelling van vegetaties in veel gevallen gerelateerd lijkt te kunnen worden aan de concentratie en de verhouding van de belangrijkste ionen (macro-ionen) in het grondwater, lijken geohydrochemische processen tijdens stroming van grondwater door het sediment van fundamenteel belang voor vegetatiekundige differentiatie.

Tijdens de stroming van het grondwater door het sediment, in de regionale hydrologische kringloop van infiltratie naar kwelzones in het landschap treedt een geleidelijke verandering in de chemische samenstelling op onder invloed van verweringsprocessen en het in oplossing gaan van gemakkelijk oplosbare zouten. Er vindt een verrijking van het grondwater plaats waarbij vooral Ca^{2+} - en HCO_3^- -ionen in oplossing komen.

VAN WIRDUM (1980) ontwikkelde een methode waarbij de chemische samenstelling wordt gerelateerd aan de positie van het grondwater in de regionale hydrologische kringloop. Als startpunt van de kringloop wordt daarbij uitgegaan van regenwater. Grondwater dat nog sterke verwantschap met regenwater vertoont wordt atmoclien genoemd. VAN WIRDUM (1980) koos als eenvoudige parameters waaraan het verrijgingsproces van het grond-

water kan worden afgelezen het elektrisch geleidingsvermogen (EGV) en de ionen ratio (IR).

Het EGV is een maat voor de totale hoeveelheid ionen in oplossing. De IR is een maat voor het aandeel van het Ca^{2+} -ion in de som van het totale kationen bestand en kan worden gedefinieerd als:

Font

$$\text{IR} = \frac{\text{Ca}^{2+}}{\text{Ca}^{2+} + \text{Cl}^{-}} \text{ (meq/meq)}$$

Beide parameters nemen toe naarmate het grondwater sterker door het sediment (lithosfeer) is beïnvloed. Grondwater dat sterk door de lithosfeer is beïnvloed wordt lithoclien genoemd.

Grondwatertypering op basis van IR en EGV geeft belangrijke informatie over hydrologische relaties in het landschap doordat de positie van het grondwater en van de onder invloed van dat grondwater staande vegetaties in de regionale hydrologische kringloop kan worden aangegeven. Zones met aanvoer van grondwater via kwel worden getypeerd door hogere waarden van IR en EGV. Deze zones zijn hydrologisch afhankelijk van gebieden met afvoer van grondwater die gekenmerkt zijn door lagere waarden van IR en EGV. Het is daarbij van belang inzicht te hebben in de indeling van het onderzoeksgebied in stromingsgebieden (WIT e.a., 1985). Als doel van deze studie werd dan ook gesteld het verkrijgen van inzicht in de ecologische samenhang in het landschap aan de hand van de verspreiding van de verschillende watertypen in relatie tot de hydrologie van het studiegebied.

Doordat IR en EGV indicatief zijn voor de trofiegraad van natuurlijke vegetaties lijken zij ook informatie te kunnen geven over de ontwikkelingsmogelijkheden van half-natuurlijke vegetaties bij een aangepast landbouwkundig beheer van het agrarisch bedrijf, omdat in half-natuurlijke vegetaties veelal plantensoorten aanwezig zijn die ook voorkomen in de natuurlijke vegetatietypen die zij vervangen. (GROOTJANS e.a., 1984).

2. METHODEN

2.1. B e m o n s t e r i n g

In het studiegebied werden ten behoeve van het waterkwaliteitsonderzoek grondwaterstandsbuizen bemonsterd waarvan de filters in het grondwater van het afdekkend pakket staan (zie fig. 1). Het afdekkend pakket is gevormd door afzettingen van de Formatie van Twente die bestaan uit enkele meters fijne soms slibhoudende zanden en lemen (WIT e.a., 1985).

Op een beperkt aantal plaatsen konden buizen worden bemonsterd waarvan de filters in het 1e watervoerende pakket staan. Het 1e watervoerende pakket bestaat uit zeer grove zanden met veel grind. Het betreft afzettingen van de Formaties van Kreftenheye en Sterksel. Tussen beide Formaties komen plaatselijk lemlagen voor. Uit boorbeschrijvingen blijkt dat alle afzettingen in het studiegebied kalkvrij zijn (ANONYMUS, 1968).

De buizen werden bemonsterd in augustus 1984. Een herhaling vond plaats in februari 1985. Een aantal buizen werden slechts eenmaal bemonsterd. De doelstelling van de herhaalde bemonstering, om zowel ten tijde van lage grondwaterstanden (aug. '84) als in een periode met neerslagoverschot en hoge grondwaterstanden (winter '84-'85) een beeld van de waterkwaliteit te verkrijgen, kon niet worden verwezenlijkt door de zeer droge winterperiode.

2.2. A n a l y s e s

Na bemonstering werden de watermonsters gefiltereerd en geanalyseerd op de volgende parameters:

EGV₂₀

pH

Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ : Atomaire Emissie Spectrofotometrie (ICP)

K⁺ : Atomaire Absorptie Spectrofotometrie

NO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻ : High Performance liquid Chromatografy

HCO₃⁻ : Inorganic Carbon Analyser

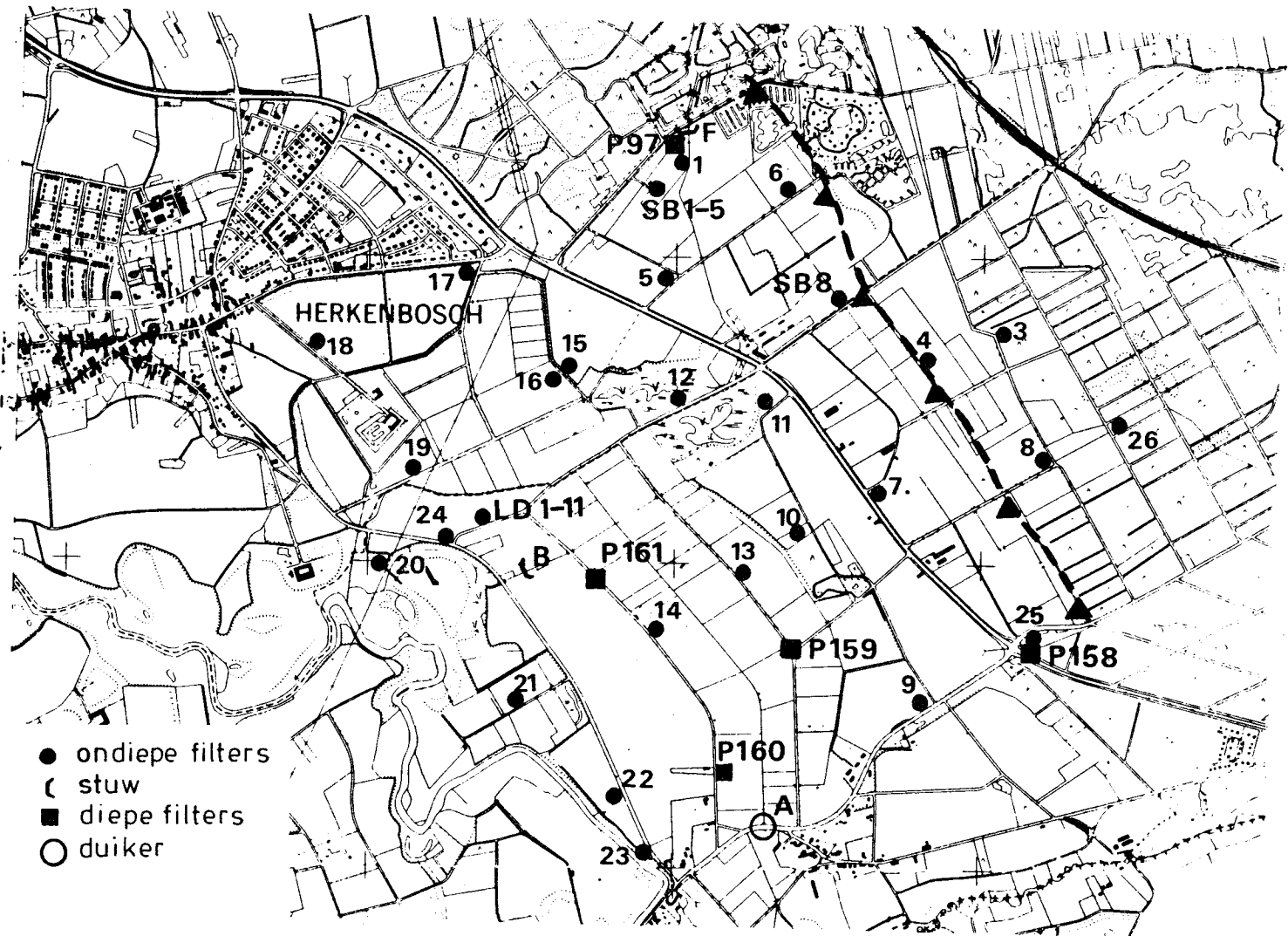


Fig. 1. Overzichtsk kaart met locaties van waterkwaliteitsbemonstering

Van alle monsters werden ionenbalansen berekend ter controle van de volledigheid en juistheid van de analyse. Analyseresultaten met een afwijking in de ionenbalans van 10% of meer werden verder buiten beschouwing gelaten.

Door deze selectie moesten een aantal monsterpunten geheel buiten beschouwing blijven. Van de meeste locaties voldeed slechts één van beide monsters aan de voorwaarde, zodat bij de interpretatie geen seizoenseffect in beschouwing kon worden genomen.

2.3. Typologie

Met behulp van het model MAIONF (Van Wirdum, in voorbereiding) werden verwantschappen berekend tussen de chemische samenstelling van elk monster en referentiemonsters voor atmoclien en lithoclien grondwater. Het model MAIONF berekent correlaties tussen watermonsters gebaseerd op de concentratie van de macro-ionen en de verhouding tussen deze ionen.

Als referentie voor atmoclien water is de gemiddelde samenstelling van de neerslag te Witteveen in 1973 en 1974 genomen: ATWTV.

Als referentie voor lithoclien water is de samenstelling van het grondwater op grote diepte onder de Veluwe nabij Hoge Duvel genomen: LiHDu (VAN WIRDUM, 1980). Daarbij is verondersteld dat LiHDu representatief is voor grondwater dat zich ontwikkeld heeft onder mineralogisch arme omstandigheden, die vergelijkbaar zijn met de situatie in het studiegebied.

In het studiegebied werden als locale referentiepunten voor atmoclien en lithoclien water die monsters geselecteerd die de sterkste verwantschap met ATWTV respectievelijk LiHDu vertoonden.

Deze locale referentiepunten vormden het uitgangspunt voor een classificatie van watertypen in het studiegebied.

3. RESULTATEN

3.1. Analyses

Een volledig overzicht van de analyseresultaten is weergegeven in bijlage 1.

Tabel 1. Waarden voor de zuurgraad (pH), het gemeten en berekende elektrisch geleidingsvermogen ($EC_{m,25}$ resp. EC_{25}) en de ionenratio (IR) van grondwatermonsters met een sluitende ionenbalans ($K-A/K+A < 10\%$).
Tevens is voor elk monster de verwantschap met enkele referentiemonsters aangegeven

DATE	STATION	pH	$EC_{m,25}$	EC_{25}	$Em-EC$	K+A	K-A	IR	ATWTV	LIHDU	4.	24
-	NR. DPT	-	mS/m	mS/m	%Em	meq/l	K+A%	%	%	%	%	%
840821	1.	6.1	18.3	16.8	8.3	3.0	-7.6	69.1	33.6	25.4	66.2	62.7
840821	2.	6.3	19.7	17.6	10.4	3.1	-4.8	55.3	34.6	13.8	65.7	50.1
840821	4.	5.6	11.0	9.5	13.8	1.6	-2.7	47.3	71.9	1.3	93.9	27.4
840821	5.	5.5	30.6	27.8	9.0	5.1	0.5	64.0	35.3	19.4	69.3	62.7
840821	7.	5.8	22.1	18.1	18.0	3.1	8.4	56.7	42.9	23.1	80.5	58.6
840821	14.	5.3	33.1	28.2	14.8	5.1	-7.3	50.3	50.2	3.4	75.4	44.5
840821	15.	4.4	53.9	38.1	29.3	7.2	6.0	79.6	-13.3	54.2	27.2	76.0
840821	16.	6.0	44.2	35.9	18.7	7.1	4.6	74.7	3.4	26.7	43.1	68.4
840821	17.	4.8	30.6	21.2	30.8	3.7	8.4	68.8	6.1	63.5	50.2	82.0
840821	158. B2	5.7	18.3	16.4	10.5	2.9	-0.4	65.6	39.7	5.9	69.5	42.1
840821	19.	6.4	34.3	27.5	20.0	5.4	9.7	56.1	11.0	63.4	53.5	75.6
840821	23.	6.7	61.3	50.4	17.7	10.4	8.2	56.2	-2.9	55.9	32.0	69.2
850602	4.	5.5	12.0	10.9	9.1	1.8	3.5	43.2	79.2	5.8	100.0	27.2
850602	6.	6.3	30.5	31.3	-2.6	6.4	6.4	77.0	-17.2	88.7	31.3	99.1
850602	8.	5.8	51.5	43.8	14.8	8.9	3.9	65.7	20.2	6.8	53.5	45.7
850602	9.	5.9	45.4	41.9	7.6	7.5	7.8	18.0	59.4	-12.3	66.0	-7.6
850602	10.	4.9	55.3	53.9	2.5	11.4	9.4	80.3	10.1	10.6	44.6	56.1
850602	13.	5.6	44.3	33.0	25.5	6.3	2.3	65.5	23.3	19.2	58.4	61.7
850602	14.	5.6	23.4	25.7	-9.8	4.7	-3.0	54.2	54.5	14.6	83.4	50.6
850602	19.	6.1	17.3	19.1	-10.1	3.6	-3.5	52.0	32.6	72.0	69.5	71.6
850602	20.	5.7	23.6	22.2	6.0	3.9	-9.1	47.3	58.9	28.7	84.0	57.1
850602	21.	6.2	45.0	41.1	8.7	8.4	5.8	66.9	9.4	61.9	55.1	88.8
850602	23.	6.3	99.3	82.9	16.5	19.0	8.0	67.1	-17.0	37.2	17.4	58.3
850602	24.	6.4	36.8	35.6	3.2	7.7	7.1	83.3	-20.3	85.5	27.2	100.0
850602	26.	4.1	22.3	18.2	18.2	2.8	-1.2	54.4	40.8	49.7	71.6	66.5
850602	159. B2	6.0	7.6	9.1	-19.3	1.6	-8.2	42.9	59.9	42.8	85.5	40.7
850602	160. B2	6.0	26.6	28.1	-5.7	5.2	3.4	56.5	45.9	32.4	84.6	65.2
850602	160. B1	5.6	23.0	24.8	-7.9	4.8	-0.2	75.9	19.9	19.7	53.8	54.1
850602	161. B1	5.6	35.8	34.0	5.0	6.5	-3.9	57.4	41.1	20.3	75.6	57.1
850602	8. SBB	6.0	43.6	40.4	7.3	8.2	-3.3	73.1	9.9	32.7	48.5	72.2
850602	LD. 1-11	6.4	24.5	24.2	1.3	4.8	9.4	80.1	0.0	67.2	46.4	93.7
850602	SBB. 1-5	5.4	16.3	20.5	-25.4	3.5	-1.5	50.4	61.7	3.3	86.8	35.0
850602	ROER.	6.6	69.7	59.9	14.1	12.3	15.8	54.2	17.5	19.3	48.4	38.6
850602	DUIK. A	6.6	30.9	31.4	-1.4	6.2	3.9	67.0	10.9	70.8	61.3	90.4
850602	STUW. B	5.8	28.6	24.5	14.3	4.5	9.2	63.1	35.8	23.3	73.8	64.8

3.2. G r o n d w a t e r t y p e n

In tabel 1 zijn van de watermonsters die voldoen aan de voorwaarde voor een "sluitende" ionenbalans, de ionenratio, het elektrisch geleidingsvermogen en de verwantschapspercentages met de referentienummers ATWTV en LiHDu aangegeven.

Op basis van de sterkste verwantschap met ATWTV (79%) is monster 4 (dd. 6/2'85) gekozen als lokaal referentiepunt voor atmoclien water.

Als lokaal referentiepunt voor lithoclien water is monster 24 (dd. 6/2'85) gekozen op basis van de sterkste verwantschap met LiHDu (85,5%).

In tabel 1 is eveneens het verwantschapspercentage van de geselecteerde monsters in het studiegebied met de lokale referentiemonsters 4 en 24 aangegeven.

In figuur 2A is de verwantschap van de monsterpunten met het lokale referentiepunt 4 gecorreleerd aan de verwantschap met ATWTV: $r=0,96$ ($n=32$).

Op vergelijkbare wijze is in figuur 2B de verwantschap van de monsterpunten met het lokale referentiepunt 24 gecorreleerd aan de verwantschap met LiDHu: $r=0,93$ ($n=32$).

Op grond van de goede correlaties werd een indeling van de watermonsters gemaakt gebaseerd op de lokale referentiepunten.

De volgende criteria zijn gebruikt voor de indeling van de watermonsters bij één van de vier typen:

Type I : Verwantschap met lokaal referentiepunt 4: $> 80\%$

Deze watermonsters zijn voor 50% of meer verwant met ATWTV.

Dit type wordt beschouwd als lokaal atmoclien water.

Type II : Verwantschap met lokaal referentiepunt 4: 65-80%

Bovendien geldt voor dit type dat de verwantschap met ATWTV groter moet zijn dan de verwantschap met LiHDu.

Dit watertype is nog voor 30-50% verwant met ATWTV en is representatief voor grondwater dat enigszins is beïnvloed door de lithosfeer. De verwantschap met atmoclien water domineert nog.

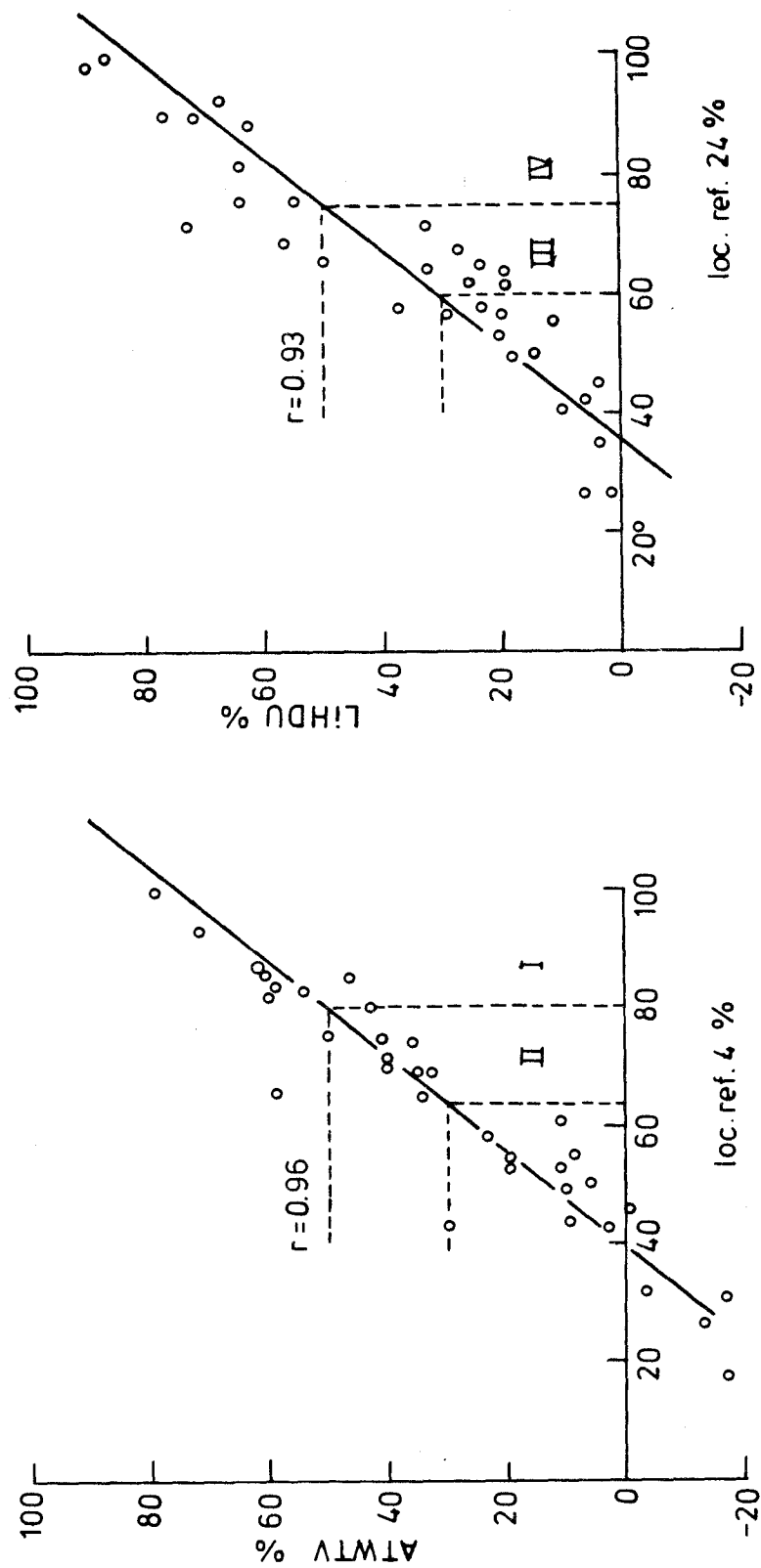


Fig. 2. Verwantschap van de monsterpunten met ATWTV in relatie tot de verwantschap met het lokale atmocliene referentiepunt 4 (A). Verwantschap van de monsterpunten met LiHDU in relatie tot de verwantschap met het lokale lithocliene referentiepunt 24 (B). Met streeplijnen zijn de begrenzingen aangegeven waarbinnen de verschillende watertypen vallen (I: lokaal atmoclien; II: atmoclien overgangstype; III: lithoclien overgangstype; IV: lokaal lithoclien)

Type III: Verwantschap met lokaal referentiepunt 24: 60-75%

Bovendien geldt voor dit type dat de verwantschap met LiHDu groter moet zijn dan de verwantschap met ATWTV.

Dit watertype is voor 30-50% verwant met LiHDu en kan worden beschouwd als een overgang naar lithoclien water. De verwantschap met lithoclien water domineert.

Type IV : Verwantschap met lokaal referentiepunt 24: > 75%

Deze watermonsters zijn voor meer dan 50% verwant aan LiHDu.

Dit type water is in de regionale hydrologische kringloop het sterkst door de lithosfeer beïnvloed en wordt als lokaal lithoclien water beschouwd.

De monsternummers 8 (21/8'84), 10 (6/2'85) en 23 (21/8'84 en 6/2'85) konden niet op een bevredigende wijze worden ingedeeld bij een van de vier watertypen.

Hoewel de monsters 15 en 17 binnen type IV vallen moet de kanteekening worden gemaakt dat deze monsters opvallen door ongewoon lage pH-waarden voor lithoclien water (zie bijlage). Het is vooralsnog niet duidelijk waaraan dit moet worden toegeschreven.

In figuur 3 zijn in een IR-EGV diagram de onderscheiden watertypen als clusters van monsterpunten weergegeven.

Uit figuur 3 kan worden afgeleid dat vrijwel alle watermonsters naast de verbindingslijn tussen ATWTV en LiHDu zijn gelegen. In principe zou de sequentie van watertypen min of meer volgens de verbindingslijn moeten verlopen. De gesignaleerde afwijking duidt erop dat de watermonsters sterker verrijkt zijn met ionen dan op grond van natuurlijke processen verwacht mag worden.

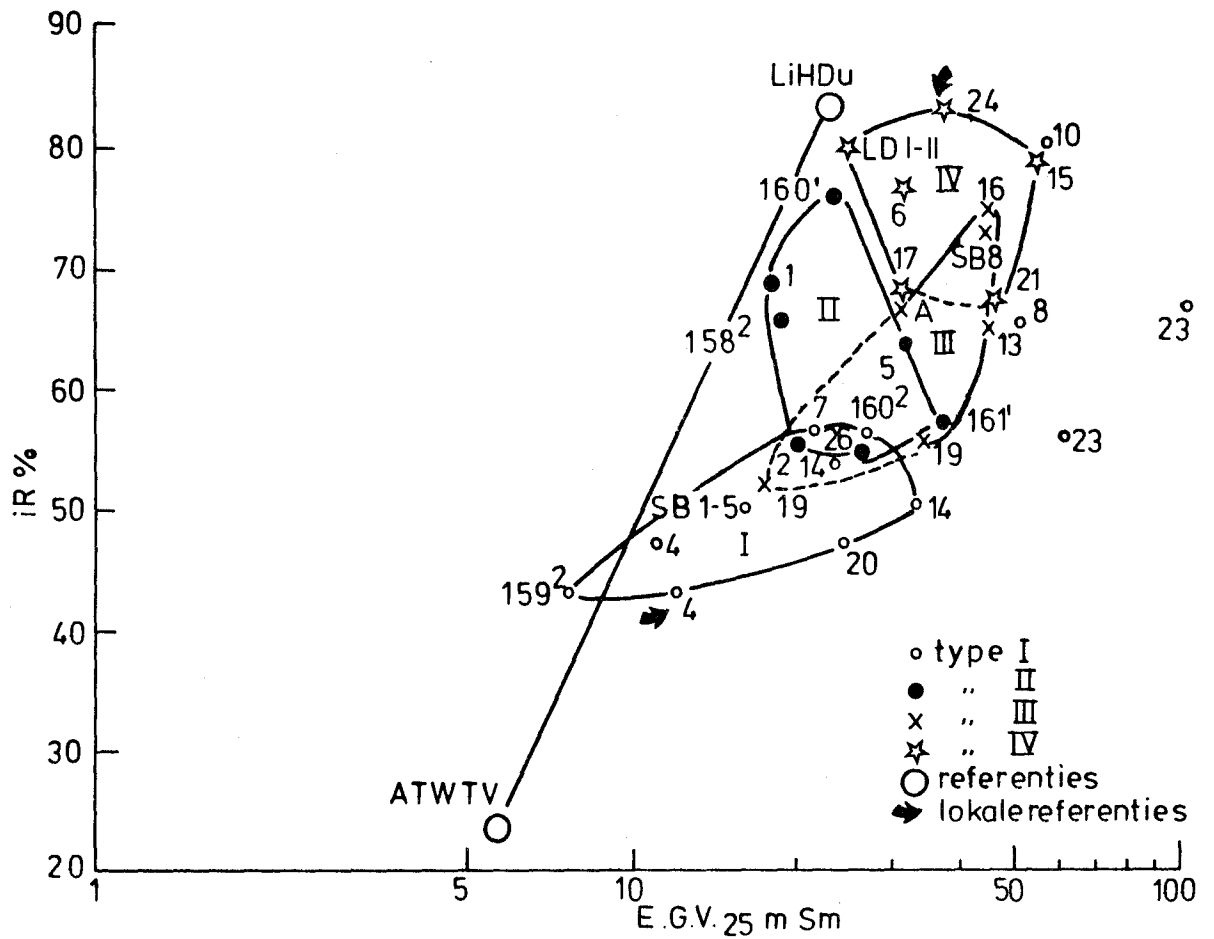


Fig. 3. Ionenratio (IR) en elektrisch geleidingsvermogen (EGV) van watermonsters. Monsterpunten met overeenkomstige verwantschapspercentages ten opzichte van lokale referentiemonsters zijn als groep onderscheiden

3.3. Verontreiniging grondwater

Het chloride-ion kan worden beschouwd als een belangrijke indicator voor verontreiniging.

Dit ion is niet of nauwelijks betrokken bij biologische of fysisch chemische processen in de bodem. In niet verontreinigd zoet grondwater kan chloride slechts afkomstig zijn van neerslagwater. Rekening houdend met een indikkingsfactor van 2 à 3 door verdamping, zal de Cl^- concentratie van natuurlijk water in ieder geval lager moeten zijn dan 17,5 mg/l (APPELO, 1982). Hogere concentraties wijzen op verontreiniging.

Ook nitraat en sulfaat zijn in niet verontreinigde systemen slechts in geringe mate aanwezig. Hoge concentraties van beide componenten wijzen òfwel op verontreiniging òfwel op ontwatering. Daar beide ionen echter onderhevig zijn aan biologische omzettingsprocessen zijn zij als indicator minder geschikt. In het grondwater van het onderzoeksgebied komen plaatselijk hoge concentraties van nitraat, sulfaat en chloride voor (bijlage 1). In figuur 4 zijn op de plaatsen die de watermonsters innemen in het IR-EGV diagram (zie fig. 3) de Cl^- concentraties van het betreffende monster aangegeven.

In het diagram zijn isochloride lijnen getekend die de monsters verdelen in een aantal groepen met overeenkomstige Cl^- concentraties:

1. $[\text{Cl}^-] < 17,5 \text{ mg/l}$ schoon water
2. $17,5 < [\text{Cl}^-] < 35,0 \text{ mg/l}$ matig verontreinigd water
3. $[\text{Cl}^-] > 35 \text{ mg/l}$ sterk verontreinigd water

De monsters met schoon grondwater volgen vrijwel precies de verbindingslijn tussen ATWTV en LiHDu.

Naarmate de Cl^- concentraties toenemen ontstaat er een convergerende tendens naar één bepaald watertype, waaruit geconcludeerd kan worden dat de natuurlijke gradiënt in het landschap vervlakt bij toenemende verontreiniging.

Het is interessant te constateren dat de "verontreinigingsreeksen" convergeren naar een watertype waartoe onder andere het oppervlaktewater van de Roer behoort. Als de Roer beschouwd wordt als het uiteindelijke verzamelvat van het natuurlijke drainagesysteem, dan is de samenstelling van het water in de Roer een goede afspiegeling van de gevolgen van verontreiniging van het grondwater in het landelijk gebied.

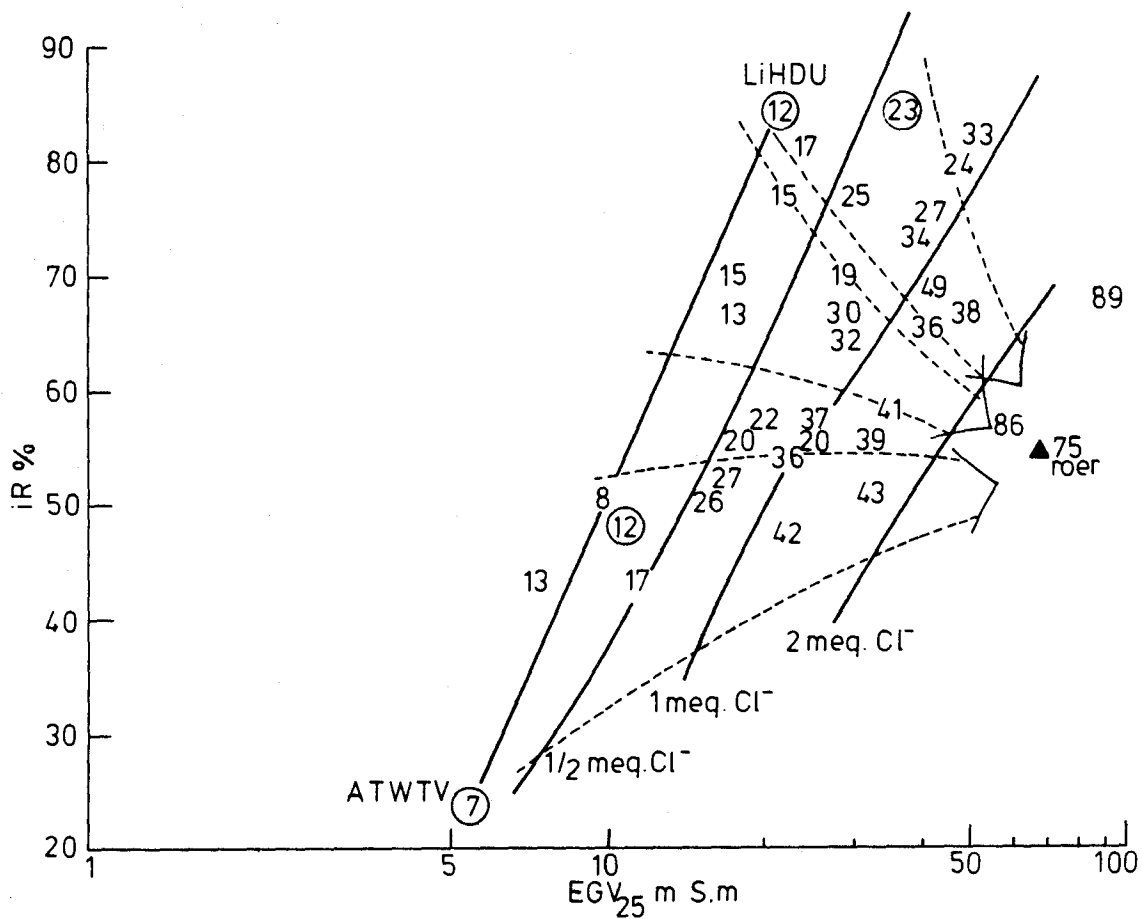


Fig. 4. De plaats van de watermonsters in een IR-EGV diagram en de daarbij voorkomende chloride gehalten (mg/l). In de figuur zijn enkele isochloride lijnen aangegeven die de monsters verdelen in groepen met overeenkomstige chloride gehalten. Met pijlen is de richting aangegeven waarin het grondwater zich kwalitatief ontwikkelt bij toenemende verontreiniging

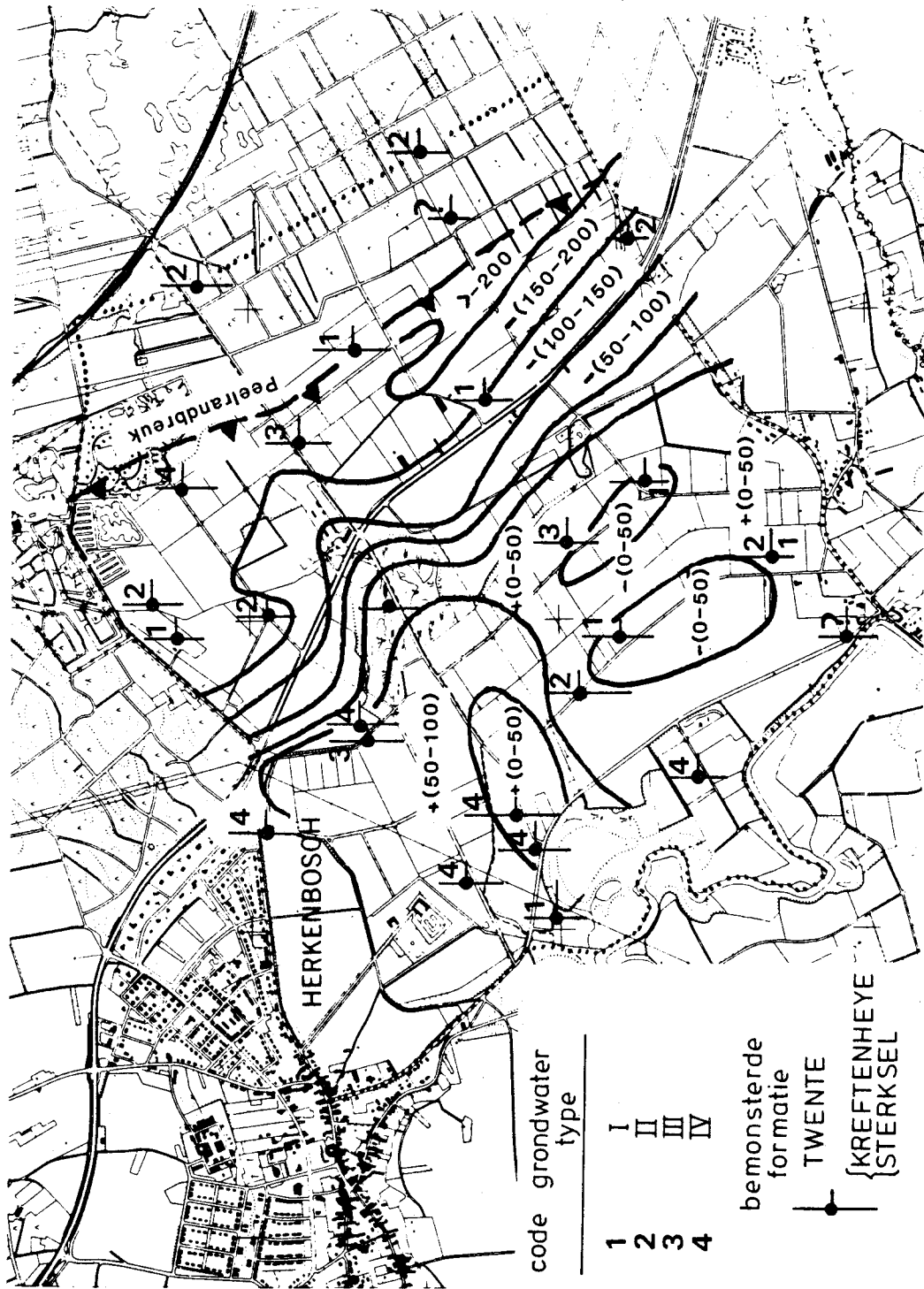


Fig. 5. Stijghoogteverschillenkaart tussen ondiep en diep grondwater met de locaties van de bemonsterde filters en de daarin voorkomende watertypen. Negatieve stijghoogteverschillen duiden op potentiële infiltratie, positieve stijghoogteverschillen wijzen op potentiële kwel

3.4. Verspreiding van watertypen in relatie tot de geohydrologie

In figuur 5 is voor elk monsterpunt aangegeven welk watertype er op de verschillende diepten voorkomt. In deze figuur zijn tevens de potentiaal verschillen tussen ondiep en diep grondwater aangegeven (WIT e.a., 1985). Uit het kaartbeeld kan de positie van de verschillende watertypen in potentiële infiltratie- en kwelgebieden worden afgeleid.

De puntgegevens over de waterkwaliteit in figuur 5 zijn geëxtrapoleerd naar kaartvlakken met behulp van de stroomgebiedenkaart en de isohypsenkaart van het gebied (WIT e.a., 1985). Subgebieden waar op grond van deze extrapolatie een bepaald watertype verwacht kan worden zijn aangegeven in figuur 6. Het kaartbeeld vertoont uiteraard een globaal karakter. Met het verspreidingspatroon van deze ecologisch relevante watertypen zijn tevens globaal de zones aangegeven waar kwelafhankelijke vegetatietypen met een lagere dan wel met een iets hogere trofiegraad verwacht mogen worden.

Voor de watertypen III en IV met een lithoclien karakter is op grond van de kwaliteitsgegevens niet af te leiden of de herkomst binnen het onderzoeksgebied dan wel daarbuiten is gelegen.

Indien echter watertype III met een minder uitgesproken lithoclien karakter inderdaad een korter verblijf heeft gehad in de regionale hydrologische kringloop dan watertype IV, dan mag worden aangenomen dat zones met watertype III hydrologisch in relatie staan met de infiltratiezones binnen hetzelfde stroomgebied.

Het voorkomen van lokaal atmoclien water (type I en II) is duidelijk gekoppeld aan gebieden met potentiële infiltratie.

Een uitzondering hierop vormt een zone pal ten westen van de Peelrandbreuk in stroomgebied F1 waar de watertypen III en IV voorkomen. Het optreden van infiltratiepotentialen in deze zone wijst erop dat de watertypen III en IV niet afkomstig kunnen zijn uit het watervoerende pakket. De herkomst van het water moet van vrij lokale oorsprong zijn. Uit onderzoek van WIT e.a. (1985) blijkt dat hier sprake is van een laterale toestroming over de Peelrandbreuk van ongeveer $0,03 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$.

In een zone langs de Bosbeek in stroomgebied F1 komt watertype II voor wat wijst op enige beïnvloeding door het sediment. De Bosbeek heeft hier een drainerende invloed op het grondwater dat gevoed wordt door het lokaal gevallen neerslagwater. Anderzijds wijzen WIT e.a. (1985) erop dat hier mogelijk infiltratie plaatsvindt vanuit de Bosbeek.

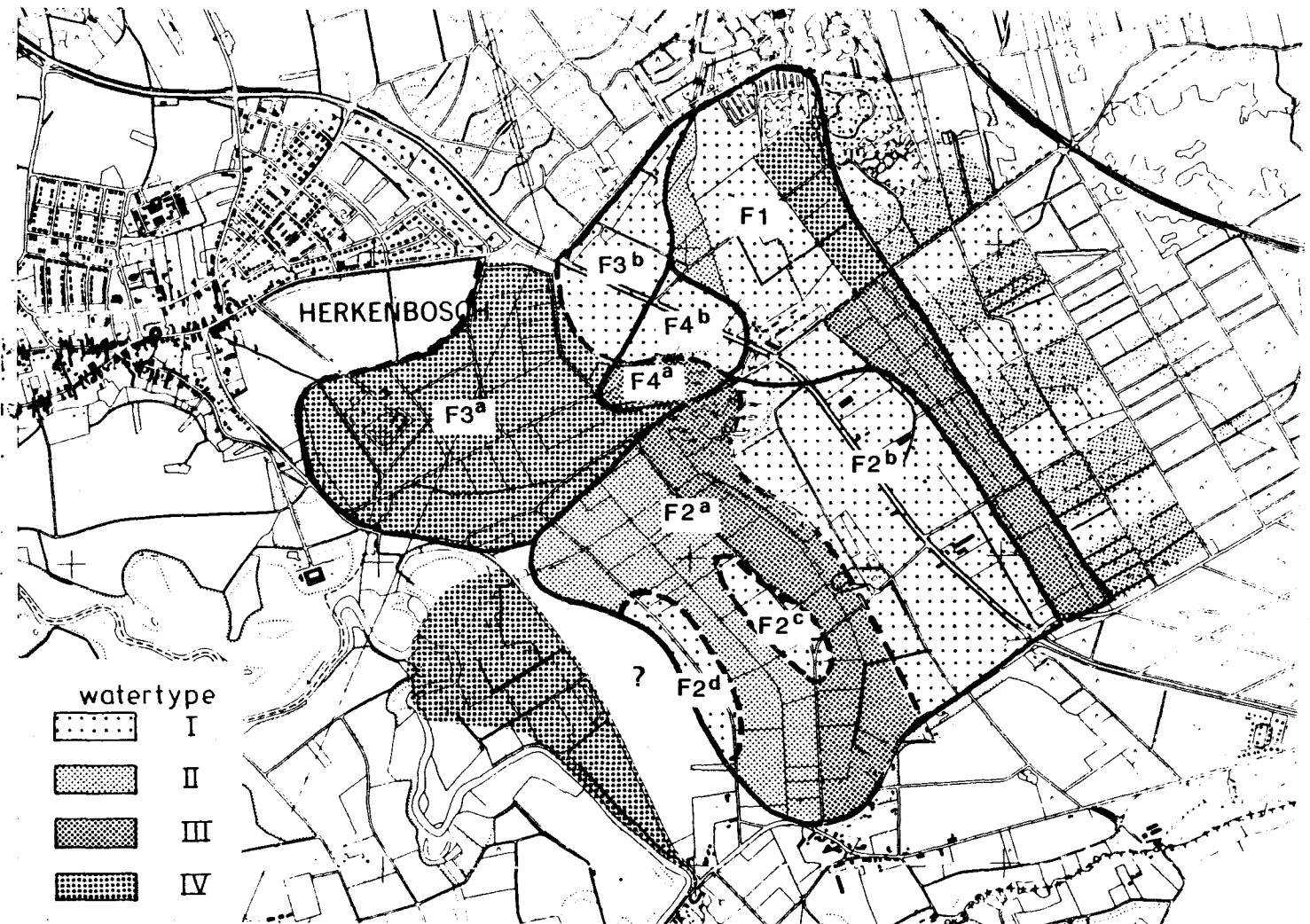


Fig. 6. Stroomgebiedenkaart met verspreiding van ecologische relevante watertypen

In stroomgebied F2 wordt in het subgebied F2b met infiltratiepotentialen watertype I aangetroffen. In subgebied F2a met zwakke kwelpotentialen + (0-50 cm) en een berekende kwel van $1,82 \text{ mm.d}^{-1}$ komt een smalle zone voor langs de steilrand waar watertype III wordt aangetroffen. Deze strook die wordt afgewaterd door de Schuttecampsgraaf is de enige zone in stroomgebied F2a waar min of meer lithoclien water wordt aangetroffen.

Dit water heeft een zeker traject in de hydrologische kringloop afgelegd en lijkt afkomstig te zijn uit subgebied F2b dat binnen hetzelfde stroomgebied is gelegen. WIT e.a. (1985) wijzen erop dat in deze zone van subgebied F2a sprake is van laterale toestroming van $+ 0,004 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ vanuit subgebied F2b.

In het overige gedeelte van subgebied F2 komt watertype I voor op plaatsen met infiltratiepotentialen (F2c, F2d). Watertype II komt voor in de zone die wordt afgewaterd door de Broekbeek. Het atmocliene karakter van het water zou erop kunnen wijzen dat de Broekbeek water afvoert dat zeer lokaal (in de subgebieden F2c en F2d) is geïnfiltreerd.

In subgebied F3a met sterke kwelpotentialen + (50-100 cm) en een berekende kwel van $3,20 \text{ mm.d}^{-1}$ komt een uitgesproken lithoclien water voor (type IV).

Dit grondwater is nadrukkelijk door het sediment beïnvloed en lijkt een lang traject te hebben afgelegd in de regionale hydrologische kringloop.

Dit watertype IV, dat eveneens voorkomt in het stroomdal van de Roer lijkt afkomstig te zijn uit het 1e watervoerende pakket (WIT e.a., 1985). Voorzover gegevens beschikbaar zijn over de waterkwaliteit van het watervoerende pakket, wijzen deze steeds op het voorkomen van de atmocliene watertypen I en II. Gedurende de stroming door het watervoerende pakket (oost-west gericht) blijkt dit water nauwelijks door het sediment beïnvloed te worden. Dit wijst erop dat het sediment arm is aan verweerbaar materiaal.

Het water van het watervoerende pakket moet geïnfiltreerd zijn op de Peelhorst of in de potentiële infiltratiezones van het studiegebied.

De beïnvloeding van het water lijkt pas in een laat stadium, tijdens de opwaartse stroming naar de kwelzones plaats te vinden. Mogelijk dat lokale leemlagen in het watervoerende pakket tussen de Formaties van Sterksel en Kreftenheye daarbij een rol spelen.

4. CONCLUSIES

Als samenvatting van het beeld dat is ontstaan uit de verspreiding van watertypen, is in figuur 7 een sterk geschematiseerd conceptueel model geschetst, waarin de hydrologische relaties tussen de verschillende subgebieden zijn weergegeven in een dwarsdoorsnede van het studiegebied.

In het studiegebied kunnen op een drietal plaatsen vegetatietypen verwacht worden met een hoge trofiegraad door kwel of laterale toestroming van mineraalrijk grondwater.

- Een zone in het noorden van het studiegebied pal ten westen van de Peelrandbreuk.
- Een zone ten zuid-oosten van Herkenbosch.
- Het huidige stroomdal van de Roer.

Met uitzondering van het gebied ten westen van de Peelrandbreuk staan deze zones onder invloed van een sterke regionale kwel en zijn daardoor niet uitsluitend afhankelijk van nabijgelegen infiltratiegebieden.

Vegetatietypen met een minder hoge trofiegraad kunnen verwacht worden in een drietal zones waar sprake is van laterale toestroming van matig mineraalrijk grondwater.

- Een zone in het oosten van het studiegebied ten westen van de Peelrandbreuk.
- Een zone ten westen van de steilrand welke wordt afgewaterd door de Schuttecampsgraaf.
- Het westelijke deel van de Turfkoelen.

Deze zones staan niet of minder onder invloed van regionale kwel. Deze gebieden worden gevoed door laterale toestroming van grondwater dat in nabijgelegen zones is geïnfiltreerd en zijn daardoor in hoge mate van deze infiltratiezones afhankelijk.

Vegetatietypen met een lage trofiegraad kunnen in principe verwacht worden in gebieden waar de samenstelling van het grondwater vrijwel uitsluitend wordt bepaald door infiltrerend regenwater. Deze gebieden fungeren als vanggebied voor lager gelegen kwelzones en moeten derhalve beschermd worden tegen verontreinigingsinvloeden.

De natuurlijke variatie in de chemische samenstelling van het grondwater is als gevolg van verontreiniging onderhevig aan vervlakking.

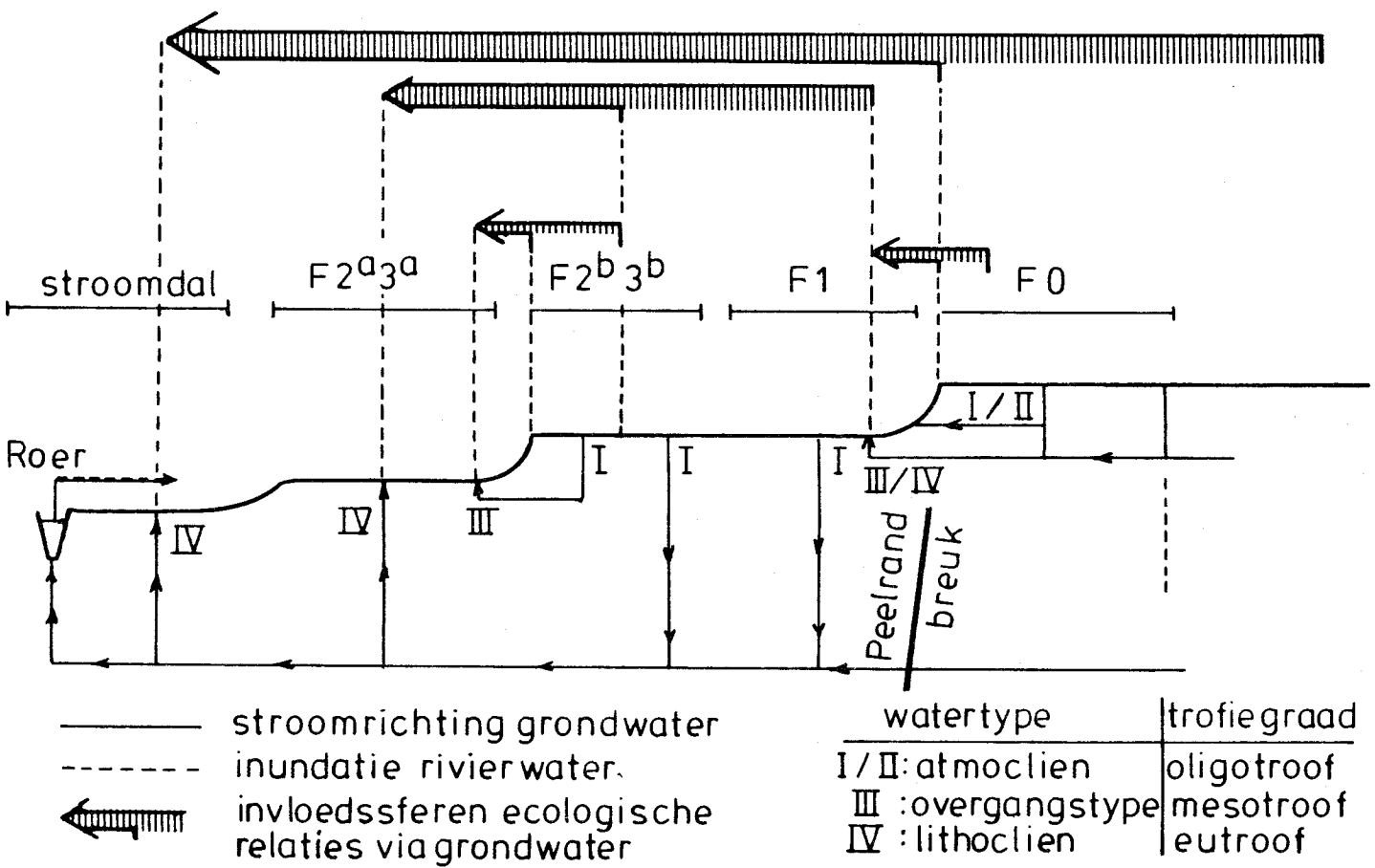


Fig. 7. Sterk geschematiseerde weergave van hydrologische relaties tussen de verschillende subgebieden via grondwaterstromingen en het voorkomen van watertypen in een geïdealiseerde dwarsdoorsnede van het studiegebied

5. SAMENVATTING

In het kader van het programma van onderzoek aangepaste landbouw is in het studiegebied Herkenbosch-Vlodorp onderzoek verricht naar de verspreiding van ecologisch relevante watertypen in relatie tot het voorkomen van infiltratie- en kwelzones.

Met het beeld van de verspreiding van deze watertypen werd belangrijke aanvullende informatie verkregen over de samenhang in het landschap via grondwaterstromingen en over de trofiegraad van gebiedsdelen in verband met ontwikkelingsmogelijkheden van half natuurlijke vegetaties bij aangepaste vormen van landbouw.

Voor de typering van het grondwater is een methode toegepast waarbij de chemische samenstelling met behulp van referentiemonsters wordt gerelateerd aan de positie van het grondwater in de regionale hydrologische kringloop. Met het rekenmodel MAIONF zijn verwantschappen van grondwatermonsters met referentiemonsters berekend. Op grond van deze berekeningen werden vier watertypen onderscheiden met een toenemende mineralen rijkdom. Atmoclien water met meer dan 50% verwantschap met regenwater, komt voor in infiltratiegebieden. Dit water is mineraal arm. Lithoclien water met meer dan 50% verwantschap met "gerijpt" grondwater, wordt aangetroffen waar water opkwelt uit het le watervoerende pakket. Dit water is rijk aan mineralen die door langdurig contact uit het doorstroomde sediment zijn opgenomen.

Tussen deze beide watertypen in komen twee overgangstypen voor met respectievelijk een meer atmoclien en een meer lithoclien karakter. Het lithocliene overgangstype komt voor op plaatsen waar laterale toestroming plaatsvindt via het afdekkend pakket. Gebiedsdelen waar dit overgangstype voorkomt staan hydrologisch in relatie met nabijgelegen infiltratiezones. Het atmocliene overgangstype lijkt gebonden aan zones met zeer locale grondwaterstromingen als gevolg van een drainerende werking van waterlopen.

Uit het onderzoek kon tevens worden geconcludeerd dat bij een toenemende verontreiniging van het grondwater de natuurlijke chemische variatie afneemt. Hierdoor ontstaat een uniform watertype met als gevolg een vervlakking in de trofie gradiënt die door grondwaterstroming in het landschap is ontstaan.

LITERATUUR

- ANONYMUS, 1968. Bodemkaart van Nederland, schaal 1:50 000 kaartblad 58 oost, Roermond. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- GROOTJANS, A.P., L.F.M. FRESCO, F.H. EVERTS, J. STREEFKERK, E. TAKMAN en N.P.J. DE VRIES, 1984. Distribution of marshplant communities in relation to the regional hydraulic cycle (pp. 38). Laboratorium voor Plantenecologie, voortgangsverslag 25 Groningen.
- KEMMERS, R.H. en P.C. JANSEN, 1985. Hydrologie in relatie tot de beschikbaarheid van vocht en voedingsstoffen voor natuurlijke begroeiingen. Cult. Techn. Tijdschrift (24) 4: 195-211.
- MOORE, P.D. and D.J. BELLAMY, 1974. Peatlands. Elek Science London, 221 p.
- PIETSCH, W., 1976. On the relation between the vegetation and the absolute and relative ion content of mire waters in Middle Europe. Proc. 5th Int. Peat Congres Vol. 2: 62-72. Poznan, Poland.
- SUCCOW, M., 1982. Topische und chorische Naturräumtypen der Moore. In: Kopp et al: Naturräumliche Grundlagen der Landnutzung. Akad. Verlag Berlin.
- WIRDUM, G. VAN, 1980. Eenvoudige beschrijving van de waterkwaliteitsverandering gedurende de hydrologische kringloop ten behoeve van de natuurbescherming. CHO-TNO Rapporten en nota's no. 5 p. 118-143.
- (in voorbereiding). MAIONF, een computerprogramma voor de primaire verwerking van resultaten van fysisch chemisch onderzoek aan watermonsters.
- WIT, K.E., E. VAN REES VELLINGA en M. WIJNSMA, 1985. Geohydrologisch onderzoek in de omgeving van Herkenbosch. ICW nota 1624

Resultaten van chemische analyses van het grondwater

DATUM	PUNT	NAAM	EC20	pH	K+	Na+	Ca++	Mg++	Cl-	SO4=	HCO3-	NO2+3
-	NR. DP	-	mS/m	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mgN/l
840821	1.	HERKE	16.6	6.1	1.3	5.6	19.0	1.8	15.0	49.0	9.6	-
840821	2.	HERKE	17.8	6.3	8.0	3.7	14.0	4.9	20.0	40.5	12.7	-
840821	3. B1	HERKE	85.5	4.0	7.6	51.7	29.0	12.0	117.0	355.0	0.0	-
840821	3. B2	HERKE	67.7	4.8	3.5	30.8	54.8	17.5	93.0	258.0	0.7	-
840821	4.	HERKE	10.0	5.6	1.2	7.5	6.1	1.3	12.0	20.5	2.9	-
840821	5.	HERKE	27.7	5.5	7.4	10.1	32.2	3.8	32.0	71.0	8.8	-
840821	6.	HERKE	34.4	6.2	8.6	15.3	33.1	5.1	78.0	60.0	26.3	-
840821	7.	HERKE	20.0	5.8	11.9	10.5	16.3	1.5	22.0	30.0	11.6	-
840821	8.	HERKE	17.8	5.9	4.2	24.1	59.4	15.5	93.0	164.0	16.5	-
840821	10.	HERKE	87.7	4.5	13.3	25.4	100.6	26.3	15.0	205.0	0.0	-
840821	11.	HERKE	56.6	5.2	24.8	47.0	36.1	5.3	33.0	75.0	2.2	-
840821	12.	HERKE	28.9	6.0	5.7	18.4	15.7	3.6	76.0	17.0	51.6	-
840821	13.	HERKE	38.8	5.9	4.0	12.6	27.3	6.6	39.0	83.0	22.8	-
840821	14.	HERKE	30.0	5.3	1.8	10.6	24.6	7.5	43.0	68.0	5.9	-
840821	15.	HERKE	48.8	4.4	14.2	6.9	53.0	5.7	24.0	130.0	0.0	-
840821	16.	HERKE	40.0	6.0	10.3	9.0	45.1	10.0	27.0	102.0	31.4	-
840821	17.	HERKE	27.7	4.8	9.1	7.2	23.7	3.0	19.0	55.0	0.0	-
840821	158. B2	HERKE	16.6	5.7	1.7	8.8	14.0	3.9	13.0	49.0	4.4	-
840821	158. B1	HERKE	21.1	6.0	-	-	-	-	80.0	20.0	-	-
840821	19.	HERKE	31.1	6.4	2.4	16.5	28.2	9.4	39.0	20.0	56.0	-
840821	20.	HERKE	26.6	6.2	1.7	7.9	23.0	3.6	50.0	25.0	24.3	-
840821	21.	HERKE	0.0	6.5	0.6	22.5	50.4	8.3	52.0	87.0	56.4	-
840821	22.	HERKE	96.6	5.7	2.9	83.0	74.5	16.2	269.0	82.5	19.3	-
840821	23.	HERKE	55.5	6.7	4.7	27.7	62.5	14.5	86.0	13.0	127.1	-
840821	24.	HERKE	31.1	5.5	0.5	9.7	36.2	9.0	-	67.5	6.5	-
850602	1.	HERKE	26.4	5.9	2.1	6.7	41.7	5.1	23.6	40.7	17.8	62.7
850602	2.	HERKE	9.2	4.0	3.3	2.3	4.8	0.8	8.3	28.8	0.0	12.6
850602	3. B1	HERKE	42.7	3.9	2.8	31.7	7.8	4.3	58.0	195.1	0.0	2.0
850602	3. B2	HERKE	67.9	5.4	2.7	40.2	34.3	10.6	36.9	258.6	5.9	1.3
850602	4.	HERKE	10.9	5.5	1.3	9.0	7.4	1.9	17.2	16.6	3.6	14.3
850602	5.	HERKE	18.1	5.1	5.7	7.6	20.1	2.5	27.4	42.8	63.7	5.1
850602	6.	HERKE	27.6	6.3	7.5	11.4	47.0	4.7	24.8	36.0	95.3	0.5
850602	7.	HERKE	25.6	5.8	6.0	10.4	44.3	3.3	22.3	45.8	20.6	61.6
850602	8.	HERKE	46.6	5.8	2.2	29.1	41.4	14.9	38.2	134.9	23.3	9.7
850602	9.	HERKE	41.1	5.9	7.4	72.4	10.7	2.0	86.0	36.0	17.2	5.2
850602	10.	HERKE	50.1	4.9	16.6	15.4	76.5	15.7	33.1	201.2	1.5	77.7
850602	11.	HERKE	60.7	4.4	33.5	33.1	57.6	9.2	66.9	47.1	0.01	75.9
850602	12.	HERKE	22.3	6.0	1.9	18.1	12.3	3.5	31.8	7.7	93.5	2.8
850602	13.	HERKE	40.1	5.6	2.1	16.5	39.0	6.1	36.3	86.3	15.8	69.9
850602	14.	HERKE	21.2	5.6	1.0	11.0	23.9	7.0	35.7	59.4	10.6	2.7
850602	15.	HERKE	54.7	4.5	10.2	16.1	87.9	8.3	42.7	128.9	0.01	57.4
850602	16.	HERKE	45.4	5.4	14.6	9.0	59.3	10.0	28.7	5.0	8.4	2.3
850602	17.	HERKE	38.4	4.4	14.4	9.9	45.8	4.8	24.8	44.5	0.01	57.4
850602	19.	HERKE	15.7	6.1	0.5	11.9	16.8	4.4	27.4	18.5	42.7	0.7
850602	20.	HERKE	21.4	5.7	1.5	8.3	21.3	3.8	42.0	31.7	76.6	3.4
850602	21.	HERKE	40.8	6.2	2.2	22.9	55.9	7.1	49.0	62.5	17.6	10.4
850602	22.	HERKE	73.9	5.6	0.6	94.9	57.7	14.3	106.4	75.7	31.1	12.2
850602	23.	HERKE	89.9	6.3	4.8	61.9	103.6	27.8	89.8	129.2	215.3	1.7
850602	24.	HERKE	33.3	6.4	0.9	10.3	64.5	5.1	22.9	47.8	117.3	17.3
850602	26.	HERKE	20.2	4.1	2.4	6.8	13.3	3.2	19.7	40.3	0.0	34.5
850602	159. B2	HERKE	6.9	6.0	1.4	7.0	5.4	1.4	12.7	12.1	15.0	1.5
850602	160. B2	HERKE	24.1	6.0	6.4	14.8	27.1	6.7	36.9	52.2	24.7	3.9
850602	160. B1	HERKE	20.8	5.6	1.1	8.1	26.0	8.4	14.6	80.8	17.4	5.6
850602	161. B2	HERKE	11.9	5.9	1.2	6.8	8.2	1.7	20.4	16.8	16.1	0.8
850602	161. B1	HERKE	32.4	5.6	1.4	19.2	31.5	8.1	41.4	84.6	26.4	1.6
850602	8. SBB	HERKE	39.5	6.0	4.7	8.8	52.8	9.9	34.4	121.8	43.7	5.7
850602	LD. 1-11	HERKE	22.2	6.4	1.8	6.7	39.1	4.1	17.2	46.2	44.4	24.6
850602	SBB. 1-5	HERKE	14.8	5.4	11.6	11.5	15.0	2.1	26.1	43.8	7.8	19.7
850602	ICW. 98	HERKE	16.2	6.4	3.0	11.9	6.9	1.6	23.6	83.7	44.1	113.5
850602	ROER.	HERKE	63.1	6.6	6.0	80.9	50.4	11.4	75.2	85.6	78.2	17.8
850602	DUIK. A	HERKE	28.0	6.6	5.3	18.7	35.1	6.4	30.6	52.2	63.3	17.5
850602	STUW. B	HERKE	25.9	5.8	3.9	11.0	27.7	6.3	28.7	52.5	9.7	28.7
850602	STUW. F	HERKE	11.5	5.9	2.0	5.4	10.4	1.6	33.8	39.6	1.1	12.2