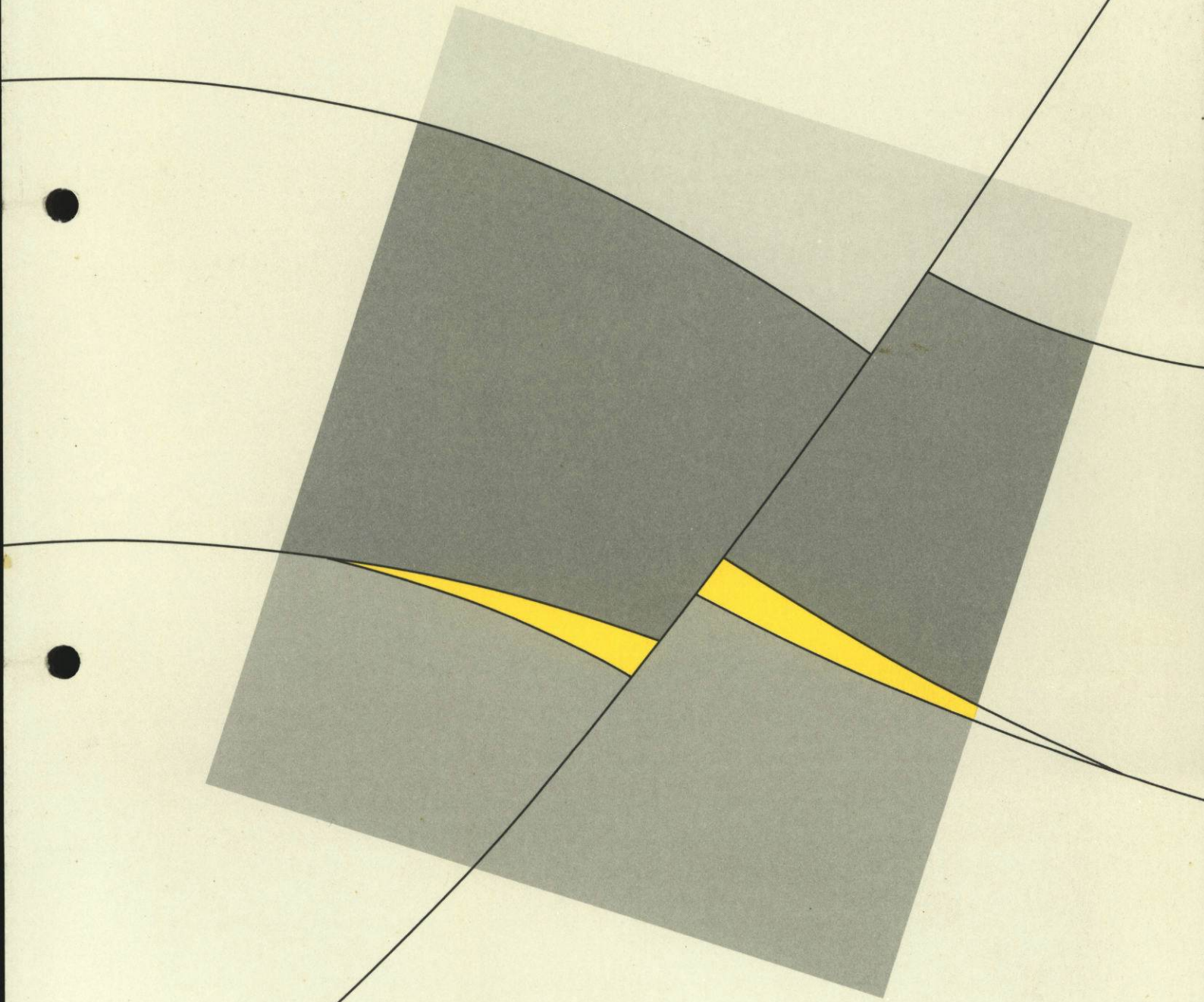
Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek

DGV

Dienst
Grondwaterverkenning TNO

Grondwatersysteemonderzoek Salland I



TNO

Nederlandse organisatie
voor toegepast
natuurwetenschappelijk
onderzoek

TNO-rapport

DGV

Dienst
Grondwaterverkenning TNO

Postbus 285
2600 AG Delft
Schoemakerstraat 97
2628 VK Delft

Telefax 015 - 56 48 00
Telex 38071 zptno nl
Telefoon 015 - 69 69 00

OS 88-63 augustus 1990

GRONDWATERSYSTEEMONDERZOEK SALLAND I

- Omschrijving lokaties en archivering basisgegevens
- Rapportage van de eerste twee EC-meetcampagnes

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeksopdrachten TNO', dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.

© TNO

Dit rapport is een heruitgave (onder een andere titel) van het rapport
BOORPROGRAMMA NOORDELIJK IJSSELDAL, december 1988

BETA BIBL. VRIJE UNIVERSITEIT AARDWETENSCHAPPEN AMSTERDAM 1301

Auteur:
Drs. J.H. Hoogendoorn

Opdrachtgever:
Rijkswaterstaat, Directie Waterhuishouding en Waterbeweging

DIENST GRONDWATERVERKENNING TNO
Postbus 195
8430 AD Oosterwolde
Telefoon: 05160 - 16800

TNO

INHOUDSOPGAVE

	LIJST VAN FIGUREN	iv
	LIJST VAN BIJLAGEN	v
1.	INLEIDING	1
1.1	Kader en doelstelling	1
1.2	Algemene uitgangspunten bij het boorprogramma	2
1.3	Opzet van het verslag	2
2.	KARAKTERISERING VAN DE BOORLOKATIES	5
2.1	Uitgangspunten	5
2.2	Geohydrologische positie van de boringen	5
2.3	Topografische positie van de boringen	6
3.	UITVOERING EN INRICHTING VAN DE BORINGEN	9
3.1	Randvoorwaarden en boormethode	9
3.2	Uitvoering van de boringen	9
3.3	Filterstelling en boorgatafwerking	9
3.4	Monstername-methode	11
3.5	Verwerking van de boor- en aanverwante gegevens	12
4.	VERSLAG VAN DE EC-METINGEN	13
4.1	Inleiding	13
4.2	Nadere definiëring van enkele algemene begrippen	13
4.3	Vergelijking van de EC-metingen in de tijd	14
4.4	Vergelijking van de EC-profielen onderling	15
4.5	Korte beschouwing over de EC-profielen per boring	16
5.	CONCLUSIES EN VOORTGANG VAN HET ONDERZOEK	28
6.	LITERATUUR	33

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Positie van de boringen ten opzichte van de Drente-klei en het zoet/zout-grensvlak. 4

Figuur 2: Schematisch overzicht van de inrichting van een boorgat en de opbouw van een minifilter. 8

Figuur 3: Schematisch overzicht van het monsternamesysteem. 10

Figuur 4: Verloop van de formatieweerstand van het ondiepe en diepe grondwater boven de Drenteklei tussen de boringen A1, A2 en A3. 20

Figuur 5: Schematische voorstelling van een aantal mogelijke interpretaties van een verandering van de chemische samenstelling van het grondwater in de vertikaal 28

LIJST VAN BIJLAGEN

Bijlage 1: Lokatie van de raaien en de boringen, weergegeven op een topografische kaart, een grondwatertrappenkaart, een oppervlaktewaterkaart, een geologische/geomorfologische kaart, een bodemkaart, een Eemkleikaart en een isohypsenkaart (schaal 1 : 50.000),
Bijlage 1A: Kaarten van raai A,
Bijlage 1B: Kaarten van raai B,
Bijlage 1C: Kaarten van raai C.
Bijlage 2: Legenda's van de kaarten van bijlage 1,
Bijlage 3: EC-dieptediagrammen van de eerste twee EC-meetcampagnes,
Bijlage 3A: EC-dieptediagrammen van de boringen uit raai A,
Bijlage 3B: EC-dieptediagrammen van de boringen uit raai B,
Bijlage 3C: EC-dieptediagrammen van de boringen uit raai C.
Bijlage 4: Basisgegevens per boring (RGD-nummer, datum boring, diepte boring, coördinaten, maaiveldhoogte, hoogte bovenkant stijgbuis van peilfilters, diepte peil- en minifilters).
Bijlage 5: Geohydrologische profielen met EC-dieptediagrammen.
Bijlage 5A: Van raai A.
Bijlage 5B: Van raai B.
Bijlage 5C: Van raai C.
Bijlage 6: Legenda bij de profielen van bijlage 5.

1. INLEIDING

1.1 Kader en doelstelling

Stoftransport door grondwater is een thema dat de laatste jaren aan belangstelling wint. Dit is het gevolg van de onderkenning dat grondwater een belangrijke rol speelt in de verbreiding van bodemverontreinigingen en de onderkenning dat met name natuurlijke vegetatietypen zeer gevoelig zijn voor de chemische samenstelling van het grondwater. In verband hiermee dient de analyse van (grondwater)volumestromen te worden aangevuld met een analyse van stroombanen, waarlangs waterdeeltjes zich in de ondergrond bewegen. Algemene begrippen als infiltratie (= binnentreden van grondwater via het landoppervlak) en kwel (= uittreden van het grondwater) worden binnen dit kader aangescherpt: infiltratie = begin van een stroombaan; kwel = eind van een stroombaan. Het leggen van relaties tussen infiltratie en kwelgebieden via stroombanen is voor een goed beheer van het grondwater, vanuit milieuhygiënisch perspectief, van essentieel belang.

Door Tóth is begin jaren zestig een goed conceptueel model ontwikkeld, verder uitgewerkt door diverse auteurs, waarin het denken in stroombanen een centrale plaats inneemt. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen stromingssystemen van verschillende schaal (regionaal, subregionaal, lokaal), die gesuperponeerd binnen het grondwaterlichaam voorkomen. Door Engelen (1984) is een eerste aanzet gegeven dit concept op de Nederlandse situatie toe te passen. Thans vindt verdere uitwerking plaats, zowel op het gebied van kartering als op het gebied van computersimulatie, en zijn tal van rapporten en publikaties op dit gebied verschenen.

In 1987 zijn in opdracht van Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren, in het Noordelijk IJsseldal een dertigtal boringen geplaatst met als doel gegevens te verkrijgen om inzicht en kennis omtrent de aard en extensie van grondwaterstromingssystemen te verdiepen c.q. te toetsen.
Doelstelling is tevens aandacht te besteden aan de relatieve dominantie van lokale versus regionale systemen. Dit onderzoek vormt een uitvloeisel van de systeemanalyse die in dit gebied is uitgevoerd (Brouwer en Hoogendoorn, 1986). De boringen zijn ingericht met minifilters en peilfilters. Regelmatig wordt het elektrisch geleidingsvermogen van het grondwater uit de minifilters gemeten en worden in de peilfilters grondwaterstandsmetingen verricht. Daarnaast is het de bedoeling minstens éénmaal de watersamenstelling van het grondwater, afkomstig uit de minifilters, te bepalen. Rapportage van de meetresultaten zal in fasen

geschieden. Het verslag van de eerste fase is vastgelegd in het voorliggend rapport.

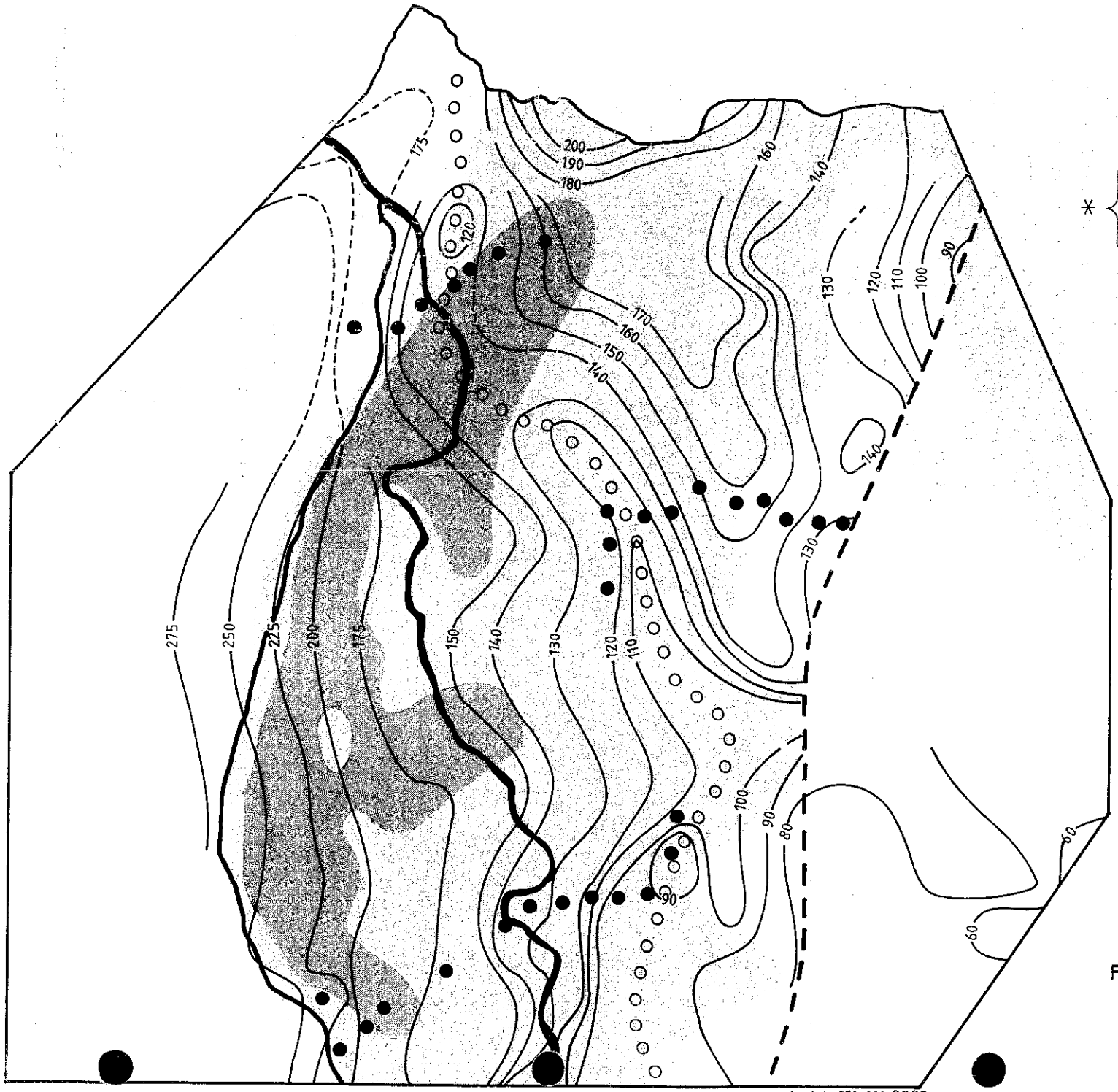
1.2 Algemene uitgangspunten bij het boorprogramma

De chemische samenstelling van het grondwater, dat via infiltratie aan de verzadigde zone wordt toegevoegd, wordt in belangrijke mate bepaald door de samenstelling van het neerslagwater, het bodemtype en het bodemgebruik. Dankzij laterale verschillen in bodemtypen en bodemgebruik bestaan er derhalve laterale verschillen in de chemische samenstelling van infiltrerend grondwater. Ook (infiltrerend) oppervlaktewater heeft veelal een specifieke chemische samenstelling. Bij afstroming van grondwater worden deze laterale verschillen in samenstelling gestapeld en ontstaat in de verticaal een hydrochemisch profiel. Daarnaast vindt er een verandering in de grondwatersamenstelling plaats als gevolg van de water-gesteente interactie en biochemische reacties, waardoor lateraal differentiatie in de samenstelling van het grondwater optreedt.
Door meting van het hydrochemisch profiel op verschillende plaatsen kan, met kennis van de relatie tussen de chemische samenstelling van bodemwater en bodemtype/gebruik, en kennis van de chemische samenstelling van het oppervlaktewater, vanuit het verticaalprofiel de herkomst van het grondwater op verschillende diepten min of meer afgeleid worden. Op deze wijze is het mogelijk de doordringingsdiepte van het grondwater c.q. stroombanen waarlangs het grondwater zich beweegt af te leiden. Kennis en classificatie van stroombanen vormen de basis voor de onderscheiding van verschillende stromingssystemen.

1.3 Opzet van het verslag

De inhoud van dit rapport is tweeledig.
Ten eerste bevat het een beschrijving van de boorlokaties en de wijze waarop de boringen zijn uitgevoerd en ingericht (paragrafen 2 en 3). De projectomschrijving die aan het boorprogramma ten grondslag lag, is opgenomen in DGV-rapport 9/87/JH/PJ. In voornoemd rapport is reeds een omschrijving van de boorlokaties opgenomen en zijn tevens de richtlijnen voor de inrichting van de boringen vermeld. Ten behoeve van de volledigheid is de relevante informatie tevens in dit rapport verwerkt en waar nodig bijgesteld. Verder zijn in dit rapport de basisgegevens, zoals archiefnummers, coördinaten van de boorlokaties, maaiveldhoogten, meetpunthoogten, diepten van de peil- en minifilters e.d., vastgelegd.
Als tweede onderdeel van dit rapport wordt verslag gedaan van de eerste meetresultaten van het elektrisch geleidingsvermogen van het grondwater

uit de minifilters (paragraaf 4). Een eerste, globale ordening en interpretatie van de meetgegevens zal hierbij worden gemaakt. Een verdere uitdieping van de meetgegevens zal pas plaatsvinden nadat de chemische analyses van het grondwater bekend zijn.
In paragraaf 5 tenslotte zijn de conclusies en een voorstel voor de voortgang van het onderzoek opgenomen.



schaal 1: 250 000 2529

LEGENDA

160 — lijn van gelijke diepte (-160 m. t.o.v. NAP) van het zoet-brak grensvlak (150 mg Cl^-/l)

dikte van het kleipakket van de Formatie van Drente 5-50 m.

dikte van het kleipakket van de Formatie van Drente >50 m.

lijn van minst diepe ligging van het zoet-brak grensvlak

ten oosten van de lijn is een juiste geofysische dieptebepaling niet meer mogelijk door de hoge ligging van de geohydrologische basis (Plioceen/Mioceen)

bron: geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland (Grootjans 1984)

lokatie boring

Figuur 1 : Positie van de boringen t.o.v. de Drente-klei en het zoet/zout-grensvlak

2. KARAKTERISERING VAN DE BOORLOKATIES

2.1 Uitgangspunten

Op basis van de systeemanalyse 'Salland/Oostelijke Veluwe' (Brouwer en Hoogendoorn, 1986) zijn een drietal karakteristieke gebieden geselecteerd, waarin een aantal boringen in een raai zijn geplaatst (resp. raaien A, B en C). De lokatie van de boringen binnen de raaien is vastgesteld aan de hand van extremen in het reliëf, d.w.z. opwelvingen versus depressies in het reliëf, alwaar de in- c.q. uitgangen van stroombanen van het grondwater verwacht mogen worden. De extremen in het reliëf komen in hydrologische zin het duidelijkst tot uiting in de grondwatertrappenkaart. Deze kaart heeft dan ook primair uitgangspunt gediend bij de vaststelling van de boorlokaties. Met name gebieden met grondwatertrap II hebben speciale aandacht gekregen omdat deze worden gezien als potentiële kwelvensters. Zowel het reliëf, het (van oorsprong natuurlijke) oppervlaktewaterstelsel, bodemtype en bodemgebruik zijn in zekere zin gecorreleerd met de grondwatertrappenkaart.

2.2 Geohydrologische positie van de boringen

In het IJsseldal komt een uitgestrekte kleilaag voor (Drente-klei, figuur 1), waarvan de dikte in een zone ten oosten van de Veluwe stuwwal oploopt tot meer dan 100 meter. De diepte van de boringen reikt tot aan de bovenkant van deze kleilaag, die zich op een diepte van ca. 30 à 40 meter beneden maaiveld bevindt. Daar waar de kleilaag ontbreekt (stuwwalgebieden), zijn de boringen doorgezet tot een diepte van 55 meter.

Boven de Drente-klei bevindt zich een watervoerend pakket dat is opgebouwd uit overwegend matig fijne en grove zanden, afgedekt door een pakket van over het algemeen fijnere dekzanden met een dikte van enkele meters. In de beekdalen en langs de IJssel kan vlak onder het maaiveld een kleilaag van één tot enkele meters dikte voorkomen (IJsselklei). Op een aantal plaatsen komt in het watervoerend pakket boven de Drenteklei op ca. 10 à 20 meter diepte een kleilaag voor (Eemklei) met een dikte van enkele meters, lokaal oplopend tot ca. 15 meter. De Eemklei is slechts in 10 boringen aangetroffen, met een maximale dikte van 6 meter (boring C9).

Binnen het onderzoekgebied komen een aantal markante opwelvingen in het zoet/zout-grensvlak voor, die mogelijk aan uitgangen van regionale systemen gerelateerd kunnen worden. De drie raaien lopen over verschillende delen van deze opwelvingen (figuur 1).

2.3 Topografische positie van de boringen

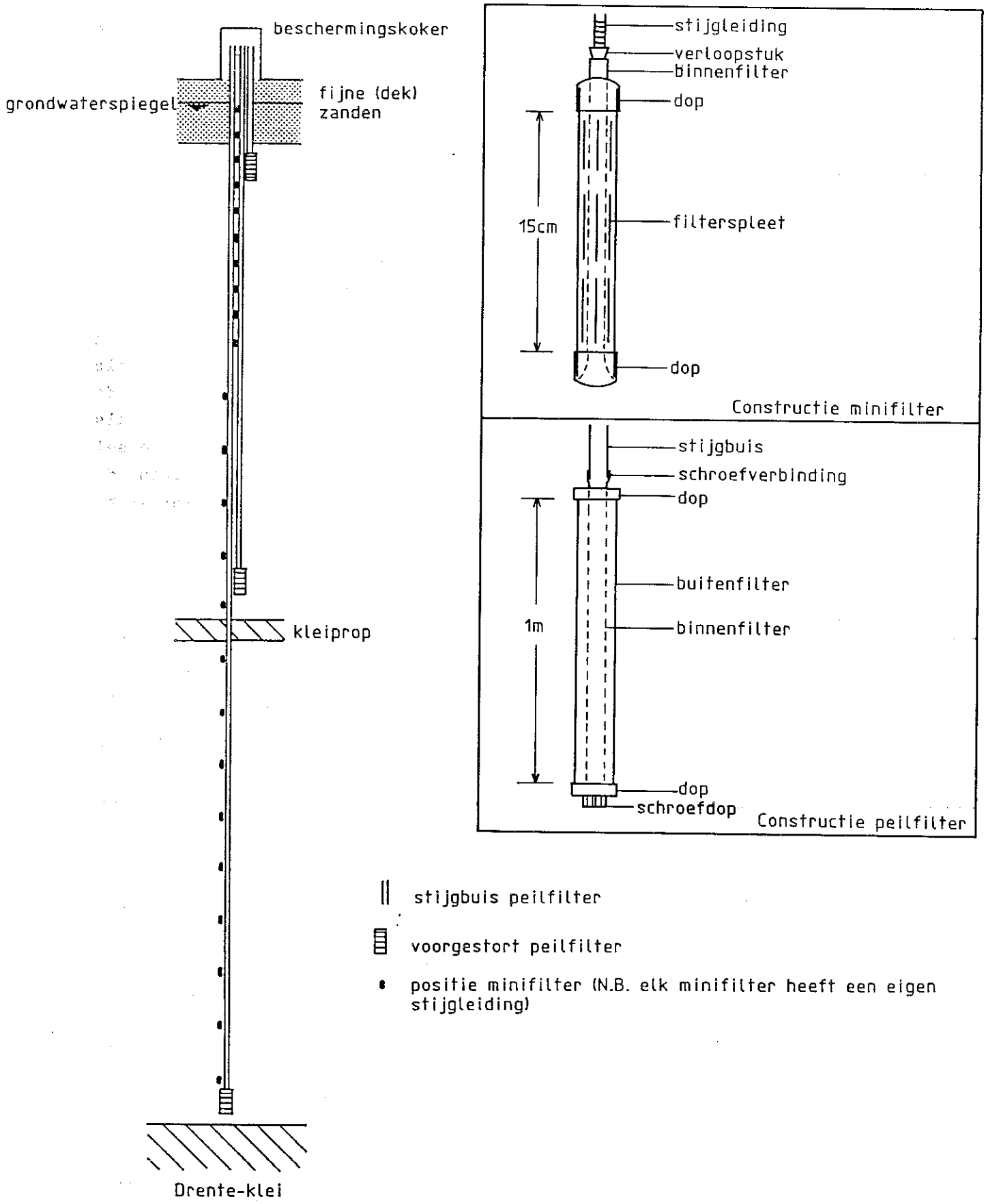
Om een goed inzicht te verkrijgen van een lokatie binnen het geohydrologisch systeem is kennis van vele omgevingsvariabelen, zoals bodemgebruik, grondwatertrappen, ligging van waterlopen, geologie, geomorfologie, geohydrologische opbouw en grondwaterstijghoogte, noodzakelijk. Voor elk aspect zijn de boringen op een afzonderlijke kaart weergeven. Deze 'lokatie-atlasjes' zijn opgenomen in bijlage 1. De legenda's van deze kaarten zijn in een aparte bijlage (no. 2) opgenomen. Hieronder volgt een korte karakterisering van de topografische ligging van de raaien:

Raai A, gelokaliseerd ten westen van de Holterberg en ten zuiden van Raalte: De hoofdraai (boringen A1 t/m A9) loopt vanaf de flank van de Holterberg (ingang regionaal systeem) in westwaartse richting naar aangrenzende laagten en is verder westwaarts voortgezet over een aantal lokale hoogten en laagten. Deze raai wordt doorkruist door het Overijssels kanaal op een plaats waar infiltratie van water vanuit het kanaal verwacht kan worden. Doel van deze raai is na te gaan in hoeverre het regionale systeem van de Holterberg zich voortzet onder de aangrenzende lokale systemen en eventuele infiltratie van Overijssels kanaalwater te traceren.
Een kleine subraai (boringen A9 t/m A11) sluit op de hoofdraai aan, welke een meer noord-zuid verloop heeft. Deze raai dient om de invloed van een dekzandrug, met een oost-west verlopende as en omzoomd door waterlopen, op het grondwaterregime te onderzoeken.

Raai B, gelokaliseerd ten westen en ten oosten van Wapenveld: Deze raai loopt vanaf de oostkant van de Veluweflank (ingang regionaal systeem) in oostwaartse richting via de IJssel naar een aantal opwelvingen en depressies ten oosten van de IJssel. Kenmerkend voor dit gebied is dat de IJssel hoger is gelegen ten opzichte van de direkte omgeving. Ten oosten van de IJssel komt een gebied met grondwatertrap II voor, waarin het maaiveldhoogte relatief zeer laag is (ca. 0,2 m+NAP, hoogte oeverwallen IJssel ca. 1 à 2 m+NAP). Dit gebied kan, gezien het reliëf van het IJsseldal, beschouwd worden als een convergentiebekken voor grondwaterstroomlijnen en vormt een potentieel kwelvenster voor onder andere Veluwewater. Ook tussen de Veluwe en de IJssel bevindt zich een interessant gebied met grondwatertrap II, waarbinnen enigszins dezelfde kenmerken voorkomen. Daarnaast kan op deze lokatie nagegaan worden of er water vanuit het Apeldoorns kanaal infiltreert.
Raai B dient derhalve om de (relatieve) invloed van het Veluwesysteem,

het IJsselsysteem (tracering van eventueel infiltrerend IJsselwater), het convergentiebekken en de omliggende lokale systemen en de invloed van het Apeldoorns kanaal te onderzoeken.

Raai C, gelokaliseerd ten noorden en ten westen van Zutphen: Ook van deze raai vormt het IJsselsysteem een onderdeel. Een belangrijk verschil met raai B is echter dat de IJssel in dit gebied is ingesneden en daardoor lager ten opzichte van de omgeving is gelegen. Ten oosten van Gorssel komt een markant, schotelvormig dekzandplateau voor, doorsneden door een aantal beekjes. Het oostelijk gedeelte van deze raai (boringen C1 t/m C6) loopt over dit plateau tot aan de IJssel. Aard en diepte-bereik van de lokale systemen binnen dit dekzandplateau en de rol van de IJssel zijn bij dit oostelijk raai aandachtspunten. Een aantal boringen op dit plateau zijn gesitueerd en (kleine) gebieden met grondwatertrap II.
De raai is westelijk voortgezet in de richting van de Veluwe, over een aantal lokale opwelvingen en depressies (boringen C7 t/m C12). Een speciaal punt van aandacht in dit gebied is de doordringingsdiepte van de lokale systemen, gezien de positie van dit gebied tussen het 'krachtige' Veluwesysteem en de IJssel. De raai eindigt met een tweetal boringen (C11 en C12) in gebieden met grondwatertrap II, alwaar een sterke kwel van Veluwewater wordt verwacht.



Figuur 2 : Schematisch overzicht van de inrichting van een boorgat en de opbouw van een minifilter.

3. UITVOERING EN INRICHTING VAN DE BORINGEN

3.1 Randvoorwaarden en boormethode

Zoals in paragraaf 2 is omschreven, zijn de boringen in de eerste plaats gemaakt om op gedetailleerde schaal informatie omtrent de chemische samenstelling van het grondwater te verkrijgen. Dit impliceerde dat het grondwaterlichaam dat doorboord moest worden zowel in kwantitatieve als kwalitatieve zin zo weinig mogelijk verstoord diende te worden. In de praktijk betekende dit, dat zowel verplaatsing van grondwater als introductie van vreemd water en chemicaliën in het boorgat zoveel mogelijk vermeden moesten worden. Er is derhalve voor gekozen de boorgaten te maken d.m.v. de pulsmethode en geen klei en/of chemicaliën (boorspoeling) aan het boorwater toe te voegen.

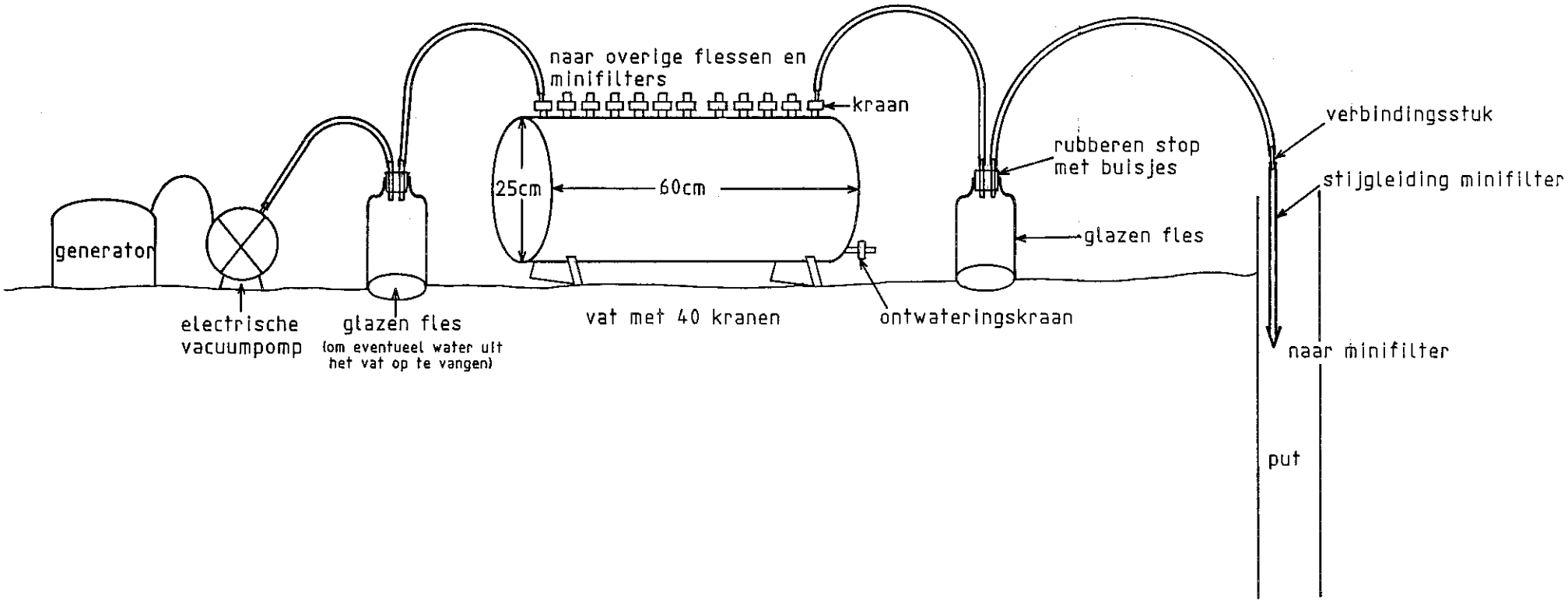
3.2 Uitvoering van de boringen

De boringen zijn in de periode van april tot en met november 1987 verricht door een boorploeg van de Dienst Zuiderzeewerken (projectnummer ZZTXT-870312). Tijdens de uitvoering van de boringen is er naar gestreefd het gebruik van werkwater tot een minimum te beperken. Als werkwater is leidingwater uit de nabije omgeving van de boorlokaties gebruikt, dat in een watertank werd aan gevoerd. In een aantal gevallen is het werkwater aan het ondiepe grondwater onttrokken (vlak onder de grondwaterspiegel) door middel van een tijdelijk geïnstalleerd pompfilter. De bedoeling was het elektrisch geleidingsvermogen van het werkwater regelmatig te meten; dit is echter helaas niet gebeurd.
Van elke boring is een boorbeschrijving gemaakt door de boormeester. Daarnaast is om de meter, en bij een duidelijke verandering van lithologie direct, een grondmonster genomen. Elk grondmonster werd verdeeld over twee porties voor verdere verwerking (zie ook paragraaf 3.5).

3.3 Filterstelling en boorgatafwerking

Elke boring is ingericht met een drietal peilfilters (figuur 2), te weten:

1. Een diep filter, vlak boven (één à enkele decimeters) de Drenteklei of, indien de Drenteklei niet aanwezig was, onder in het boorgat,
2. Een middeldiep filter, halverwege het watervoerend pakket of, indien Eemklei aanwezig was, vlak onder de Eemkleilaag,
3. Een ondiep filter, vlak onder eventueel aanwezige dekzanden en/of een eventueel aanwezige ondiepe kleilaag.



Figuur 3 : SCHEMATISCH OVERZICHT VAN HET MONSTERNAMESYSTEEM

Bij zowel de constructie van peil- en minifilters en stijgbuizen als de verdere inrichting van het boorgat is het gebruik van lijm vermeden.

De minifilters zijn vervaardigd van twee in elkaar geschoven PVC-buisjes met een diameter van resp. 25x21 en 16x14 mm (figuur 2). De buisjes zijn voorzien van smalle spleten (breedte ca. 0,5 mm) waardoor het water naar binnen kan stromen. De ruimte tussen het buitenste en binnenste buisje is opgevuld met uitgegloeid, kalkvrij grind (1,0-1,6 mm). Aan de boven- en onderzijde zijn de filters ongelijmd afgesloten met een dop van flexibel plastic. Het binnenste buisje is door de bovenste dop gestoken en middels een plastic verloopstuk (tule) verbonden met een polyetheen slang (6x4 mm), welke dienst doet als stijgleiding. De tule is aan de binnenste buisje bevestigd d.m.v. warmtekrimping. De totale lengte van het minifilter bedraagt 25 cm, de filterlengte bedraagt 15 cm. Bovengronds zijn de stijgleidingen genummerd met codemarkers.
De peilfilters zijn opgebouwd volgens hetzelfde principe als de minifilters: een binnenfilter van 26x19 mm en een buitenfilter van 50x45 mm, van PVC, waartussen grind is gestort (figuur 2). Het binnenfilter vormt in feite een verlenging van de stijgbuis. De stijgbuis is opgebouwd uit PVC-buizen (26x19 mm) die middels schroefverbindingen aan elkaar zijn gekoppeld.

De minifilters zijn aan de peilbuizen bevestigd m.b.v. nylon kabelbinders, evenals de stijgleidingen. De afstand tussen de bovenste tien minifilters bedraagt ca. 1 meter en tussen de diepere minifilters ca. 2 meter. Over het algemeen zijn de diepere minifilters bevestigd aan de stijgbuis van het diepe peilfilter en de ondiepere minifilters aan de stijgbuis van het middeldiepe peilfilter. In de boorgaten zijn kleiproppen aangebracht (benthoniet) onder het middeldiepe filter en op plaatsen waar een kleilaag doorboord is. Verder is geen vreemd materiaal in het boorgat gebracht; d.m.v. 'instorten' sloten de boorgaten zichzelf. Bovengronds werden de boringen afgewerkt met een beschermkoker.

Na gereed komen van de boringen is de hoogte van de bovenkant van de stijgbuizen is ingemeten door meetkundige dienst van Rijkswaterstaat (opdrachtbrief 8820-190687).

3.4 Monstername-methode

Het grondwater uit de minifilters wordt opgepompt middels onderdruk (figuur 3). Hiervoor worden de stijgleidingen van de minifilters elk verbonden met een (glazen) fles (inhoud 2 liter). De glazen flessen zijn

met polyetheenslangen (6x4 mm) verbonden met een (cilindervormig) vat waarin met een elektrisch vacuumpompje (stroomvoorziening middels generator) onderdruk wordt gezogen. Vanuit het vat verspreidt de onderdruk zich door het gehele systeem. Door middel van een kraan, die op het vat is gemonteerd, kan elke fles (en minifilter) afzonderlijk van het vacuumsysteem losgekoppeld worden. Meting van de EC en/of monstername kan dan geschieden door de fles te ontkoppelen van de wateraanvoerslang en luchtafvoerslang.
Voorwaarde voor deze monstername methode is overigens dat de grondwaterstand in (de stijgleidingen van) de minifilters niet meer dan 5 à 7 meter beneden maaiveld mag bedragen.

3.5 Verwerking van de boor en aanverwante gegevens

De basisgegevens van de boringen, zoals archiefnummers, datum en diepte van de boringen, coördinaten en maaiveldhoogte, waterpas metingen en diepte van peil- en minifilters, zijn ondergebracht in bijlage 4. Van de grondmonsters is één portie naar de Rijks Geologische Dienst (RGD), district Oost, gestuurd alwaar van de boringen A1, A4 t/m A11 en B1 t/m B4 de lithologie gedetailleerd is beschreven (van de overige boringen is dit niet gebeurd). Wel is door de RGD van alle boringen aan de hand van de boorbeschrijvingen de stratigrafie bepaald.
Van het tweede portie grondmonsters zal per monster een hoeveelheid van ca. 200 cc in plastic potjes worden opgeslagen om op een later tijdstip het kalkgehalte erin te kunnen bepalen en eventueel andere chemische en/of mineralogische analyses te verrichtten.

De lithologische en stratigrafische beschrijvingen zijn verwerkt in boorkolommen die per raai in de vorm van een profiel zijn weergegeven (bijlage 5).

4. VERSLAG VAN DE EC-METINGEN

4.1 Inleiding

Aan het maken van chemische analyses van (grond)water zijn hoge kosten verbonden. Op het tijdstip dat de grondwatermonsters voor het maken van chemische analyses uit de minifilters genomen worden, moet derhalve zekerheid bestaan dat eventueel geïnfiltreerd werkwater zich niet meer in de nabijheid van de minifilters bevindt. Om na te gaan of het werkwater nog een invloed kan hebben op de chemische samenstelling van het uit de minifilters opgepompte grondwater, is besloten te starten met het meten van de EC van het grondwater uit de minifilters, en pas dán monsters voor het maken van chemische analyses te nemen indien een min of meer stabiel beeld van de EC in de tijd verkregen is. Daarnaast vormen de EC-metingen een afspiegeling van de totale hoeveelheid opgeloste stof in water. Als zodanig kunnen de EC-metingen een eerste aanzet geven tot een globale beeldvorming omtrent de grondwatersamenstelling en een eerste interpretatie in relatie tot de grondwaterstroming. Op grond hiervan kunnen alvast hypothesen opgesteld worden, welke in een later stadium met behulp van de chemische analyses nader getoetst kunnen worden.

De eerste twee EC-meetrondes zijn verricht in het najaar van 1987 en in het voorjaar van 1988, waarbij van het water uit elk minifilter de EC is gemeten. De gegevens zijn verwerkt tot EC-dieptediagrammen (EC-profielen) m.b.v. het spreadsheetprogramma LOTUS123 (bijlage 3). De metingen zijn voor beide meetdata verwerkt in één diagram. Daarnaast is van elke boring één EC-diepte curve in de geohydrologische profielen weergegeven. Over het algemeen is hiervoor de curve van de laatste metingen genomen. Van boring C7 is alleen een EC-dieptediagram van het voorjaar '88 beschikbaar; deze boring was in het najaar van '87 in verband met de hoge IJsselstand niet bereikbaar. Van boring A9 is alleen een EC-dieptediagram van het najaar '88 beschikbaar; deze put bleek in het voorjaar van '88 (hopelijk tijdelijk) onder een berg zand te zijn verdwenen in verband met de bouw van een huis in de directe nabijheid van deze put. De navolgende paragrafen omvatten een interpretatie van de EC-metingen, zowel in tijd als in ruimte.

4.2 Nadere definiëring van enkele algemene begrippen

Bij de interpretatie van de EC-profielen zal veelvuldig gerefereerd worden aan 'antropogene invloeden'. Hiermee worden in eerste instantie de effecten van menselijk handelen bedoeld, die een duidelijke verandering

in de samenstelling van infiltrerend grondwater tot gevolg hebben of hebben gehad. De grens tussen 'natuurlijke' en 'antropogene' factoren is echter vaag (in feite kunnen heidevelden, (dennen)bossen, veenafgravingen, enz. eveneens als antropogene factoren beschouwd worden). In tweede instantie worden met 'antropogene invloeden' dan ook die invloeden bedoeld welke een niet te verwaarlozen uitspoeling van mineralen uit de bodem tot gevolg hebben (kunstmest, lozing van overtollige dierlijke mest, strooizout, lekkende riolen, enz.). Deze factoren spelen met name de laatste halve eeuw een rol, zodat, wanneer over water met 'antropogene invloeden' gesproken wordt, impliciet kan worden aangenomen dat het relatief jong grondwater betreft. Bovendien kan van dergelijk water aangenomen worden dat, gezien de traagheid van grondwaterstroming, dit grondwater in de nabijheid van de betreffende lokatie is geïnfiltreerd. Onder 'lokaal' grondwater wordt dan ook water verstaan dat in de omgeving van de put, tot op een afstand van honderden meters tot hooguit enkele kilometers, is geïnfiltreerd (afhankelijk van de diepte waarop het beschouwde grondwater voorkomt).
Grondwater waarin geen of nauwelijks 'antropogene invloeden' herkenbaar zijn, wordt vaak aangeduid met de term 'schoon'. Impliciet wordt hiermee over het algemeen relatief oud grondwater bedoeld, echter grondwater dat recent (afgelopen halve eeuw) door woeste gronden (zandverstuivingen/bos/heide) is geïnfiltreerd, heeft veelal eveneens een 'schoon' karakter (althans tot voor kort).

4.3 Vergelijking van de EC-metingen in de tijd

Met betrekking tot veranderingen in de tijd kunnen drie typen diagrammen onderscheiden worden, te weten:

T1. EC-profielen die voor beide data nagenoeg identiek zijn (37 %),
T2. EC-profielen met op de ene datum gedeeltelijk hogere en gedeeltelijk lagere waarden dan op de andere datum (26 %),
T3. nagenoeg identieke EC-profielen die bij benadering met een constante waarde ten opzichte van elkaar zijn verschoven (37 %).

Op de verklaring van deze verschillen zal, vanwege allerlei onzekerheden die nog bestaan, in dit stadium nog niet uitgebreid ingegaan worden. Wel kunnen in dit verband een aantal opmerkingen gemaakt worden. Zo is er tijdens de meetcampagne gebruik gemaakt van verschillende EC-meters. Met name de systematische verschuiving in tijdtype T3 zou hier aan toegeschreven kunnen worden. Opvallend is, dat dit tijdtype vrijwel alleen bij de boringen van raai C wordt aangetroffen, hetgeen mogelijk te maken kan hebben met het tijdstip waarop een andere EC-meter in gebruik werd genomen (overigens vond de bemonstering van de boringen

niet altijd geheel in chronologisch volgorde plaats). De verklaring van tijdtype T2 ligt wat minder voor de hand. Mogelijk kan een rol spelen dat het sediment rondom de minifilters tijdens de eerste meting nog niet geheel vrij was van tijdens de boring geïnfiltreerd werkwater (in relatief goed doorlatende zones kan bijvoorbeeld het werkwater verder in het sediment zijn gedrongen). Daarnaast kan aan natuurlijke fluctuaties gedacht worden, maar dat lijkt, gezien de soms vrij grote verschillen, ook op grote diepte, niet erg waarschijnlijk. Verder kunnen ook bij dit tijdtype storingen in de EC-metingen zeker niet uitgesloten worden. Metingen op een later tijdstip zullen hier meer inzicht in moeten verschaffen. Overigens komt het tijdtype T2 met name voor bij boringen van raai B en, zij het in een geringer aantal, bij boringen van raai A.

Worden alle diagrammen in beschouwing genomen dan blijkt, ondanks de hiervoor besproken verschillen, over het algemeen een redelijke overeenkomst te bestaan tussen het beeld van de najaarsmeting van '87 en dat van de voorjaarsmeting van '88. Een eerste, globale analyse van de meetresultaten in relatie tot omgeving lijkt dan ook gerechtvaardigd.

4.4 Vergelijking van de EC-profielen onderling

Met betrekking tot de vorm van de EC-profielen kan globaal de volgende classificatie gemaakt worden:

V1. Vrijwel 'rechte' EC-profielen. Deze profielen worden gekenmerkt door een vrijwel constante EC over het gehele diepte-traject (23 %),

V2. EC-profielen met boven in het watervoerend pakket een duidelijk hogere EC-waarde als onder in het watervoerend pakket (43 %),

V3. EC-profielen met boven in het watervoerend pakket een lagere EC-waarde als onder in het watervoerend pakket (7 %),

V4. EC-profielen met een 'golvend' verloop. Deze profielen worden gekenmerkt door afwisselend een toe- en afname van de EC met de diepte, dan wel een onregelmatig verloop van de EC met de diepte (27 %).

Globaal gezien lijken de rechte EC-profielen in verband gebracht te kunnen worden met de in- en exfiltratiegebieden van de grondwaterstromingssystemen die geassocieerd zijn met de stuwwallen. Een recht EC-profiel impliceert dat het herkomstgebied van het grondwater ter plekke van de betreffende put min of meer homogene eigenschappen m.b.t. vorming van de grondwatersamenstelling moet hebben. Variatie in bodemtype, en met name bodemgebruik, binnen het herkomstgebied van het grondwater ter plekke van een put, zal over het algemeen resulteren in een EC-profiel met één of meerdere krommingen (zie b.v. figuur 5, blz. 30).

In de navolgende paragraaf zullen de EC-profielen afzonderlijk kort belicht worden, gevolgd door een beknopte evaluatie per raai.

4.5 Korte beschouwing over de EC-profielen per boring

-- Raai A --

Boring A1: deze boring ligt aan de rand van de Holterberg-stuwwal. Het EC-profiel is markant recht met een zeer lage EC. De EC reflecteert duidelijk de samenstelling van grondwater dat door een kalkarme bos/heide grond is geïnfiltreerd. Noemenswaardig is de enigszins verhoogde EC van het water uit het bovenste minifilter. Mogelijk kan deze EC-verhoging in verband gebracht worden met de eerste tekenen van antropogene invloeden, in dit geval mogelijk een verhoogd sulfaatgehalte als gevolg van atmosferisch depositie.

Boring A2: deze boring ligt ca. 1,4 km ten westen van boring A1, in een relatief laag gelegen gebied (grondwatertrap III*) met weilanden. Het verschil van het EC-profiel van boring A2 met dat van boring A1 is frappant. De EC in het ondiepe gedeelte van het profiel is dermate hoog dat hier vrijwel zeker sprake moet zijn van beïnvloeding van de grondwatersamenstelling door het landgebruik in de omgeving van de put (beweiding, bemesting, bekalking, e.d.). Een hoog gehalte aan o.a. chloride, sulfaat en mogelijk nitraat wordt in dit water verwacht. Het EC-profiel wijst erop dat het lokaal geïnfiltreerde water tot minstens 20 m-mv is doorgedrongen. Op grotere diepte (rond 40 m-mv) komt hetzelfde karakteristieke lage EC-water, als aangetroffen bij boring A1, voor. De veronderstelling dat dit water van het regionale systeem van de Salland stuwwallen betreft, lijkt op zijn plaats. Op nog grotere diepte neemt de EC geleidelijk weer toe. Dit moet waarschijnlijk toegeschreven worden aan een toename van het calcium- en bicarbonaat-gehalte (oplossen van kalk).

Boring A3: deze boring ligt ca. 1,1 km ten westen van boring A2, op een oude rivierduin van de Formatie van Twente (grondwatertrap VII). Het was in eerste instantie de bedoeling deze boring in het er ten zuiden van gelegen bos te plaatsen, maar wegens gebrek aan medewerking van de eigenaar van het landgoed moest hiervan worden afgezien. De boring is nu ca. 100 meter ten noorden van voornoemd bos gesitueerd, op het erf van een boerderij met in de naaste omgeving weilanden. Het EC-profiel van deze boring vertoont dezelfde kenmerken als dat van boring A2. Het lokaal geïnfiltreerde, door landgebruik beïnvloedde grondwater, komt

echter, zo blijkt uit het EC-profiel, voor tot op een diepte van ca. 30 à 40 m-mv. Enkele meters onder de grondwaterspiegel bevindt zich water met een zeer hoge EC. Het is niet uitgesloten dat dit o.a het gevolg is van een zeer hoog nitraat-gehalte. Op enkele tientallen meters van de put bevindt zich namelijk de (overigens vrij grote) mesthoop van het boerderijen-complex. Op een diepte van meer dan 40 m-mv heeft het water een relatief lage EC, echter minder laag als dat van het water bij boring A1 en het diepe gedeelte van boring A2. Waarschijnlijk betreft dit 'schoon' water met een hoger calcium- en bicarbonaat gehalte als voornoemd water. In principe is het mogelijk dat dit water uit regionale systeem van de Salland stuwwallen, dat op haar ondergrondse weg inmiddels wat kalk heeft kunnen oplossen, betreft, maar deze conclusie is op basis van alleen een EC-waarde enigszins voorbarig.

Boring A4: deze boring ligt ca. 1,5 km ten noord-westen van boring A3, in een relatief laag gelegen dekzandgebied. Dit gebied wordt zowel westelijk als oostelijk omzoomd door rivierduinen in de Formatie van Twente en heeft mogelijk mede daardoor (van oorsprong) grondwatertrap V (opstuwing van grondwater in natte perioden). In de omgeving van de put bevinden zich voornamelijk wei- en bouwlanden (maïs). Het EC-profiel van deze boring vertoont dezelfde kenmerken als die van de boringen A2 en A3, zij het minder geprononceerd. Blijkens het EC-profiel is het lokaal geïnfiltreerde, door het landgebruik beïnvloedde water minstens doorgedrongen tot een diepte van 20 à 30 m-mv. Op een diepte van meer dan 30 m-mv bevindt zich mogelijk 'schoon' water met een zeker calcium- en bicarbonaat-gehalte (naar schatting rond 40 mg/l resp. 150 mg/l).

Boring A5: deze boring ligt ca. 1,8 km ten westen van boring A4, evenals boring A3 op een oude rivierduin in de Formatie van Twente (grondwatertrap VII).
De put is in een bosachtige omgeving, met lokaal een enkele landbouwpercelen, gesitueerd. Het EC-profiel van deze boring is tamelijk recht, met tot ca. 25 m-mv iets hogere waarden als daaronder. Gezien het karakter van het gebied (een relatief hooggelegen infiltratiegebied, hoofdzakelijk bedekt met bos) zijn de EC-waarden bij deze boringen opmerkelijk hoog. Over het algemeen zijn dergelijke gronden tot op een zekere diepte ontkalkt, hetgeen resulteert in water met een lage EC (laag calcium- en bicarbonaat-gehalte), vergelijkbaar met dat van het grondwater bij boring A1. Een dergelijk watertype werd zeker in de ondiepste minifilters verwacht. De relatief hoge EC-waarden kunnen derhalve wijzen op een kalkrijke bodem of op antropogene invloeden. Chemische analyses moeten hierin klaarheid brengen.

Boring A6: deze boring ligt ca. 1,6 km ten noord-westen van boring A5, in een relatief laag gelegen gebied met grondwatertrap II. Het betreft een nat gebied met een vrij dicht oppervlaktewaterstelsel en kan als een potentieel kwelgebied van grondwater dat in de Salland-stuwwallen is geïnfiltreerd beschouwd worden. Ca. 500 meter ten westen van deze boring loopt het Overijssels kanaal met een hoger peil dan de grondwaterstand ter plaatse. Het gebied is voornamelijk bedekt met bossen, maar in tegenstelling tot de relatief hooggelegen bosgebieden betreft het in dit gebied voornamelijk wilgen en populieren in plaats van dennen. Het EC-profiel vertoont overeenkomstige kenmerken met dat van boring A5: een vrij recht profiel met bovenin iets hogere EC-waarden (tot ca. 15 m-mv). Om het aantal mogelijke interpretaties in te perken is belangrijk te weten aan welke chemische componenten deze relatief hoge EC-waarde ten grondslag liggen.

Boring A7: deze boring ligt ca. 1,7 km ten zuid-westen van boring A6, evenals de boringen A3 en A5 op een oude rivierduin in de Formatie van Twente (grondwatertrap VII). Het betreft een Enk (Pleegster Enk) die als weide- en landbouwgrond in gebruik is. Ten westen van deze put, (grond-water)stroomopwaarts, bevindt zich een landbouwperceel (maïs). Het EC-profiel van deze boring is opmerkelijk. Het grondwater ter plaatse van de ondiepe minifilters heeft een zeer hoge EC van meer dan 1500 µS/cm, hetgeen vrijwel zeker in verband met hoge nitraatgehalten gebracht moet worden. Rond een diepte van ca. 5 m-mv daalt de EC wel, maar blijft tot aan het onderste minifilters toch opmerkelijk hoog. Dit wijst erop dat het lokaal geïnfiltreerde water tot aan de Drente-klei doordringt.

Boring A8: deze boring ligt ca. 1,2 km ten westen van boring A7, in een beekdal (grondwatertrap II). De nabije omgeving wordt voornamelijk door weilanden in beslag genomen. De EC is over het gehele diepte-traject vrij hoog, met op 20 m-mv een overgang van relatief hogere naar relatief lagere waarden. Het grondwater tot 20 m-mv betreft waarschijnlijk lokaal geïnfiltreerd, door het landgebruik beïnvloed water. De eveneens vrij hoge EC van het diepere grondwater kan eveneens duiden op antropogene invloeden op deze diepte, maar kan ook een weerspiegeling zijn van 'schoon' water met een hoog calcium- en bicarbonaatgehalte. Chemische analyses moeten hierin klaarheid brengen.

Boring A9: deze boring ligt ca. 1,9 km ten westen van boring A8, in een beekdal (grondwatertrap II). De put zelf is omgeven door weilanden, ten noorden en ten zuiden ervan bevinden zich dekzandruggen met bospercelen. Naar het zich laat aanzien zijn deze omgevingsfactoren in het EC-

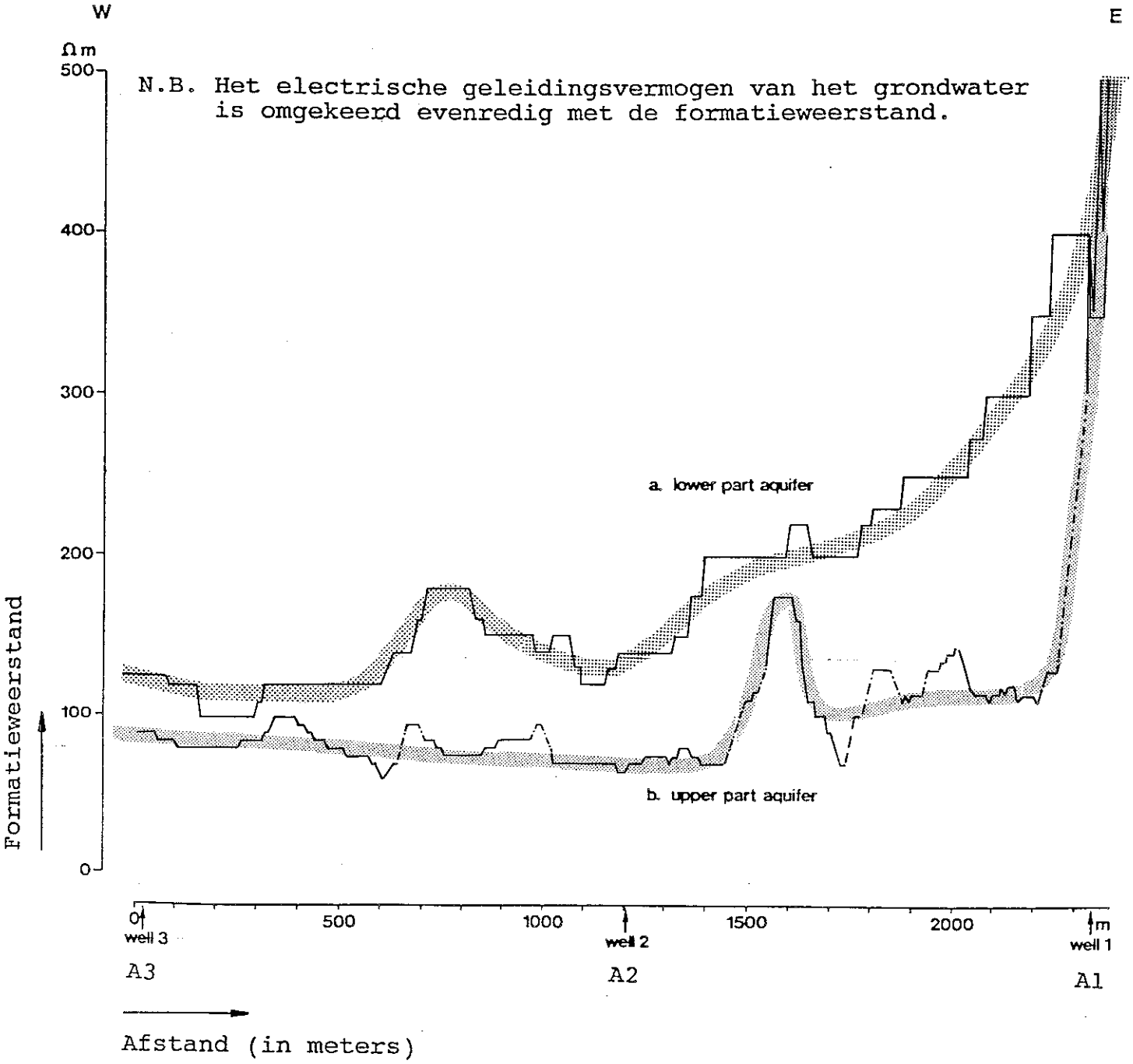
profiel terug te vinden. Het grondwater bij het bovenste minifilter heeft een vrij hoge EC, daaronder daalt de EC scherp. Deze lage EC kan mogelijk in verband gebracht worden met water dat door één van de bospercelen is geïnfiltreerd. Op een diepte van ca. 10 m-mv neemt de EC weer toe tot zelfs een vrij hoge waarde, waarvan het zonder chemische analyse moeilijk te bepalen valt of dit 'vervuild' dan wel 'schoon' water met een hoog calcium- en bicarbonaatgehalte betreft.

Boring A10: deze boring ligt ca. 1,3 km ten zuiden van boring A9 in een bos op een dekzandrug (grondwatertrap VII). De EC van het ondiepe grondwater is laag, hetgeen wijst op water dat door een kalkarme bos/heide grond is geïnfiltreerd (vergelijkbaar met de grondwatersamenstelling bij boring A1). Tussen een diepte van 5 en 10 m-mv neemt de EC toe van ca. 150 µS/cm tot meer dan 500 µS/cm. Het kan zijn dat dit 'schoon' grondwater met een hoog calcium- en bicarbonaat gehalte betreft (Ca > 100 mg/l), maar het moet zeker niet uitgesloten worden deze hoge EC mede het gevolg is van relatief hoge natrium- en chloridegehalten. In het laatste geval betreft het grondwater dat door de landbouwgronden, die het bos omringen, is geïnfiltreerd en onder het bos door afstroomt. Voor toetsing van een en ander zijn chemische analyses noodzakelijk.

Boring A11: deze boring ligt ca. 1,6 km ten zuiden van boring A10, in een beekdal met bouw- en weilanden (van oorsprong grondwatertrap III). De hoge EC van het grondwater tot een diepte van 10 à 15 m-mv wijst op water dat door de naburige landbouw- en weidegronden is geïnfiltreerd. De EC van het diepere grondwater is eveneens relatief hoog. Nadere chemisch analyse zal zichtbaar moeten maken of het eveneens door de landbouw beïnvloed grondwater of 'schoon' water met een hoog calcium- en bicarbonaatgehalte betreft.

-- Compilatie van de EC-profielen van raai A --

Op grond van de EC-metingen kan met vrij grote zekerheid geconcludeerd worden dat het grondwater op lokale schaal vrij diep kan doordringen. Zo is b.v. gebleken dat nog geen 1500 meter buiten de Holterberg (ingang van het regionale systeem van de Salland-stuwwallen) water dat buiten de stuwwal is geïnfiltreerd al tot een diepte van ca. 20 m-mv is doorgedrongen (vergelijk boring A1 met boring A2). Uit geofysisch onderzoek is gebleken dat vrijwel direct buiten de stuwwal, waar tevens het landgebruik verandert van bos/heide naar wei/bouwland, een scherpe daling van de EC van het grondwater optreedt.



Figuur 4. Verloop van de formatieweerstand van het ondiepe en diepe grondwater boven de Drente-klei tussen de boringen A1, A2 en A3 (van Overmeeren en Ritsema, 1988)

In het diepere grondwater vindt de toename van de EC geleidelijker plaats (v. Overmeeren en Ritsema, 1988, figuur 4). Het beeld van een 'onrustig' EC-verloop in de ondiepe ondergrond, mede in belangrijke mate veroorzaakt door laterale verschillen in (de intensiteit van) landgebruik, en een min of meer geleidelijk toename van de EC in de afstromingsrichting van het diepere grondwater, lijkt zich min of meer voort te zetten tot aan boring A6. Vanaf boring A7 wijzen de EC-metingen er voornamelijk op dat het lokaal geïnfiltreerde water tot aan de Drenteklei doordringt. De mogelijkheid van een regionale component onder lokale systemen lijkt tot aan boring A6 derhalve niet uitgesloten, voor het gebied verder westwaarts wordt echter vermoed dat lokale systemen het gehele watervoerend pakket tot aan de Drenteklei in beslag nemen.

-- Raai B --

Boring B1: deze boring is op een dekzandrug (grondwatertrap VII) gesitueerd in het noord-westen van Salland. De put bevindt zich in een bosachtige omgeving. In de EC op een diepte van rond 5 m-mv is min of meer het water te herkennen dat door een kalkarme bos/heide bodem is geïnfiltreerd. Opmerkelijk in dit verband is de hoge EC van het grondwater bij het bovenste minifilter, hetgeen kan duiden op een afwijkende invloed van buitenaf. Tussen een diepte van 5 en 10 m-mv neemt de EC van het grondwater vrij sterk toe. Chemische analyses zijn noodzakelijk om te achterhalen of het antropogene invloeden, dan wel water met voornamelijk calcium- en bicarbonaat-ionen betreft.

Boring B2: deze boring ligt ca. 2,3 km ten westen van boring B1, in een relatief zeer laag gelegen gebied (grondwatertrap II), dat beschouwd zou kunnen worden als een convergentiebekken van (regionale) stroombanen van het IJsseldal (zie ook paragraaf 2.3). De EC van het grondwater op dit punt neemt geleidelijk toe met de diepte en heeft hoge waarden. Indien deze EC-waarden voornamelijk een weerspiegeling van calcium- en bicarbonaat-ionen zijn, moet het wel zeer hoge gehalten van deze componenten betreffen (naar schatting ca. 150 à 200 mgCa/l en ca. 200 à 300 mgHCO_3/l). Het vermoeden bestaat dan ook dat dit water ook vrij rijk is aan andere ionen, hetgeen belangrijke implicaties kan hebben voor de interpretatie.

Boring B3: deze boring ligt ca. 2,5 km ten zuid-westen van boring B2 op de oeverwal van de IJssel (grondwatertrap VII). In de omgeving van de put is de oeverwal voornamelijk bedekt met loofbossen. Vlak onder de grondwaterspiegel heeft het grondwater een relatief lage EC, hetgeen in

relatie gebracht kan worden met water dat door een kalkarme bos/heide grond is geïnfiltreerd. Overigens is de EC voor één dergelijk watertype al enigszins aan de hoge kant, zodat vermoed wordt dat er op deze lokatie meer aan de hand is. Op iets grotere diepte stijgt de EC al snel naar een relatief hoge waarde. Het moet zeker niet uitgesloten worden dat het hier water betreft dat afkomstig is uit de IJssel, maar dat valt op basis van de EC alleen niet te concluderen.

Boring B4: deze boring ligt ca. 0,8 km ten zuid-westen van boring B3, nog geen honderd meter vanaf de IJsseldijk, in een waterrijke omgeving. De EC van het ondiepe grondwater is zeer hoog en vertoont een geringe daling op grotere diepte. Het kenmerk van het grondwater bij deze boring is, evenals bij de boringen B2 en B3, de hoge EC. Op deze lokatie lijkt het zeer waarschijnlijk dat deze moet worden toegeschreven aan infiltrerend IJsselwater. Kennis van de chemische samenstelling van het grondwater is hiervoor echter noodzakelijk.

Boring B5: deze boring ligt ca. 1,8 km ten zuid-westen van boring B4, aan de andere kant (westkant) van de IJssel. Het gebied vormt een laagte tussen de Veluwe stuwwal en de oeverwal van de IJssel. Het EC van het ondiepe grondwater is relatief hoog en heeft een 'onrustig' verloop, hetgeen wijst op (lokale) antropogene invloeden. Tussen een diepte van 25 en 40 m-mv is het profiel nagenoeg recht. Mogelijk kan dit in verband gebracht worden met afstromend (met calcium en bicarbonaat aangerijkt) grondwater vanuit de Veluwe, maar zonder aanvullende chemische gegevens is een eenduidige uitspraak hierover niet mogelijk.

Boring B6: deze boring ligt ca. 1,4 km ten zuid-westen van boring B5, min of meer op de uiterste grens van de Veluwe stuwwal (grondwatertrap VI). De put bevindt zich op nog geen 100 meter (stroomafwaarts) vanaf het Apeldoorns kanaal, in de directe omgeving is vrij veel bebouwing. Het betreft op deze lokatie een zeer merkwaardig EC-profiel met een 'onrustig' verloop en vrij hoge waarden, die vrijwel zeker aan antropogene invloeden gerelateerd moeten worden.

Boring B7: deze boring ligt ca. 2 km ten westen van boring B6, op de flank van de Veluwe stuwwal (grondwatertrap VII). Over het merendeel van het dieptetraject is het EC-profiel nagenoeg recht met een lage EC-waarde. Dit laatste wijst op infiltratie van water door een kalkarme bos/heide bodem. Opmerkelijk, en misschien zelfs onrustbarend, zijn de relatief hoge EC-waarden vlak onder de grondwaterspiegel. Deze vormen mogelijk afspiegeling van de toenemende druk (in kwalitatieve zin) op

het grondwater (atmosferische depositie).

-- Compilatie van de EC-profielen van raai B --

Ten oosten van de IJssel verdienen de relatief hoge EC-waarden van het grondwater bij de boringen B2, B3 en B4 bijzondere aandacht. Zonder chemische analyses is een eenduidige interpretatie van het grondwaterregime niet mogelijk. Ten westen van de IJssel is het homogene karakter, m.b.t. de eigenschappen die de grondwatersamenstelling bepalen, van de Veluwe stuwwal duidelijk zichtbaar in boring B7. Mogelijk is het rechte, diepe deel van het EC-profiel van boring B5 te relateren aan afstromend grondwater vanuit de Veluwe stuwwal. Bij deze interpretatie valt echter het volgende op. De EC van het grondwater bedraagt bij boring B7 over vrijwel het gehele dieptetraject ca. 100 µS/cm, duidend op een laag en tamelijk constant calcium- en bicarbonaatgehalte over het gehele dieptetraject. De EC van het grondwater uit de diepe minifilters van boring B5 is ongeveer drie maal zo hoog (ca. 300 µS/cm), duidend op een hoger calcium- en bicarbonaatgehalte. Uit een meer regionale studie van de grondwatersamenstelling in Oost Nederland (Hoogendoorn, 1983), is gebleken dat de grondwatersamenstelling tot aan de rand van de stuwwallen tamelijk constant is en direct daarbuiten vrij snel verandert (toename van het calcium- en bicarbonaatgehalte over relatief korte afstand). Iets dergelijks lijkt eveneens zichtbaar in het verschil tussen de EC van het grondwater bij boring B7 en de EC van het diepe grondwater bij boring B5.
Dat de toename van het calcium- en bicarbonaatgehalte veelal juist aan de randen van de stuwwallen plaatsvindt mag opmerkelijk genoemd worden. Wat er duidelijk verandert aan de randen van de stuwwallen is het bodemtype en het lijkt derhalve niet uitgesloten dat de verschillen in calcium- en bicarbonaatgehalten binnen en buiten de stuwwallen eerder toegeschreven moet worden aan een verandering in bodemtype dan aan een geleidelijke toename van het calcium- en bicarbonaatgehalte in de afstromingsrichting van het diepe grondwater. Is het eerste het geval, dan weerspiegelt de relatief hoge EC van het diepe grondwater bij boring B5 de (vroegere) bodemomstandigheden ter plaatse en heeft het diepe grondwater aldaar een lokaal karakter. In dit beeld past ook het karakter van het grondwater bij boring B6, waarin de antropogene invloed van o.a. Wapenveld zichtbaar lijkt. Een ander fenomeen dat een toename van het calcium- en bicarbonaatgehalte als gevolg van een langere verblijftijd minder aannemelijk maakt, zijn de rechte EC-profielen van het grondwater waarin geen of nauwelijks antropogene invloeden worden vermoed. De verblijftijd van het grondwater op een bepaalde lokatie

neemt toe met de diepte, hetgeen zou moeten resulteren in een toename van het calcium-en bicarbonaatgehalte met de diepte (en als gevolg daarvan de EC) (figuur 5, blz. 30). De rechte EC-profielen wijzen op het tegendeel. Worden het calcium- en bicarbonaatgehalte echter primair bepaald door bodemtype/gebruik, dan zijn de rechte EC-profielen hiervan min of meer het logisch gevolg. Chemische en mogelijk isotopen analyses zijn echter noodzakelijk om een en ander verder uit te werken.

-- Raai C --

Boring C1: deze boring ligt aan de noordkant van een schotelvormig dekzandplateau, in een beekdal (grondwatertrap II). In de omgeving van de put bevinden zich voornamelijk wei- en bouwlanden. Het EC-profiel wordt gekenmerkt door een onrustig verloop en hoge waarden, hetgeen met antropogene invloeden in verband gebracht moet worden. Nagegaan zal moeten worden of er watertoevoer naar de beek, die ca. 100 meter ten noorden van deze lokatie loopt, mogelijk is en of hier sprake kan zijn van water dat geïnfiltreerd is vanuit de beek. Waarschijnlijk is dit echter niet (de invloed van watertoevoer op de grondwaterstand rijkt in eerste instantie verder dan op de grondwatersamenstelling). Indien het grondwater uit het eindtraject van stroombanen betreft (ervan uitgaande dat de grondwaterstroombanen in de beek hun eindpunt hebben) dan betekent dit dat het gehele (lokale) systeem een watersamenstelling heeft verkregen die in belangrijke mate is bepaald door het (intensief) landgebruik.

Boring C2: deze boring ligt ca. 1 km ten zuiden van boring C1, op een dekzandrug (grondwatertrap VII). De put ligt langs een weg, met in de directe omgeving bos- en in de wijdere omgeving weide-en landbouwpercelen. Het EC-profiel op deze lokatie is opmerkelijk. Zeer hoge EC-waarden tot een diepte van ca. 12 m-mv, het niveau waarop op deze lokatie zich de bovenkant van de Eemklei (dikte 4 meter) bevindt. Dieper, onder de Eemklei, is de EC weliswaar lager, maar nog steeds hoog. Ongetwijfeld is hier wederom sprake van antropogene invloeden, waarschijnlijk over het gehele dieptetraject, maar chemische analyses zullen moeten uitmaken op welke ionen deze betrekking hebben.

Boring C3: Deze boring ligt ca. 1,8 km ten zuiden van boring C2, in een beekdal dat het stuifzandplateau doorsnijdt (grondwatertrap II). In de directe omgeving van de put bevinden zich wei- en bouwlanden. De dekzandruggen die de beek omzomen zijn voornamelijk bedekt met bossen. Het EC-profiel op deze lokatie ziet er niet veel gunstiger uit dan die bij

de boringen C1 en C2: zeer hoge waarden tot ca. 10 meter diepte, daaronder geleidelijk afnemend. Ook hier lijken de antropogene invloeden tot op grote diepte te zijn doorgedrongen, hetgeen wijst op lokaal afstromend grondwater.

Boring C4: deze boring ligt ca. 2 km ten westen van boring C3, op het dekzandplateau (grondwatertrap VII) in een bosachtige omgeving. Het EC-profiel van deze boring is, gezien de lokatie, merkwaardig. In de bovenste minifilters zou een grondwater met een lage EC verwacht worden, kenmerkend voor water dat door een kalkarme bos/heide grond is geïnfiltreerd. Het tegendeel is echter het geval; het EC-profiel zet bij de bovenste minifilters in met zeer hoge waarden. Op grotere diepte daalt de EC, maar het beeld blijft 'onrustig'. Dit duidt op significante laterale verschillen in bodemgebruik in het intrekgebied van het grondwater dat zich op deze lokatie bevindt. Chemische analyses zullen licht moeten werpen op de achtergrond van de hoge EC-waarden.

Boring C5: deze boring ligt ca. 2 km ten westen van boring C4, eveneens op het dekzandplateau (grondwatertrap VII). De boring ligt midden in een landbouwperceel, dat omringd is door weilanden. De zeer hoge EC van het ondiepe grondwater ter plekke zal hier ongetwijfeld mee samenhangen (beïnvloeding van de grondwatersamenstelling vanuit de landbouw). De EC van het grondwater neemt toe tot op een diepte van iets meer dan 20 m-mv; een tweede piek in het EC-profiel bevindt zich op een diepte van ca. 30 m-mv. Ook in dit profiel kunnen de EC-verschillen mogelijk gekoppeld worden aan laterale verschillen in bodemtype en bodemgebruik.

Boring C6: deze boring ligt ca. 1 km ten westen van boring C5, aan de rand van het dekzandplateau (grondwatertrap VII), niet ver van de oever van de IJssel. De EC-waarden zijn over vrijwel het gehele diepte-traject zeer hoog en reflecteren min of meer dezelfde omstandigheden als bij boring C5. Water van lokale herkomst is hier vermoedelijk tot op het niveau van de Drenteklei geïnfiltreerd.

Boring C7: deze boring ligt ca. 1,2 km ten westen van boring C6, min of meer op een eiland in de IJssel, dat bij hoge waterstanden is overstroomd. De EC van het diepere grondwater (> 20 m-mv) is vermoedelijk te laag om aan geïnfiltreerd IJsselwater toegeschreven te kunnen worden; voor de bovenste filters is dit niet geheel uitgesloten. Chemische analyses moeten hierin klaarheid brengen.

Boring C8: deze boring ligt ca. 2,8 km ten zuid-westen van boring A7, in

een relatief hoog gelegen dekzandgebied (grondwatertrap VII), aan de rand van de bebouwde kom van Voorst. Het dorp Voorst is voornamelijk omgeven door wei- en bouwlanden. Vrij hoge, wisselende EC-waarden ver het gehele diepte-traject duiden op antropogene invloeden en laterale verschillen in (de intensiteit van) landgebruik. Waarschijnlijk komt op deze plaats lokaal geïnfiltreerd water tot op het niveau van de Drenteklei voor.

Boring C9: deze boring ligt ca. 2,5 km ten zuidwesten van boring C8, in een relatief laaggelegen gebied (grondwatertrap III). In de omgeving van de put bevinden zich voornamelijk weilanden. Het grondwater heeft tot op een diepte van ca. 10 m-mv, tot aan de Eemklei die op deze lokatie met een vrij grote dikte (6 meter) voorkomt, vrij hoge EC-waarden. Op grotere diepte, onder de Eemklei, is het EC-profiel nagenoeg recht met een beduidend lagere EC. De EC van het grondwater bij de ondiepe filters wijst duidelijk op lokaal geïnfiltreerd water met antropogene invloeden. Het rechte EC-profiel op grotere diepte moet waarschijnlijk in verband gebracht worden met water dat op de Veluwe is geïnfiltreerd en aangerijkt is met calcium- en bicarbonaat-ionen.

Boring C10: deze boring ligt ca. 1,1 km ten zuid-westen van boring C9, op een smal stuifzandruggetje (grondwatertrap VII). De put is omgeven door weilanden; vlak naast de put bevindt zich een perceel bouwland (maïs). Het EC-profiel van deze boring vertoont overeenkomstige kenmerken met dat van boring C9: lokaal geïnfiltreerd water met een (zeer) hoge EC tot ca. 20 m-mv en op grotere diepte waarschijnlijk Veluwewater aangerijkt met calcium en bicarbonaat.

Boring C11: deze boring ligt ca. 1,3 km ten zuid-westen van boring C10, in een relatief laaggelegen gebied (grondwatertrap II). In de omgeving van de put bevinden zich weilanden, bos en heidevelden (Empesche en Tondensche Heide). Het EC-profiel vertoont min of meer dezelfde kenmerken als die van de boringen C9 en C10.

Boring C12: deze boring ligt ca. 2,2 km ten noorden van boring C11, in een vergelijkbaar, relatief laaggelegen gebied (grondwatertrap II). In de directe omgeving van de put bevinden zich voornamelijk weilanden en een aantal bospercelen. Het EC-profiel is markant recht en het lijkt er derhalve op dat het betreffende gebied als een kwelgebied van water dat op de Veluwe is geïnfiltreerd, beschouwd kan worden.

-- Compilatie van de EC-profielen van raai C --

Ten oosten van de IJssel wijzen de EC-profielen van vrijwel alle boringen op lokaal geïnfiltreerd water tot op (minimaal) het niveau van de Drenteklei. Een kenmerk van deze profielen is tevens dat de EC-profielen over het algemeen een fluctuerend verloop hebben, hetgeen mogelijk in verband gebracht kan worden met laterale verschillen in (de intensiteit van het) bodemgebruik. Gesteld zou bijna kunnen worden dat de kleinschaligheid van het landschap teruggevonden wordt in de karakteristiek van de EC-profielen.
In het gebied tussen de Veluwestuwwal en de IJssel dringt het lokaal geïnfiltreerde water eveneens tot op vrij grote diepte door. In de omgeving van Voorst wordt zelfs vermoed dat het water doordringt tot op het niveau van de Drenteklei. Verder westwaarts echter, in de karakteristieke gebieden met grondwatertrap II die de Veluwestuwwal omzomen, zijn aanwijzingen dat onder het water dat lokaal geïnfiltreerd is, water afkomstig uit de Veluwestuwwal aanwezig is. (Overigens gelden hier m.b.t. de interpretatie dezelfde reserves als bij het westelijk gedeelte van raai B). Indien verder oostwaarts inderdaad lokaal geïnfiltreerd water tot op het niveau van de Drenteklei infiltreert (boring C8, Voorst), dan zou een en ander kunnen betekenen dat water, dat op de Veluwe stuwwal is geïnfiltreerd, boven de Drenteklei een beperkte uitgestrektheid heeft en voornamelijk in de Veluwezoom aan het oppervlak treedt. Chemische analyses zijn echter noodzakelijk om deze voorlopige conclusies verder te onderbouwen.

5. CONCLUSIES EN VOORTGANG VAN HET ONDERZOEK

De EC-metingen vormen een goede basis voor het onderkennen van de grote lijnen met betrekking tot de grondwaterstroming in het onderzochte gebied. Naar het zich laat aanzien lijkt boven de Drenteklei een regionale component vanuit de stuwwallen van Salland tot aan een laaggelegen gebied ten oosten van het Overijssels kanaal (boring A6) niet uitgesloten. De verbreiding van water dat in de Veluwestuwwal is geïnfiltreerd, lijkt zich boven de Drenteklei te beperken tot de Veluwestuwwal zelf of hooguit tot de laaggelegen gebieden die de stuwwal direct omzomen. In het overige deel van het onderzochte gebied vindt boven de Drenteklei afstroming van grondwater waarschijnlijk op lokale schaal plaats (infiltratie in dekzandruggen, afstroming naar naburige beken).
De EC-profielen duiden erop dat op veel plaatsen antropogene invloeden reeds tot op het niveau van de Drenteklei zijn doorgedrongen. Lokale systemen in gebieden met een intensief bodemgebruik hebben over het algemeen kwalitatief gezien een 'antropogeen' karakter.

Voor meer gefundeerde conclusies omtrent de chemie en stroming van het grondwater is een chemische analyse van het water uit de minifilters een vereiste.
Een eerste belangrijke vraag die beantwoord moet worden, is of de relatief hoge EC van het diepe grondwater toegeschreven moet worden aan 'schoon' grondwater met een hoog calcium- en bicarbonaatgehalte, dan wel aan antropogene invloeden (relatief hoge natrium-, chloride-, sulfaat- en eventueel nitraatgehalten).
Is dit laatste het geval dan zal in de meeste gevallen een interpretatie in de richting van infiltratie door naburige landbouw- c.q. weidepercelen het meest voor de hand liggen.
Is een hoog EC-gehalte van het diepe grondwater gerelateerd aan een hoog calcium- en bicarbonaatgehalte, dan is de interpretatie gecompliceerder. Er zijn dan in principe (minimaal) twee mogelijkheden:

1. Het betreffende water vormt onderdeel van een regionaal systeem met een lange verblijftijd.
   Aan de ingang van dergelijke systemen heeft het water veelal een laag calcium-en bicarbonaatgehalte. De hoge calcium- en bicarbonaatgehalten ter plekke van de boring zijn het gevolg van de lange ondergrondse weg die de waterdeeltjes hebben afgelegd.
2. Het betreffende water is in de omgeving van de put geïnfiltreerd. De hoge calcium- en bicarbonaatgehalten zijn het gevolg van (vroegere) lokale omstandigheden. Hierbij kan b.v. gedacht worden aan kalkrijke bodems met een hoge CO_2-spanning (en/of bodems met

een hoge concentratie aan humuszuren) of aan een lange verblijftijd als gevolg van een zeer lage grondwaterstromingssnelheid. Het diepe grondwater ter plekke van de put is nog 'schoon' omdat uit de bodem gespoelde componenten, als gevolg van een recenter en intensiever landgebruik, de bewuste diepte nog niet bereikt hebben.

Mede in verband hiermee zal aandacht aan de betekenis van rechte EC-profielen besteed moeten worden (zie b.v discussie bij de compilatie van de EC-profielen van raai B).

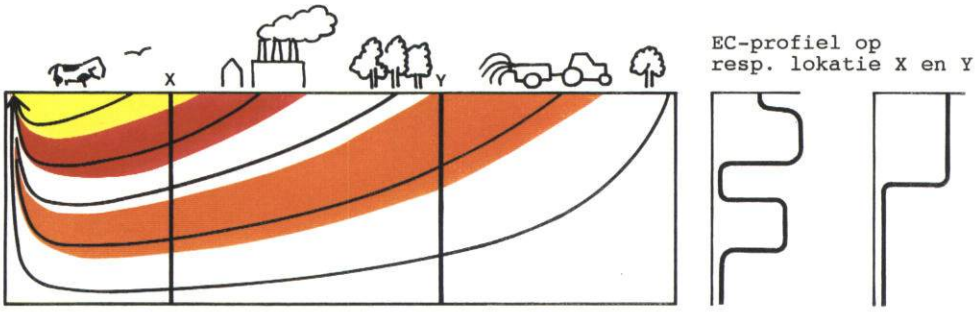
Het onderzoek zal zich dan ook voort moeten zetten op het verkrijgen van meer en een beter inzicht met betrekking tot de ontwikkeling van het calcium- en bicarbonaatgehalte in de ondergrond. De thans beschikbare verzameling boringen met minifilters is hiervoor uitermate geschikt.

Bij het onderzoek naar de oorsprong van het calcium- en bicarbonaatgehalte in grondwater zullen isotopenanalyses en ouderdomsbepalingen een belangrijk hulpmiddel kunnen vormen zodat op langere termijn, na een zorgvuldige selectie van minifilters en te analyseren isotopen, hiervoor een herbemonstering van de geselecteerde minifilters noodzakelijk kan zijn.

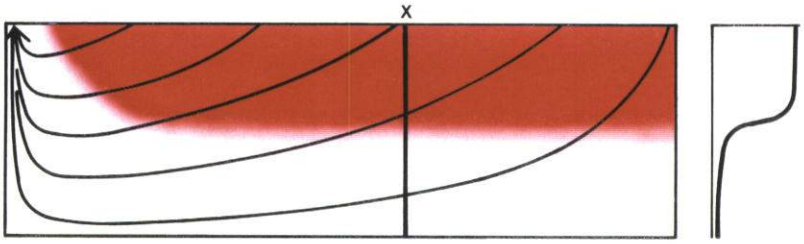
Op korte termijn zal een derde EC-meetcampagne plaatsvinden. Mogelijk zal dit nieuw licht werpen op de geconstateerde verschillen tussen de EC-profielen van de twee reeds uitgevoerde EC-meetcampagnes. De verwachting is dat de verschillen voornamelijk, enkele uitzonderingen daargelaten, toegeschreven moeten worden aan onbetrouwbaarheden in de meetapparatuur en/of aanvankelijk in het boorgat nog aanwezige 'onreinheden' (resten werkwater). Theoretisch zijn grote verschillen op korte termijn ook niet te verwachten, gezien de traagheid van de grondwaterstroming. Verwacht wordt dan ook dat een eenmalige chemische analyse van het grondwater uit alle minifilters gelijktijdig slechts één maal uitgevoerd behoeft te worden. Op langere termijn kan volstaan worden met een jaarlijkse meting van de EC in alle minifilters en alleen dan een analyse te verrichten indien er zich in een EC-profiel een duidelijke verandering voordoet.

Tegelijk met de komende EC-meetcampagne zullen (binnen een termijn van één of twee dagen) de grondwaterstanden in de peilfilters bepaald worden. Deze zullen worden geïnterpreteerd met stromingsanalysemodellen om een eerste indicatie te krijgen omtrent verblijftijden en herkomstgebieden van het grondwater als functie van de diepte.

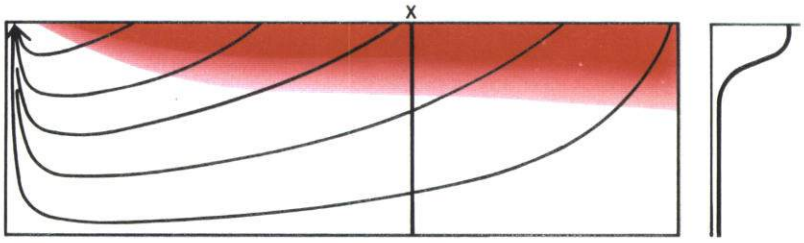
Aansluitend hierop is het belangrijk onderzoek te verrichten naar criteria waarop besloten kan worden of een verandering in de samenstelling van het grondwater gerelateerd moet worden aan laterale



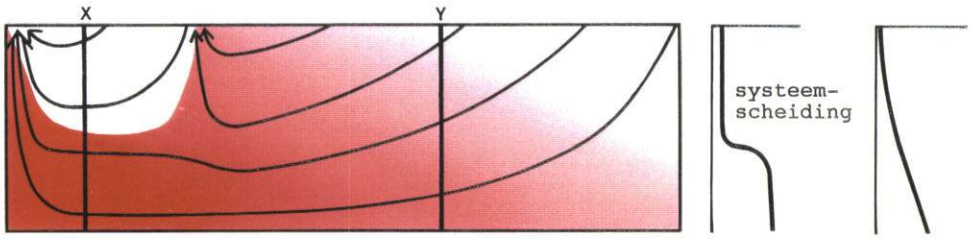
A. laterale verschillen in bodemgebruik.



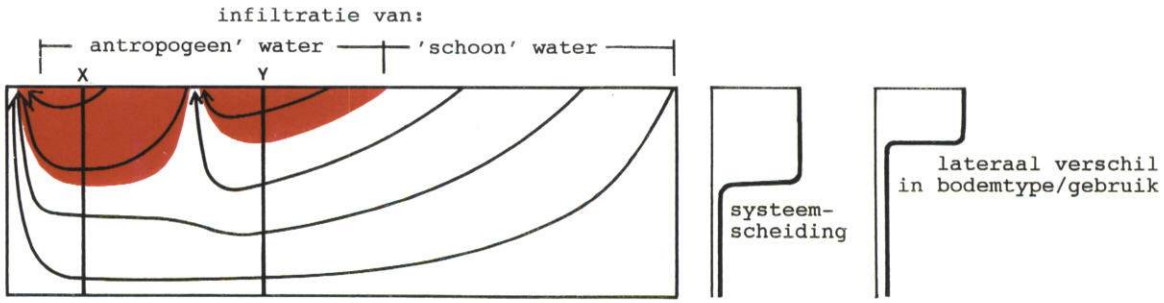
B. frontverplaatsing.



C. chemische omzettingen (b.v. afbraak van nitraat door denitrificatie).



D1. systeemscheiding (oorzaak b.v. het calcium- en bicarbonaatgehalte in het grondwater vertoont een zekere evenredigheid met de verblijftijd van het water in de ondergrond).



D2. systeemscheiding (oorzaak b.v. verschil in bodemtype/gebruik in de infiltratiegebieden van de verschillende systemen).

Figuur 5: schematische voorstelling van een aantal mogelijke oorzaken van een verandering van de chemische samenstelling (c.q. electrisch geleidingsvermogen (EC)) van het grondwater in de verticaal.

verschillen in bodemtype/gebruik, een frontverplaatsing, chemische omzettingen, dan wel een systeemscheiding (figuur 5). Overigens kan van een systeemscheiding eigenlijk slechts sprake zijn indien er een duidelijke relatie bestaat tussen de verblijftijd van het grondwater en de chemische samenstelling ervan, of wanneer de infiltratiegebieden van de te onderscheiden systemen verschillende bodemkenmerken hebben die een duidelijke differentiatie in de chemische samenstelling van het door de bodem geïnfiltreerde water tot gevolg hebben. Waarschijnlijk moeten de meeste veranderingen in de chemische samenstelling van het grondwater in de verticaal toegeschreven worden aan laterale verschillen in bodemtype en bodemgebruik (in tijd en ruimte) en/of aan frontverplaatsingen.

Bij de interpretatie van de EC-profielen is geen rekening gehouden met effecten die optreden als gevolg van dispersie. In de verdere loop van het onderzoek zal tevens aandacht besteed moeten worden in hoeverre EC (c.q. chemische)-profielen als gevolg van dispersie vervagen. Aangezien bij toenemende diepte de ondergronds afgelegde weg van een waterdeeltje groter wordt, mag verwacht worden dat op grotere diepten grenzen tussen verschillende watertypen over het algemeen minder scherp zullen zijn. Een vraag die hierbij gesteld kan worden is tot op welke afstand van het infiltratiegebied laterale verschillen in bodemtype/- gebruik (duidelijk) zichtbaar blijven in het hydrochemisch profiel.

Op basis van het voorgaande wordt de navolgende voortgang van het onderzoek voorgesteld:

1A. Meting van de EC in alle minifilters (3e meetcampagne).

1B. Meting van de grondwaterstanden in alle peilfilters.
Rapportage van de EC-meetresultaten en de interpretatie van de grondwaterstandsmetingen m.b.v. eenvoudige computermodellen die stroomlijnen en verblijftijden genereren.

2. Bemonstering en chemische analyse van het grondwater uit alle minifilters.
Uitwerking, waarbij de aandacht gericht zal zijn op:
   A. algemeen, karakterisering van de grondwatersamenstelling en verklaring ervan,
   B. in het bijzonder, aangeven wat de achtergrond van de hoge EC-waarden van het diepe grondwater is (antropogene invloeden versus 'schoon' grondwater met een hoog calcium- en bicarbonaatgehalte, beide gevallen zullen voorkomen),
   C. verzuring van het grondwater als functie van plaats en diepte.
Rapportage.

3. Naar aanleiding van de resultaten van punt 2:

A. formulering van het onderzoek naar de achtergrond van het calcium- en bicarbonaatgehalte in grondwater,
B. keuze van te analyseren isotopen,
C. selectie van minifilters waarop het onderzoek geconcentreerd zal worden,
D. monstername en analyse,
E. uitwerking en interpretatie.

Rapportage.

4. (Eventueel) onderzoek naar de invloed van dispersie op de vorm van chemische profielen.
5. Evaluatie van de onderzoeksresultaten en eindconclusies.
6. Voortschrijdend in de tijd:
   A. Jaarlijkse meting van de EC in alle minifilters.

   Rapportage.

   B. Indien zich een duidelijke verandering in een EC-profiel voordoet bemonstering en chemische analyse van de betreffende minifilters.

   Rapportage.

   C. Na een aantal jaren evaluatie van de EC-meetresultaten en zonodig bijstellen van de meetfrequentie.

   Rapportage.

6. LITERATUUR

Aelmans, F.G. (1975),
Grondwaterkaart van Nederland: inventarisatierapport IJsseldal; kaartbladen 27 West en Oost, 33 West en Oost, rapportno: GWK 9
Dienst Grondwaterverkenning TNO

Aelmans, F.G. (1983),
Grondwaterkaart van Nederland: inventarisatierapport Apeldoorn-Oost; kaartbladen 33 Oost, rapportno: GWK 31
Dienst Grondwaterverkenning TNO

Brouwer, G.K. en J.H. Hoogendoorn (1986),
Grondwaterstromingssystemen Salland/Oost-Veluwe, rapportno: OS 86-36
Dienst Grondwaterverkenning TNO

Engelen, G.B. (1984),
Hydrological Systems Analyses: a regional case study, rapportno: OS 84-20
Dienst Grondwaterverkenning TNO

Hoogendoorn, J.H. (1983),
Ruimtelijke variatie van enkele belangrijke chemische componenten in het grondwater en de implicaties daarvan voor de grondwaterstroming; Jaarverslag 1983
Dienst Grondwaterverkenning TNO

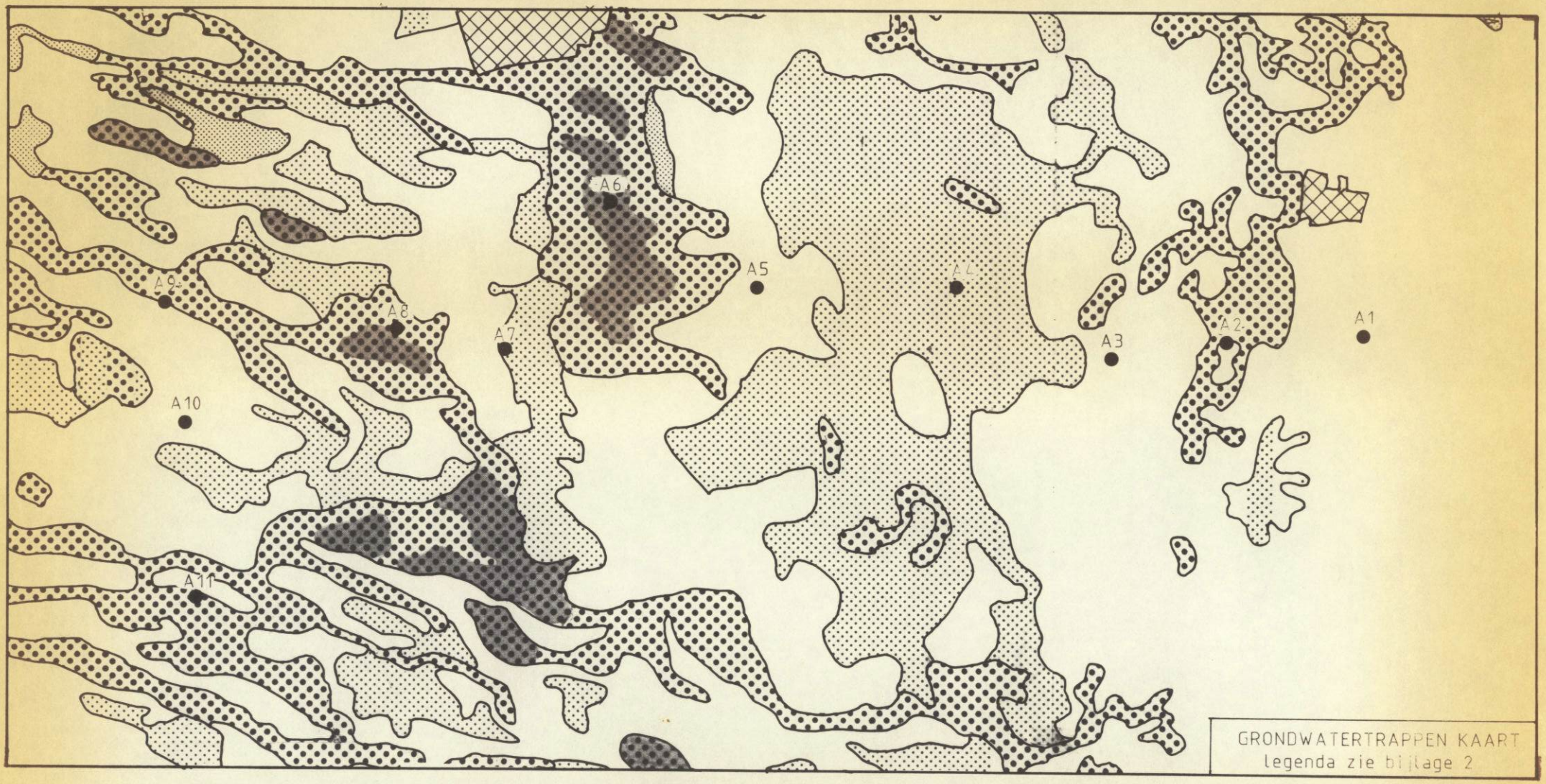
Hoogendoorn, J.H. (1987),
Projectbeschrijving boorprogramma Noordelijk IJsseldal, rapportno: 9/87/JH/PJ
Dienst Grondwaterverkenning TNO

Overmeeren, R.A. en I.L. Ritsema (1988),
GEA-58: A way of continuous vertical sounding
Dienst Grondwaterverkenning TNO

Bijlage 1: lokatie van de raaien en boringen, weergegeven op een topografische kaart, een grondwatertrappenkaart, een oppervlaktewaterkaart, een geologische/geomorfologische kaart, een bodemkaart, een Eemkleikaart en een isohypsenkaart (Schaal 1 : 50.000).
(onderverdeeld in resp. bijlage 1A, 1B en 1C)

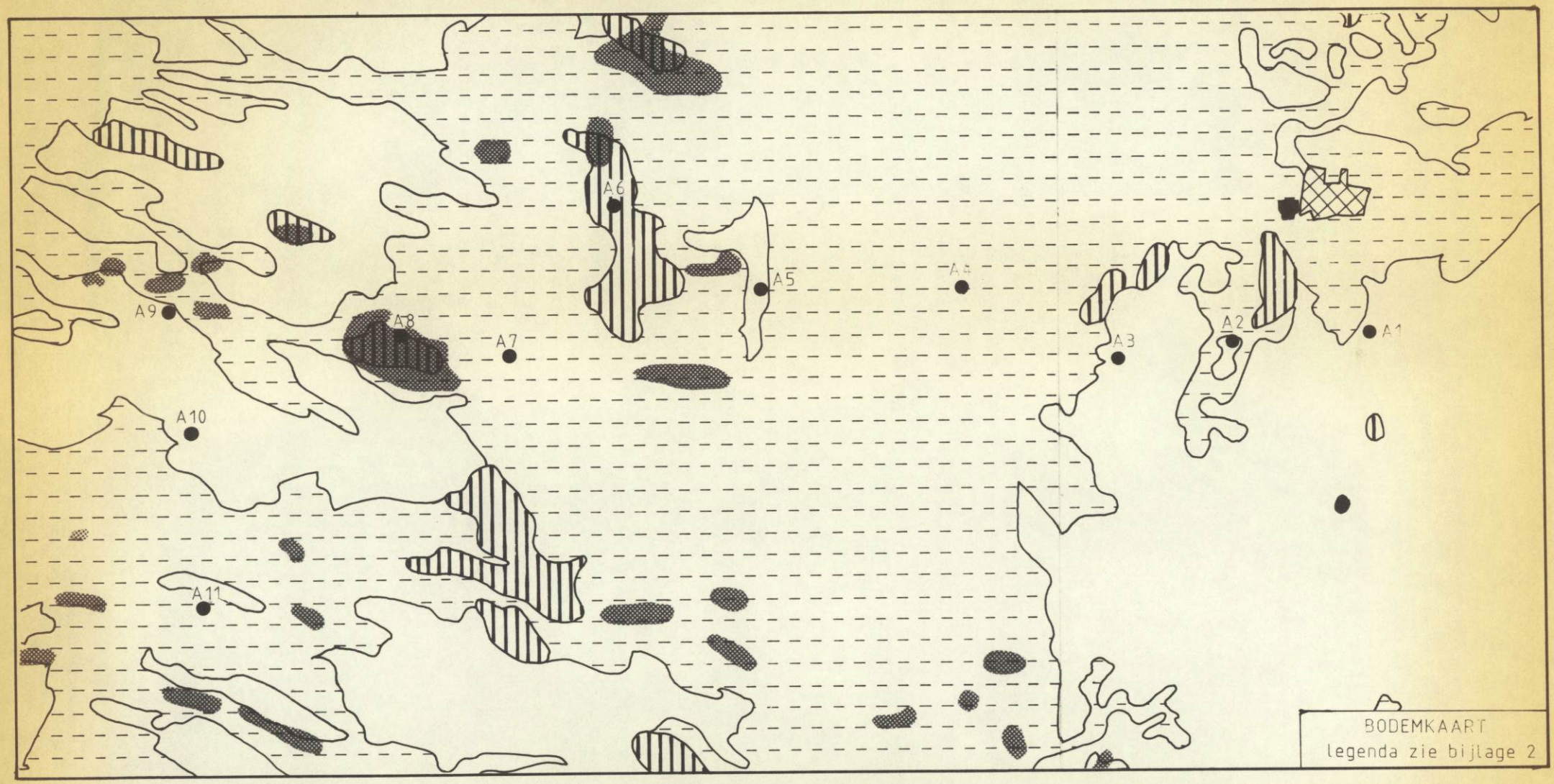
Bijlage 1A: kaarten van raai A.

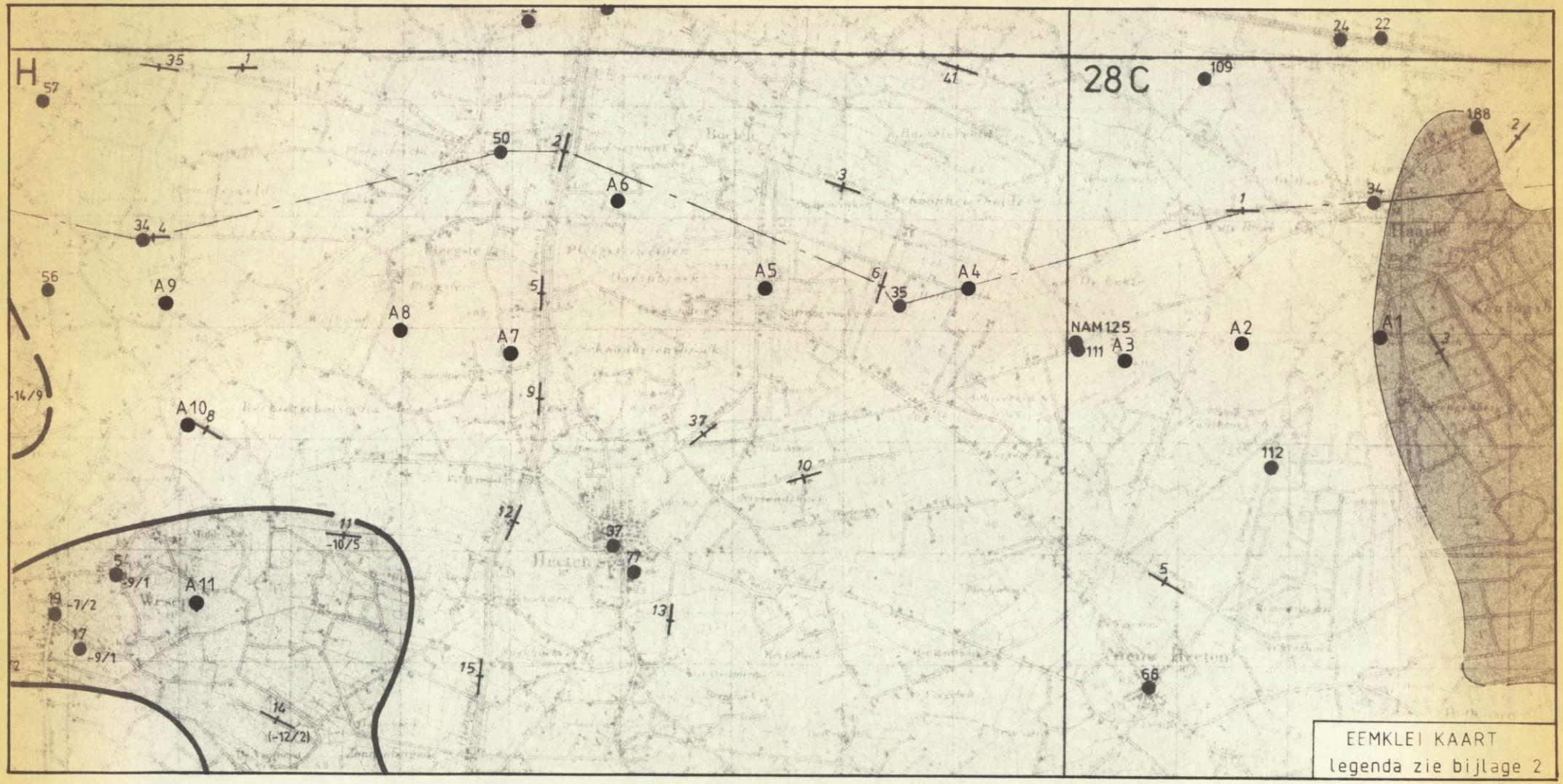
TOPOGRAFISCHE KAART
legenda zie bijlage 2
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
Haarle
Heeten
Nieuw-Heeten
Schoonheten
Wesepe
Het Boetelerveld
(Natuurreservaat)
Schoonheterheide
Boetele
De Raams
Koningsbelt
Sprengenberg
Witte Broek
De Eekte
Haarlerveld
Zuidbroek
Remmersbosch
Achterhoek
Helhuizen
Poggebelt
Bergshoek
Lurkeershoek
Nielandshoek
Beumershoek
Weibroek
Rechterschotsmars
Ramelerveld
Borgelaar
De Horst
Zonnenbergen
Jacobshoeve
Middendorp
Weseperenk

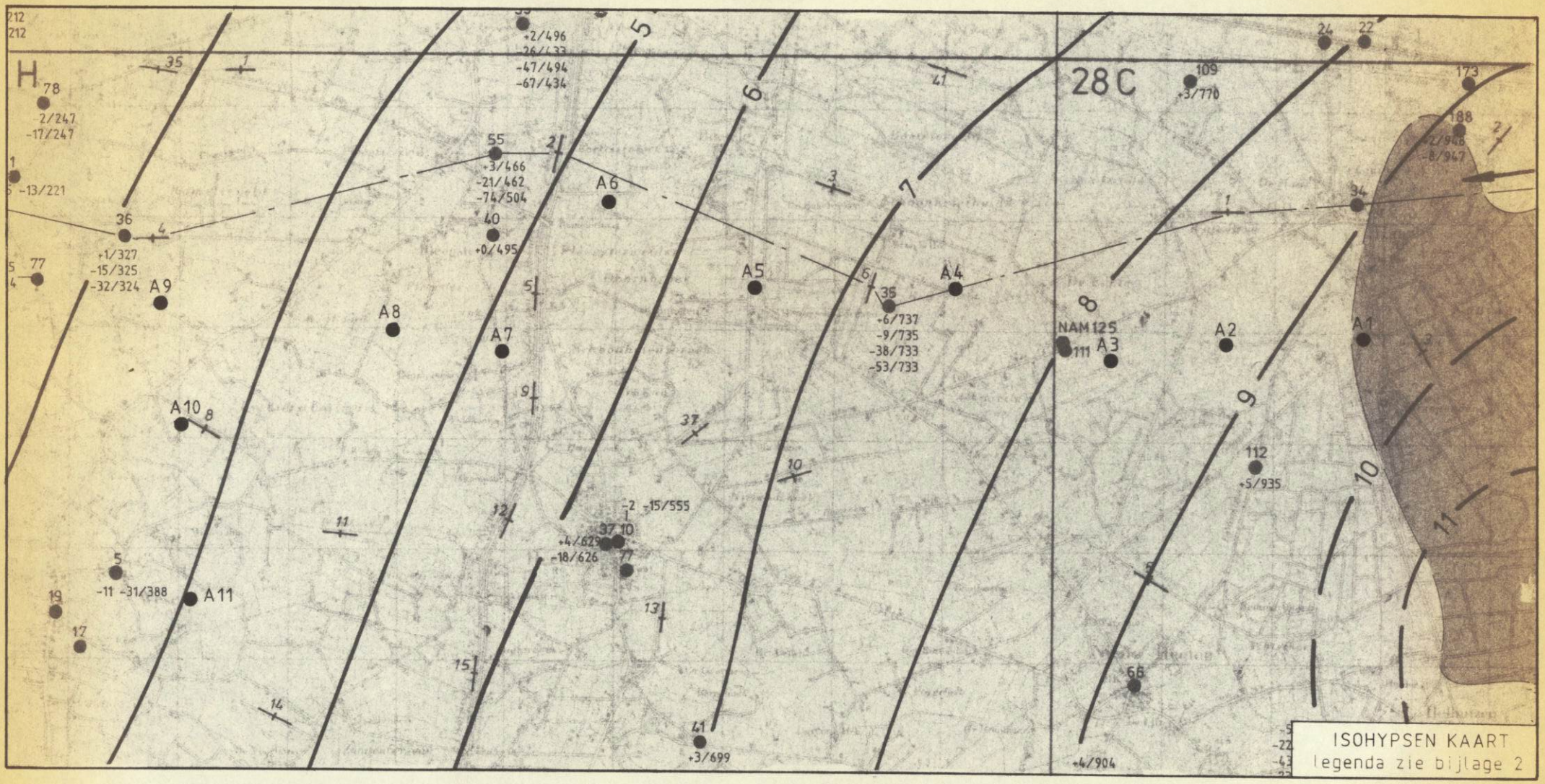

A6
A5
A4
A1
A2
A3
A9
A8
A7
A10
A11
GRONDWATERTRAPPEN KAART
legenda zie bijlage 2

A6
A5
A4
A3
A2
A9
A8
A7
A10
A11
OPPERVLAKTEWATER KAART
legenda zie bijlage 2

A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
GEO(MORFO)LOGISCHE KAART
legenda zie bijlage 2

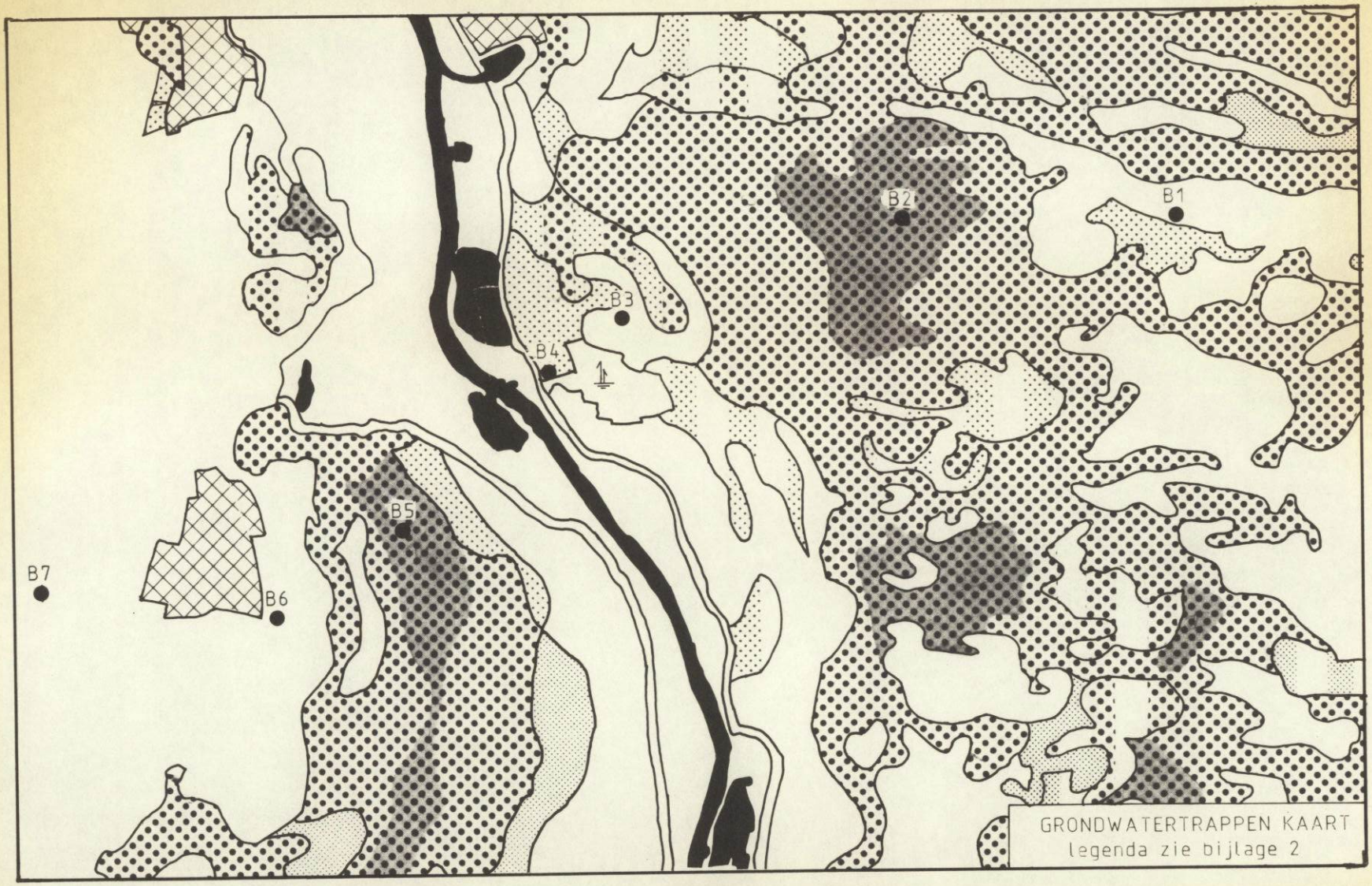

A6
A5
A4
A9
A8
A7
A3
A2
A1
A10
A11
BODEMKAART
legenda zie bijlage 2


H
28C
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
NAM 125
EEMKLEI KAART
legenda zie bijlage 2

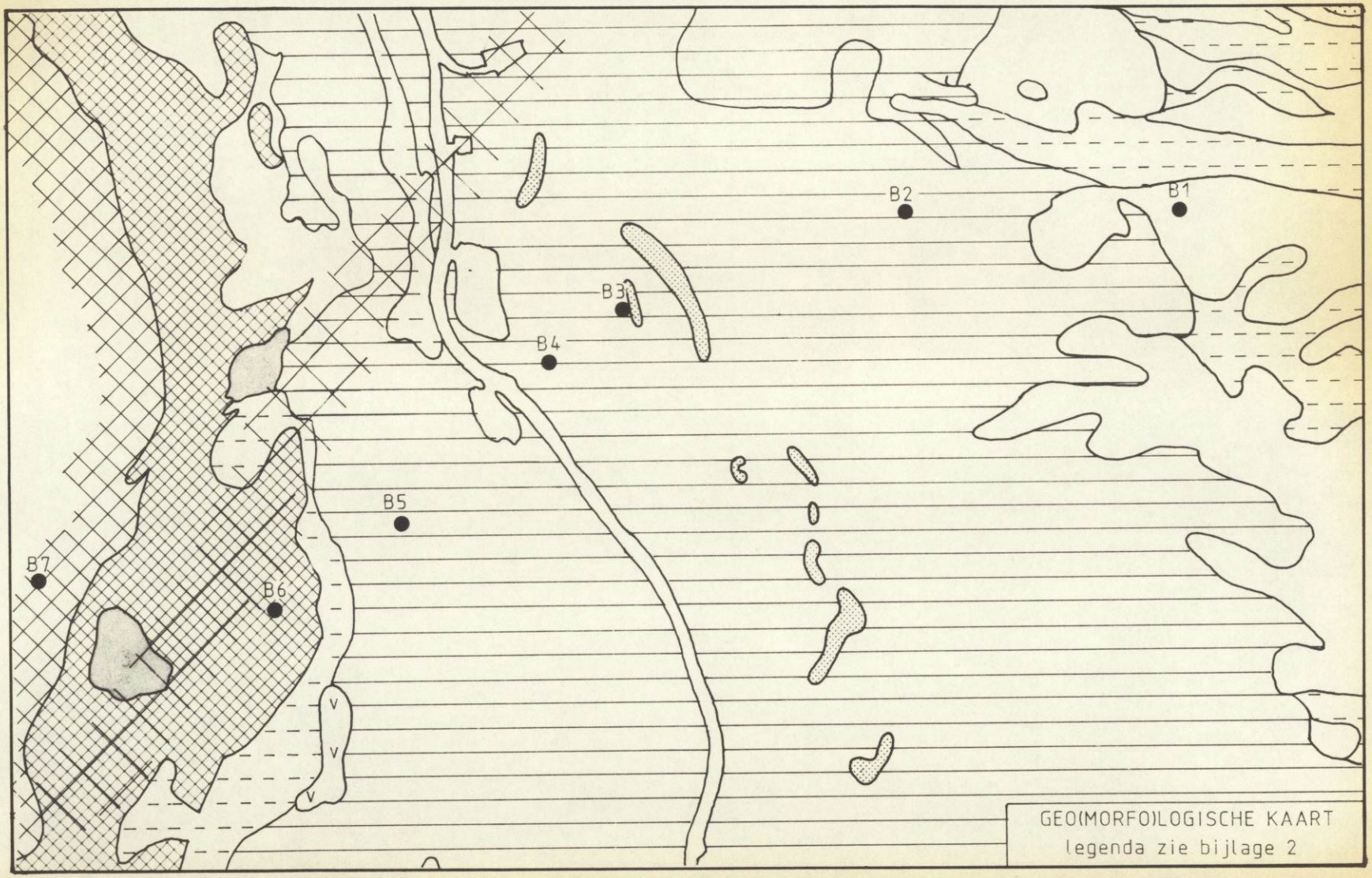

H
28C
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
A10
A11
NAM 125
ISOHYPSEN KAART
legenda zie bijlage 2

Bijlage 1B: Kaarten van raai B.

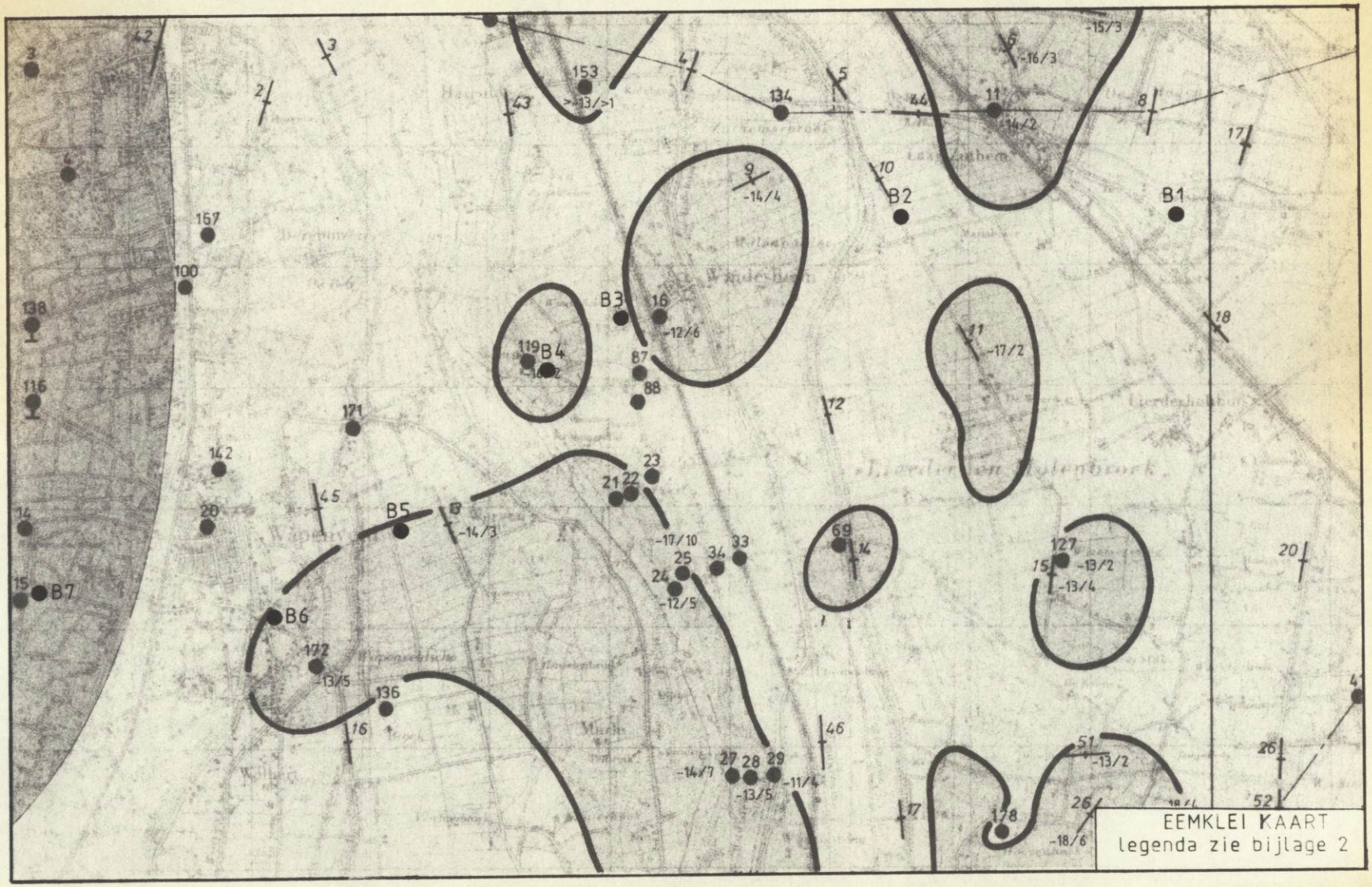
B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
Wapenveld
Harculo
Berghuizen
Windesheim
Zuthemerbroek
Laag Zuthem
Molenpolder
Lierder- en Molenbroek
Herxen
Werven
Marle
Wapenveldsche Broek
Vorchterbroek
Keuterhoek
Wolbert
Dreet
Folberg
Hoogwaak
Fliphuis
Golfterrein
Trafostation
Kromholt
De Beit
Steenfabriek
Natuurreservaat
Kromme dijk
Ganzenweide
Nijoevers
Disselenbrink
De Paddenpol
Telbrink
Ahnem
Het Hooge Land
Kolkbrug
Havezathe Zuthem
Zurinkbelten
Mariahoeve
De Horst
De Hagen
Erve Boerdijk
De Weerd
Meenhorst
De Enk
Provincieweg
Wellenberg
Achterblok
De Krone
Wechterholt
Boshoeve
Spanblok
Witmersslag
Langa Slagen
Tempelberg
Disselhof
Kl Nes
Kl station
Zuiveringsinst
Lierderholthuis
De Wee
Kappeweg
Hoeven
Wechter
Molecaten
Hezenberg
Sch sluis
Fabr
Veluwsche Waard
Veluwsche Wetering
Zand wetering
Hollewandsweg
Boerwetering
Grutterswetering
Zwarte Kolk
Molenweg
Grote Wetering
Apeldoorns Kanaal
Wapenvelder kerkweg
Wetering
De Steeg
Vorchter leijgraaf
Marle dijk
Marler waarden
Waarden
Schippershuizen
Zand wetering
Gravenweg
Bremhellestraat
Nieuwe Wetering
Nieuwe Raalter wetering
Kolk wetering
Zuthemer
Gd
Sl
Km
Ho
He
We
Ze
Pk
TOPOGRAFISCHE KAART
legenda zie bijlage 2

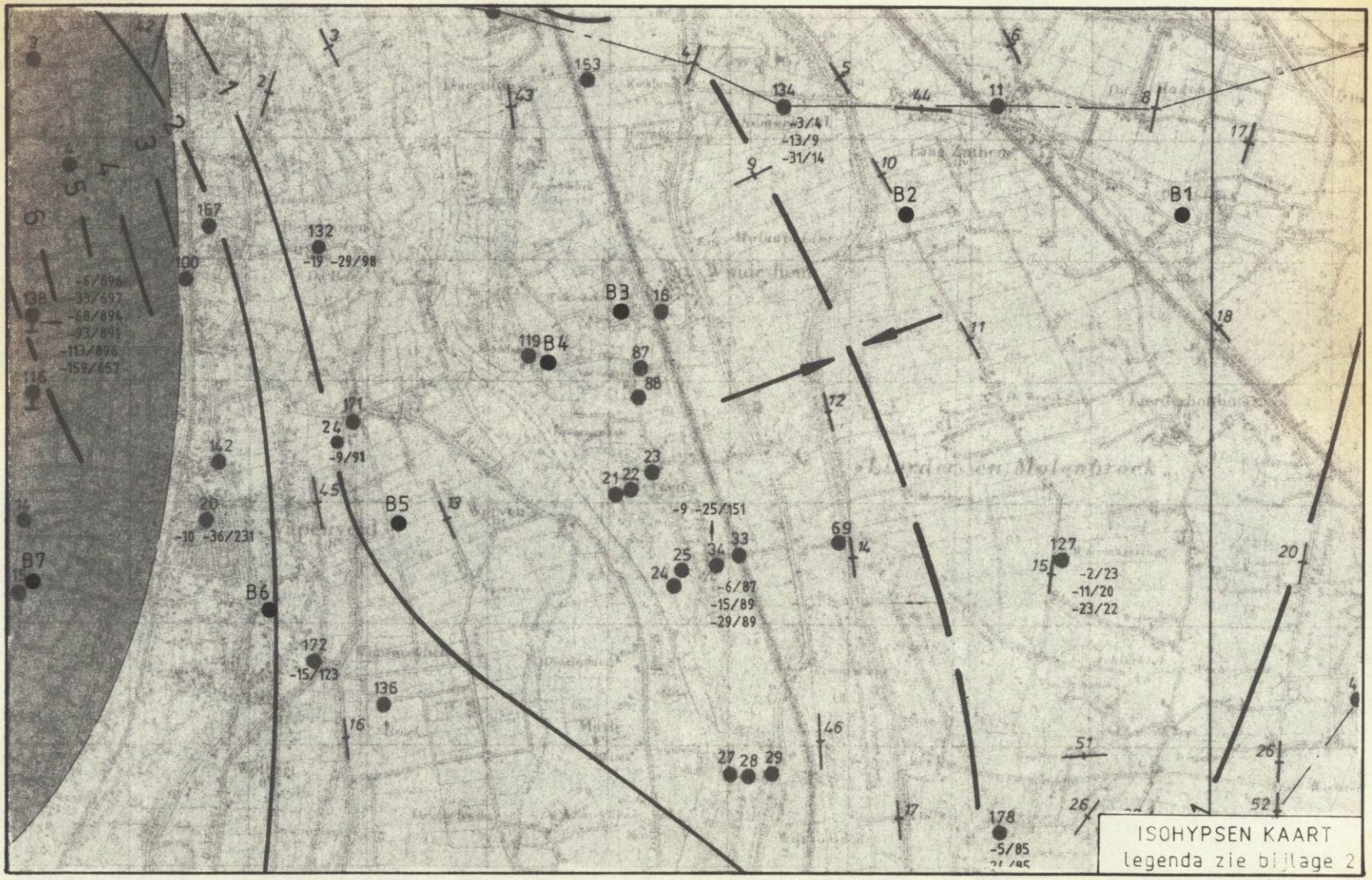

B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
GRONDWATERTRAPPEN KAART
legenda zie bijlage 2

B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
OPPERVLAKTEWATER KAART
legenda zie bijlage 2


B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
GEO(MORFO)LOGISCHE KAART
legenda zie bijlage 2

B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
BODEMKAART
legenda zie bijlage 2


B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
EEMKLEI KAART
legenda zie bijlage 2


B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7
153
134
-3/41
-13/9
-31/14
167
132
-19 -29/98
100
138
-6/696
-33/697
-68/894
-93/891
-113/896
-159/657
116
119
171
24
-9/91
142
20
-10 -36/231
172
-15/123
136
-9 -25/151
25
24
34
33
-6/87
-15/89
-29/89
69
127
-2/23
-11/20
-23/22
178
-5/85
ISOHYPSEN KAART
legenda zie bijlage 2

Bijlage 1C: kaarten van raai C.

C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12
Wilp
Gorssel
Joppe
Epse
Dorotherhoek
Oxe
Kring van Dorth
Harfsen
Duistervoorde
Wilp-Achterhoek
Bussloo (Recreatiecoord)
Bussloo
De Kar
Gietelo
Appen
Gietelsche en Appensche Veld
De Wilpsche Klei
De Ravenscaarden
Quatre Bras
Klarenbeek
Voorst
Eefde
Empe
Klein Amsterdam
Apeldoorn
Empe-Achterveld
Tonden
Voorstonden
Hoven
ZUTPHEN
Warnsveld
Leesten
Overhoek
Warken
TOPOGRAFISCHE KAART
legenda zie bijlage 2

C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12

GRONDWATERTRAPPEN KAART
legenda zie bijlage 2

OPPERVLAKTEWATER KAART
legenda zie bijlage 2

C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12

GEO(MORFO)LOGISCHE KAART
legenda zie bijlage 2

C1
C2
C3
C4
C5
C6
C7
C8
C9
C10
C11
C12
BODEMKAART
legenda zie bijlage 2

EEMKLEI KAART
legenda zie bijlage 2

ZUTPHEN

B

33G

ISSEL

TWENTHE-KANAAL

ZUTPHEN

APELDOORNSCH

33 G

33 H

3.00 4.00 5.00 6.00 7.00 8.00 9.00 10.00

ISOHYPSEN KAART
legenda zie bijlage 2

Bijlage 2: legenda's van de kaarten van bijlage 1.

Legenda *Legend*

	bebouwd gebied	*built-up area*
a b c	a hoogbouw	*high-rise building*
	b muur	*wall*
	c kapschuur	*dutch barn*
	autoweg met gescheiden rijbanen	*motorway: dual carriageway*
	autoweg zonder gescheiden rijbanen	*motorway: single carriageway*
	hoofdweg met gescheiden rijbanen	*main road: dual carriageway*
	hoofdweg: 7 m of breder	*main road: 7 m wide or over*
	hoofdweg: 4-7 m breed	*main road: 4-7 m wide*
	hoofdweg: smaller dan 4 m	*main road: less than 4 m wide*
	verharde weg met gescheiden rijbanen	*metalled road: dual carriageway*
	verharde weg: 7 m of breder	*metalled road: 7 m wide or over*
	verharde weg: 4-7 m breed	*metalled road: 4-7 m wide*
	verharde weg: smaller dan 4 m	*metalled road: less than 4 m wide*
	weg met losse of slechte verharding	*loose or light surface road*
a b	onverharde weg: a belangrijk b overig	*unmetalled road: a important; other*
	weg met bomen	*road; tree lined*
	pad	*path*
	fietspad	*cycle-track*
	weg in aanleg	*road under construction*
	weg in ontwerp	*planned road*
	spoorweg: dubbelspoor	*railway: double track*
	spoorweg: enkelspoor	*railway: single track*
a b	a station b laadperron	*station; loading-bay*
	tram: op eigen baan	*tramway: reserved track*
	tram: op de weg	*tramway: street-track*
	metrostation	*underground-station*
a b	a dijk: 2,5 m of hoger	*dike: 2.5 m high or over*
	b dijk: 1-2,5 m hoog	*dike: 1-2.5 m high*
	kade: lager dan 1 m	*earth bank: less than 1 m*
	berijdbare dijk	*dike with road*
	ingraving	*cutting*
	viaduct	*viaduct*
	viaduct op pijlers	*viaduct on piers*
	tunnel	*tunnel*
	vaste brug	*fixed bridge*
	beweegbare brug	*movable bridge*
	brug op pijlers	*bridge on piers*
	waterloop:	*watercourse:*
	smaller dan 3 m	*less than 3 m wide*
	3-6 m breed	*3-6 m wide*
	breder dan 6 m	*6 m wide or over*
a b c	a grondduiker	*culvert siphon*
	b vonder	*footbridge*
	c schutsluis	*lock*
	d brug	*bridge*
d e f g	e stuw	*weir*
	f sluis	*sluice*
	g duiker	*culvert*

a b c	a kerktoren, toren, hoge koepel	*church tower, tower, high dome*
	b kerk zonder toren	*church without tower*
	c lichttoren	*light tower*
	getrianguleerde punten:	***triangulation points:***
a	a kerktoren, toren, hoge koepel	*church tower, tower, high dome*
b c	b vuurtoren	*lighthouse*
	c merksteen rijksdriehoeksmeting	*state survey stone*
d	d lichttoren	*light tower*
	snijpunt van parallel en meridiaan	*intersection of parallel and meridian*
a b c	a gemeentehuis	*town hall*
	b postkantoor	*post office*
	c politiebureau	*police station*
a b c	a kapel	*chapel*
	b kruis	*cross*
	c wegwijzer	*signpost*
a b c	a windmolen	*windmill*
	b watermolen	*watermill*
	c windmolentje	*windpump*
a b c	a oliepompinstallatie	*oil-pumping unit*
	b seinmast	*signalpost*
	c zendmast	*wireless mast*
a b c	a hunebed	*cairn*
	b monument	*monument*
	c poldergemaal	*pumping-station*
	begraafplaats	*cemetery*
a A13 b P E8 c T	a wegnummering	*road numbering*
	b parkeerplaats	*parking*
	c tankstation	*filling-station*
a b c 2	a rijstrokenvermelding	*lane-information*
	b kilometerpaal	*kilometre post*
	c wegafsluiting	*road closing*
Gp Gs	grenspaal; grenssteen	*boundary post; -stone*
	schietbaan	*firing range*
	afrastering	*wire fence*
	hoogspanningsleiding	*high tension line*
	rijksgrens	*national boundary*
	provinciegrens	*provincial boundary*
	gemeentegrens	*municipal boundary*
	grens militair oefenterrein	*boundary of military training-area*
10 5	hoogtelijnen	*contours*
12.4	hoogtegetal	*spot height*
a b	a steile rand	*escarpment*
	b helling	*slope*
a b c d e f g h i j k l m n	a weide met sloten	*meadow with ditches*
	b boomgaard	*orchard*
	c heg, smalle houtrand	*hedge*
	d boomkwekerij	*tree nursery*
	e kassen	*glasshouses*
	f bouwland met greppels	*arable land with trenches*
	g loofbos	*deciduous forest*
	h naaldbos	*coniferous forest*
	i gemengd bos	*mixed forest*
	j griend	*osier*
	k heide l zand	*heath; sand*
	m dras en riet	*marsh and reed*
	n houtwal	*hedge-bank*
a b c d e f g h i j k l m n o p r s t	a pontveer b voetveer	*ferry; -for pedestrians*
	c peilschaal	*water-level gauge*
	d kilometerraaipaal	*kilometre post*
	e kilometerraaibord	*kilometre sign*
	f baak g dok	*beacon; dock*
	h aanlegsteigers	*landing-stages*
	i stroomrichtingpijl	*direction of flow*
	j eb/vloed aanduiding	*indication of tides*
	k aanlegplaats	*mooring-place*
	l lichtopstand	*light beacon*
	m strekdam	*breakwater*
	n versterkt talud	*reinforced slope*
	o droogvallende grond	*tidal flat*
	p dieptelijnen	*bathymetric contours*
	r laagwaterlijn	*low water mark*
	s hoogwaterlijn	*high water mark*
	t krib	*jetty*

Wegenclassificatie: De wegenclassificatie is binnen de bebouwde kom alleen toegepast voor hoofdwegen en hoofdstraten. De overige straten zijn voorgesteld zonder kleur.
Gemeenteaanduiding: Onder de namen van plaatsen waarin geen gemeentehuis is gevestigd, zijn de begin- en eindletter van de naam van de gemeente geplaatst.

***Road classification**: The road classification has been applied within built-up area only in the case of main roads. All other streets are shown uncoloured.*
***Municipality indication**: Under the names of places in which no town hall is situated you will find the first and last letter of the municipality to which they belong.*

Legenda topografische kaarten

zandige afzettingen (% < 2 µm : < 8%)

- stuwwallen : veelal grof, grindhoudend
- dekzanden : veelal matig fijn zand
- stuifzanden : matig fijn en zeer fijn zand

zavel (% < 2 µm : 8 - 17,5%)

zandige leemafzettingen (% < 50 µm : 17,5 - 85%)

klei afzettingen van IJsset, Vecht, Berkel (% < 2 µm : > 17,5%)

veen en moerige gronden

kalkhoudende afzettingen

ijzeroer afzettingen

moeraskalk afzettingen

stedelijk gebied

Legenda bodem kaarten

grondwatertrap I + II

grondwatertrap III

grondwatertrap IV

grondwatertrap V

grondwatertrap VI + VII

vergraven (alleen aangegeven bij grondwatertrap IV)

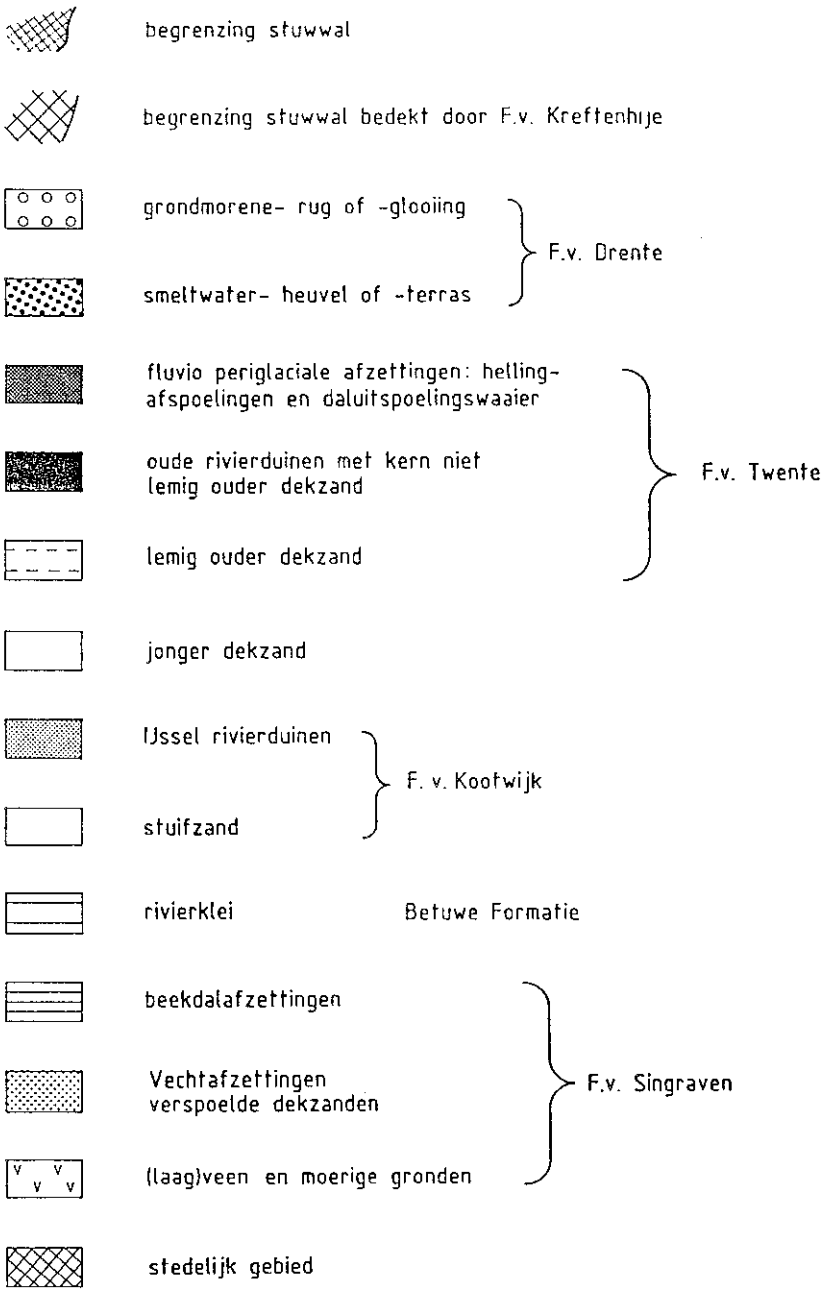
afgegraven

opgehoogd

moeras

stedelijk gebied

Legenda grondwatertrappen kaarten



Legenda geologis/morfologische kaart

Legenda waterlopen kaarten

LEGENDA

24 ● lokatie peilput, nummer volgens Archief van grondwaterstanden DGV/TNO

-9/91 filterdiepten in meters t.o.v. NAP en stijghoogten van het grondwater in centimeters t.o.v. NAP

5 lokatie geo-elektrische meting, nummer volgens archief DGV/TNO

geofysische boorgatmeting

—9— lijn van gelijke stijghoogte in het eerste watervoerend of daarmee overeenkomend jong-pleistocene pakket in meters t.o.v. NAP

—7— lijn van gelijke stijghoogte in het tweede watervoerend pakket in meters t.o.v. NAP

lokatie waterwinning

A—·—·—A' geohydrologisch profiel

gebied waar de ondergrond gestuwd is

grondwaterscheiding

confluentielijn

Legenda isohypsenkaarten

LEGENDA

110 ● lokatie boring, nummer volgens archief RID/RGD

5 lokatie geo-elektrische meting, nummer volgens archief DGV/TNO

-12/5 basis van eemklei afzettingen in m -NAP, respectievelijk
dikte van eemklei afzettingen in meters

geofysische boorgatmeting

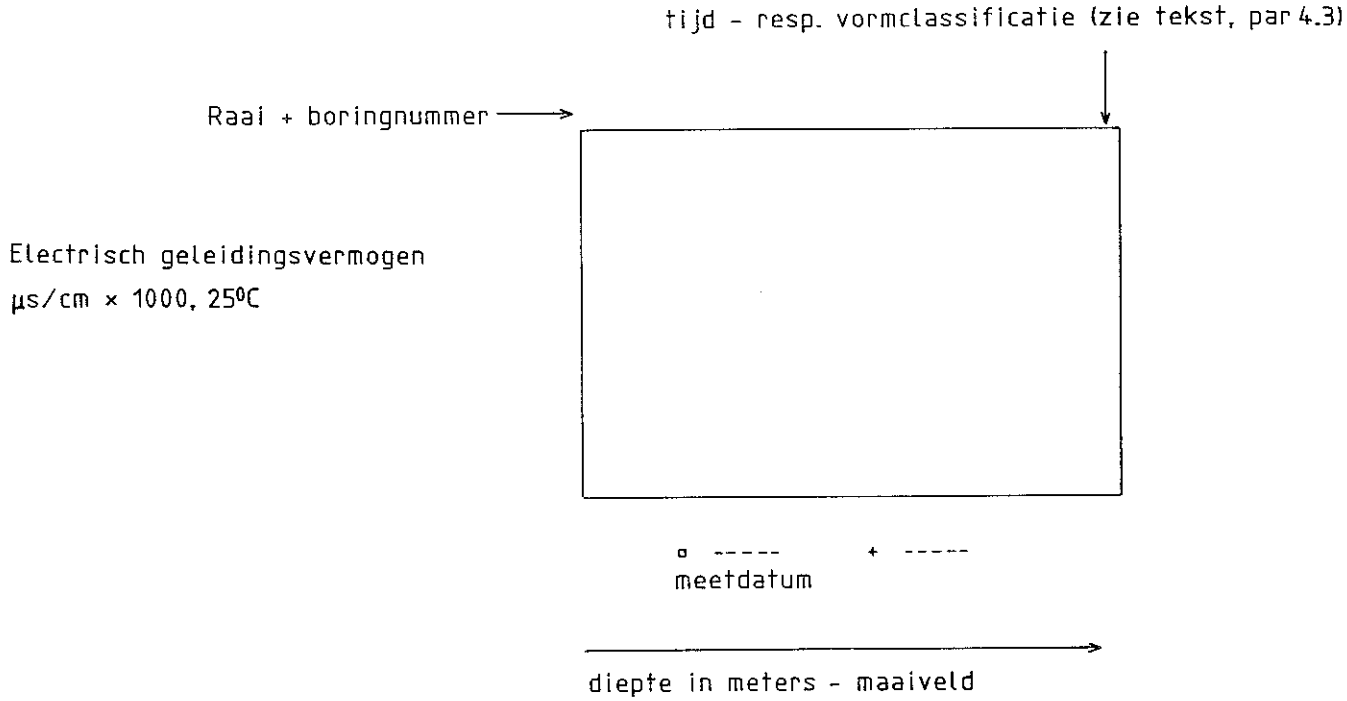
A—·—A' geohydrologisch profiel

gebied waar de Eemklei mogelijk aaneengesloten voorkomt

gebied waar de ondergrond gestuwd is

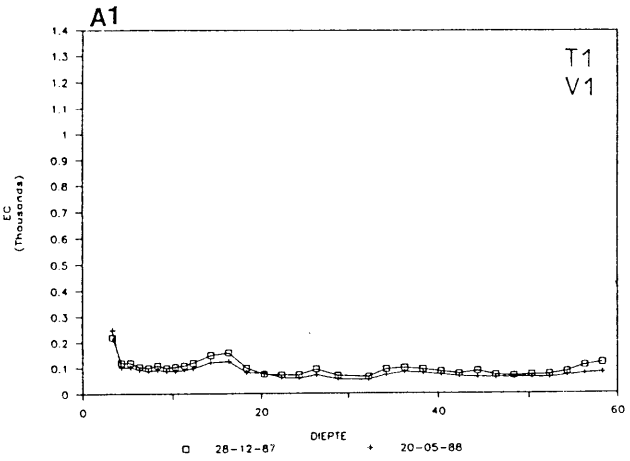
Legenda Eemklei

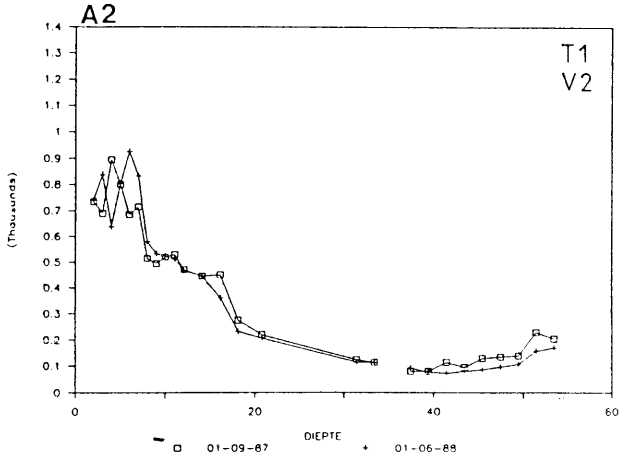
Bijlage 3: EC-dieptediagrammen van de eerste twee EC-meetcampagnes.

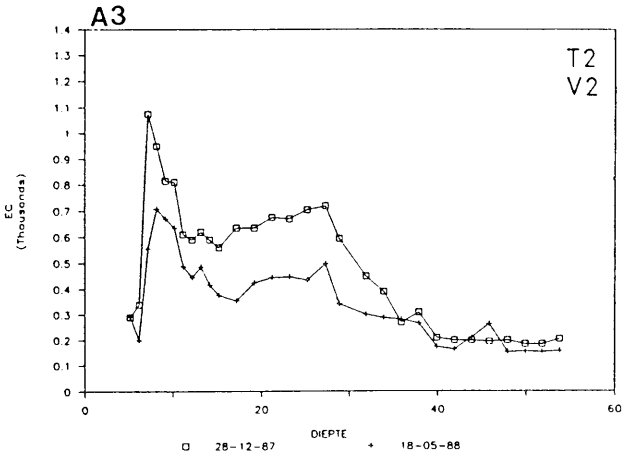


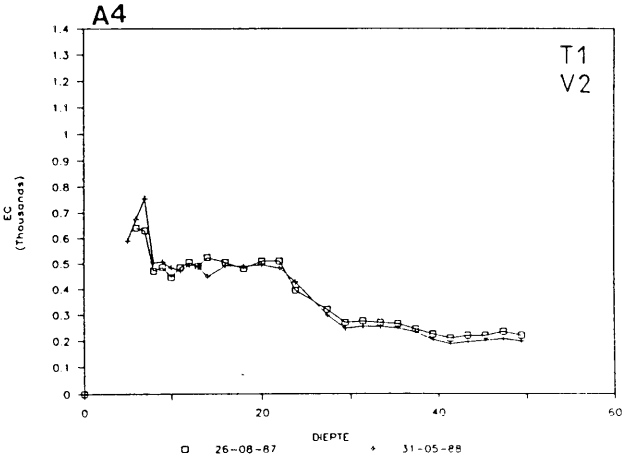
legenda EC-diepte diagrammen

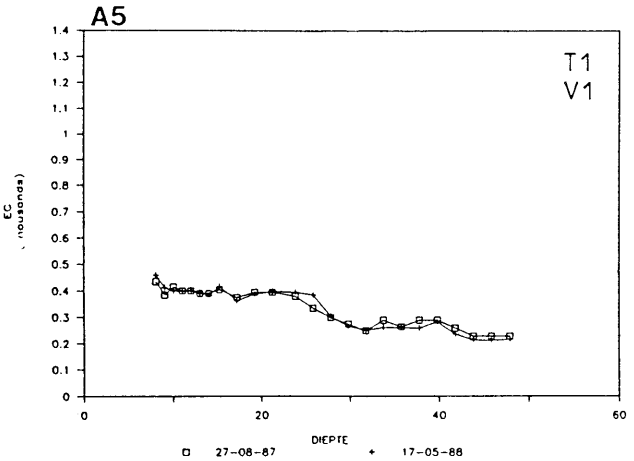
Bijlage 3A: EC-dieptediagrammen van de boringen uit raai A.

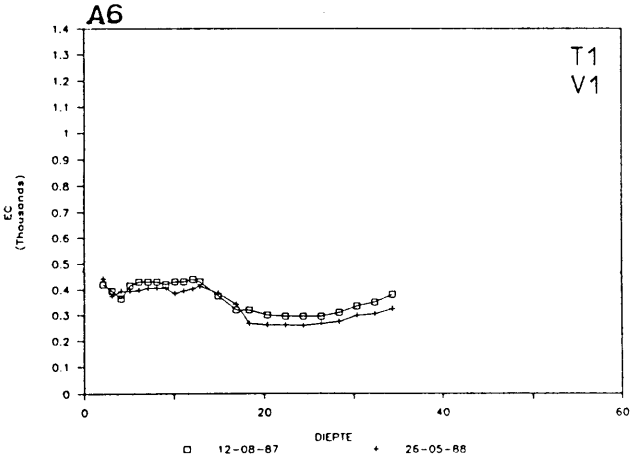

A1
T1
V1
EC (Thousands)
DIEPTE
28-12-87
20-05-88

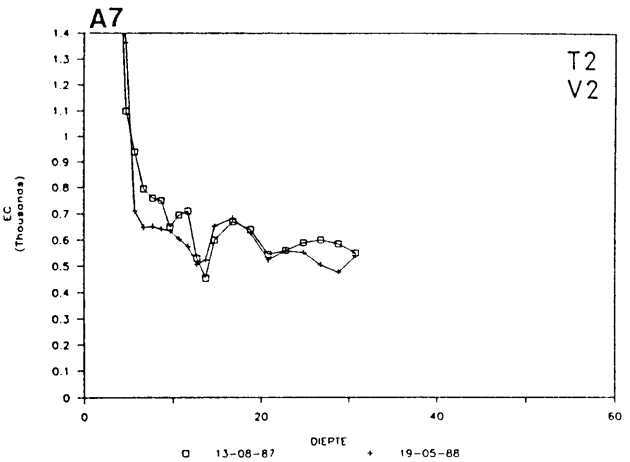

A2
T1
V2
(Thousands)
DIEPTE
01-09-87
01-06-88

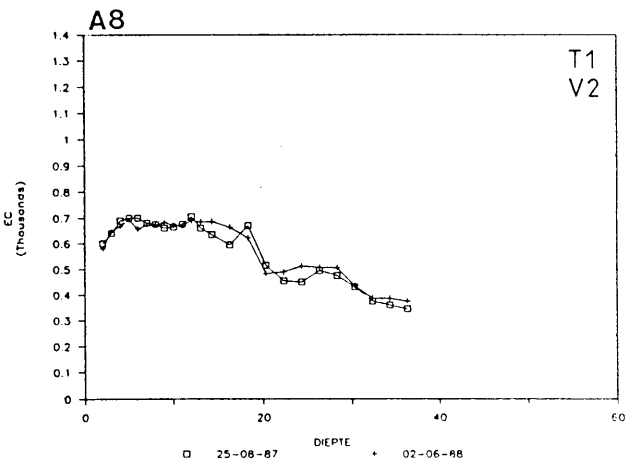

A3
T2
V2
EC (Thousands)
DIEPTE
28-12-87
18-05-88

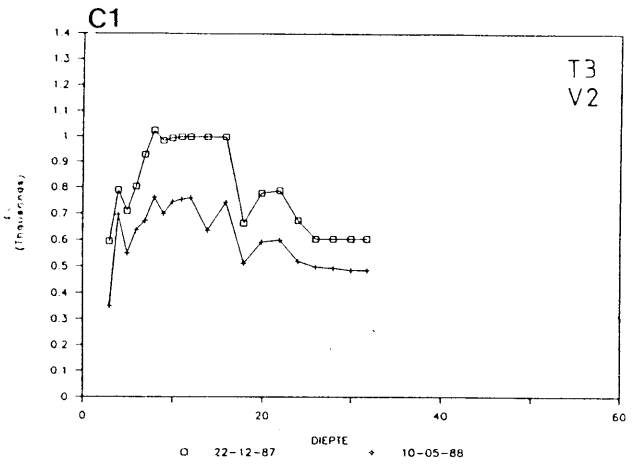

A4
T1
V2
EC (Thousands)
DIEPTE
26-08-87
31-05-88

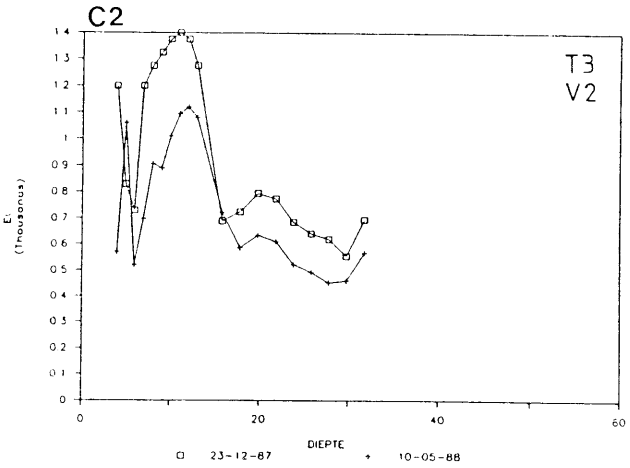

A5
T1
V1
DIEPTE
27-08-87
17-05-88

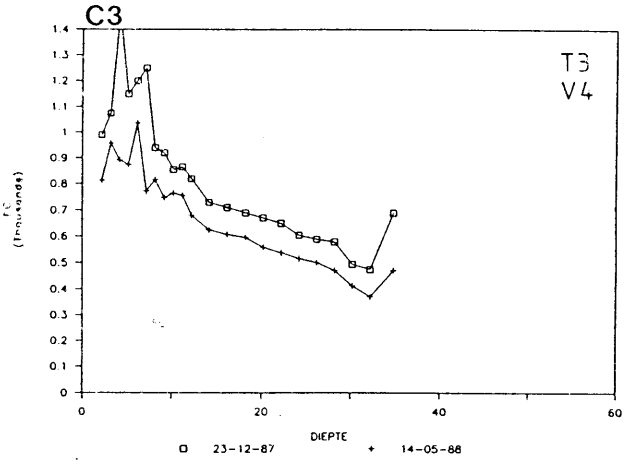

A6
T1
V1
EC (Thousands)
DIEPTE
12-08-87
26-05-88

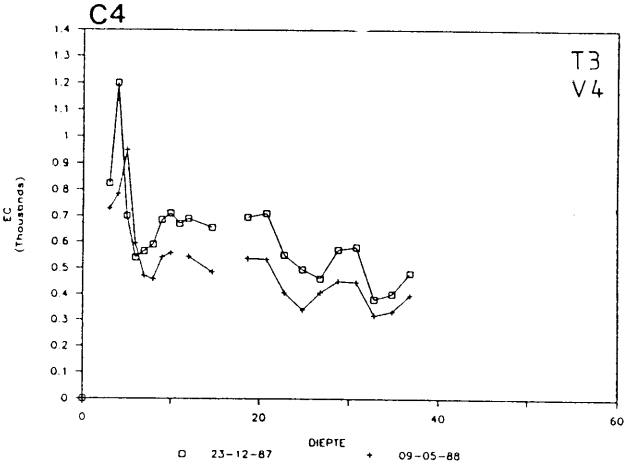

A7
T2
V2
EC (Thousands)
DIEPTE
13-08-87
19-05-88

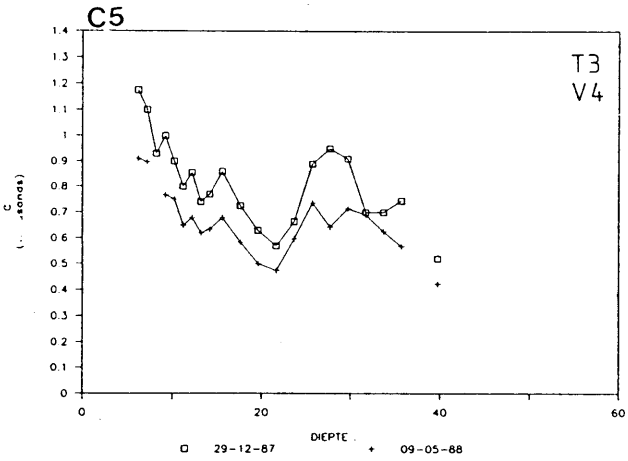

A8
T1
V2
EC (Thousands)
DIEPTE
25-08-87
02-06-88

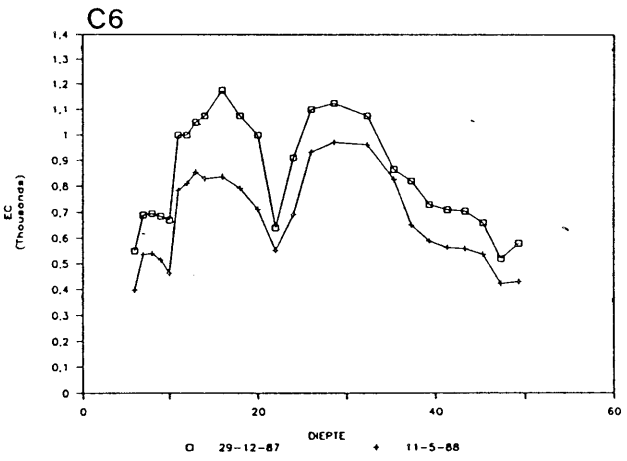

C1
T3
V2
DIEPTE
22-12-87
10-05-88

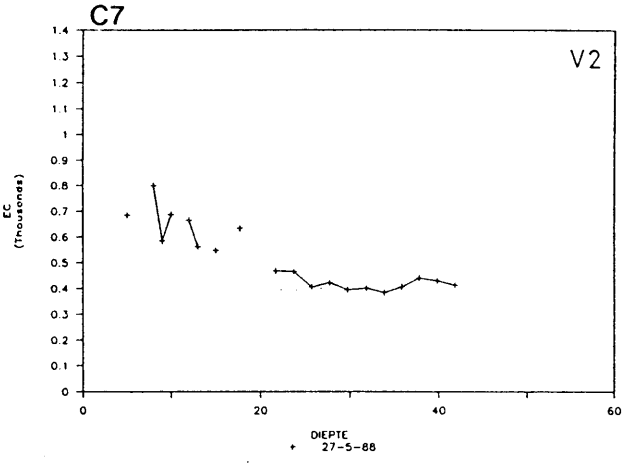

C2
T3
V2
DIEPTE
23-12-87
10-05-88

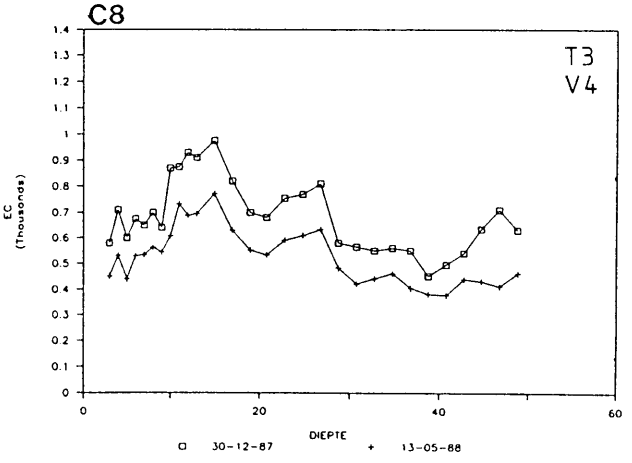

C3
T3
V4
DIEPTE
23-12-87
14-05-88


C4
T3
V4
EC
(Thousands)
DIEPTE
23-12-87
09-05-88

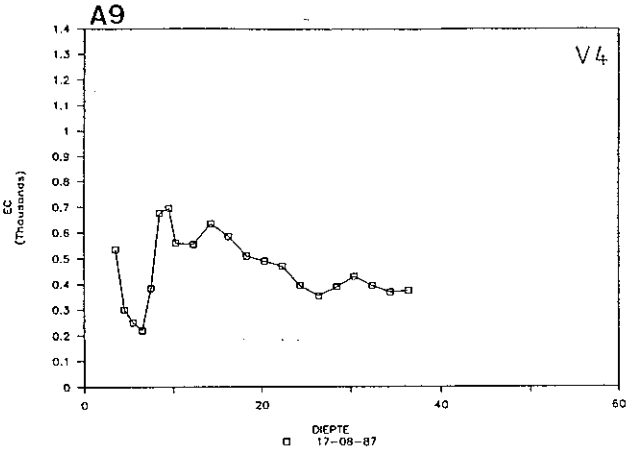

C5
T3
V4
DIEPTE
29-12-87
09-05-88


C6
EC
(Thousands)
DIEPTE
29-12-87
11-5-88

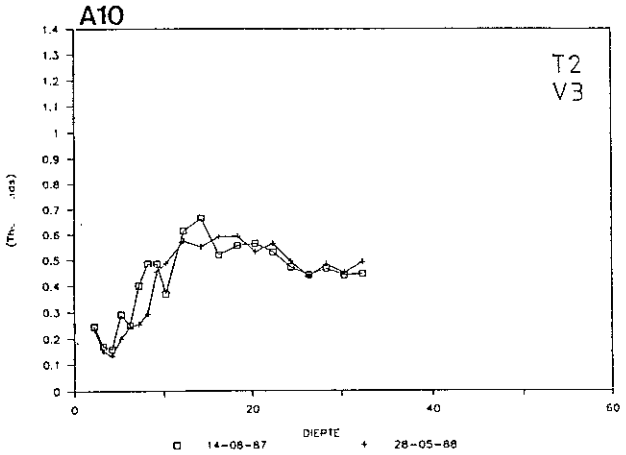

C7
V2
EC
(Thousands)
DIEPTE
27-5-88


C8
T3
V4
EC
(Thousands)
DIEPTE
30-12-87
13-05-88

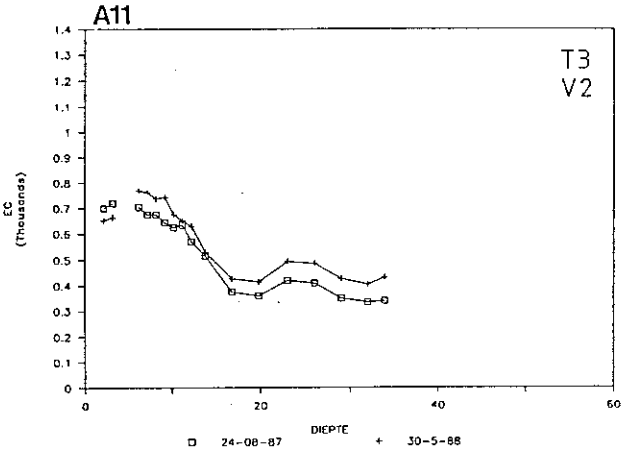
A9


V4
EC
(Thousands)
DIEPTE
17-08-87

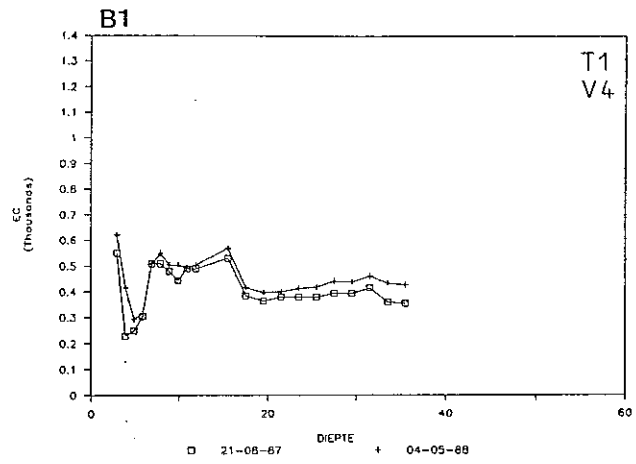
A10

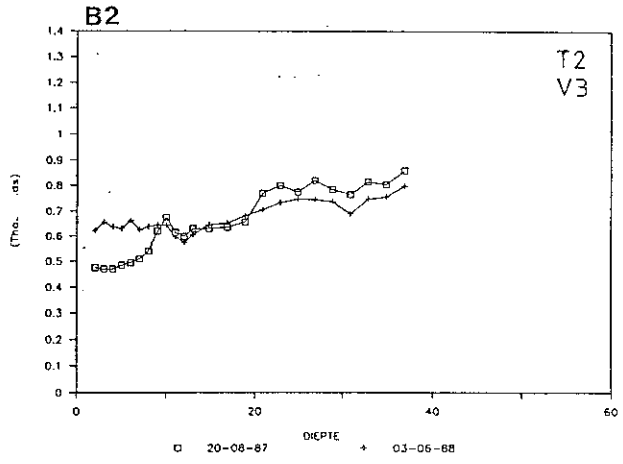

T2
V3
DIEPTE
14-08-87
28-05-88

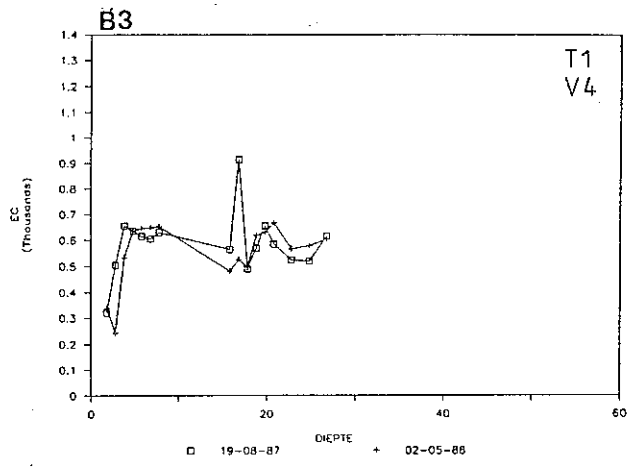
A11

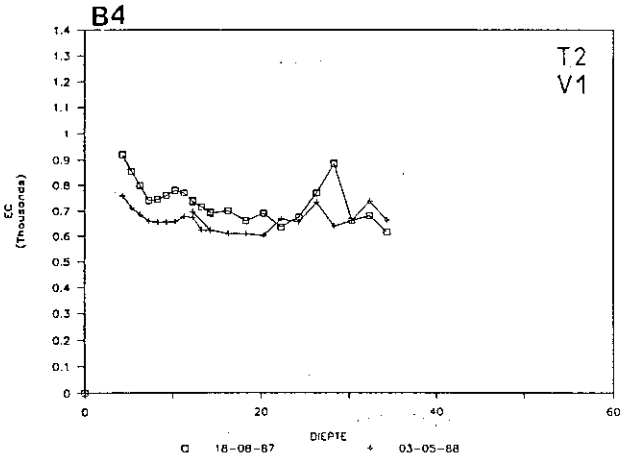

T3
V2
EC
(Thousands)
DIEPTE
24-08-87
30-5-88

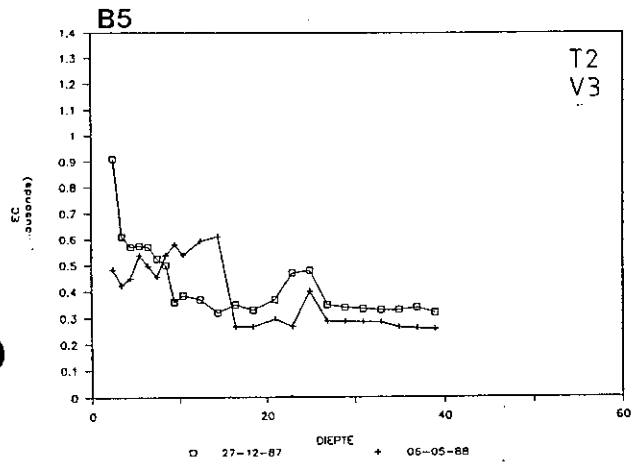
Bijlage 3B: EC-dieptediagrammen van de boringen uit raai B.

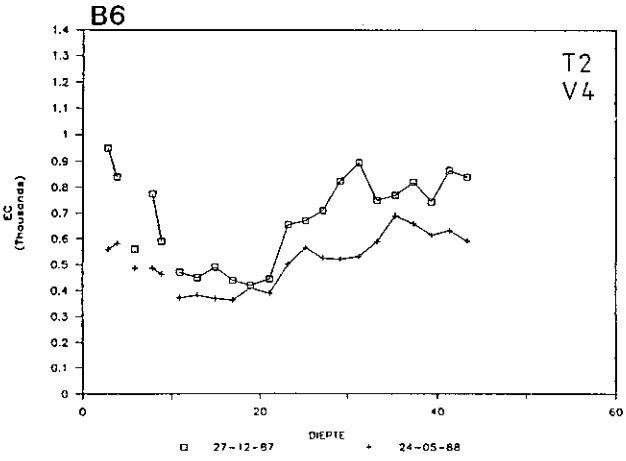

B1
T1
V4
EC (Thousands)
DIEPTE
□ 21-08-87
+ 04-05-88

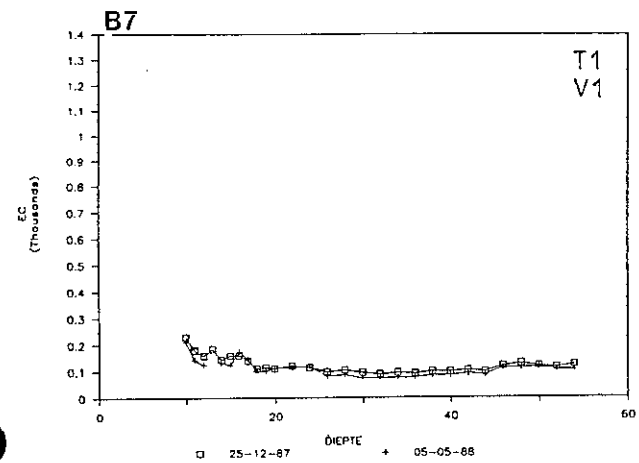

B2
T2
V3
DIEPTE
□ 20-08-87
+ 03-06-88


B3
T1
V4
EC (Thousands)
DIEPTE
□ 19-08-87
+ 02-05-88

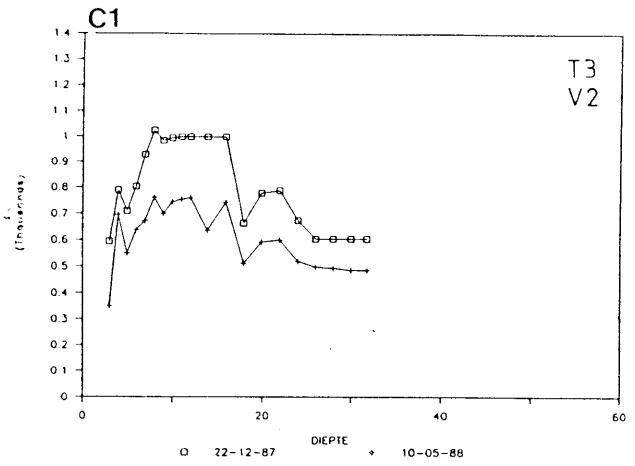

B4
T2
V1
EC (Thousands)
DIEPTE
□ 18-08-87
+ 03-05-88

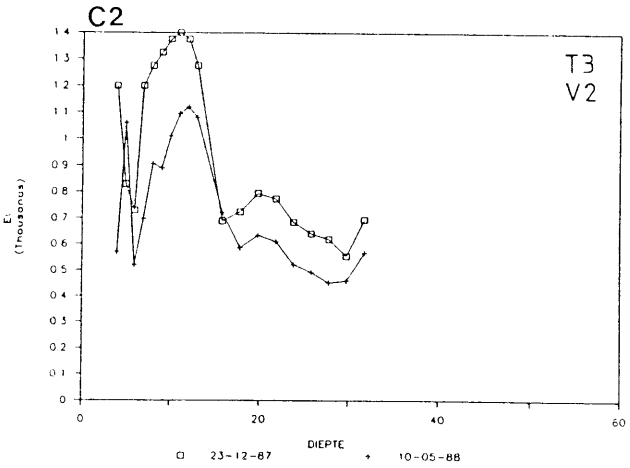

B5
T2
V3
DIEPTE
□ 27-12-87
+ 05-05-88

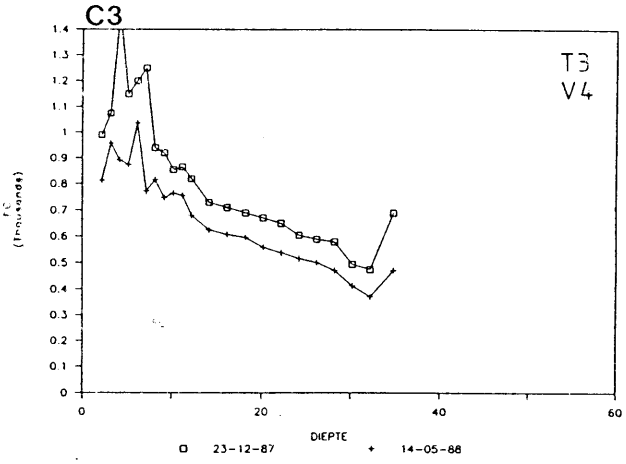

B6
T2
V4
EC (Thousands)
DIEPTE
□ 27-12-87
+ 24-05-88

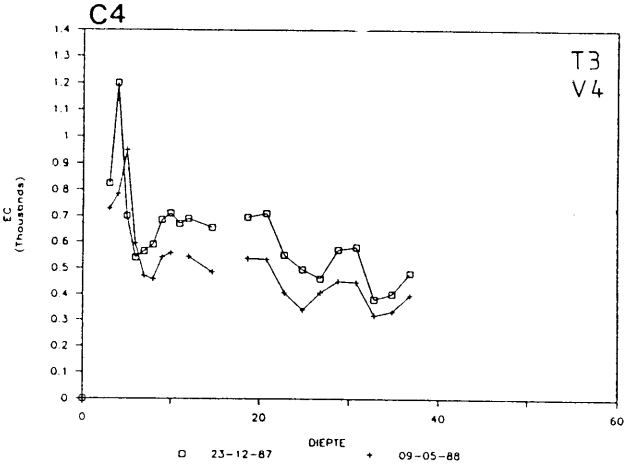

B7
T1
V1
EC (Thousands)
DIEPTE
□ 25-12-87
+ 05-05-88

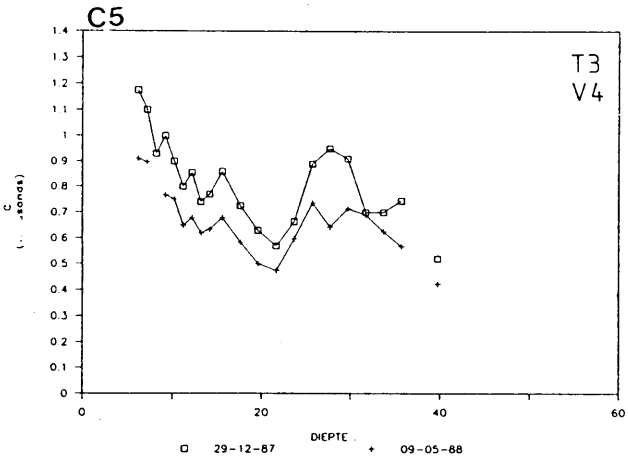
Bijlage 3C: EC-dieptediagrammen van de boringen uit raai C.

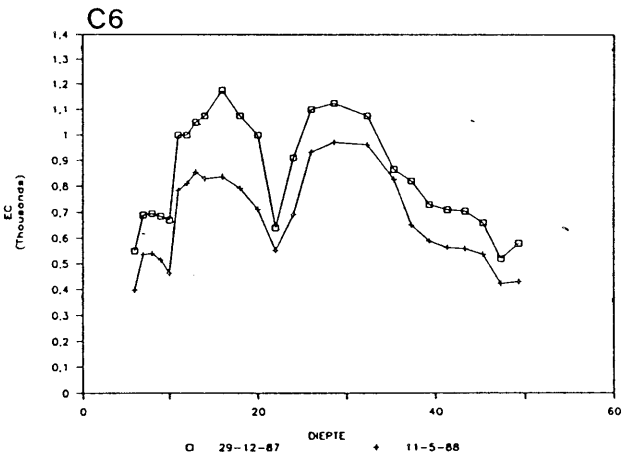

C1
T3
V2
DIEPTE
22-12-87
10-05-88

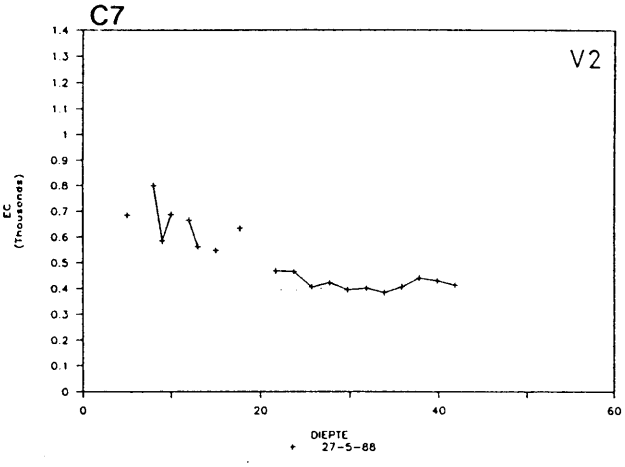

C2
T3
V2
DIEPTE
23-12-87
10-05-88

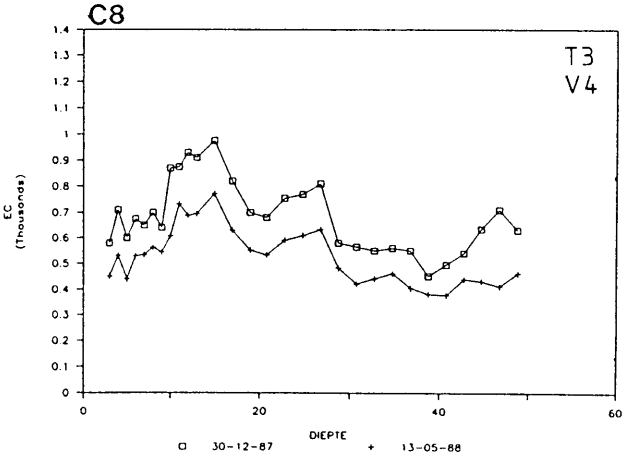

C3
T3
V4
DIEPTE
23-12-87
14-05-88

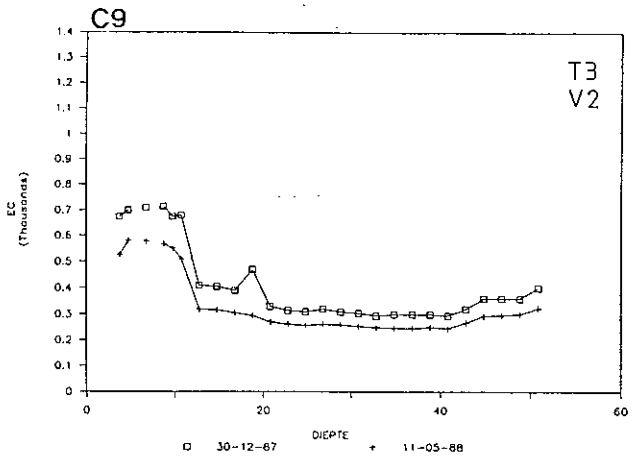

C4
T3
V4
EC
(Thousands)
DIEPTE
23-12-87
09-05-88

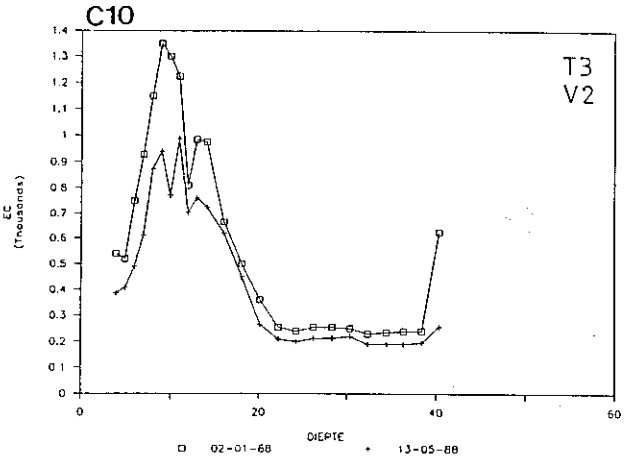

C5
T3
V4
DIEPTE
29-12-87
09-05-88

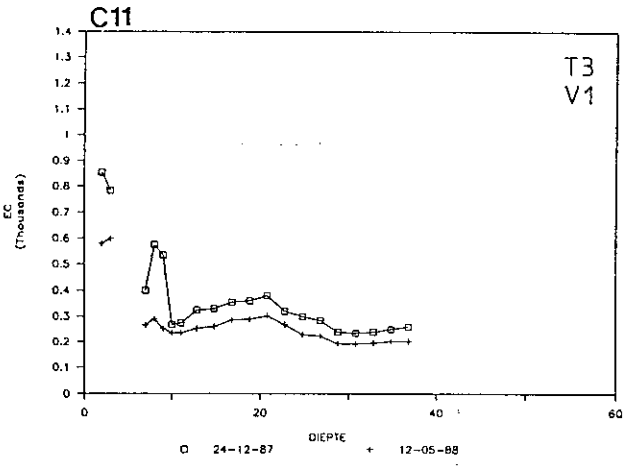

C6
EC
(Thousands)
DIEPTE
29-12-87
11-5-88

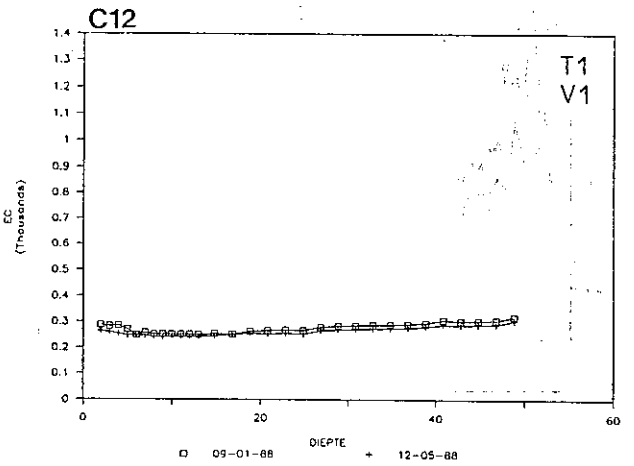

C7
V2
EC
(Thousands)
DIEPTE
27-5-88


C8
T3
V4
EC
(Thousands)
DIEPTE
30-12-87
13-05-88


C9
T3
V2
EC
(Thousands)
DIEPTE
30-12-87
11-05-88


C10
T3
V2
EC
(Thousands)
DIEPTE
02-01-88
13-05-88


C11
T3
V1
EC
(Thousands)
DIEPTE
24-12-87
12-05-88


C12
T1
V1
EC
(Thousands)
DIEPTE
09-01-88
12-05-88

Bijlage 4: basisgegevens per boring (RGD-nummer, datum boring, diepte boring, coördinaten, maaiveldhoogte, hoogte bovenkant stijgbuis van peilfilters, diepte peil- en minifilters).

BORING A1

RGD-nummer: 28C-263
Datum boring: 1-4/6/87
Diepte boring: 60 meter

X: 222.860
Y: 485.040
Maaiveld[1]: 13.50

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 13.987
4.0 - 5.0
2. 14.006
29.0 - 30.0
3. 14.019
58.5 - 59.5

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 58.3
2. 56.3
3. 54.3
4. 52.3
5. 50.3
6. 48.3
7. 46.3
8. 44.3
9. 42.3
10. 40.3
11. 38.3
12. 36.3
13. 34.3
14. 32.3
15. 28.8
16. 26.3
17. 24.3
18. 22.3
19. 20.3
20. 18.3
21. 16.3
22. 14.3
23. 12.3
24. 11.3
25. 10.3
26. 9.3
27. 8.3
28. 7.3
29. 6.3
30. 5.3
31. 4.3
32. 3.3
33. 2.3

BORING A2

RGD-nummer: 28C-264
Datum boring: 15-18/6/87
Diepte boring: 55 meter

X: 221.640
Y: 484.880
Maaiveld[1]: 10.45

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 10.925
7.0 - 8.0
2. 10.952
21.0 - 22.0
3. 10.986
53.5 - 54.5

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 53.4
2. 51.4
3. 49.4
4. 47.4
5. 45.4
6. 43.4
7. 41.4
8. 39.4
9. 37.4
10. 35.4
11. 33.4
12. 31.4
13. 20.8
14. 18.1
15. 16.1
16. 14.1
17. 12.1
18. 11.05
19. 10.0
20. 9.0
21. 8.0
22. 7.0
23. 6.0
24. 5.0
25. 4.0
26. 3.0
27. 2.0

BORING A3

RGD-nummer: 28C-265
Datum boring: 19-24/6/87
Diepte boring: 55 meter

X: 220.440
Y: 484.800
Maaiveld[1]: 11.05

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 11.605
7.0 - 8.0
2. 11.620
29.0 - 30.0
3. 11.637
54.0 - 55.0

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 53.8
2. 51.8
3. 49.9
4. 47.9
5. 45.9
6. 43.9
7. 41.9
8. 39.9
9. 37.9
10. 35.9
11. 33.9
12. 31.9
13. 28.85
14. 27.25
15. 25.2
16. 23.2
17. 21.2
18. 19.2
19. 17.2
20. 15.2
21. 14.15
22. 13.15
23. 12.15
24. 11.15
25. 10.15
26. 9.15
27. 8.15
28. 7.15
29. 6.15
30. 5.15

[1] Maaiveld in m+NAP.
[2] BB = bovenkant buis, m+NAP.
BKF - OKF = diepte boven- resp. onderkant filter, m-maaiveld.
[3] DHF = diepte hart filter, m-maaiveld (lengte minifilter = 0,15 m)

BORING A4

RGD-nummer: 27H-106
Datum boring: 22-26/5/87
Diepte boring: 50.5 meter

X: 219.040
Y: 485.360
Maaiveld[1]: 8.7

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 9.144
4.5 - 5.5
2. 9.234
24.0 - 25.0
3. 9.236
49.5 - 50.5

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 49.35
2. 47.35
3. 45.35
4. 43.35
5. 41.35
6. 39.35
7. 37.35
8. 35.35
9. 33.35
10. 31.35
11. 29.35
12. 27.35
13. 23.8
14. 22.0
15. 20.0
16. 18.0
17. 16.0
18. 14.0
19. 13.0
20. 12.0
21. 11.0
22. 10.0
23. 9.0
24. 8.0
25. 7.0
26. 6.0
27. 5.0
28. 4.0

BORING A5

RGD-nummer: 27H-107
Datum boring: 18-21/5/87
Diepte boring: 49 meter

X: 217.340
Y: 485.440
Maaiveld[1]: 8.65

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 9.113
5.0 - 6.0
2. 9.119
24.0 - 25.0
3. 9.152
48.0 - 49.0

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 47.85
2. 45.8
3. 43.8
4. 41.8
5. 39.8
6. 37.8
7. 35.8
8. 33.8
9. 31.8
10. 29.8
11. 27.8
12. 25.8
13. 23.8
14. 21.2
15. 19.2
16. 17.2
17. 15.2
18. 14.2
19. 13.2
20. 12.2
21. 11.2
22. 10.2
23. 9.2
24. 8.2
25. 7.2
26. 6.2
27. 5.2

BORING A6

RGD-nummer: 27H-108
Datum boring: 12-15/5/87
Diepte boring: 37 meter

X: 216.840
Y: 486.190
Maaiveld[1]: 5.35

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 5.598
4.5 - 5.5
2. 5.847
17.0 - 18.0
3. 5.906
34.5 - 35.5

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 34.35
2. 32.35
3. 30.35
4. 28.35
5. 26.35
6. 24.35
7. 22.35
8. 20.35
9. 18.35
10. 19.9
11. 14.9
12. 12.9
13. 12.1
14. 11.1
15. 10.1
16. 9.1
17. 8.1
18. 7.1
19. 6.1
20. 5.1
21. 4.1
22. 3.1
23. 2.1

[1] Maaiveld in m+NAP.
[2] BB = bovenkant buis, m+NAP.
BKF - OKF = diepte boven- resp. onderkant filter, m-maaiveld.
[3] DHF = diepte hart filter, m-maaiveld (lengte minifilter = 0,15 m)

BORING A7

RGD-nummer: 27H-109
Datum boring: 7-11/5/87
Diepte boring: 33 meter

X: 214.860
Y: 484.960
Maaiveld[1]: 6.85

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 7.200
5.0 - 6.0
2. 7.323
14.5 - 15.5
3. 7.336
30.0 - 31.0

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 30.8
2. 28.8
3. 26.8
4. 24.8
5. 22.8
6. 20.8
7. 18.8
8. 16.8
9. 14.7
10. 13.7
11. 12.7
12. 11.7
13. 10.7
14. 9.7
15. 8.7
16. 7.7
17. 6.7
18. 5.7
19. 4.7
20. 3.7

BORING A8

RGD-nummer: 27H-110
Datum boring: 28/4-6/5/87
Diepte boring: 38 meter

X: 213.900
Y: 485.060
Maaiveld[1]: 4.2

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 4.089
5.0 - 6.0
2. 4.166
15.0 - 16.0
3. 4.182
36.5 - 37.5

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 36.3
2. 34.3
3. 32.3
4. 30.3
5. 28.3
6. 26.3
7. 24.3
8. 22.3
9. 20.3
10. 18.3
11. 16.3
12. 14.3
13. 13.05
14. 12.05
15. 11.05
16. 10.05
17. 9.05
18. 8.05
19. 7.05
20. 6.05
21. 5.05
22. 4.05
23. 3.05
24. 2.05

BORING A9

RGD-nummer: 27H-111
Datum boring: 23-27/4/87
Diepte boring: 38 meter

X: 211.780
Y: 485.240
Maaiveld[1]: 4.6

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 5.033
4.5 - 5.5
2. 5.085
20.5 - 21.5
3. 5.104
36.5 - 37.5

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 36.4
2. 34.4
3. 32.4
4. 30.4
5. 28.4
6. 26.4
7. 24.3
8. 20.3
9. 18.3
10. 16.3
11. 14.3
12. 12.3
13. 10.5
14. 9.5
15. 8.5
16. 7.5
17. 6.5
18. 5.5
19. 4.5
20. 3.5
21. 2.5
22. 1.5

[1] Maaiveld in m+NAP.
[2] BB = bovenkant buis, m+NAP.
BKF - OKF = diepte boven- resp. onderkant filter, m-maaiveld.
[3] DHF = diepte hart filter, m-maaiveld (lengte minifilter = 0,15 m)

BORING A10

RGD-nummer: 27H-112
Datum boring: 13-15/4/87
Diepte boring: 34 meter

X: 212.010
Y: 484.120
Maaiveld[1]: 5.6

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 5.992
4.0 - 5.0
2. 6.054
16.5 - 17.5
3. 6.125
32.5 - 33.5

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 32.3
2. 30.3
3. 28.3
4. 26.3
5. 24.3
6. 22.3
7. 20.3
8. 18.3
9. 16.2
10. 14.2
11. 12.2
12. 10.2
13. 9.2
14. 8.2
15. 7.2
16. 6.2
17. 5.2
18. 4.2
19. 3.2
20. 2.2

BORING A11

RGD-nummer: 27H-113
Datum boring: 16-22/4/87
Diepte boring: 36 meter

X: 211.950
Y: 482.580
Maaiveld[1]: 4.4

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 4.737
5.0 - 6.0
2. 4.843
12.3 - 13.3
3. 4.858
34.25- 35.25

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 33.95
2. 31.95
3. 28.95
4. 25.95
5. 22.95
6. 19.8
7. 16.8
8. 13.75
9. 12.15
10. 11.2
11. 10.15
12. 9.15
13. 8.15
14. 7.15
15. 6.15
16. 5.15
17. 4.15
18. 3.15
19. 2.15

BORING B1

RGD-nummer: 27E-217
Datum boring: 25-29/6/87
Diepte boring: 37.5 meter

X: 209.720
Y: 496.370
Maaiveld[1]: 2.85

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 3.246
4.5 - 5.5
2. 3.252
12.0 - 13.0
3. 3.281
35.7 - 36.7

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 35.5
2. 33.5
3. 31.5
4. 29.5
5. 27.5
6. 25.5
7. 23.5
8. 21.5
9. 19.5
10. 17.5
11. 15.5
12. 11.85
13. 10.85
14. 9.85
15. 8.85
16. 7.85
17. 6.85
18. 5.85
19. 4.85
20. 3.85
21. 2.85
22. 1.85

[1] Maaiveld in m+NAP.
[2] BB = bovenkant buis, m+NAP.
BKF - OKF = diepte boven- resp. onderkant filter, m-maaiveld.
[3] DHF = diepte hart filter, m-maaiveld (lengte minifilter = 0,15 m)

BORING B2

RGD-nummer: 27E-218
Datum boring: 30/6-2/7/87
Diepte boring: 39 meter

X: 207.420
Y: 496.360
Maaiveld[1]: 0.4

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 0.892
4.5 - 5.5
2. 0.914
12.0 - 13.0
3. 0.951
37.0 - 38.0

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 36.8
2. 34.8
3. 32.8
4. 30.8
5. 28.8
6. 26.8
7. 24.8
8. 22.8
9. 20.8
10. 18.8
11. 16.8
12. 14.8
13. 13.0
14. 12.0
15. 11.0
16. 10.0
17. 9.0
18. 8.0
19. 7.0
20. 6.0
21. 5.0
22. 4.0
23. 3.0
24. 2.0

BORING B3

RGD-nummer: 27E-219
Datum boring: 6-9/7/87
Diepte boring: 33 meter

X: 205.120
Y: 495.540
Maaiveld[1]: 2.35

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 2.797
2.0 - 3.0
2. 2.814
8.0 - 9.0
3. 2.844
27.0 - 28.0

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 26.8
2. 24.8
3. 22.8
4. 20.8
5. 19.8
6. 18.8
7. 17.8
8. 16.8
9. 15.8
10. 7.8
11. 6.8
12. 5.8
13. 4.8
14. 3.8
15. 2.8
16. 1.8

BORING B4

RGD-nummer: 27E-220
Datum boring: 14-17/7/87
Diepte boring: 36 meter

X: 204.500
Y: 495.120
Maaiveld[1]: 1.8

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 2.217
4.5 - 5.5
2. 2.261
14.5 - 15.5
3. 2.282
34.5 - 35.5

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 34.3
2. 32.3
3. 30.3
4. 28.3
5. 26.3
6. 24.3
7. 22.3
8. 20.3
9. 18.3
10. 16.3
11. 14.3
12. 12.3
13. 14.3
14. 13.3
15. 12.3
16. 11.3
17. 10.3
18. 9.3
19. 8.3
20. 7.3
21. 6.3
22. 5.3
23. 4.3

[1] Maaiveld in m+NAP.
[2] BB = bovenkant buis, m+NAP.
BKF - OKF = diepte boven- resp. onderkant filter, m-maaiveld.
[3] DHF = diepte hart filter, m-maaiveld (lengte minifilter = 0,15 m)

BORING C1

RGD-nummer: 33F-125
Datum boring: 24-28/9/87
Diepte boring: 33.5 meter

X: 214.740
Y: 471.320
Maaiveld[1]: 8.35

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2] -
1. 8.821
4.5 - 5.5
2. 8.821
11.0 - 12.0
3. 8.841
32.0 - 33.0

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 31.8
2. 30.0
3. 28.0
4. 26.0
5. 24.0
6. 21.9
7. 19.9
8. 17.9
9. 15.9
10. 13.9
11. 12.0
12. 11.0
13. 10.0
14. 9.0
15. 8.0
16. 7.0
17. 6.0
18. 5.0
19. 4.0
20. 3.0

BORING C2

RGD-nummer: 33F-126
Datum boring: 21-23/9/87
Diepte boring: 33.5 meter

X: 214.780
Y: 470.350
Maaiveld[1]: 9.4

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2]
1. 9.932
4.5 - 5.5
2. 9.964
11.0 - 12.0
3. 9.969
32.0 - 33.0

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 31.8
2. 29.8
3. 27.8
4. 25.8
5. 23.8
6. 21.8
7. 19.8
8. 17.8
9. 15.8
10. 13.0
11. 12.0
12. 11.0
13. 10.0
14. 9.0
15. 8.0
16. 7.0
17. 6.0
18. 5.0
19. 4.0

BORING C3

RGD-nummer: 33F-129
Datum boring: 6-10/11/87
Diepte boring: 36 meter

X: 214.060
Y: 468.570
Maaiveld[1]: 8.95

Peilfilters:
(BB,
BKF - OKF)[2] -
1. 9.464
4.5 - 5.5
2. 9.485
14.5 - 15.5
3. 9.518
35.0 - 36.0

Minifilters:
(DHF)[3]
1. 34.8
2. 32.2
3. 30.2
4. 28.2
5. 26.2
6. 24.2
7. 22.2
8. 20.2
9. 18.2
10. 16.2
11. 14.2
12. 12.2
13. 11.2
14. 10.2
15. 9.2
16. 8.2
17. 7.2
18. 6.2
19. 5.2
20. 4.2
21. 3.2
22. 2.2

[1] Maaiveld in m+NAP.
[2] BB = bovenkant buis, m+NAP.
BKF - OKF = diepte boven- resp. onderkant filter, m-maaiveld.
[3] DHF = diepte hart filter, m-maaiveld (lengte minifilter = 0,15 m)

BORING C4

RGD-nummer: 33F-127
Datum boring: 15-17/9/87
Diepte boring: 38.5 meter

X: 212.190
Y: 468.000
Maaiveld[1]: 8.45

Peilfilters:

	(BB, BKF - OKF)[2]
1.	9.169 4.5 - 5.5
2.	9.169 19.5 - 20.5
3.	9.191 37.0 - 38.0

Minifilters:

	(DHF)[3]
1.	36.8
2.	34.75
3.	32.75
4.	30.75
5.	28.75
6.	26.75
7.	24.75
8.	22.75
9.	20.75
10.	18.65
11.	16.65
12.	14.65
13.	12.0
14.	11.0
15.	10.0
16.	9.0
17.	8.0
18.	7.0
19.	6.0
20.	5.0
21.	4.0
22.	3.0

BORING C5

RGD-nummer: 33F-128
Datum boring: 10-14/9/87
Diepte boring: 41 meter

X: 210.100
Y: 467.480
Maaiveld[1]: 8.35

Peilfilters:

	(BB, BKF - OKF)[2]
1.	8.274 10.0 - 11.0
2.	8.282 20.0 - 21.0
3.	8.312 39.9 - 40.9

Minifilters:

	(DHF)[3]
1.	39.7
2.	37.7
3.	35.7
4.	33.7
5.	31.7
6.	29.7
7.	27.7
8.	25.65
9.	23.65
10.	21.6
11.	19.6
12.	17.6
13.	15.6
14.	14.15
15.	13.15
16.	12.15
17.	11.15
18.	10.15
19.	9.15
20.	8.15
21.	7.15
22.	6.15

BORING C6

RGD-nummer: 33E-265
Datum boring: 3-8/9/87
Diepte boring: 50 meter

X: 209.280
Y: 467.090
Maaiveld[1]: 9.3

Peilfilters:

	(BB, BKF - OKF)[2]
1.	9.818 4.5 - 5.5
2.	9.852 29.3 - 30.3
3.	9.865 49.5 - 50.5

Minifilters:

	(DHF)[3]
1.	49.3
2.	47.3
3.	45.3
4.	43.3
5.	41.3
6.	39.3
7.	37.3
8.	35.3
9.	32.3
10.	28.6
11.	26.0
12.	24.0
13.	22.0
14.	20.0
15.	18.0
16.	16.0
17.	14.0
18.	13.0
19.	12.0
20.	11.0
21.	10.0
22.	9.0
23.	8.0
24.	7.0
25.	6.0
26.	5.0

[1] Maaiveld in m+NAP.
[2] BB = bovenkant buis, m+NAP.
BKF - OKF = diepte boven- resp. onderkant filter, m-maaiveld.
[3] DHF = diepte hart filter, m-maaiveld (lengte minifilter = 0,15 m)

BORING C7

RGD-nummer: 33E-266
Datum boring: 30/9-2/10/87
Diepte boring: 43.5 meter

X: 208.460
Y: 466.520
Maaiveld[1]: 8.05

Peilfilters:

	(BB, BKF - OKF)[2]
1.	8.593 9.5 - 10.5
2.	8.637 19.5 - 20.5
3.	8.694 42.0 - 43.0

Minifilters:

	(DHF)[3]
1.	41.8
2.	39.8
3.	37.8
4.	35.8
5.	33.8
6.	31.8
7.	29.7
8.	27.7
9.	25.7
10.	23.7
11.	21.7
12.	19.7
13.	17.7
14.	16.0
15.	15.0
16.	14.0
17.	13.0
18.	12.0
19.	11.0
20.	10.0
21.	9.0
22.	8.0
23.	7.0
24.	6.0
25.	5.0

BORING C8

RGD-nummer: 33E-267
Datum boring: 5-8/10/87
Diepte boring: 51 meter

X: 206.480
Y: 464.660
Maaiveld[1]: 7.35

Peilfilters:

	(BB, BKF - OKF)[2]
1.	7.856 4.5 - 5.5
2.	7.921 16.2 - 17.2
3.	7.952 49.0 - 50.0

Minifilters:

	(DHF)[3]
1.	48.8
2.	46.8
3.	44.8
4.	42.8
5.	40.8
6.	38.8
7.	36.8
8.	34.8
9.	32.8
10.	30.8
11.	28.8
12.	26.8
13.	24.8
14.	22.8
15.	20.8
16.	19.0
17.	17.0
18.	15.0
19.	13.0
20.	12.0
21.	11.0
22.	10.0
23.	9.0
24.	8.0
25.	7.0
26.	6.0
27.	5.0
28.	4.0
29.	3.0

BORING C9

RGD-nummer: 33E-268
Datum boring: 14-16/10/87
Diepte boring: 52 meter

X: 204.260
Y: 463.040
Maaiveld[1]: 7.7

Peilfilters:

	(BB, BKF - OKF)[2]
1.	8.189 4.5 - 5.5
2.	8.198 24.5 - 25.5
3.	8.240 51.0 - 52.0

Minifilters:

	(DHF)[3]
1.	50.8
2.	48.8
3.	46.8
4.	44.8
5.	42.8
6.	40.8
7.	38.8
8.	36.8
9.	34.8
10.	32.8
11.	30.8
12.	28.8
13.	26.8
14.	24.8
15.	22.8
16.	20.8
17.	18.8
18.	16.8
19.	14.8
20.	12.8
21.	10.8
22.	9.8
23.	8.8
24.	7.8
25.	6.8
26.	5.8
27.	4.8
28.	3.8
29.	2.8
30.	1.8

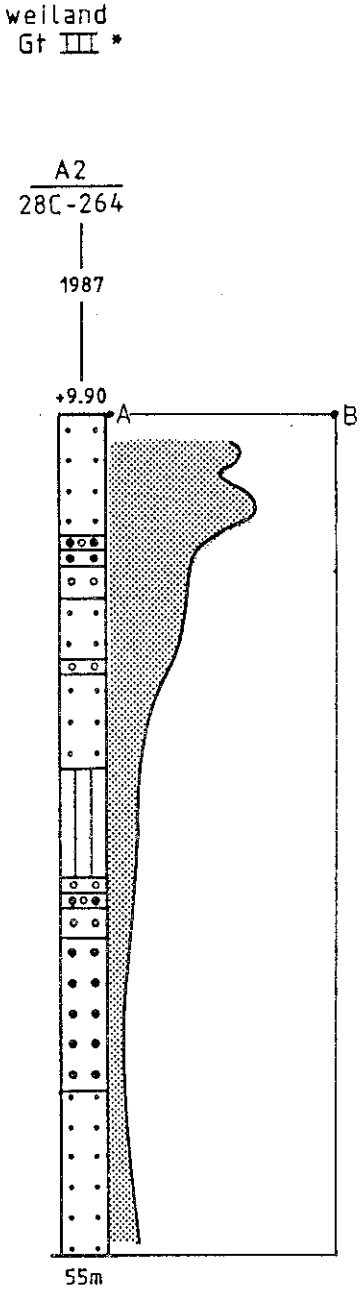
[1] Maaiveld in m+NAP.
[2] BB = bovenkant buis, m+NAP.
BKF - OKF = diepte boven- resp. onderkant filter, m-maaiveld.
[3] DHF = diepte hart filter, m-maaiveld (lengte minifilter = 0,15 m)

Bijlage 5: opgenomen in plastic mapje.

Bijlage 6: legenda bij de profielen van bijlage 5.

Omschrijving.	Indicatie doorlatendheid
opgebrachte grond	
onbekend	
grind	goed
zeer grof t/m uiterst grof zand	
matig fijn t/m matig grof zand	
uiterst fijn t/m zeer fijn zand	
zwak slibhoudend	
slibhoudend	matig
sterk slibhoudend	
afwisseling van zand -en kleilagen	
leem	
veen	
zandige klei	
klei	slecht

Bijmengsels.	
veenbrokjes c.q. veel veenbrokjes	
kleibrokjes c.q. veel kleibrokjes	
stenen c.q. veel stenen	
schelpen c.q. veel schelpen	
grindig c.q. sterk grindig	



landgebruik in de omgeving van de boring

grondwatertrap ter plekke van de boring (volgens bodemkaart (stiboka))

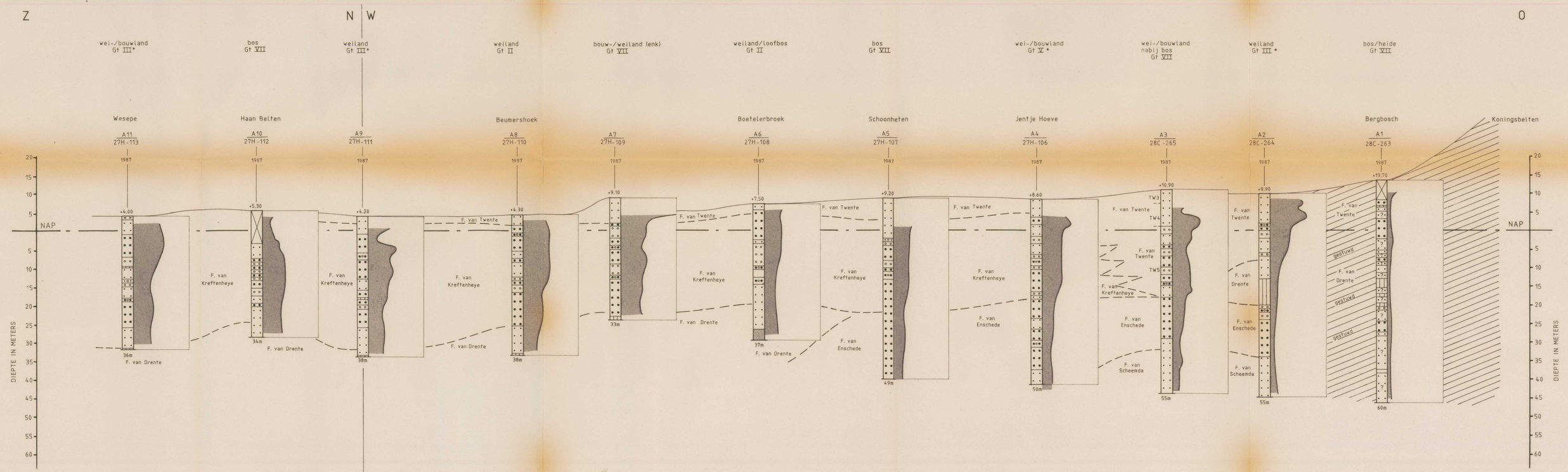
Raai + nummer van de boring
nummer boring volgens archief RGD

jaartal van de boring

maaiveldhoogte in meters t.o.v. NAP

EC - diepte diagram
verticaal : diepte
horizontaal : electrische geleidings-vermogen (EC)
A = 0 ms/m
B = 140 ms/m = 1400 µs/cm (25°C)

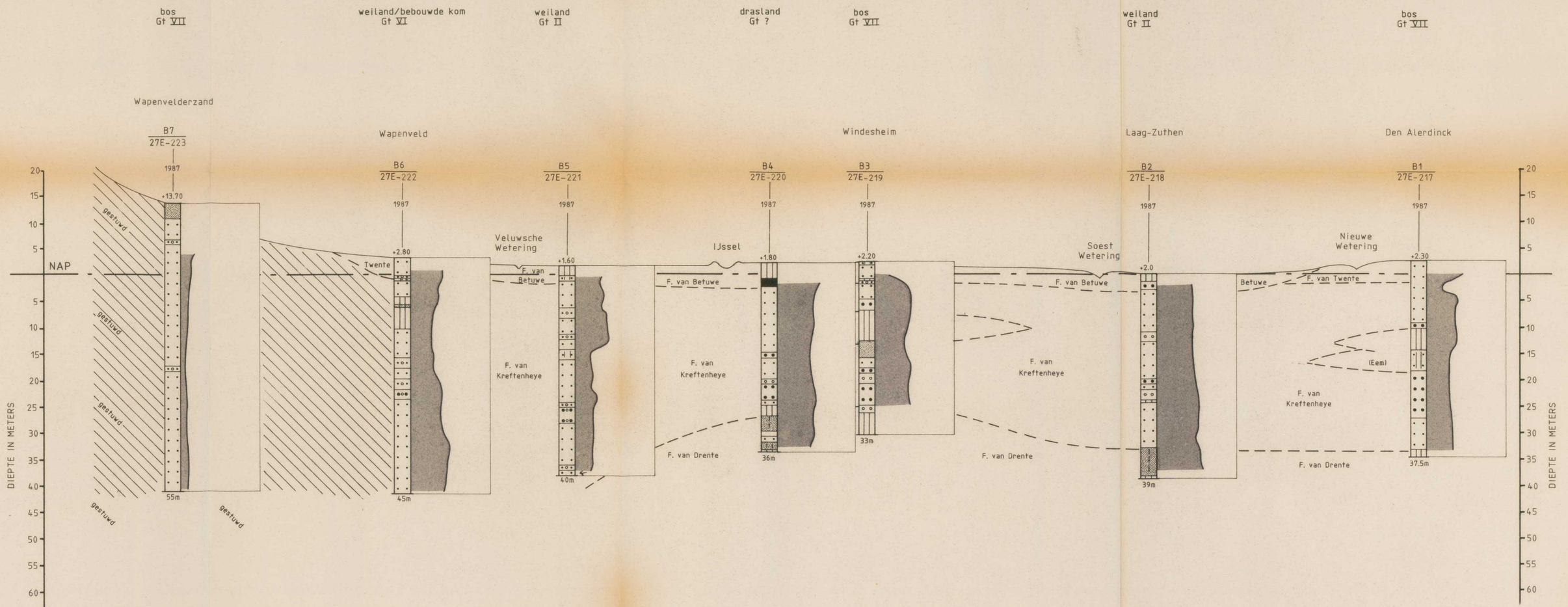
einddiepte in meters beneden maaiveld



TNO-DGV dienst grondwaterverkenning			
GEOHYDROLOGISCH PROFIEL MET EC-DIEPTE DIAGRAMMEN VAN RAAI A			
RAPPORTNR.	KAARTBLAD	SCHAAL	BIJLAGE
OS 88-63	27H/28C	1 : 25.000	5a

ZW

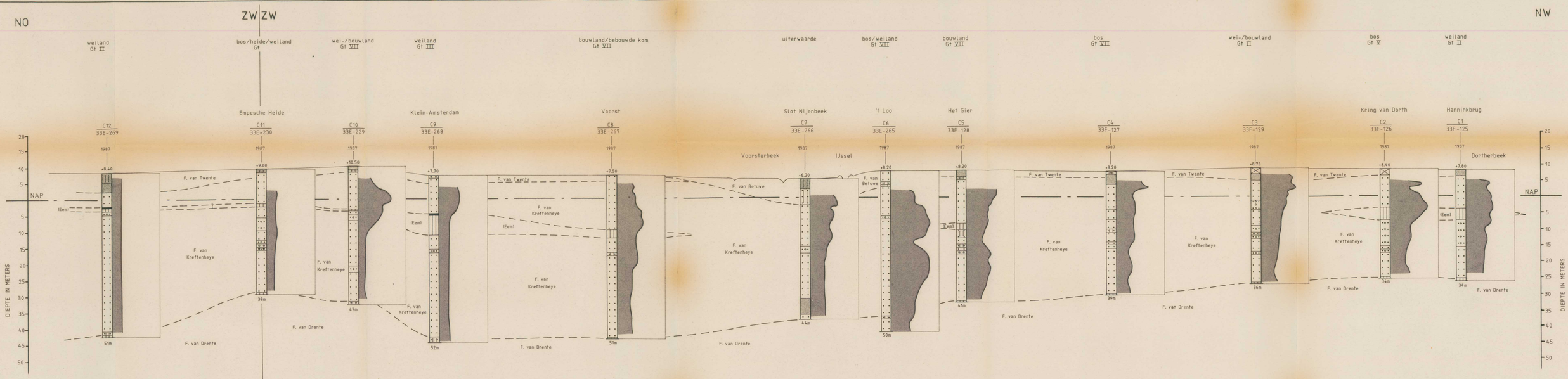
NW



TNO-DGV
dienst grondwaterverkenning

GEOHYDROLOGISCH PROFIEL MET EC-DIEPTE DIAGRAM VAN RAAI B

RAPPORTNR.	KAARTBLAD	SCHAAL	BIJLAGE
OS 88-63	27E	1 : 25.000	5b



TNO-DGV
dienst grondwaterverkenning

GEOHYDROLOGISCH PROFIEL MET EC-DIEPTE
DIAGRAM VAN RAAI C

RAPPORTNR.	KAARTBLAD	SCHAAL	BIJLAGE
OS 88-63	33E/33F	1 : 25.000	5c