

NOTA 945

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA
Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

KWALITEIT VAN HET GRONDWATER BIJ DE VUILSTORTPLAATS
VAN GEMEENTE EDE

ing. C.G. Toussaint en dr. J. Hoeks

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publicaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. GEGEVENS BETREFFENDE DE VUILSTORTPLAATS	1
3. OPZET VAN HET ONDERZOEK	3
4. GEOLOGISCHE OPBOUW VAN HET GEBIED	5
5. HYDROLOGISCHE SITUATIE	8
6. KWALITEIT VAN HET GRONDWATER	15
6.1. Natuurlijke samenstelling van het grondwater	15
6.2. Grondwaterkwaliteit benedenstrooms van de stortplaats	15
7. DISCUSSIE EN SAMENVATTING	20
8. LITERATUUR	22
BIJLAGEN	

ALTERRA

Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

1. INLEIDING

In verband met de vraag in hoeverre vuilstortplaatsen de kwaliteit van het grondwater en oppervlaktewater nadelig beïnvloeden is op verzoek van de Stichting Verwijdering Afvalstoffen (S.V.A.) te Amersfoort een onderzoek ingesteld bij de vuilstortplaats van de gemeente Ede, gelegen tussen Ede en Wekerom.

Als gevolg van de humiede klimaatsomstandigheden in Nederland dringt vooral in de winterperiode regenwater door in het gestorte afval. Het water dat door het afval perkoleert, raakt sterk verontreinigd met opgeloste organische en anorganische stoffen.

De verplaatsing van deze opgeloste stoffen in de bodem en het grondwater is afhankelijk van geohydrologische factoren (HOEKS, TOUSSAINT en LOOIJEN, 1975) en ook van de zuiveringsprocessen in de bodem (BREEUWSMA en VAN ENGERS, 1975). Het onderzoek heeft zich daarom vooral gericht op een drietal aspecten, namelijk de geologische opbouw van het gebied, de hydrologische situatie en de kwaliteit van het grondwater.

2. GEGEVENS BETREFFENDE DE VUILSTORTPLAATS

De vuilstortplaats is gelegen aan de verbindingsweg van Ede naar Wekerom in vrij bosrijk gebied. Benedenstrooms aan de Westzijde liggen enkele oude akkerbouwpercelen, grenzende aan het Wekeromse Zand. Ca. 40 jaar geleden is begonnen met het storten van het vuilnis. De eerste 25 jaar is direct op het maaiveld gestort zonder zandontgraving. Het vuilnis werd gelijk geschoven en aangereden, doch niet afgedekt. Estetisch was dit minder fraai. Vanaf 1963 is de werkwijze veranderd. Vóór het storten op nieuwe gedeelten wordt nu maximaal

ca. 2 meter zand ontgraven en gebruikt voor afdekking van de vuilstort. Behalve het ter plaatse aanwezige zand wordt ook afdek materiaal betrokken van bouwfirma's, zodat tot op heden geen zandontgravingen in de nabijheid van de stort nodig zijn.

De storthoogte is niet direct aan een maximum gebonden. Er wordt echter rekening gehouden met de plaats in het landschap, zodat de stortplaats na eventuele beplanting in het gebied kan worden opgenomen.

Speciaal de laatste 10 jaar wordt een strenge controle uitgeoefend op het aangevoerde vuil. Het industrie-afval wordt ter plaatse vóór af gecontroleerd. Hierdoor is de samenstelling van het afval in het algemeen vrij goed bekend. Door deze werkwijze wordt voorkomen dat chemische afvalstoffen op de stortplaats terecht komen.

Momenteel is qua oppervlakte, geen verdere uitbreiding van de vuilstortplaats mogelijk, doch de gelegenheid voor storten blijft voorlopig bestaan, dat wil zeggen dat het stort verder opgehoogd zal worden. De aangevoerde hoeveelheid vuil bedroeg in de afgelopen jaren ca. 130 000 m³ per jaar, dat is ongeveer 40 000 ton per jaar (zie tabel 1).

Tabel 1. Vuilaanvoer op de stortplaats van de gemeente Ede in de jaren 1970 tot en met 1975 (naar gegevens van Gemeentewerken Ede, 1974/1975)

Jaar	Totaal gestort		Door partikulieren en bedrijven	
	m ³	tonnen	m ³	tonnen
1970	118 000	(35 400)	45 450	(13 635)
1971	119 000	(35 700)	40 790	(12 237)
1972	120 750	(36 225)	36 380	(10 914)
1973	135 615	(40 685)	47 585	(14 276)
1974	140 450	(42 135)	64 620	(19 386)
1975	143 795	(43 139)	71 554	(21 466)

3. OPZET VAN HET ONDERZOEK

In de periode 1973-1975 werden in de omgeving van de stortplaats totaal 11 boringen uitgevoerd in diepte variërend van 5 meter tot maximaal 91 meter beneden maaiveld. Bij deze boringen zijn één of meerdere pvc-stijgbuizen met (1 meter lange) filters op verschillende diepten aangebracht. De ligging van de boringen in het terrein is aangegeven op de situatiekaart in fig. 1.

De grondwaterstanden in de stijgbuizen zijn aanvankelijk met een frequentie van eenmaal per maand opgenomen, later is de frequentie teruggebracht naar eenmaal per twee maanden.

Het grondwater is eenmaal per maand bemonsterd. Voorafgaand aan de bemonstering werd het filter doorgepompt (ongeveer 1 à 2 maal de inhoud van de stijgbuis). Vanaf begin 1975 is de frequentie teruggebracht tot éénmaal per twee maanden, omdat het verloop in de kwaliteit van het grondwater gering bleek te zijn.

Alle watermonsters zijn onderzocht op geleidingsvermogen, zuurgraad, chloride-, natrium- en kaliumgehalte. Met een frequentie van driemaal per jaar (vanaf begin 1975 tweemaal per jaar) werd ook een groot aantal andere analyses gedaan. Deze analyses zijn uitgevoerd op het laboratorium van de Stichting Waterlaboratorium Oost in Doetinchem, volgens de normen van het Nederlands Normalisatie Instituut (NEN 3235 en NEN 1056).

De volgende analyses zijn uitgevoerd:

- kationen (mg/l) : Na, K, Ca, Mg, NH_4 , Fe-totaal
- anionen (mg/l) : Cl, SO_4 , HCO_3 , NO_3
- overige bepalingen: stikstof-kjeldahl-N (mg NH_4 /l)
 - organisch N (mg NH_4 /l)
 - fosfaat -totaal PO_4 (mg PO_4 /l)
 - ortho PO_4 (mg PO_4 /l)
 - hardheid-totaal ($^\circ\text{D}$)
 - bicarbonaat ($^\circ\text{D}$)
 - geleidingsvermogen ($\mu\text{S}/\text{cm}$ bij 25°C)
 - COD (mg O_2 /l)
 - zuurgraad (pH)

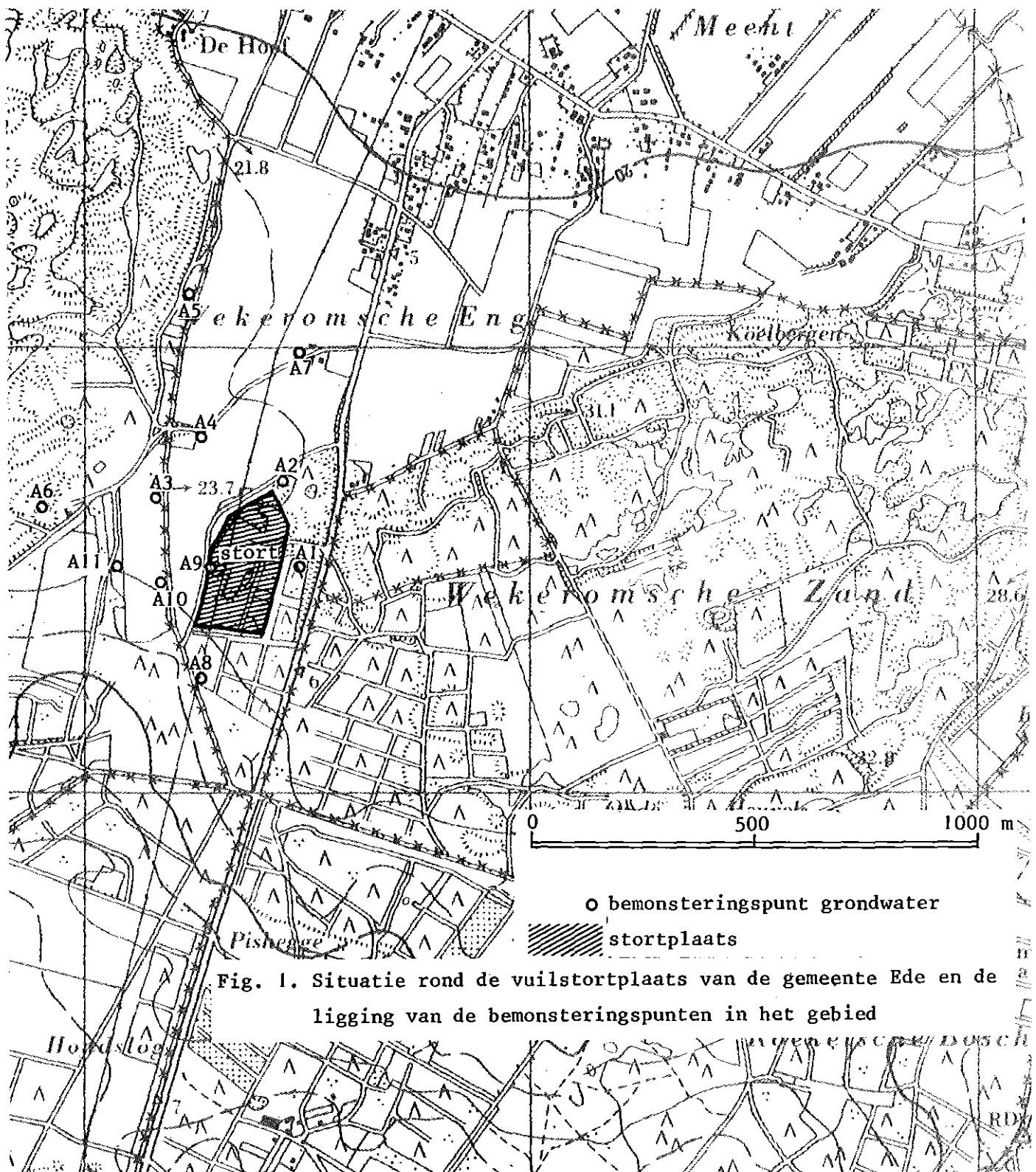


Fig. 1. Situatie rond de vuilstortplaats van de gemeente Ede en de ligging van de bemonsteringspunten in het gebied

Voor de bepaling van NO_3 , PO_4 , Ca, Mg, SO_4 en hardheid zijn de monsters vooraf gefiltreerd. Het totaal Fe-gehalte is bepaald in aangezuurde monsters. Het organisch N-gehalte is berekend als verschil tussen Kjeldahl-N en anorganisch NH_4 . De bicarbonaat-hardheid is berekend uit de HCO_3 -concentratie.

Tevens is gebruik gemaakt van beschikbare wateranalyses van een aantal bestaande boringen in de omgeving (bron: archief Rijks Instituut voor Drinkwatervoorziening, 's-Gravenhage).

De neerslaggegevens zijn afkomstig van metingen in Lunteren en Harskamp. Voor het onderzoek bij de vuilstort is de gemiddelde neerslag van de twee stations gebruikt (K.N.M.I. De Bilt, 1973-1976 Neerslaghoeveelheden).

4. GEOLOGISCHE OPBOUW VAN HET GEBIED

Aan de hand van eigen boorgegevens en de via het RGD-archief beschikbare gegevens van boringen elders in dit gebied (zie fig. 3) komt VAN REES VELLINGA (1975a) tot de volgende beschrijving van de geologische opbouw van het gebied (zie ook VAN REES VELLINGA (1975b) en RIJKS GEOLOGISCHE DIENST (1970)).

De vuilstortplaats van Ede ligt in een stuwheuvelgebied. Als gevolg hiervan komt er praktisch geen afdekkend pakket voor en bestaat het profiel tot omstreeks 20 m-NAP (40 m-m.v.) uit meest grove, weinig slibhoudende, soms grindhoudende zanden. Enkele dunne leemlaagjes, variërend in dikte van 2 tot 50 cm, komen voor (fig. 3). Scheefstand der lagen als gevolg van de stuwing komt vaak voor en hebben soms een verschubde structuur (MEINARDI, 1974).

Omstreeks 40 m-NAP (60 m-m.v.) zal het gestuwde Midden- tot Oud-Pleistocene materiaal overgaan in Oud-Pleistocene afzettingen. Een duidelijke grens is zonder nadere bepalingen niet te leggen; wel lijkt deze overgang in het monster van 63,00-65,00 m-m.v. reeds te zijn gepasseerd. In dit pakket komen wat meer fijne zanden voor.

Indien mag worden uitgegaan van de resultaten van boring Lunteren I (fig. 2 en 3) dan kan de hydrologische basis (Formatie van Tegelen) op omstreeks 120 m-NAP (140 m-m.v.) worden aangenomen.

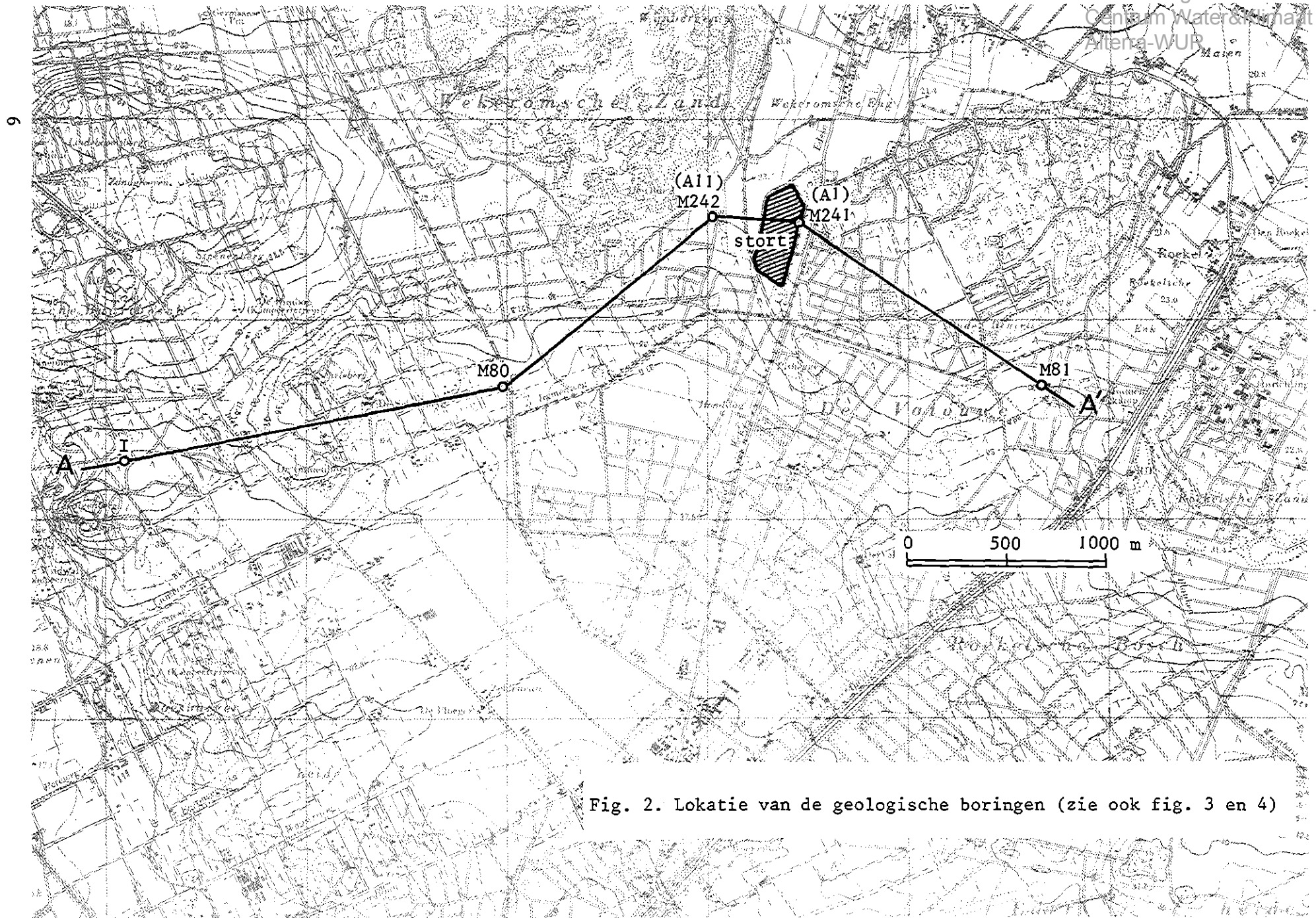


Fig. 2. Lokatie van de geologische boringen (zie ook fig. 3 en 4)

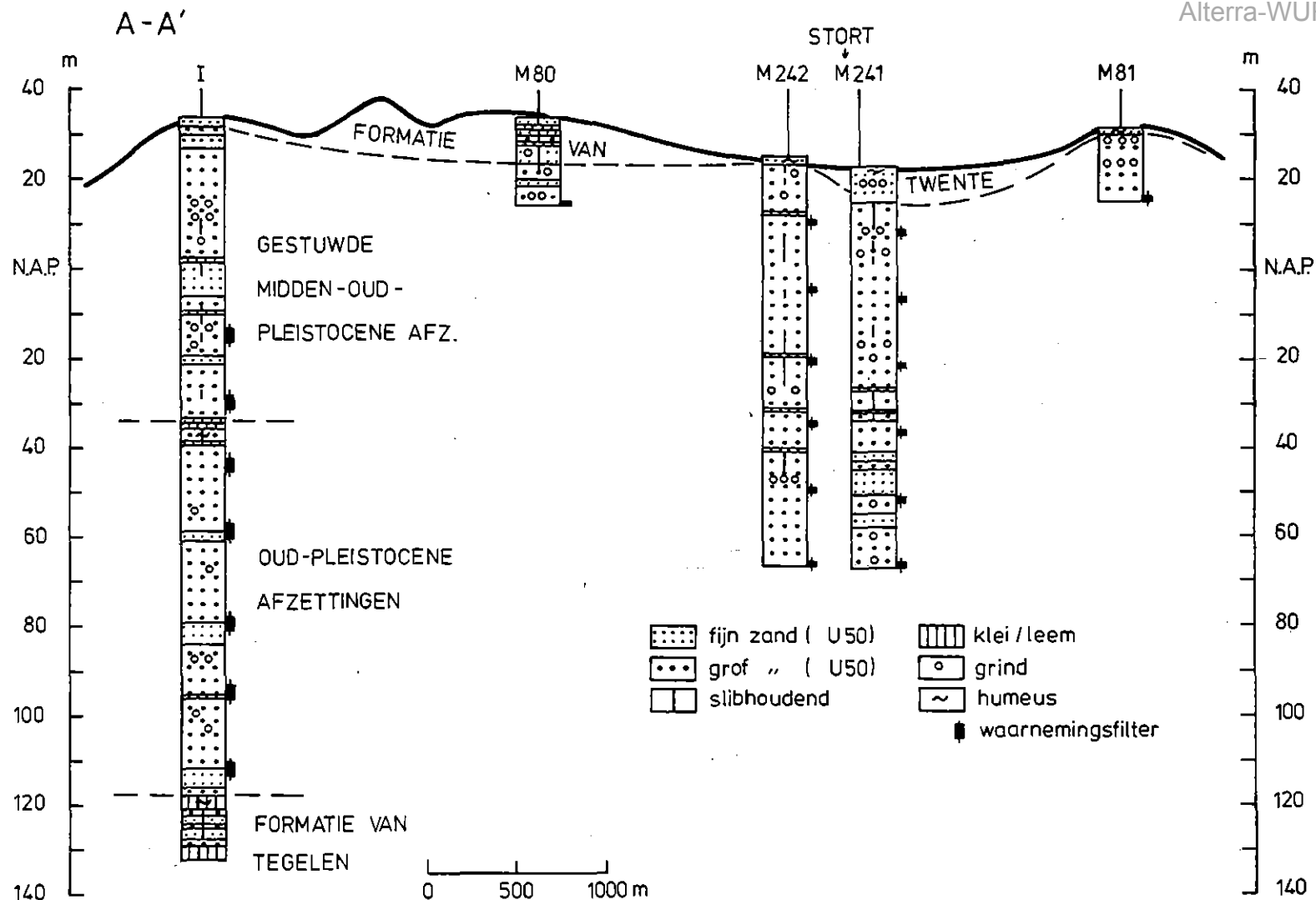


Fig. 3. Geologische opbouw van het gebied (lokatie van de boringen is gegeven in fig. 2); naar VAN REES VELLINGA, 1975a

De doorlaatfactor (K) is vanaf het maaiveld tot aan het einde van de boringen bij het stort (A1, A11) vrij hoog, behalve in enkele slibhoudende lagen (fig. 4).

Het valt op dat de boringen die toch slechts ca. 400 m uit elkaar liggen, onderling soms grote verschillen in doorlaatfactor op hetzelfde niveau vertonen. Mogelijk is de oorzaak hiervan de bovenaangehaalde scheefstelling van de lagen. Op de mogelijke hydrologische consequenties van deze geopperde situatie wordt hierbij met nadruk geattendeerd.

Omstreeks 50 m-NAP (70 m-m.v.) bevindt zich een zone van relatief wat lagere K-factoren.

5. HYDROLOGISCHE SITUATIE

De vuilstortplaats van de gemeente Ede ligt aan de westelijke rand van het Veluwe massief, op relatief korte afstand van de laaggelegen Gelderse Vallei. Uit onderzoek van MEINARDI (1974) blijkt dat de grondwaterstroming in het gebied van de vuilstortplaats ruwweg in westelijke richting verloopt en onderdeel is van de afwatering van het centrale Veluwe massief (zie fig. 5). Het bovenstrooms gelegen gebied (in oostelijke richting) is vrij groot. De hoogste grondwaterstanden komen voor op de hoge stuwwallen ten noorden van Arnhem. Vanaf dit hoogste punt blijkt de afstroming van grondwater in alle richtingen plaats te vinden.

Ter plaatse van de vuilstortplaats wordt de overvloedige neerslag geheel afgevoerd via het grondwater. Oppervlakkige ontwatering via sloten en greppels komt hier niet voor. Het perkolatiewater uit de stortplaats zal dus afgevoerd worden naar het grondwater. Het watervoerende pakket is hier vrij dik (ca. 125 à 150 m, zie vorige hoofdstuk). Aan de bovenzijde wordt dit watervoerende pakket niet afgesloten door een slecht doorlatend afdekkend pakket. Dit betekent dat het perkolatiewater afkomstig van de stortplaats ongehinderd kan doordringen in het watervoerende pakket. De grondwaterstand schommelt, afhankelijk van de hoogteligging van het maaiveld, tussen 4 en 7 m-m.v. (zie ook Bijlage 1). Aan de hand van de grondwaterstandsmetingen is

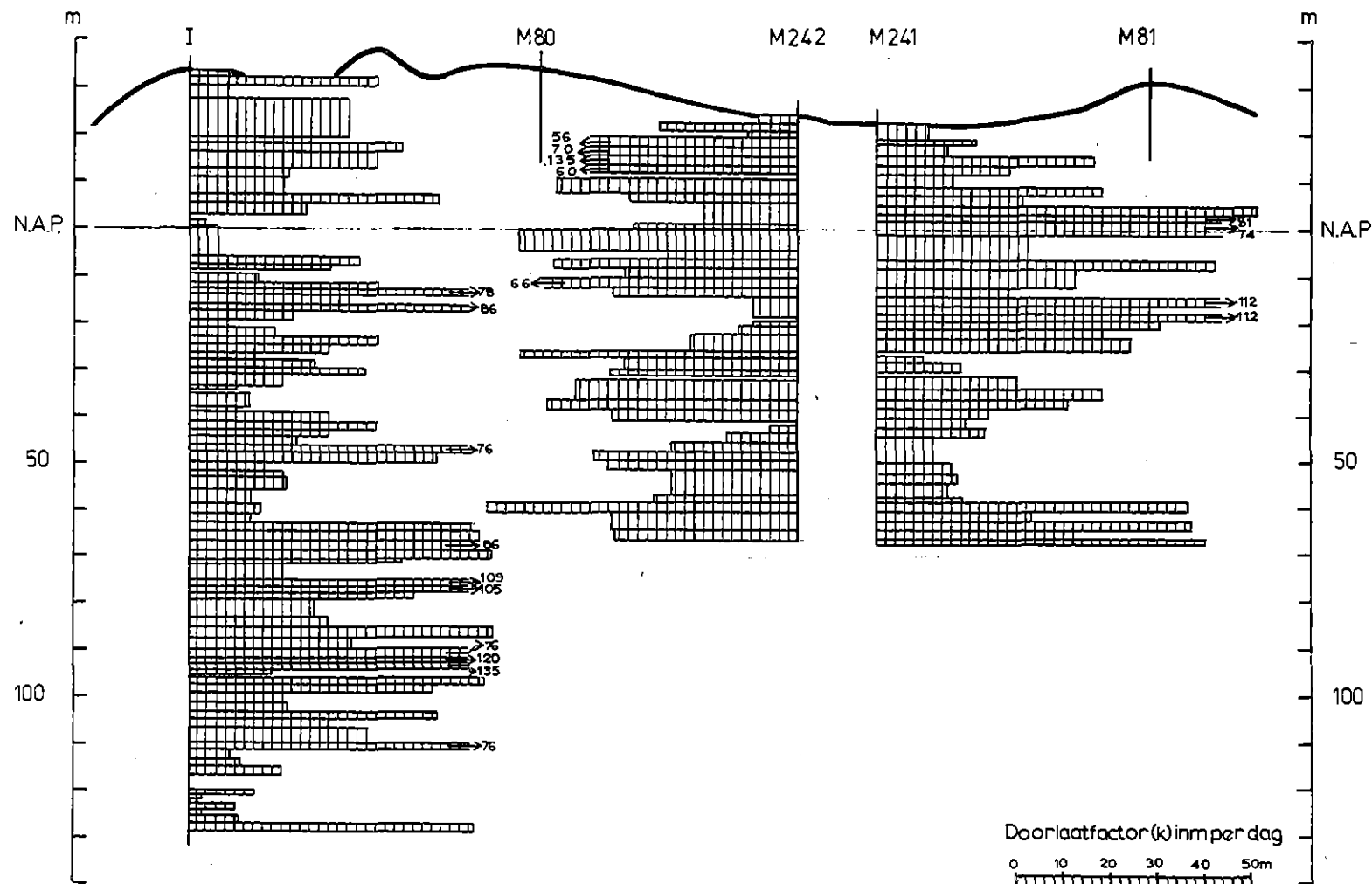


Fig. 4. Doorlaatfactoren (m/etm) van het profiel met de diepte
(lokatie van de boringen is gegeven in fig. 2); naar
VAN REES VELLINGA, 1975a

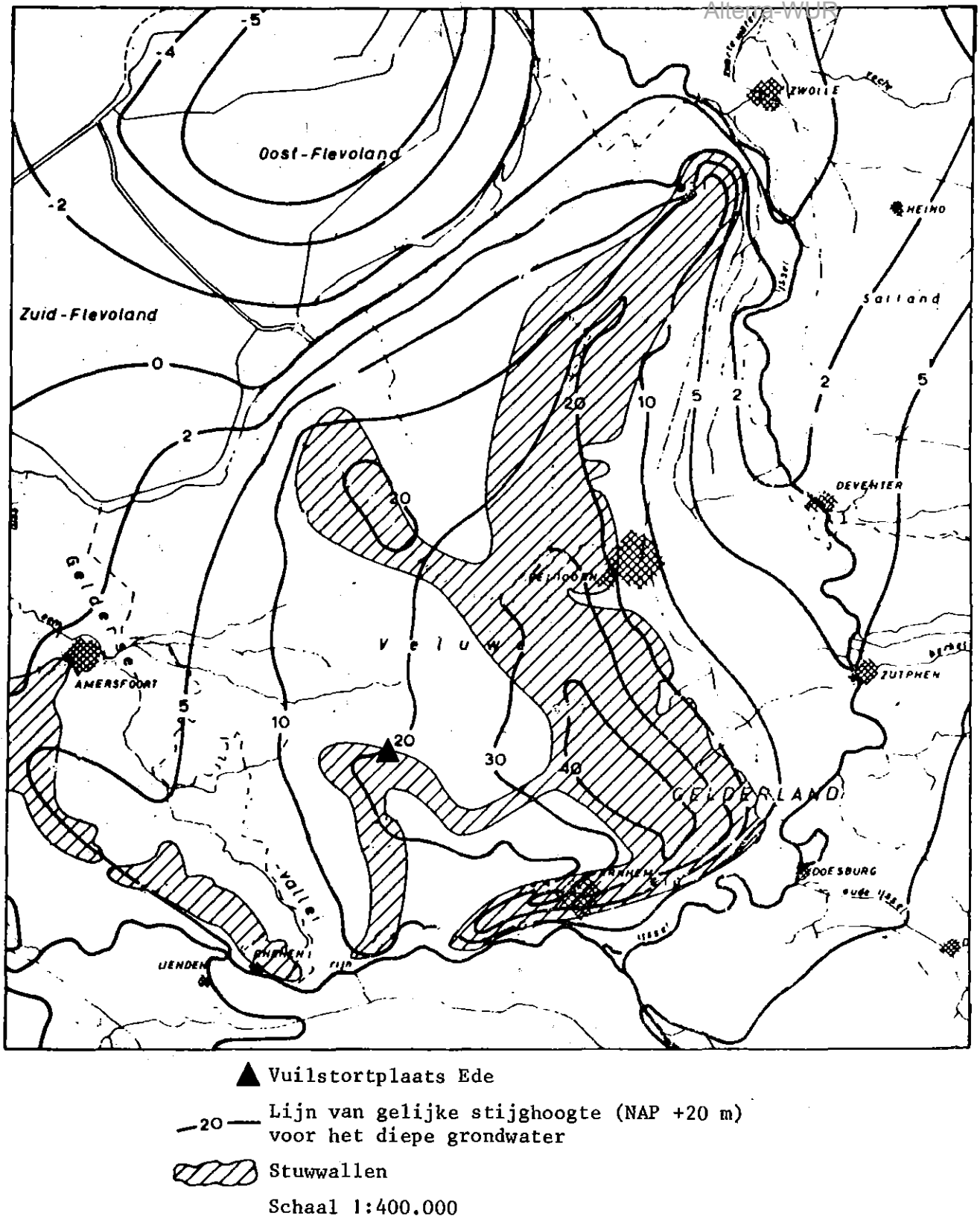


Fig. 5. De geohydrologische situatie op de Veluwe naar MEINARDI (1974)

een isohypsenkaart samengesteld (fig. 6), waaruit blijkt dat de stroming van het grondwater in het watervoerende pakket in westelijke richting verloopt.

Met behulp van beschikbare boorgegevens is de gemiddelde doorlatendheid van het watervoerende pakket geschat op ca. 40 m/etm (zie fig. 4 vorige hoofdstuk). Het verhang is uit fig. 6 te bepalen op ca. 6 cm per 100 m, dat wil zeggen $i = 0.0006$. Met deze gegevens is de effectieve stroomsnelheid van het grondwater in het watervoerende pakket te berekenen op ca. 25 m/jaar (porositeit van de grond geschat op 35 vol. %).

Met de bovenstaande gegevens kunnen nu globaal berekeningen worden gemaakt over transportafstanden en transporttijden (zie ERNST, 1973). Gezien het beeld in fig. 5 is hier min of meer sprake van radiale stroming vanuit een centraal punt. Op soortgelijke wijze als ERNST (1973) gedaan heeft voor lineaire stroming zijn nu de volgende formules af te leiden:

$$\text{voor de effectieve stroomsnelheid: } V_r^* = \frac{rN}{2\epsilon D} \quad (1)$$

$$\text{voor de transportafstand} \quad : \Delta r = r_s (e^{Nt/2\epsilon D} - 1) \quad (2)$$

waarin:

r = de afstand (m) tot de grondwaterscheiding (hier het centrale punt, dat is het hoogste deel van de Veluwe ten noorden van Arnhem)

r_s = de afstand (m) van de vuilstortplaats tot dit centrale punt

V_r^* = de effectieve stroomsnelheid (m/jaar) van het grondwater op afstand r

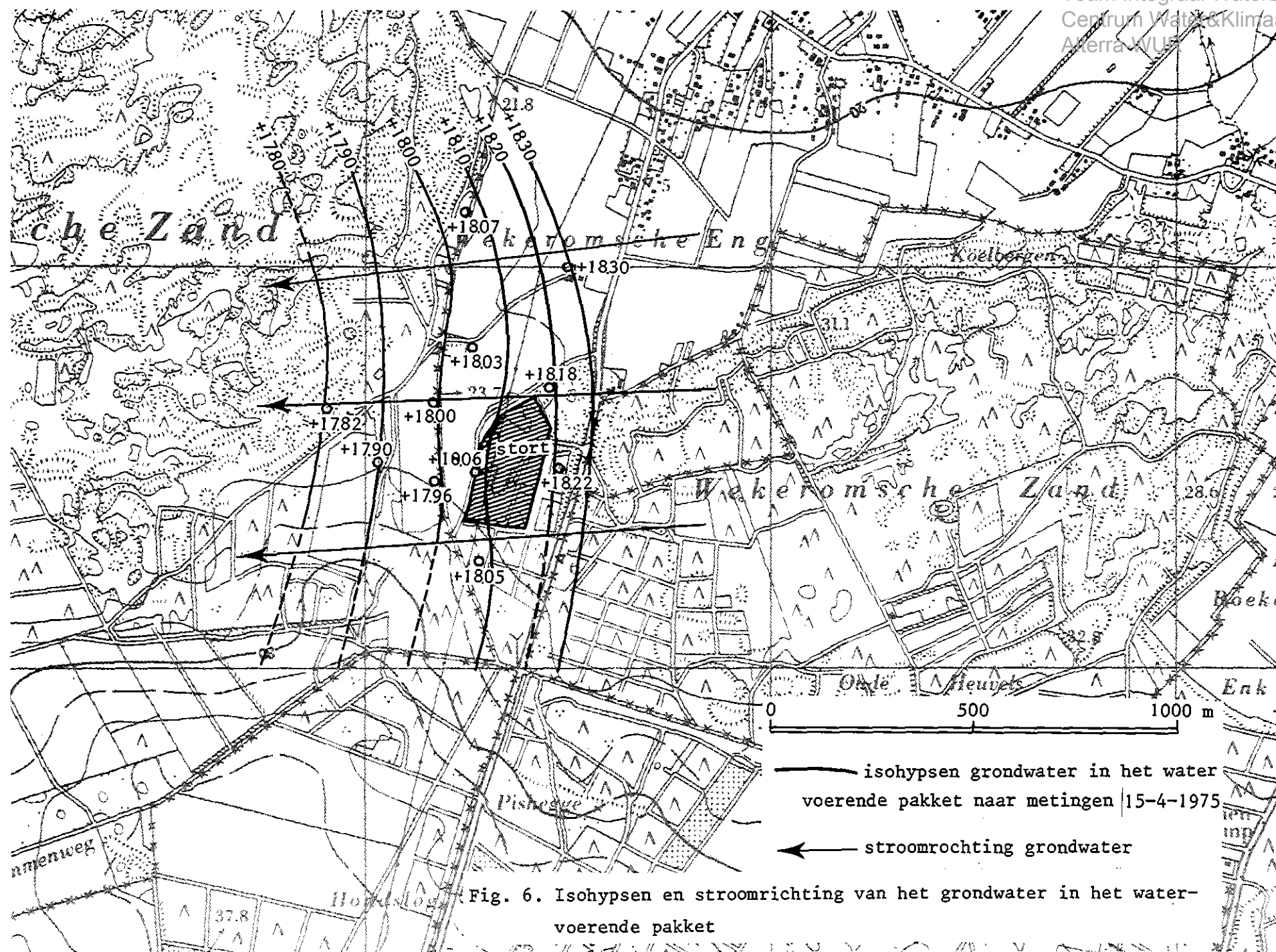
N = jaarlijks neerslagoverschot (m/jaar)

ϵ = porositeit van het watervoerende pakket

D = dikte (m) van het watervoerende pakket

t = tijd (jaren)

Δr = de afgelegde afstand (m) van verontreiniging, gerekend vanaf de stortplaats



Met de gegevens $r_s = 15\,000\text{ m}$ (vgl. fig. 5), $N = 0,2\text{ m/jaar}$ (door MEINARDI (1973) opgegeven voor de Veluwe), $\epsilon = 0,35$ (geschat) en $D = 140\text{ m}$ (gegeven van boring I bij Lunteren) kan de stroomsnelheid van het grondwater ter plaatse van de vuilstortplaats worden berekend (vgl (1)) op ca. 30 m/jaar (uit de isohypsenkaart, fig. 6, was berekend 25 m/jaar). De ouderdom van de stortplaats is ca. 40 jaar, dat wil zeggen dat gedurende deze periode verontreiniging kan zijn opgetreden over een afstand van maximaal 1275 meter (vgl (2)).

Het grondwater in het watervoerende pakket wordt afgevoerd in westelijke richting en komt in de laag gelegen Gelderse Vallei via kwel in het oppervlaktewater terecht. De afvoer van overtollig water vindt hier plaats door een stelsel van beken, waarvan de belangrijkste zijn: het Valleikanaal, de Lunterse Beek en de Barneveldse Beek (fig. 7). Het is moeilijk om aan te geven op welke plaats de stroombaan afkomstig van de stortplaats via kwel in het oppervlaktewater terechtkomt. Op basis van fig. 7 lijkt een afstand van $5\text{ à }10\text{ km}$ benedenstrooms van de stortplaats een redelijke schatting. Met formule (2) kan de verblijftijd in het grondwater dan berekend worden op $140\text{ à }250\text{ jaar}$.

Aangezien het bovenstrooms van de stortplaats gelegen voedingsgebied vrij groot is, mag worden verwacht dat de stroombaan, waarin verontreiniging door de stortplaats optreedt, niet diep zal doordringen in het watervoerende pakket, althans niet op korte afstand (HOEKS, TOUSSAINT en LOOLJEN, 1975; HOEKS, 1975).

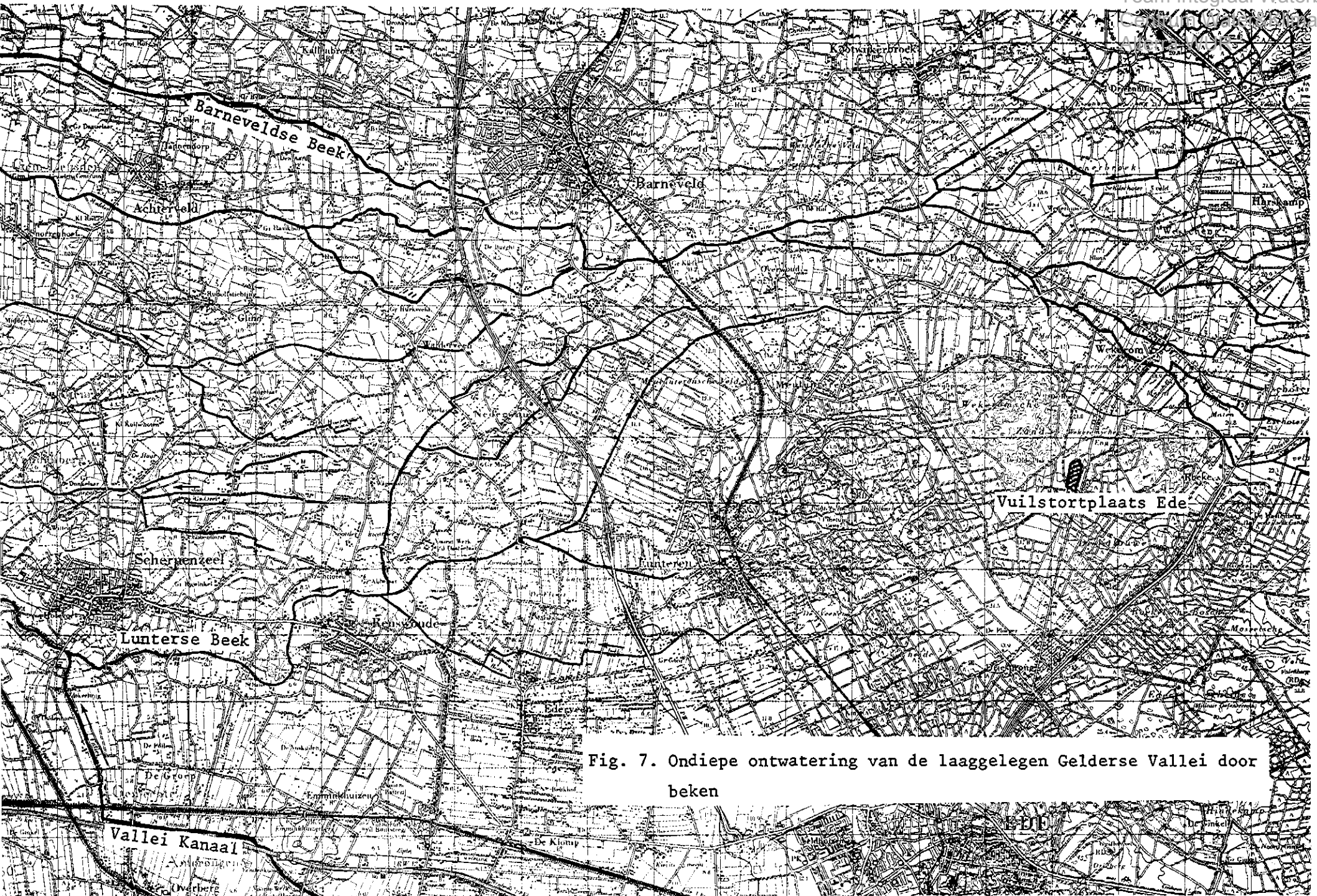


Fig. 7. Ondiepe ontwatering van de laaggelegen Gelderse Vallei door beken

6. KWALITEIT VAN HET GRONDWATER

6.1. N a t u u r l i j k e s a m e n s t e l l i n g v a n h e t g r o n d w a t e r

Het grondwater in de stuwwallen op de Veluwe bestaat vermoedelijk uit ter plaatse geïnfiltreerd regenwater. Enkele algemene kenmerken van de chemische samenstelling van dit grondwater zijn (MEINARDI, 1974).

- de hardheid is zelden hoger dan 5°D;
- het chloridegehalte ligt vrijwel steeds tussen 7 en 15 mg/l;
- het sulfaatgehalte ligt tussen 5 à 20 mg/l;
- het nitraatgehalte is laag of ontbreekt, hoewel soms bovenin de verzadigde zone hoge waarden kunnen optreden (menselijke beïnvloeding);
- op veel plaatsen is het grondwater aëroob.

Bovenstrooms van de vuilstortplaats, in de filters Edese Bos (WATERLEIDING MAATSCHAPPIJ GELDERLAND, 1973) en A1 (diepere filters) blijkt de grondwaterkwaliteit aan het bovengeschetste beeld te voldoen. Uit de stiffdiagrammen (Bijlage 3) blijkt dat het grondwater getypeerd kan worden als $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2/\text{NaCl}$ houdend water. In boring A1 is dit beeld enigszins afwijkend door een relatief sterke aanwezigheid van SO_4 (18-43 mg/l, ofwel 30 à 40 % van de totale anionenconcentratie).

6.2. G r o n d w a t e r k w a l i t e i t b e n e d e n s t r o o m s v a n d e s t o r t p l a a t s

De gemiddelde kwaliteit van het grondwater, zoals deze in de diverse filters is gemeten, is weergegeven in Bijlage 2 en in de vorm van stiffdiagrammen in Bijlage 3 (TOUSSAINT, 1972 en TOUSSAINT, VAN REES VELLINGA en WITT, 1973).

Benedenstrooms van de stortplaats, vooral op korte afstand bij boring A9, is de grondwaterkwaliteit duidelijk ongunstig beïnvloed door de stortplaats (Bijlage 2). Vrijwel alle concentraties liggen hier hoger dan bovenstrooms, zoals blijkt uit het totaal zoutgehalte dat hier 6 à 16 meq.per liter bedraagt tegen bovenstrooms 1,5 à 2 meq.

per liter. Ook in de boringen A3, A10 en A11 is dit totaal zoutgehalte hoger dan normaal, namelijk 3 à 5 meq. per liter. Aangezien de grondwaterstroming in Westdijkse richting verloopt, zijn dit vooral de boringen, waar beïnvloeding door de stortplaats mag worden verwacht.

Bij de beschrijving van de hydrologische situatie bleek reeds dat een eventuele verontreiniging hier niet diep doordringt in het watervoerende pakket. Voor boring A11 (225 m benedenstrooms) werd berekend dat het effect van de stortplaats daar merkbaar zou kunnen zijn in de bovenste 10 meter van het watervoerende pakket (op 12 à 13 m minus maaiveld). Het verloop van het geleidingsvermogen en het nitraatgehalte met de diepte (fig. 8) toont aan dat de hoogste concentraties gemeten zijn in het bovenste filter op 15 meter diepte.

Hoewel er dus sprake is van beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit, kan worden vastgesteld dat de concentraties van de verschillende componenten laag blijven. Het chloridegehalte bijvoorbeeld is vlak naast de stort (A9) 100-130 mg Cl/l en op grotere afstand (A10, A3 en A11) nog slechts 30 à 50 mg Cl/l. Van de anionen blijkt verder NO_3 duidelijk te reageren. Dit is mogelijk doordat het grondwater hier van nature aëroob is. Dit blijkt uit de aanwezigheid van NO_3 in het natuurlijke grondwater tot grote diepte (zie Bijlage 2 en 3: boring A1, Edese Bos, Lunteren I). Onder de stortplaats komen met het perkolatiewater N-verbindingen (vooral als NH_4) en organische verbindingen in het grondwater. Hierdoor wordt het grondwater anaëroob. Dit is ook de reden dat de N-verbindingen in het grondwater bij A9 vooral in de vorm van NH_4 aanwezig zijn. Uit kolomonderzoek (HOEKS, nog niet gepubliceerde gegevens) is gebleken dat de afbraak van organische verbindingen (te meten als afname van COD) onder anaërobe omstandigheden zeer effectief kan zijn*. Als gevolg van dit afbraakproces zullen verder stroomafwaarts weinig organische verbindingen meer in het grondwater worden aangetroffen, zodat daar weer zuurstof in het grond-

*Deze afbraak gaat gepaard met de vorming van CO_2 , hetgeen resulteert in hoge bicarbonaatgehalten (tot gemiddeld 675 mg HCO_3^- /l in boring A9-4)

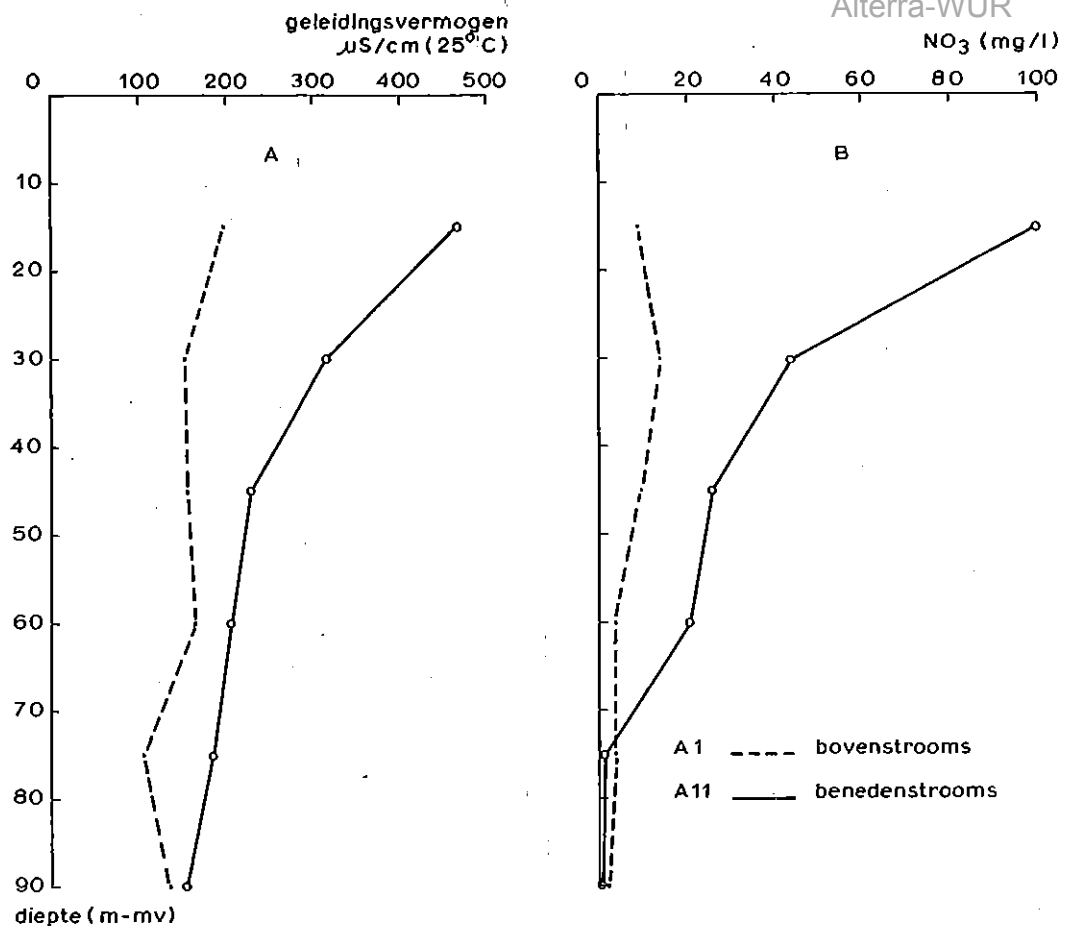


Fig. 8. Geleidingsvermogen (A) en nitraatgehalte (B) in het grondwater als functie van de diepte, ca. 225 m benedenstrooms van de stortplaats vergeleken met grondwater bovenstrooms; gemiddelde over de periode oktober 1973-december 1975

water kan doordringen. De N-verbindingen in het grondwater (NH_4) zullen dan door nitrificatie overgaan in NO_3 .

De door GOLWER e.a. (1969) gegeven indeling voor puntbronnen van verontreiniging, waarbij onderscheid gemaakt wordt in reductiezones, overgangszones en oxydatiezones is hier dus van toepassing. Onder de stortplaats en over korte afstand in benedenstroomse richting is het grondwater anaëroob (reductiezone). Hier is NO_3 praktisch afwezig, en komen alle N-verbindingen voor in de vorm van NH_4 en organisch N. Verdergaand in benedenstroomse richting wordt het grondwater weer aëroob (oxydatiezone). De N-verbindingen komen hier hoofdzakelijk voor in de vorm van NO_3 , terwijl NH_4 praktisch afwezig is.

De hoge NO_3 -gehalten in het grondwater benedenstrooms van de stortplaats (zie bijlage 2: boringen A3, A4, A10, A11) kunnen mede beïnvloed zijn door landbouwactiviteiten. Ten westen van de stortplaats ligt een strook bouwland van ca. 175 m breedte, waarop regelmatig organische mest wordt uitgereden. Volgens STEENVOORDEN (1973) bedraagt de N-uitspoeling op zwaar bemeste bouwlandpercelen ca. 50 kg.N/ha.jaar, dat is ca. 220 kg NO_3 per ha. Aangenomen dat deze hoeveelheid NO_3 zich bij boring A11 verdeeld heeft over de bovenste 20 m van het watervoerende pakket, dan is de bijdrage aan de NO_3 -concentratie in het grondwater hier ca. 25 mg NO_3 per liter. De landbouw zal hier dus in belangrijke mate hebben bijgedragen aan de hoge NO_3 -gehalten in het grondwater bij A3, A4, A10 en A11. Het is echter uitgesloten dat alle NO_3 afkomstig zou zijn van het bouwland, want dan zou de N-uitspoeling uit het bouwland 150 à 200 kg N/jaar per ha hebben moeten bedragen, hetgeen hoogst onwaarschijnlijk is.

Van de kationen blijken de concentraties van Na, Ca en Mg en dus ook de hardheid benedenstrooms van de stortplaats duidelijk hoger te zijn dan bovenstrooms. Voor het K-ion is dit effect wel aanwezig, echter veel minder duidelijk. De bodem is opgebouwd uit meer of minder grofzandige pakketten. De kans op adsorptie is hier dan ook vrij gering. Alleen in de lemige laagjes die plaatselijk in het profiel voorkomen kan enige adsorptie plaatsvinden.

Het verloop van de concentraties in het grondwater met de tijd zijn over het algemeen gering. In fig. 9 is het geleidingsvermogen van het grondwater uitgezet tegen de tijd voor een aantal boringen. In boring A9 blijkt een geringe toename van de verontreiniging te constateren. Zowel in boring A9 als A10 lijken seizoensschommelingen op te treden, die overigens moeilijk te koppelen zijn aan de neerslaggegevens als gevolg van de lange verblijftijd in het grondwater (naijlingseffect).

Ondanks het feit dat deze stortplaats naar schatting al 40 jaar in bedrijf is, blijkt uit het bovenstaande dat de invloed op de grondwaterkwaliteit benedenstrooms gering is. Er zijn hiervoor een aantal redenen aan te geven. In de eerste plaats is de onverzadigde zone vrij dik (ca. 5 meter), waardoor er reeds een belangrijke zuivering van het perkolatiewater plaats vindt boven het grondwater. Hierbij

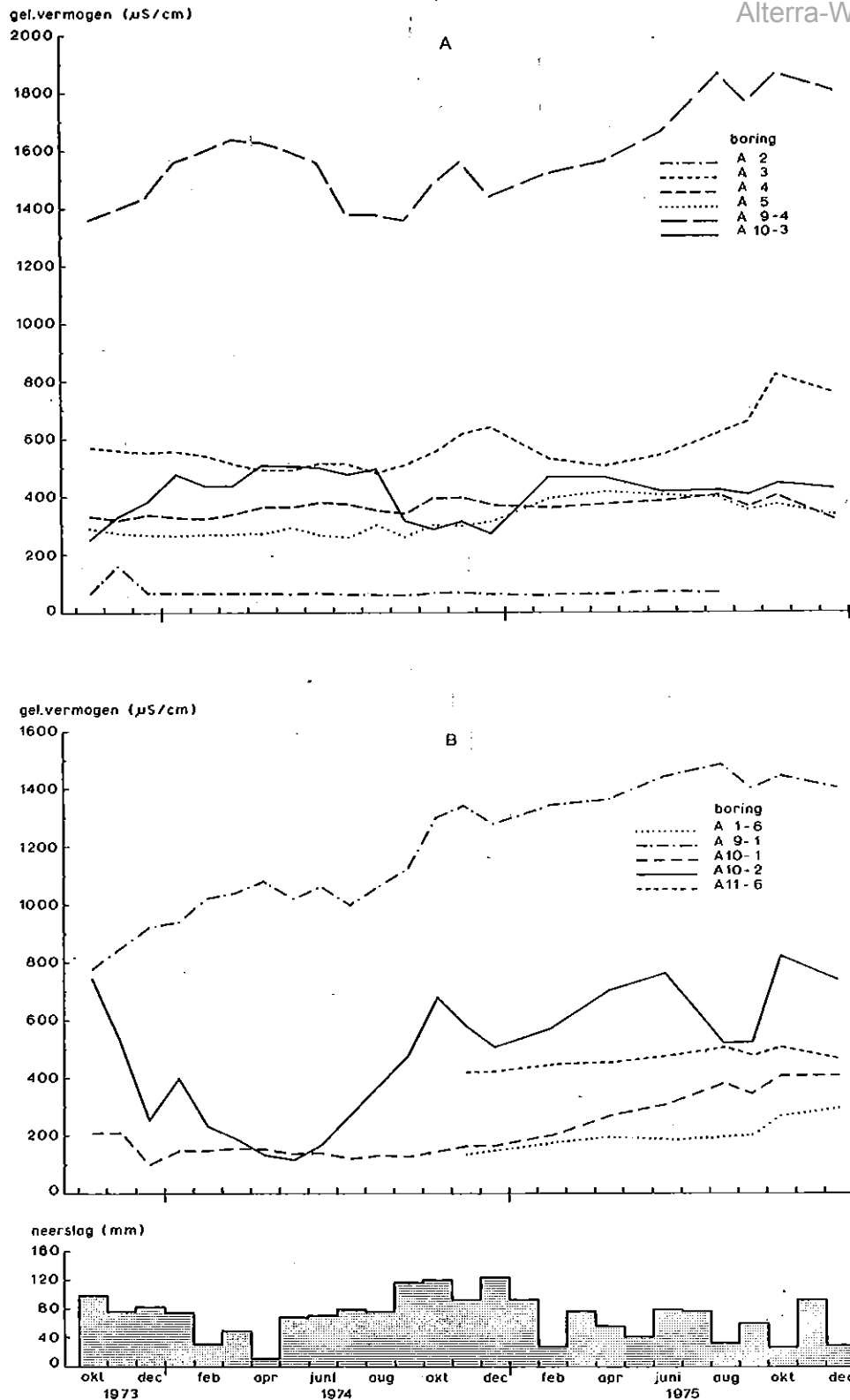


Fig. 9. Verloop van het geleidingsvermogen in het grondwater, gemeten op een diepte van 5 à 10 meter-m.v. (A) en 15 à 25 meter-m.v. (B). Neerslaggegevens zijn gemiddelden van de meetstations Harskamp en Lunteren

moet vooral gedacht worden aan anaërobe biochemische processen. In de tweede plaats is het aannemelijk dat met name gedurende de laatste jaren zeer weinig perkolatiewater vanuit de stort infiltreert. Het oppervlak van de storplaats is namelijk vrij gering (grondoppervlak ca. 5 ha). Bij een aanvoer van 40 000 ton per jaar (zie hoofdstuk 2) kan worden berekend dat bij uitspreiding over 5 ha de storthoogte jaarlijks met 1,35 m toeneemt (s.g. 0,6). Het bovenoppervlak van de stortplaats is echter lang geen 5 ha meer, zodat de jaarlijkse stijging momenteel zeker 2 m zal zijn. Een laag afval van 2 m kan naar schatting 300 mm water bergen. Bij een neerslagoverschot van 300 mm/jaar betekent dit dat gedurende de laatste 5 à 10 jaar praktisch geen perkolatiewater in de bodem geïnfiltreerd kan zijn. Bovendien is het waarschijnlijk dat bij deze hoge afvalberg, gezien ook de erosieverschijnselen op de steile hellingen, een belangrijk deel van het neerslagoverschot over het oppervlak wordt afgevoerd.

De totale vuilberg bevat naar schatting 675 000 ton afval (ofwel $1\,125\,000\text{ m}^3$), en kan een hoeveelheid water bergen van ca. 3400 mm, dat is het neerslagoverschot van 17 jaren. Indien wordt aangenomen dat de vuilaanvoer exponentieel is toegenomen in de tijd, dan kan worden berekend dat 40 jaar geleden de aanvoer ongeveer 6000 ton per jaar moet hebben bedragen, dat wil zeggen een jaarlijkse ophoging van het stort met 20 cm. Vooral in deze beginperiode zal er dus wel perkolatiewater uit het stort in de bodem terecht zijn gekomen. De laatste jaren (mogelijk een tiental jaren) is de infiltratie van perkolatiewater echter zeer gering geweest. Pas na beëindiging van de stortactiviteiten zal er opnieuw perkolatiewater gevormd kunnen worden, tenzij het stort wordt afgedekt met een goed afsluitende afdeklaag.

7. DISCUSSIE EN SAMENVATTING

Uit de onderzoeksresultaten blijkt, dat op dit moment de invloed van de vuilstortplaats op de grondwaterkwaliteit gering is. Er is slechts sprake van enige beïnvloeding binnen een afstand van ca. 200 m van de stortplaats.

De hydrologische gegevens tonen aan, dat de grondwaterstroming in het gebied van de stortplaats ruweg in westelijke richting verloopt en onderdeel is van de afwatering van het centrale Veluwemas-sief (fig. 5 en 6).

De overvloedige neerslag ter plaatse van de vuilstortplaats wordt geheel afgevoerd via het grondwater. Oppervlakkige ontwatering via sloten en greppels komt hier niet voor.

Het watervoerende pakket is ca. 125 à 150 m dik en wordt aan de bovenzijde niet afgesloten door een slecht doorlatend pakket. Plaatselijk komen slechts dunne lemige laagjes in het profiel voor. Het perkolatiewater, afkomstig van de stortplaats zal dus ongehinderd kunnen doordringen in het grondwater.

Met behulp van de boorgegevens, de doorlatendheid van het watervoerende pakket en het verhang is een effectieve stroomsnelheid berekend van ca. 25 m per jaar. Volgens de berekeningsmethode van ERNST (zie blz. 11) bedraagt de stroomsnelheid ter plaatse van de vuilstortplaats ca. 30 m per jaar. Bij een ouderdom van de stortplaats van ca. 40 jaar kan gedurende deze periode verontreiniging zijn opgetreden over een afstand van maximaal 1275 m.

De verblijftijd hiervan in het grondwater kan worden berekend op 140 à 250 jaar (zie blz. 13).

Aangezien het bovenstrooms van de stortplaats gelegen voedingsgebied vrij groot is mag worden verwacht, dat de stroombaan waarin verontreiniging door de stortplaats optreedt niet diep zal doordringen in het watervoerende pakket, althans niet op korte afstand.

Uit de waterkwaliteitsgegevens blijkt, dat op zeer korte afstand benedenstrooms van de vuilstortplaats de grondwaterkwaliteit duidelijk ongunstig wordt beïnvloed door de stortplaats zoals blijkt uit het totaal zoutgehalte dat hier 6 à 16 meq/l bedraagt tegen bovenstrooms 1,5 à 2,0 meq/l. Ook op een afstand van 100 tot 200 m is dit totaal zoutgehalte hoger dan normaal, namelijk 3 à 5 meq/l.

Hoewel er dus sprake is van beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit kan worden vastgesteld dat de concentraties van de verschillende componenten laag blijven. Het NO_3 -gehalte blijkt het duidelijkst te reageren. Dit is mogelijk doordat het grondwater hier van nature aëroob is, wat blijkt uit de aanwezigheid van NO_3 in het natuurlijke

grondwater tot grote diepte. Het hoge nitraatgehalte in het grondwater benedenstrooms van de stortplaats (op 100 tot 200 m afstand) kunnen mede beïnvloed zijn door landbouwactiviteiten. Het is echter uitgesloten dat alle NO_3 hiervan afkomstig zou zijn want dan zou de N-uitspoeling uit het bouwland 150 à 200 kg N/jaar per ha hebben bedragen, hetgeen onwaarschijnlijk is. De N-uitspoeling op zwaar bemeste bouwlandpercelen bedraagt ca. 50 kg N/ha.jaar.

Ondanks het feit, dat de stortplaats naar schatting al 40 jaar in bedrijf is, blijkt dat de invloed op de grondwaterkwaliteit benedenstroom gering is. Hiervoor zijn een aantal redenen aan te geven.

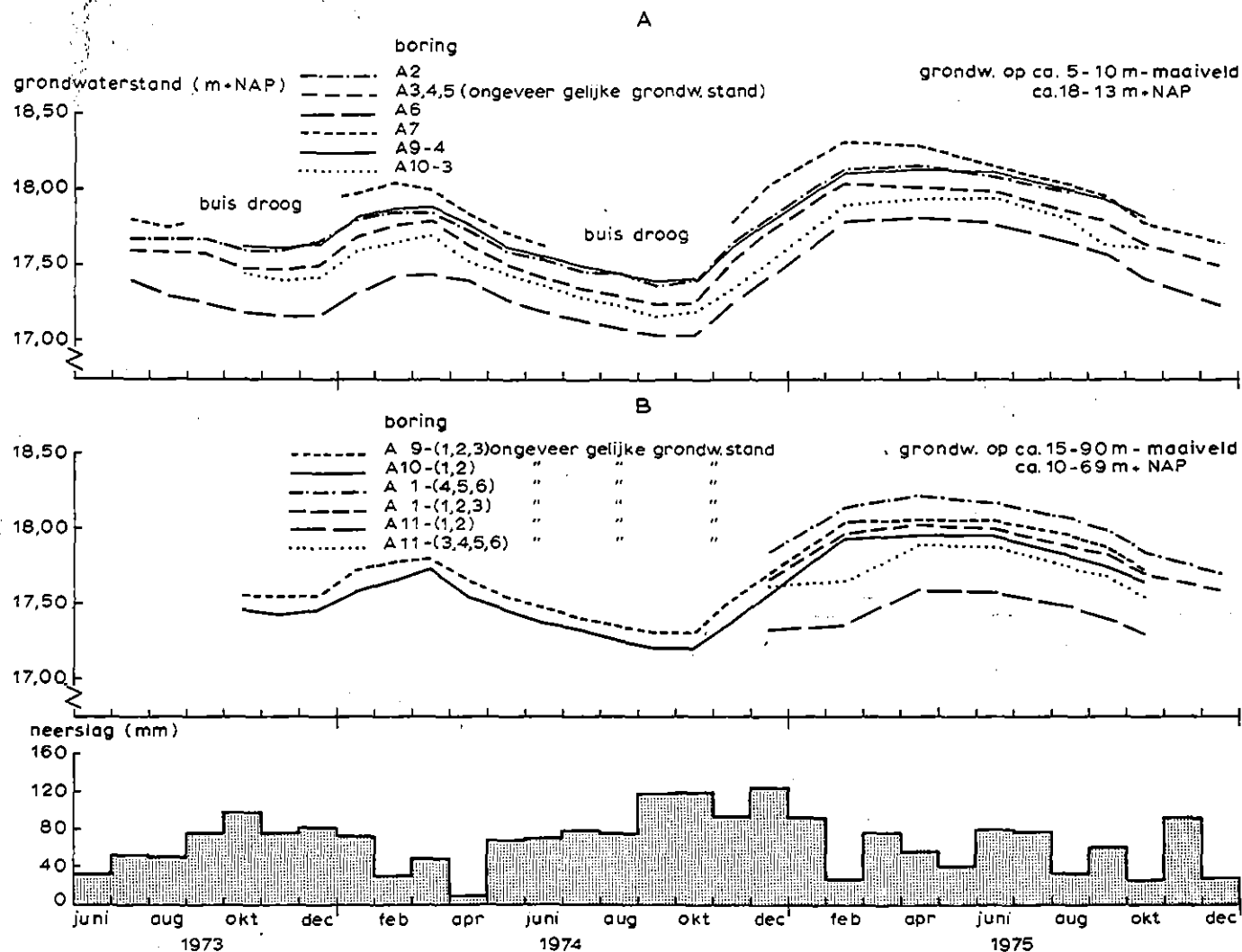
- De onverzadigde zone is vrij dik (ca. 5 m), waardoor er reeds een belangrijke zuivering van het perkolatiewater plaats vindt boven het grondwater (anaërobe biochemische processen).
- Gezien het geringe oppervlak van de stortplaats en de sterke verdichting is het aannemelijk dat met name gedurende de laatste jaren zeer weinig perkolatiewater vanuit de stort infiltreert.
- Het is waarschijnlijk, dat bij deze hoge afvalberg, gezien ook de erosieverschijnselen op de steile hellingen een belangrijk deel van het neerslagoverschot over het oppervlak wordt afgevoerd.
- In de beginperiode (ca. 40 jaar geleden) zal er vrijwel zeker perkolatiewater uit het stort in de bodem terecht zijn gekomen. De laatste jaren (mogelijk een tiental jaren) is de infiltratie van perkolatiewater echter zeer gering geweest.

Pas na beëindiging van de stortactiviteiten zal er opnieuw perkolatiewater gevormd kunnen worden, tenzij het stort wordt afgedekt met een goed afsluitende afdeklaag.

8. LITERATUUR

- BREEUWSMA, A. en L.E. VAN ENGERS, 1975. Verontreiniging en zuivering van grondwater bij vuilstortplaatsen. H_2O 8: 6-9.
- ERNST, L.F., 1973. De bepaling van de transporttijd van het grondwater bij stroming in de verzadigde zone. Nota ICW 755.
- GEMEENTEWERKEN EDE, 1974. Jaarverslag en persoonlijke mededeling.
- GOLWER, A.G. MATTHES und W. SCHNEIDER, 1969. Selbstreinigungsvorgänge im aëroben un anaëroben Grundwasserbereich. Vom Wasser 36: 64-91.

- HOEKS, J., 1973. Verontreiniging van bodem en grondwater bij vuilstortplaatsen (een literatuurstudie) Nota ICW 737.
- 1974. Kolomexperimenten met drainwater uit een vuilnisbelt. I. Theorie en experimentele uitvoering. Nota ICW 816.
- C.G. TOUSSAINT en W. LOOLIJEN, 1975. Kwaliteit van grondwater en oppervlaktewater bij het afvalverwerkingsbedrijf van de VAM in Wijster. Nota ICW 887.
- 1975. Pollution of soil and groundwater from land disposal of solid wastes. Versl. Meded. Hydrol. Onderzoek. TNO 21, Techn. Bull. ICW 96.
- MEINARDI, C.R., 1974. De chemische samenstelling van het grondwater van de Veluwe. Meded. RID 74-4.
- REES VELLINGA, E. VAN, 1975a. Persoonlijke mededeling.
- 1975b. Enkele resultaten van een hydrologisch onderzoek in het stroomgebied van de Luntersche Beek. Nota ICW 853.
- REUTER, K.N. en J.J. KOUWE, 1958. De landbouwwaterhuishouding in de provincie Gelderland. Comm. Onderz. Landbouwwaterhuishouding Nederland TNO, rapport 6.
- RIJKSGEOLOGISCHE DIENST, 1970. Geologisch onderzoek Gelderse Vallei. Rapport 999.
- RIJKSINSTITUUT VOOR DRINKWATERVOORZIENING; Geo-hydrologisch archief. Chem. Bact. Afdeling, 's-Gravenhage.
- STEENVOORDEN, J.H.A.M., 1973. Uitspoeling van stikstof en fosfaat uit de bodem. Nota ICW 727.
- TOUSSAINT, C.G., 1972. De chemische samenstelling van het oppervlaktewater in West-Nederland. Nota ICW 653.
- , E. VAN REES VELLINGA en H. WITT, 1973. De chemische samenstelling van het diepe grondwater in Midden-West-Nederland en de invloed hiervan op de gebruiksmogelijkheden. Nota ICW 769.
- WATERLEIDING MAATSCHAPPIJ GELDERLAND, 1973. Geo-hydrologisch archief.



Verloop in grondwaterstanden in het ondiepe grondwater (A) en het diepe grondwater (B) in relatie met neerslaggegevens. Diepte van de filters is aangegeven in bijlage 2

Bijlage 2

Kwaliteit grondwater bij de vuilstortplaats van gemeente Ede te Wekerom (1973/1975)

Boring	Filterdiepte	Na ⁺ mg/l			K ⁺ mg/l			Ca ²⁺ mg/l			Mg ²⁺ mg/l			NH ₄ ⁺ mg/l			Fe ²⁺ mg/l			Som Kationen mg/l
	m-m.v. m + NAP	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	
A1-6	14,88 + 8,48	15	19	10	3	4	1	11	15	7	4	6	2	0,4	0,5	0,3	3,1	5,1	0,7	36,5
A1-5	29,89 - 6,53	11	15	9	3	5	1	8	10	4	3	4	3	0,4	0,5	0,3	24,6	63,0	0,1	51,0
A1-4	44,87 - 21,51	6	9	4	2	3	1	10	12	6	3	3	2	0,4	0,7	0,2	1,1	2,3	0,1	22,5
A1-3	59,95 - 36,59	5	6	4	1	2	1	19	20	14	2	2	1	0,3	0,4	0,1	0,6	1,1	0,2	27,9
A1-2	74,91 - 51,55	8	9	6	1	2	1	6	9	3	1	2	1	0,4	0,5	0,3	1,6	0,3	0,0	17,0
A1-1	89,95 - 66,49	5	7	4	1	3	1	15	17	10	1	1	1	0,4	0,6	0,2	2,1	3,7	1,2	24,5
A2	7,85 + 14,87	4	5	3	1	2	1	11	25	2	1	2	1	0,5	0,8	0,1	1,7	5,1	0,2	19,2
A3	7,86 + 15,45	13	14	9	13	18	10	50	57	42	8	9	8	0,5	1,1	0,1	0,4	0,6	0,3	84,9
A4	8,18 + 15,09	7	9	6	5	23	2	21	28	9	7	10	4	1,9	9,9	0,1	0,4	1,2	0,1	42,3
A5	7,72 + 16,21	6	7	5	6	10	5	25	34	15	6	7	5	0,6	1,5	0,1	0,3	0,6	0,1	43,9
A6	4,70 + 14,49	16	18	13	1	2	1	4	7	1	6	10	4	0,4	0,7	0,1	1,5	5,3	0,3	28,9
A7	4,67 + 17,77	5	8	4	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A8-3	16,03 + 10,21	8	12	1	3	5	1	4	4	3	1	2	1	1,8	1,9	1,7	9,8	12,0	7,6	27,6
A8-1	25,04 + 1,20	8	17	2	4	6	2	3	4	2	1	1	1	2,8	3,2	2,4	7,9	7,9	7,8	26,7
A9-4	9,58 + 13,22	109	133	59	67	113	38	61	73	52	32	37	27	57,8	67,8	46,7	2,0	2,4	0,1	328,8
A9-3	12,55 + 10,25	87	109	78	5	6	4	26	31	16	11	11	9	1,0	2,6	0,2	9,3	17,0	5,5	139,3
A9-2	16,06 + 6,74	88	123	67	4	5	3	21	29	14	7	9	4	0,5	1,1	0,2	7,1	20,0	2,4	127,6
A9-1	22,08 + 0,72	111	117	100	18	22	15	79	98	56	33	44	23	12,4	24,1	5,1	2,5	4,5	0,8	255,9
A10-3	10,55 + 13,36	34	51	18	3	5	2	23	28	13	3	5	2	0,2	0,4	0,1	6,9	14,0	1,9	70,1
A10-2	15,55 + 8,36	85	110	60	5	9	4	18	25	3	8	12	1	0,3	0,7	0,1	1,8	4,4	0,4	118,1
A10-1	22,06 + 1,85	33	55	17	3	5	2	9	16	4	3	5	2	0,4	0,7	0,1	0,4	1,2	0,1	48,8
A11-6	14,72 + 7,82	19	21	16	4	4	3	33	37	24	13	15	11	0,6	0,9	0,3	5,4	8,6	2,3	75,0
A11-5	29,72 - 7,18	24	27	20	4	4	2	14	17	8	7	7	5	0,4	0,6	0,2	1,4	1,7	1,0	50,8
A11-4	45,75 - 23,21	13	16	11	2	3	1	19	23	15	2	3	2	0,5	0,6	0,3	0,5	1,6	0,1	37,0
A11-3	59,76 - 37,22	10	13	7	1	2	1	20	21	18	1	1	1	0,4	0,6	0,2	0,2	0,3	0,1	32,6
A11-2	74,78 - 52,24	7	8	5	1	2	1	20	24	15	1	2	1	0,4	0,5	0,2	2,2	3,0	1,0	31,6
A11-1	91,30 - 68,76	9	11	7	1	2	1	15	19	7	2	2	2	0,3	0,6	0,1	7,4	10,0	3,7	34,7
Edese Bos		10	11	9	0,6	0,6	0,4	26	30	24	2,0	2,5	1,0	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	38,66
Lunte- ren	Lengte filter 3 m																			
I	49,95 - 15,93	10	-	-	0,5	-	-	24	-	-	1	-	-	<0,02	-	-	0,02	-	-	35,54
I	64,40 - 30,40	8	-	-	0,5	-	-	25	-	-	1	-	-	0,02	-	-	0,06	-	-	34,58
I	78,75 - 44,75	8	-	-	0,5	-	-	23	-	-	2	-	-	0,02	-	-	0,12	-	-	33,64
I	93,60 - 59,60	6	-	-	0,4	-	-	15	-	-	2	-	-	0,03	-	-	0,08	-	-	23,51
I	114,00 - 80,00	6	-	-	0,6	-	-	26	-	-	3	-	-	0,03	-	-	0,22	-	-	35,85
I	129,25 - 95,25	5	-	-	0,6	-	-	25	-	-	2	-	-	0,08	-	-	0,84	-	-	33,52
I	146,55 - 112,55	6	-	-	0,5	-	-	27	-	-	2	-	-	0,03	-	-	0,50	-	-	36,03

Bijlage 2 (vervolg)

Kwaliteit grondwater bij de vuilstortplaats van gemeente Ede te Wekerom (1973/1975)

Boring	Filterdiepte	HCO ₃ ⁻ mg/l			SO ₄ ²⁻ mg/l			Cl ⁻ mg/l			NO ₃ ⁻ mg/l			Som Anionen mg/l	Som totaal ionen mg/l
	m-m.v. m + NAP	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.		
A1-6	14,88 + 8,48	11	16	6	31	63	9	40	70	21	9,2	27,0	2,0	91,2	127,7
A1-5	29,89 - 6,53	17	33	9	36	40	33	12	16	9	14,1	17,7	8,0	79,1	130,1
A1-4	44,87 - 21,51	19	30	7	43	64	20	7	9	6	9,9	12,4	8,0	78,9	101,4
A1-3	59,95 - 36,59	47	40	44	29	36	20	8	11	8	3,2	4,4	1,0	87,2	115,1
A1-2	74,91 - 51,55	19	32	11	18	25	11	12	17	10	3,5	7,1	0,3	52,5	69,5
A1-1	89,85 - 66,49	43	44	32	21	31	7	8	13	7	2,4	4,4	0,9	74,4	98,9
A2	7,85 + 14,87	7	12	4	15	19	13	11	29	3	3,7	5,0	1,0	36,7	55,9
A3	7,86 + 15,45	0	0	0	39	48	33	31	55	16	177,0	257,0	110,0	247,0	331,9
A4	8,18 + 15,09	0	0	0	48	52	41	22	36	12	100,0	142,0	53,2	170,0	212,3
A5	7,72 + 16,21	0	0	0	27	33	15	19	32	11	102,3	128,5	66,0	148,3	192,2
A6	4,70 + 14,49	0	0	0	64	88	45	29	39	18	25,6	44,3	9,3	118,6	147,5
A7	4,67 + 17,77	-	-	-	-	-	-	11	25	3	-	-	-	-	-
A8-3	16,03 + 10,21	19	22	15	10	11	8	17	28	2	2,0	3,1	0,9	48,0	75,6
A8-1	25,04 + 1,20	28	32	24	10	14	5	10	20	4	1,5	2,0	1,0	49,5	76,2
A9-4	9,58 + 13,22	674	824	538	117	152	85	110	124	85	1,2	2,2	0,9	902,2	1231,0
A9-3	12,55 + 10,25	27	44	18	105	119	84	133	144	98	1,1	1,8	0,9	266,1	405,4
A9-2	16,06 + 6,74	43	57	38	122	127	108	103	140	71	1,0	1,0	0,9	269,0	396,6
A9-1	22,08 + 0,72	468	565	249	112	147	96	127	148	75	1,0	1,0	0,9	708,0	963,9
A10-3	10,55 + 13,36	48	59	35	58	81	41	46	85	25	43,2	93,0	12,0	195,2	265,3
A10-2	15,55 + 8,36	149	200	38	59	91	28	46	95	7	3,0	4,9	0,9	257,0	375,1
A10-1	22,06 + 1,85	50	95	23	33	44	24	22	44	11	5,0	8,0	0,9	110,0	158,8
A11-6	14,72 + 7,82	11	11	10	47	50	41	42	47	36	100,9	106,3	93,0	200,9	275,9
A11-5	29,72 - 7,18	12	18	10	26	29	24	41	48	33	43,9	48,7	39,4	122,9	173,7
A11-4	45,75 - 23,21	37	43	32	23	24	20	19	28	14	16,4	30,6	22,6	105,4	142,4
A11-3	59,76 - 37,22	22	37	18	24	39	16	23	29	20	20,9	29,7	16,0	89,9	122,5
A11-2	74,78 - 52,24	39	45	35	27	32	22	19	30	13	1,0	1,0	0,9	86,0	117,6
A11-1	91,30 - 68,76	37	50	29	20	22	19	14	16	11	1,0	1,0	0,9	72,0	106,7
Edese Bos		75	92	67	12	18	8	12	13	12	2,5	3,5	2,0	101,50	140,16
Lunteren	Lente filter 3 m														
I	49,95 - 15,95	27	-	-	18	-	-	22	-	-	9,2	-	-	76,20	111,74
I	64,40 - 30,40	27	-	-	10	-	-	30	-	-	5,9	-	-	72,90	107,48
I	78,75 - 44,75	29	-	-	4	-	-	30	-	-	13,8	-	-	76,80	110,44
I	93,60 - 59,60	42	-	-	8	-	-	11	-	-	1,4	-	-	62,40	85,91
I	114,00 - 80,00	86	-	-	7	-	-	9	-	-	0,1	-	-	102,10	137,95
I	129,25 - 95,25	79	-	-	6	-	-	6	-	-	0,1	-	-	91,10	124,62
I	146,55 - 112,55	89	-	-	5	-	-	6	-	-	0,1	-	-	100,10	136,13

Kwaliteit grondwater bij de vuilstortplaats van gemeente Ede te Wekerom (1973/1975)

Boring	Filterdiepte	Tot.NH ₄ .mg/l			Org.NH ₄ .mg/l			Tot.PO ₄ .mg/l			Org.fosf.mg.PO ₄ /l			Tot.hardh. ^{°D}			Bic.hardh. ^{°D}			COD mg.O ₂ /l			pH			Gel.verm.µS/cm					
		m-m.v.	m	+ NAP	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.	gem.	max.	min.			
A1-6	14,88	+	8,48	0,9	1,7	0,5	0,5	1,3	0,1	0,25	0,40	0,06	0,03	0,04	<0,03	2,2	2,9	1,3	0,5	0,7	0,3	7	10	5	6,2	6,4	6,0	199	292	138	
A1-5	29,89	-	6,53	2,0	4,7	0,5	1,5	4,2	0,2	0,79	1,50	0,06	0,05	0,07	<0,03	1,9	2,3	1,3	0,8	1,5	0,4	9	15	5	6,1	6,5	6,0	154	166	141	
A1-4	44,87	-	21,51	0,9	1,9	0,5	0,6	1,2	0,1	0,26	0,36	0,10	0,09	0,15	0,04	1,9	2,3	1,5	0,9	1,5	0,3	5	5	5	6,7	7,0	6,6	157	142	100	
A1-3	59,95	-	36,59	0,8	1,7	0,5	0,5	1,3	0,2	0,28	0,42	0,19	0,17	0,19	0,16	0,3	3,5	2,4	2,2	1,8	2,0	5	5	5	7,8	8,1	7,6	165	180	150	
A1-2	74,91	-	51,55	0,9	1,9	0,5	0,5	1,4	0,2	0,44	0,94	0,19	0,13	0,19	0,06	1,1	1,5	0,7	0,9	1,5	0,5	5	5	5	6,7	6,9	6,5	105	116	96	
A1-1	89,85	-	66,49	0,8	1,7	0,5	0,5	1,1	0,2	0,30	0,40	0,19	0,09	0,16	0,05	2,3	2,6	1,6	0,2	2,0	1,5	10	20	5	7,9	7,3	6,9	137	176	120	
A2	7,85	+	14,87	1,0	1,8	0,2	0,5	1,1	0,1	0,24	0,58	0,10	<0,03	<0,03	<0,03	1,6	3,7	0,8	0,3	4,0	0,0	19	65	5	5,4	6,4	4,8	74	159	62	
A3	7,86	+	15,45	1,0	1,9	0,2	0,5	0,8	0,1	0,28	0,46	0,18	0,05	0,08	<0,03	8,8	9,8	7,7	0,0	0,0	0,0	14	30	5	4,1	4,5	3,9	569	820	484	
A4	8,18	+	15,09	2,6	14,1	0,1	0,8	4,2	0,1	0,55	1,60	0,14	0,17	0,70	0,03	4,8	5,8	2,2	0,0	0,0	0,0	22	55	5	4,1	5,0	3,9	358	410	310	
A5	7,72	+	16,21	1,2	2,3	0,2	0,6	1,0	0,1	0,50	1,30	0,18	0,10	0,35	<0,03	4,8	6,4	3,6	0,0	0,0	0,0	24	95	5	4,3	4,9	4,2	308	416	264	
A6	4,70	+	14,49	0,9	2,4	0,2	0,5	1,7	0,1	0,22	0,32	0,14	0,04	0,06	<0,03	2,0	3,0	1,1	0,0	0,0	0,0	11	25	5	4,2	4,6	4,0	267	322	216	
A7	4,67	+	17,77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,9	6,4	5,0	220	250	152	
A8-3	16,03	+	10,21	6,4	8,3	4,5	4,6	6,4	2,8	4,20	6,00	2,40	0,17	0,30	<0,03	0,8	1,0	0,7	0,9	1,0	0,7	218	275	160	6,1	6,7	5,8	117	226	68	
A8-1	25,04	+	1,20	4,9	5,5	4,4	2,2	3,1	1,2	0,84	1,30	0,37	0,48	0,75	0,20	0,6	0,7	0,5	1,3	1,5	1,1	13	15	10	6,6	6,8	6,0	135	162	86	
A9-4	9,58	+	13,22	63,5	76,9	50,2	5,7	9,1	3,5	0,69	2,40	0,08	0,04	0,10	0,03	15,9	18,7	13,9	30,9	37,8	24,7	115	135	89	6,5	6,8	6,3	1484	1860	1360	
A9-3	12,55	+	10,25	2,6	3,5	1,3	1,6	0,9	1,1	0,91	1,60	0,40	0,04	0,08	0,03	6,7	8,1	4,4	1,2	2,0	0,8	56	140	30	5,2	5,8	4,9	711	920	578	
A9-2	16,06	+	6,74	1,8	3,2	0,5	1,3	2,1	0,3	1,24	2,90	0,34	0,07	0,20	0,03	5,5	8,2	3,1	2,0	2,6	1,4	48	120	15	5,4	5,8	5,1	664	840	518	
A9-1	22,08	+	0,72	15,5	25,7	6,4	3,1	1,6	1,3	0,84	2,00	0,18	0,07	0,20	0,03	16,9	22,9	11,8	21,5	25,9	11,4	63	75	50	6,4	6,7	6,1	1156	1480	720	
A10-3	10,55	+	13,36	1,0	1,8	0,3	0,8	1,4	0,2	0,90	3,20	0,31	0,05	0,07	0,03	5,3	6,1	3,0	2,2	2,7	1,6	18	55	5	5,6	5,9	5,3	421	516	254	
A10-2	15,55	+	8,36	0,9	1,9	0,2	0,6	1,2	0,1	0,61	1,60	0,24	0,19	0,23	0,14	4,5	7,2	0,6	6,8	9,2	1,7	21	45	5	6,2	6,7	5,6	454	820	126	
A10-1	22,06	+	1,85	1,1	2,8	0,2	0,7	2,1	0,1	0,50	1,40	0,24	0,10	0,13	0,06	1,7	3,3	0,9	2,3	4,4	1,1	13	25	5	6,3	6,6	6,0	205	408	120	
A11-6	14,72	+	7,82	0,9	1,5	0,5	0,4	0,8	0,2	0,44	0,55	0,32	0,09	0,15	0,03	7,6	8,2	6,5	0,5	0,5	0,5	9	20	5	5,5	5,8	5,3	464	508	420	
A11-5	29,72	-	7,18	0,9	1,7	0,5	0,5	1,3	0,1	0,52	1,40	0,10	0,06	0,08	0,03	3,5	4,0	2,7	0,6	0,8	0,5	7	9	5	5,9	6,5	5,7	316	346	262	
A11-4	45,75	-	23,21	0,9	1,7	0,5	0,4	1,2	0,2	0,43	0,61	0,24	0,19	0,24	0,09	3,1	3,7	2,7	1,7	2,0	1,5	5	6	5	8,0	8,5	7,5	228	278	200	
A11-3	59,76	-	37,22	0,9	1,9	0,5	0,5	1,3	0,2	0,48	0,86	0,26	0,12	0,15	0,05	3,0	3,0	2,9	1,0	1,3	0,8	7	10	5	7,7	8,6	7,1	204	272	178	
A11-2	74,78	-	52,24	0,9	1,4	0,6	0,5	1,0	0,2	0,35	0,42	0,30	0,05	0,07	0,03	3,1	3,7	2,6	1,8	2,1	1,6	7	10	5	7,0	7,4	6,9	184	224	162	
A11-1	91,30	-	68,76	0,8	1,5	0,5	0,5	1,3	0,2	0,53	0,85	0,23	0,05	0,09	0,03	2,4	3,0	1,4	1,7	2,3	1,3	9	15	5	6,6	7,0	6,4	153	176	140	
Edese Bos				0,05	-	-	0,02	-	-	-	-	-	0,12	0,14	0,10	4,2	4,6	3,9	3,4	4,2	3,1	-	-	-	8,1	8,3	7,8	175	190	160	
Lunter- ren	Lengte filter 3 m																														
I	49,95	-	15,95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	3,5	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-	8,3	-	-	177	-	-
I	64,40	-	30,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,18	-	-	3,7	-	-	1,3	-	-	-	-	-	-	8,4	-	-	178	-	-
I	78,75	-	44,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	-	-	3,7	-	-	1,3	-	-	-	-	-	-	8,2	-	-	173	-	-
I	93,60	-	59,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	-	-	2,5	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	8,1	-	-	114	-	-
I	114,00	-	80,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,08	-	-	4,2	-	-	3,9	-	-	-	-	-	-	7,8	-	-	164	-	-
I	129,25	-	95,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,11	-	-	4,0	-	-	3,6	-	-	-	-	-	-	7,6	-	-	145	-	-
I	146,55	-	112,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,26	-	-	4,2	-	-	4,2	-	-	-	-	-	-	8,0	-	-	158	-	-

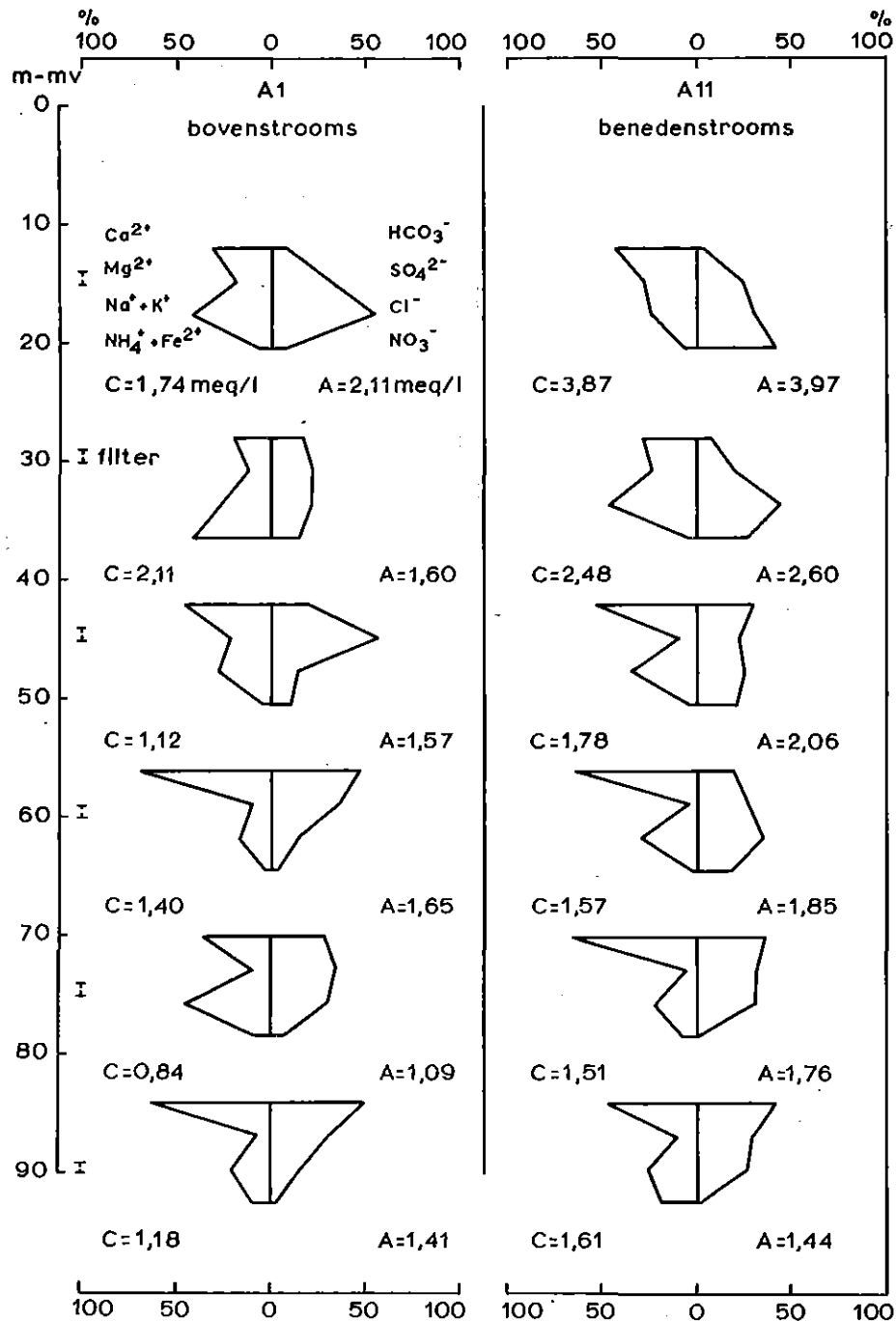
Bijlage 2 (vervolg)

Ionenbalans grondwater bij vuilstortplaats van Ede (1973/1975)

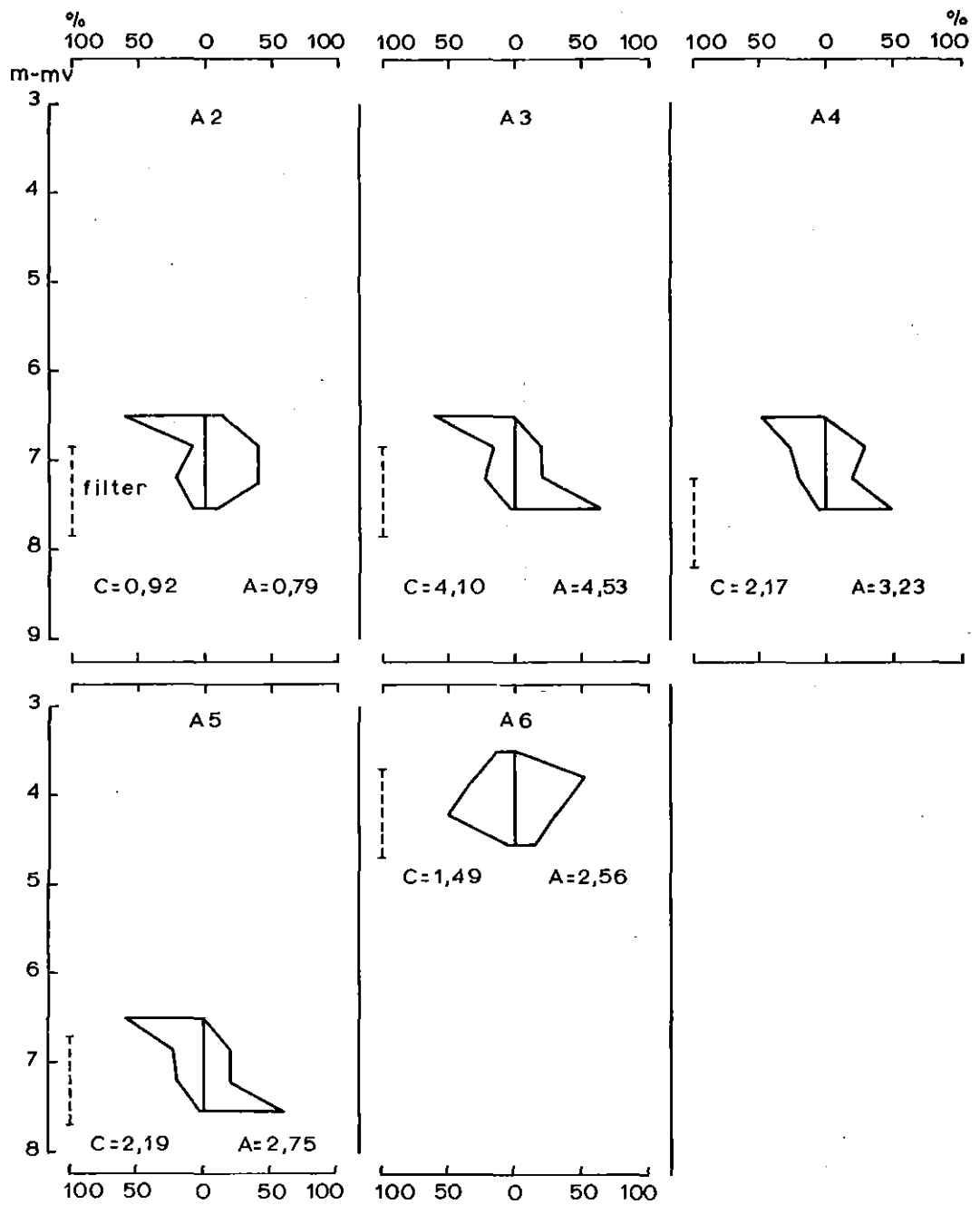
Boring	Filterdiepte	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Fe ²⁺	Som Kationen	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Som Anionen	Som. tot. ionen												
m-m.v.	m ± NAP	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l	meq/l												
		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%												
A1-6	14,88 + 8,48	0,65	37,4	0,08	4,6	0,55	31,6	0,33	19,0	0,02	1,1	0,11	6,3	1,74	100,0	0,18	8,5	0,65	30,8	1,13	53,6	0,15	7,1	2,11	100,0	3,85
A1-5	29,89 - 6,53	0,48	22,7	0,08	3,8	0,40	19,0	0,25	11,8	0,02	0,9	0,88	41,7	2,11	100,0	0,28	17,5	0,75	46,9	0,34	21,3	0,23	14,4	1,60	100,0	3,71
A1-4	44,87 - 21,51	0,26	23,2	0,05	4,5	0,50	44,6	0,25	22,3	0,02	1,8	0,04	3,6	1,12	100,0	0,31	19,7	0,90	57,3	0,20	12,7	0,16	10,2	1,57	100,0	2,69
A1-3	59,95 - 36,59	0,22	15,7	0,03	2,1	0,95	67,9	0,16	11,4	0,02	1,4	0,02	1,4	1,40	100,0	0,77	46,7	0,60	36,4	0,23	13,9	0,05	3,0	1,65	100,0	3,05
A1-2	74,91 - 51,55	0,35	41,7	0,03	3,6	0,30	35,7	0,08	9,5	0,02	2,4	0,06	7,1	0,84	100,0	0,31	28,4	0,38	34,9	0,34	31,2	0,06	5,5	1,09	100,0	1,93
A1-1	89,85 - 66,49	0,22	18,6	0,03	2,5	0,75	63,6	0,08	6,8	0,02	1,7	0,08	6,8	1,18	100,0	0,70	49,6	0,44	31,2	0,23	16,3	0,04	2,8	1,41	100,0	2,59
A2	7,85 + 14,87	0,17	18,5	0,03	3,3	0,55	59,8	0,08	8,7	0,03	3,3	0,06	6,5	0,92	100,1	0,11	13,9	0,31	39,2	0,31	39,2	0,06	7,6	0,79	100,0	1,71
A3	7,86 + 15,45	0,57	13,9	0,33	8,0	2,50	61,0	0,66	16,1	0,03	0,7	0,01	0,2	4,10	100,0	0,00	0,0	0,81	17,9	0,87	19,2	2,85	62,9	4,53	100,0	8,63
A4	8,18 + 15,09	0,30	13,8	0,13	6,0	1,05	48,4	0,57	26,3	0,11	5,1	0,01	0,5	2,17	100,0	0,00	0,0	1,00	31,0	0,62	19,2	1,61	49,8	3,23	100,0	5,40
A5	7,72 + 16,21	0,26	11,9	0,15	6,8	1,25	57,1	0,49	22,4	0,03	1,4	0,01	0,5	2,19	100,0	0,00	0,0	0,56	20,4	0,54	19,6	1,65	60,0	2,75	100,0	4,94
A6	4,70 + 14,49	0,70	47,0	0,03	2,0	0,20	13,4	0,49	32,9	0,02	1,3	0,05	3,4	1,49	100,0	0,00	0,0	1,33	52,0	0,82	32,0	0,41	16,0	2,56	100,0	4,05
A7	4,67 + 17,77	0,22		0,05																0,31						
A8-3	16,03 + 10,21	0,35	30,2	0,08	6,9	0,20	17,2	0,08	6,9	0,10	8,6	0,35	30,2	1,16	100,0	0,31	30,1	0,21	20,4	0,48	46,6	0,03	2,9	1,03	100,0	2,19
A8-1	25,04 + 1,20	0,35	31,3	0,10	8,9	0,15	13,4	0,08	7,1	0,16	14,3	0,28	25,0	1,12	100,0	0,46	47,4	0,21	21,6	0,28	28,9	0,02	2,1	0,97	100,0	2,09
A9-4	9,58 + 13,22	4,74	30,8	1,71	11,1	3,05	19,8	2,62	17,0	3,21	20,8	0,07	0,5	15,40	100,0	11,05	66,5	2,44	14,7	3,10	18,7	0,02	0,1	16,61	100,0	32,01
A9-3	12,55 + 10,25	3,78	58,2	0,13	2,0	1,30	20,0	0,90	13,8	0,06	0,9	0,33	5,1	6,50	100,0	0,44	6,9	2,19	34,2	3,75	58,6	0,02	0,3	6,40	100,0	12,90
A9-2	16,06 + 6,74	3,83	65,7	0,10	1,7	1,05	18,0	0,57	9,8	0,03	0,5	0,25	4,3	5,83	100,0	0,70	11,4	2,54	31,2	2,90	47,1	0,02	0,3	6,16	100,0	11,99
A9-1	22,08 + 0,72	4,83	38,0	0,46	3,6	3,95	31,1	2,70	21,2	0,69	5,4	0,09	0,7	12,72	100,0	7,67	56,4	2,33	17,1	3,58	26,3	0,02	0,1	13,60	100,0	26,32
A10-3	10,55 + 13,36	1,48	46,0	0,08	2,5	1,15	35,7	0,25	7,8	0,01	0,3	0,25	7,8	3,22	100,0	0,79	19,8	1,21	30,3	1,30	32,5	0,70	17,5	4,00	100,0	7,22
A10-2	15,55 + 8,36	3,70	67,6	0,13	2,4	0,90	16,5	0,66	12,1	0,02	0,4	0,06	1,1	5,47	100,0	2,44	48,6	1,23	24,5	1,30	25,9	0,05	1,0	5,02	100,0	10,49
A10-1	22,06 + 1,85	1,44	64,0	0,08	3,6	0,45	20,0	0,25	11,1	0,02	0,9	0,01	0,4	2,25	100,0	0,82	37,1	0,69	31,2	0,62	28,1	0,08	3,6	2,21	100,0	4,46
A11-6	14,72 + 7,82	0,83	21,4	0,10	2,6	1,65	42,6	1,07	27,6	0,03	0,8	0,19	4,9	3,87	100,0	0,18	4,5	0,98	24,7	1,18	29,7	1,63	41,1	3,97	100,0	7,84
A11-5	29,72 - 7,18	1,04	41,9	0,10	4,0	0,70	28,2	0,57	23,0	0,02	0,8	0,05	2,0	2,48	100,0	0,20	7,7	0,54	20,8	1,15	44,2	0,71	27,3	2,60	100,0	5,08
A11-4	45,75 - 23,21	0,57	32,0	0,05	2,8	0,95	53,4	0,16	9,0	0,03	1,7	0,02	1,1	1,78	100,0	0,61	29,6	0,48	23,3	0,54	26,2	0,43	20,9	2,06	100,0	3,84
A11-3	59,76 - 37,22	0,43	27,4	0,03	1,9	1,00	63,7	0,08	5,1	0,02	1,3	0,01	0,6	1,57	100,0	0,36	19,5	0,50	27,0	0,65	35,1	0,34	18,4	1,85	100,0	3,42
A11-2	74,78 - 52,24	0,30	19,9	0,03	2,0	1,00	66,2	0,08	5,3	0,02	1,3	0,08	5,3	1,51	100,0	0,64	36,4	0,56	31,8	0,54	30,7	0,02	1,1	1,76	100,0	3,27
A11-1	91,30 - 68,76	0,39	24,2	0,03	1,9	0,75	46,6	0,16	9,9	0,02	1,2	0,26	16,1	1,61	100,0	0,61	42,4	0,42	29,2	0,39	27,1	0,02	1,4	1,44	100,0	3,05
Edese Bos		0,43	22,5	0,02	1,0	1,30	68,1	0,16	8,4	0,00	0,0	0,00	0,0	1,91	100,0	1,23	66,1	0,25	13,4	0,34	18,3	0,04	2,2	1,86	100,0	3,77
Lunter- ren	Lengte filter 3 m																									
I	49,75 - 15,95	0,43	25,0	0,01	0,6	1,20	69,8	0,08	4,7	0,00	0,0	0,00	0,0	1,72	100,0	0,44	27,7	0,38	23,9	0,62	39,0	0,15	9,4	1,59	100,0	3,31
I	64,40 - 30,40	0,35	20,7	0,01	0,6	1,25	74,0	0,08	4,7	0,00	0,0	0,00	0,0	1,69	100,0	0,44	27,5	0,21	13,1	0,85	53,1	0,10	6,3	1,60	100,0	3,29
I	78,75 - 44,75	0,35	20,9	0,01	0,6	1,15	68,9	0,16	9,6	0,00	0,0	0,00	0,0	1,67	100,0	0,48	29,4	0,08	4,9	0,85	52,1	0,22	13,5	1,63	100,0	3,30
I	93,60 - 59,60	0,26	22,0	0,01	0,8	0,75	63,6	0,16	13,6	0,00	0,0	0,00	0,0	1,18	100,0	0,69	58,0	0,17	14,3	0,31	26,1	0,02	1,7	1,19	100,0	2,37
I	114,00 - 80,00	0,26	14,1	0,02	1,1	1,30	70,7	0,25	13,6	0,00	0,0	0,01	0,5	1,84	100,0	1,41	77,9	0,15	8,3	0,25	13,8	0,00	0,0	1,81	100,0	3,65
I	129,25 - 95,25	0,22	13,1	0,02	1,2	1,25	74,4	0,16	9,5	0,00	0,0	0,03	1,8	1,68	100,0	1,30	81,3	0,13	8,1	0,17	10,6	0,00	0,0	1,60	100,0	3,28
I	146,55 - 112,55	0,26	14,4	0,01	0,6	1,35	75,0	0,16	8,9	0,00	0,0	0,02	1,1	1,80	100,0	1,46	84,4	0,10	5,8	0,17	9,8	0,00	0,0	1,73	100,0	3,53

Bijlage 3.

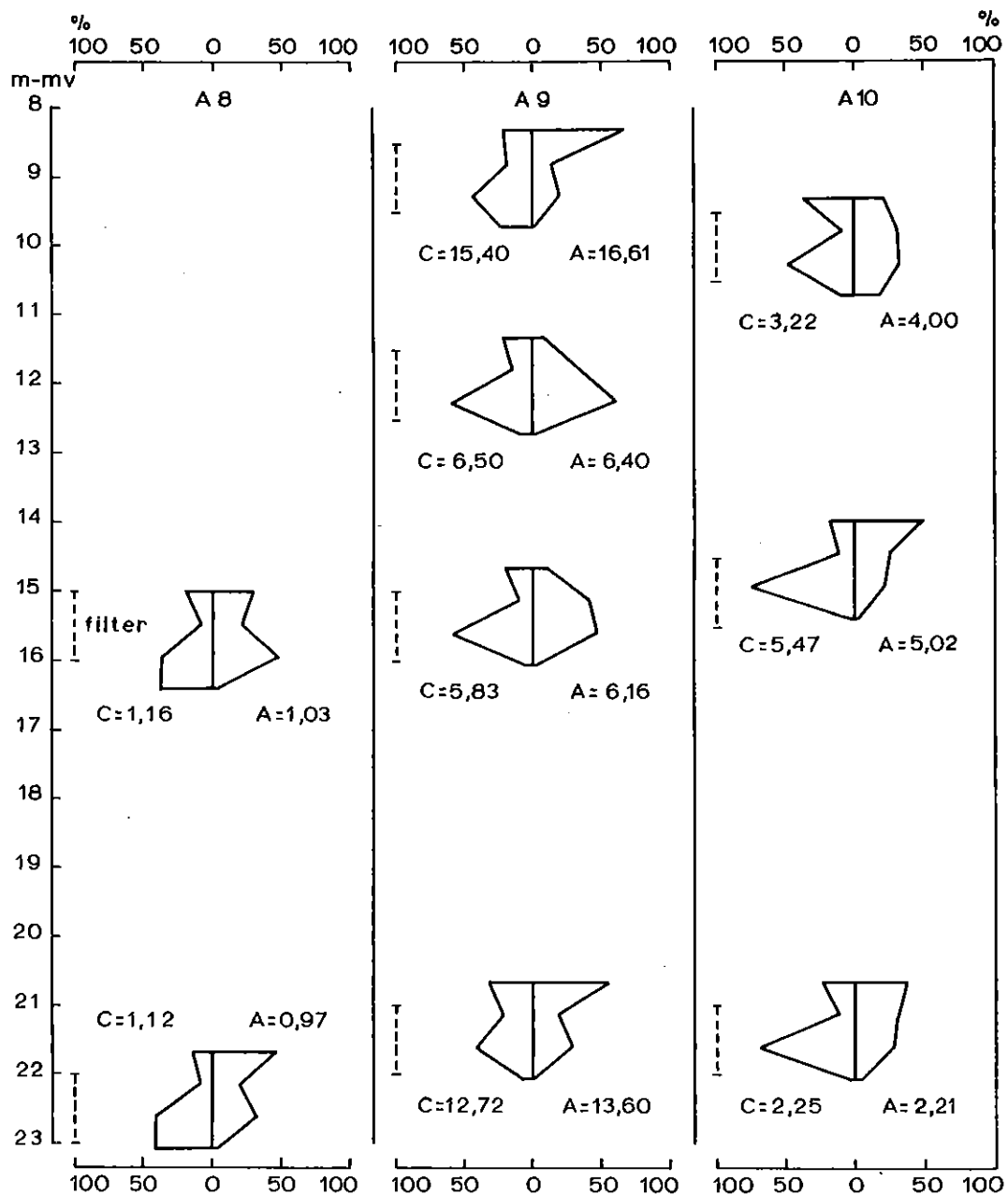
Ionenbalans van het grondwater, weergegeven in Stiffdiagrammen, waarbij de kationen (c) resp. de anionen (A) uitgedrukt zijn in % van de totale kation- resp. anionconcentratie (in meq/l)



Bijlage 3 (vervolg)

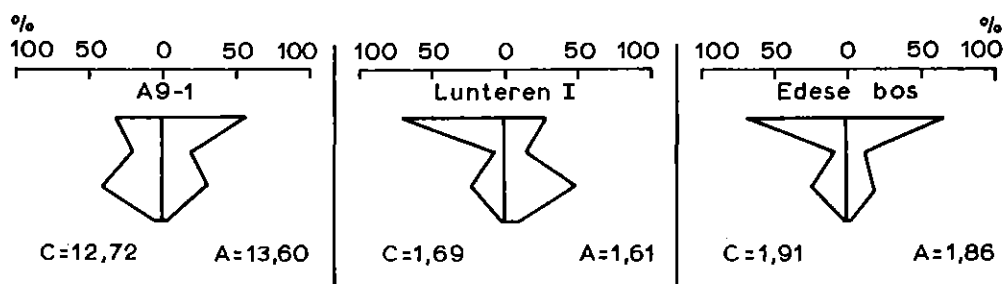


Bijlage 3 (vervolg)



Ionenbalans van diep grondwater op grote afstand van de stort

Bijl. 3 (vervolg)



Na ⁺	(mg/l)	111	8	10
K ⁺	(mg/l)	18	0,5	1
Ca ²⁺	(mg/l)	79	24	26
Mg ²⁺	(mg/l)	33	1	2
NH ₄ ⁺	(mg/l)	12,4	0,02	0,03
Fe ²⁺	(mg/l)	2,5	0,1	0
HCO ₃ ⁻	(mg/l)	468	28	75
SO ₄ ²⁻	(mg/l)	112	11	12
Cl ⁻	(mg/l)	127	27	12
NO ₃ ⁻	(mg/l)	1,0	10	2,5
Totaal	(mg/l)	963,9	109,6	140,5
Kjedahl-N (mg NH ₄ /l)		15,5	-	0,05
NH ₄ -org (mg NH ₄ /l)		3,1	-	0,02
Ortho-P (mg PO ₄ /l)		0,07	0,14	0,12
tot. P (mg PO ₄ /l)		0,84	-	-
hardheid tot. (°D)		16,9	3,6	4,2
hardheid bic. (°D)		21,5	1,3	3,4
COD (mg O ₂ /l)		63	-	-
zuurgraad (pH)		6,4	8,3	8,1
gel. vermogen µS/cm bij 25°C)		1156	176	175

Kwaliteit van het grondwater op geringe afstand (A9-1) en grote afstand van de stortplaats (Lunteren I en Edese bos)