

NN31545.1234

NOTA 1234

december 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Wageningen

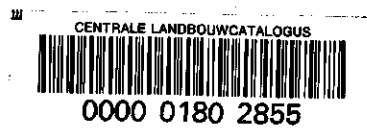
DE RESULTATEN VAN HET HYDROLOGISCH  
ONDERZOEK BIJ HET AMSTERDAM-RIJNKANAAL

Drs. A.B. Pomper

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

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.



ISBN 148629-03

## I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1
2. OPZET VAN HET ONDERZOEK	2
3. GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE (fig. 3)	4
4. HET VERLOOP VAN DE GRONDWATERSTANDEN	7
4.1. De raai ten westen van het kanaal	13
4.2. De raai ten oosten van het kanaal	15
5. BEREKENINGEN	18
6. DE AETSVELDSE POLDER	21
7. HET TOTALE WATERVERLIES UIT HET KANAAL	23
8. CONCLUSIES	23
9. LITERATUUR	24

## 1. INLEIDING

Naar aanleiding van de vraag welke de mogelijke gevolgen zouden zijn van de uitvoering van de verbeteringswerken, die sedert 1972 aan het Amsterdam Rijnkanaal in uitvoering zijn, werd door het ICW een onderzoek uitgevoerd naar de situatie tussen Utrecht en Amsterdam.

In 1975 werd verslag uitgebracht van de resultaten van deze onderzoeken (POMPER, 1975). Hierbij kwam naar voren dat als gevolg van de uitvoering van de verbeteringswerken in de kanaalgedeelten tussen Utrecht en Maarssen (km 30-35) en tussen Weesp en Amsterdam (km 3-7), geen noemenswaardige invloed van blijvende aard op de hydrologische situatie te verwachten zou zijn. De reden is dat tussen Utrecht en Maarssen het Holoceen zo dun is dat reeds voor de verbeteringswerken de bodem van het kanaal in het pleistocene zand lag; tussen Weesp en Amsterdam is een zeer dik afdekkend pakket aanwezig, dat weliswaar door de kanaalverbetering iets dieper doorsneden wordt maar ook daarna nog relatief dik blijft.

Anders is de situatie tussen Maarssen en Weesp. De dikte van het afdekkend pakket neemt tussen Utrecht en Amsterdam geleidelijk toe, zodat in dit traject de dikte zodanig is dat vóór de uitvoering van de werken onder de kanaalbodem nog een gedeelte van het afdekkend pakket aanwezig was, terwijl na de uitvoering ervan de onderkant van het kanaal direct op het pleistocene zand rust, zodat een directe verbinding ontstaan is tussen het kanaal en het watervoerend pakket.

Mede omdat het gemiddeld kanaalpeil (ca. 0,45 m -NAP) hoger ligt dan het slootpeil in de aan het kanaal grenzende polders (ca. 2 m -NAP) is te verwachten dat als gevolg van de kanaalverbetering een toename

van het waterverlies uit het kanaal en de kwel in de aangrenzende polders plaats zal hebben. De juistheid van deze stelling kwam al naar voren uit een bestudering van het verloop van de grondwaterstanden in een uit drie waarnemingspunten bestaande raai in de Aetsveldse polder bij Weesp.

Op grond van de onderzoek in de Aetsveldse polder werd de toename van het waterverlies uit het kanaalpand tussen Maarssen en Weesp geschat op 30 mm/dag dwz  $69\ 000\ m^3/dag$  (ca. 25 miljoen  $m^3/jaar$ ).

Tijdens de bespreking van de in POMPER (1975) vermelde resultaten door de Commissie Kwel- en Verdrogingsschade Amsterdam-Rijnkanaal, kwam de wens naar voren één en ander nader te onderzoeken, temeer daar de verbeterings-werken in het pand tussen Maarssen en Weesp nog niet uitgevoerd waren, zodat zowel de situatie voor de uitvoering van de werken als die erna konden worden bestudeerd.

## 2. OPZET VAN HET ONDERZOEK

Hoewel het aanvankelijk in de bedoeling lag een breed opgezet onderzoek uit te voeren, werden om verschillende redenen beperkingen toegepast. In nota 841 (POMPER, 1975) wordt aanbevolen tussen Breukelen en Nigtevecht het volgende onderzoek uit te voeren:

- a. Het meten van de wegzijging (event. kwel) door de kanaalbodem door middel van kwelometers;
- b. Het inrichten van een aantal raaien met grondwaterstandsbuizen aan weerszijde van het kanaal.

Het uitvoeren van wegzijgings-metingen moest vervallen omdat het inrichten van de meetpunten in verband met het drukke scheepvaartverkeer te riskant was.

Het aantal grondwaterstands-waarnemingsraaien moest beperkt worden tot één - bij Loenen - omdat de nodige mankracht voor het inrichten van meer waarnemings-raaien ontbrak.

De ligging van deze raai is gegeven in fig. 1. De waarnemingen konden in juli 1975 beginnen en werden gedeeltelijk tot zomer 1978 voortgezet. Een aantal buizen is komen te vervallen in verband met

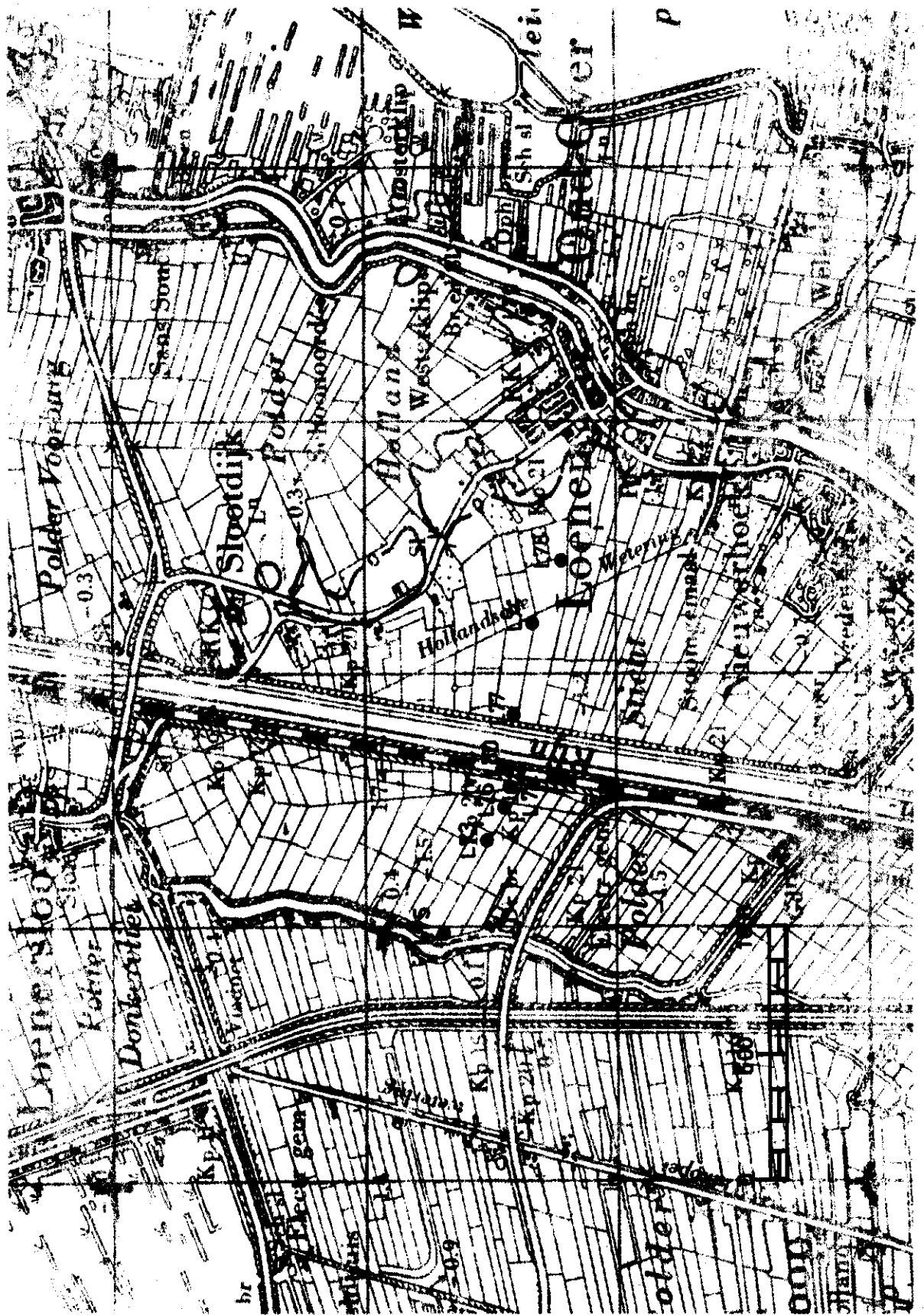


Fig. 1.

vernielingen. In het voorjaar van 1977 werden ter hoogte van Loenen de verbeterings-werken in de oostelijke helft van het kanaal uitgevoerd (fig. 2).

### 3. GEOHYDROLOGISCHE SITUATIE (fig. 3 EN BIJLAGE I)

In nota 841 POMPER, 1975) is de geohydrologische situatie van het gebied rondom het Amsterdam-Rijnkanaal uitvoerig beschreven. Bovendien kon, aan de hand van de boringen welke bij Loenen werden uitgevoerd, een geologisch profiel worden aaneengesteld (fig. 3).

Samenvattend kan worden gesteld dat de basis van het hydrologische pakket wordt gevormd door de Tegelenlei welke op een diepte van 150-200 meter wordt aangetroffen. Daarboven bevinden zich twee water-voerende pakketten gescheiden door een laag bestaande uit klei en/of fijne zanden behorende tot de Formaties van Kedichem en Tegelen.

Nabij het oppervlak bevindt zich een afdekkend pakket van 4,5 à 6 meter bestaande uit fijne zanden, veen en rivierklei.

Onder het holocene afdekkende pakket bevindt zich het gewenste watervoerend pakket, bestaande uit fijne homogene zanden uit de Formatie van Twente met daaronder de grove grindrijke fluviatiele zanden uit de Formatie van Kreftenheye (event. ook Formatie Urk). Daaronder bevindt zich een 20-30 meter dik fijnkorrelig pakket, behorend tot de Formatie van Streksel. De Kedichemklei, die elders in het gebied veelvuldig is aangetroffen, ontbreekt hier.

Onder deze scheidende laag bevinden zich de grove grindrijke zanden uit de Formatie van Harderwijk. Aangenomen wordt dat deze zich voortzetten tot de bovenzijde van de Tegelenlei. In boring 31 F 183, gelegen in de Loosdrechtse Plassen, niet ver van Loenen, is deze klei aangetroffen op een diepte van 144 m -NAP. Het kleipakket bestaat daar uit een gesloten laag van ruim 50 meter dikte en kan derhalve als afsluitende laag worden beschouwd. Bij Breukelen (boring 31 E 106) ligt de bovenzijde van de Tegelenlei op een diepte van 146 m -NAP. De onderzijde van het pakket is daar niet bereikt maar de dikte bedraagt meer dan 21 meter (SCHOUTE, 1974).

Wat betreft de hydrologische grootheden, kan gebruik worden gemaakt

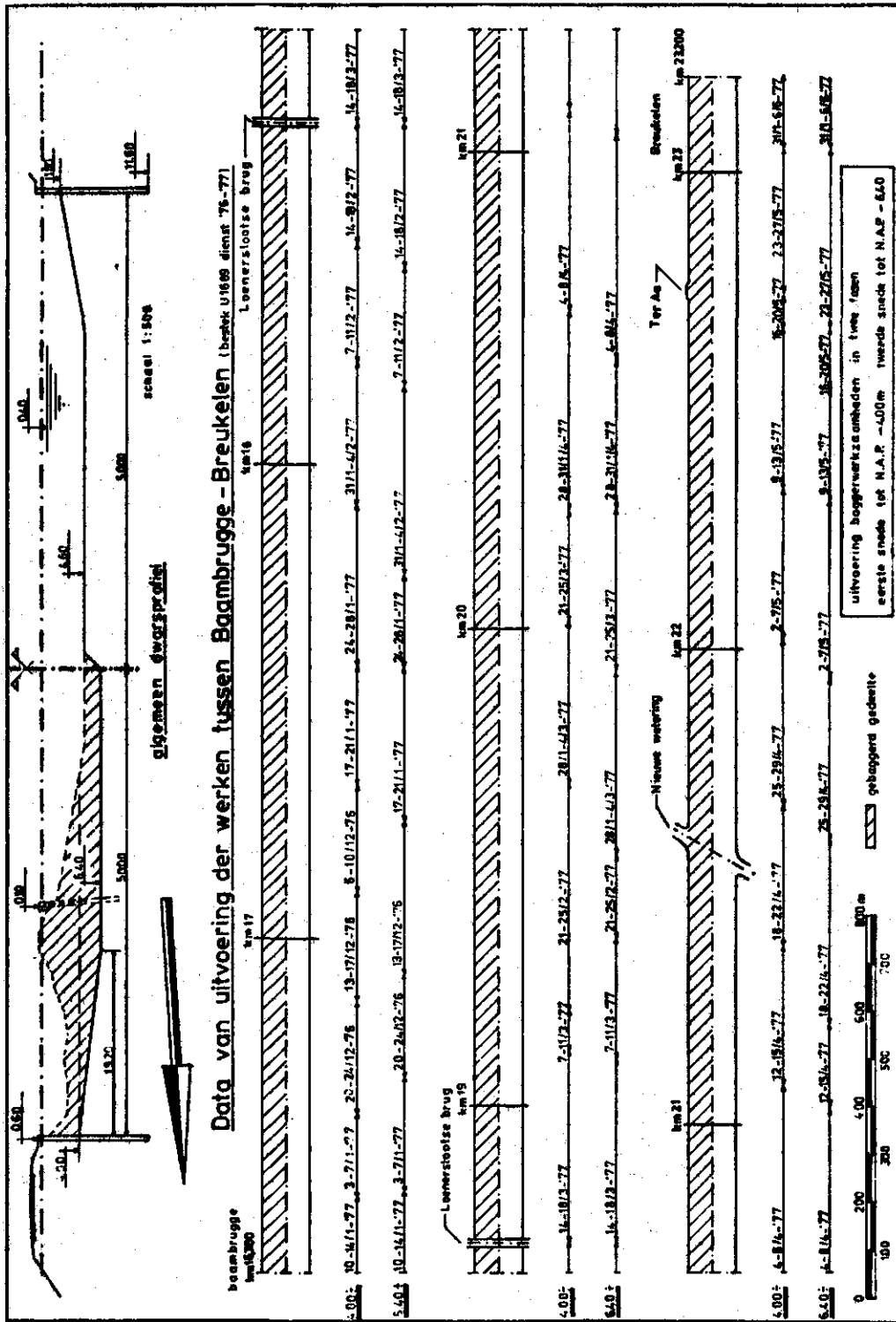


Fig. 2.

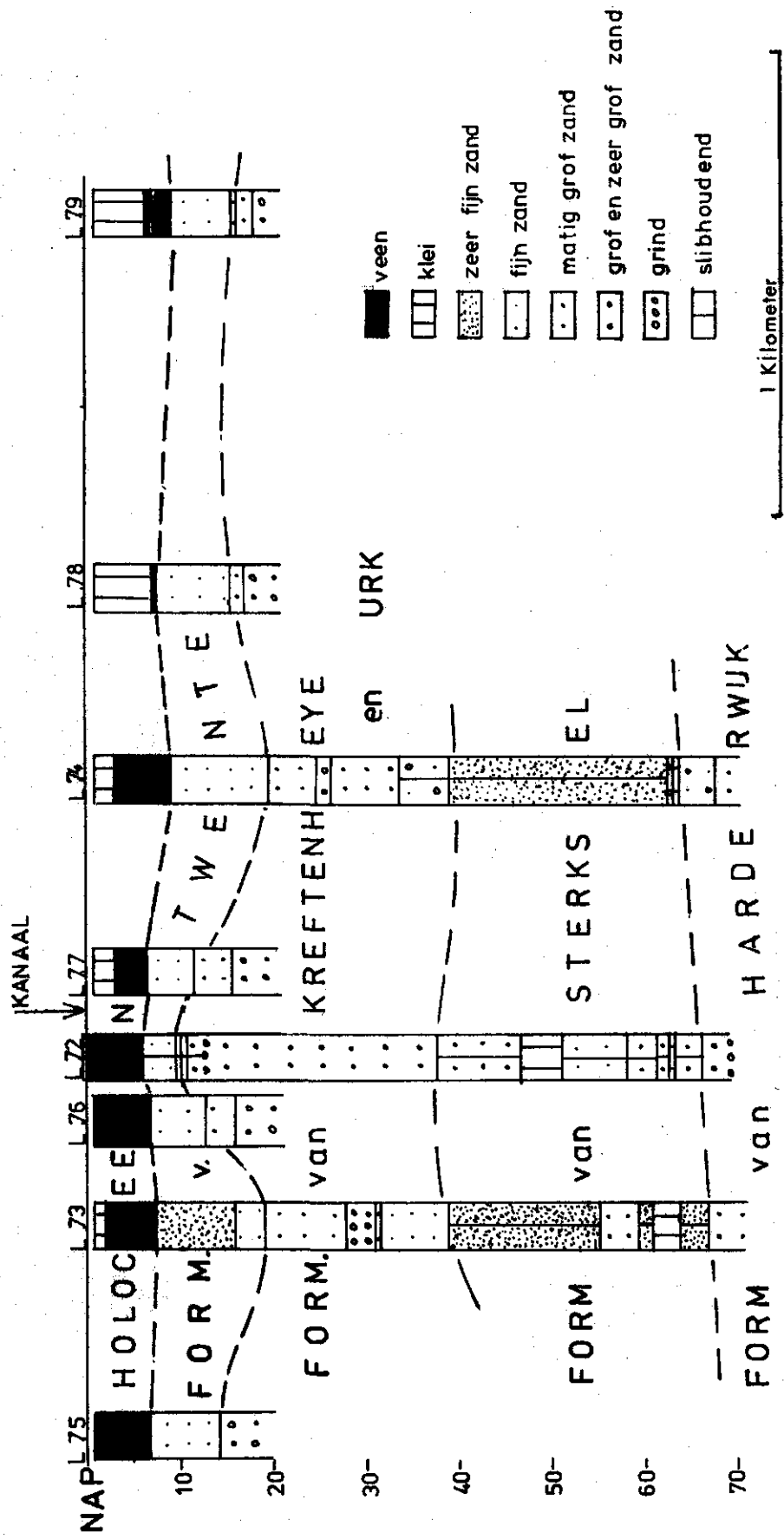


Fig. 3.



van de voorlopige kaarten, samengesteld door HEIJ (gezamenlijke samenstelling door het RID en DGV-TNO). Beschikbaar zijn kaarten van de gemiddelde c-waarde van het afdekkend pakket en van de gemiddelde waarden van het doorlaatvermogen van het bovenste en onderste watervoerend pakket. Helaas zijn geen gegevens beschikbaar van de c-waarde van de scheidende laag.

Bovengenoemde kaarten geven te zien dat de c-waarde van het afdekkend pakket ter plaatse van Loenen 250 dagen bedraagt (wat overeenkomt met de waarde die door WIT (1974) werd vastgesteld in het kader van het onderzoek Middenwest Nederland; het doorlaatvermogen van het bovenste watervoerend pakket bedraagt ongeveer  $1500 \text{ m}^2/\text{dag}$  en dat van het onderste watervoerend pakket  $2900 \text{ m}^2/\text{dag}$ .

Uit het verloop van de grondwaterstanden valt af te leiden dat de c-waarde van de scheidende laag gering is.

#### 4. HET VERLOOP VAN DE GRONDWATERSTANDEN BIJ LOENEN.

Zoals gemeld werden de grondwaterstanden waargenomen tussen juli 1975 en augustus 1978 in 9 waarnemingspunten (voor de ligging zie fig. 1). Bovendien werd een buis op grotere afstand van het kanaal waargenomen voor het vaststellen van de ongestoorde situatie (B87). De waarnemingen hebben dus plaats gehad over een periode van 21 maanden voor de uitvoering van de werken en tot heden 18 maanden daarna. Dit houdt in dat voor de uitvoering de grondwatersituatie gedurende twee zomerperioden en twee winterperioden is vastgelegd en na de werken twee zomers en één winter. Aanvankelijk vonden de waarnemingen vier of vijf maal per maand plaats. Sedert 1976 is de frequentie tot twee maal per maand verlaagd. De reden van deze verandering in frequentie ligt in het personele vlak. In de zomer van 1978 zijn slechts weinig waarnemingen verricht. In de loop van 1978 had een steeds verder gaand verval van het waarnemingsnet plaats, zodat van slechts enkele meetpunten gegevens beschikbaar zijn.

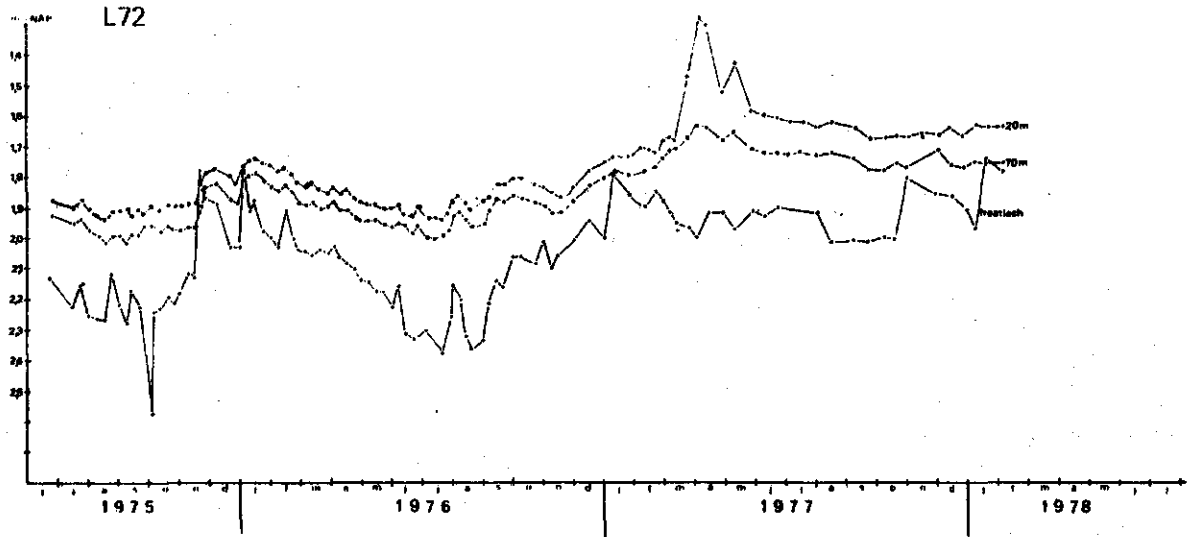
Aan alle peilbuizen werd grondwater onttrokken voor het vaststellen van het chloride-gehalte. Dit gehalte bleek gering te zijn, zodat geen correcties behoeften te worden uitgevoerd op het soortelijk ge-

wicht. In eerste instantie zijn de waarnemingen verwerkt tot tijdstijghoogtelijnen (fig. 4). Bovendien zijn de gemiddelde waarden berekend over de perioden 26/6'75 - 26/9'75, 7/11'75 - 26/3'76, 14/5'76 - 24/9'76, 1/11'76 - 25/3'77, 12/5'77 - 23/9'77, 3/11'77 - 7/2'78 en 22/5'78 - 22/8'78. Deze worden gegeven in tabel 1.

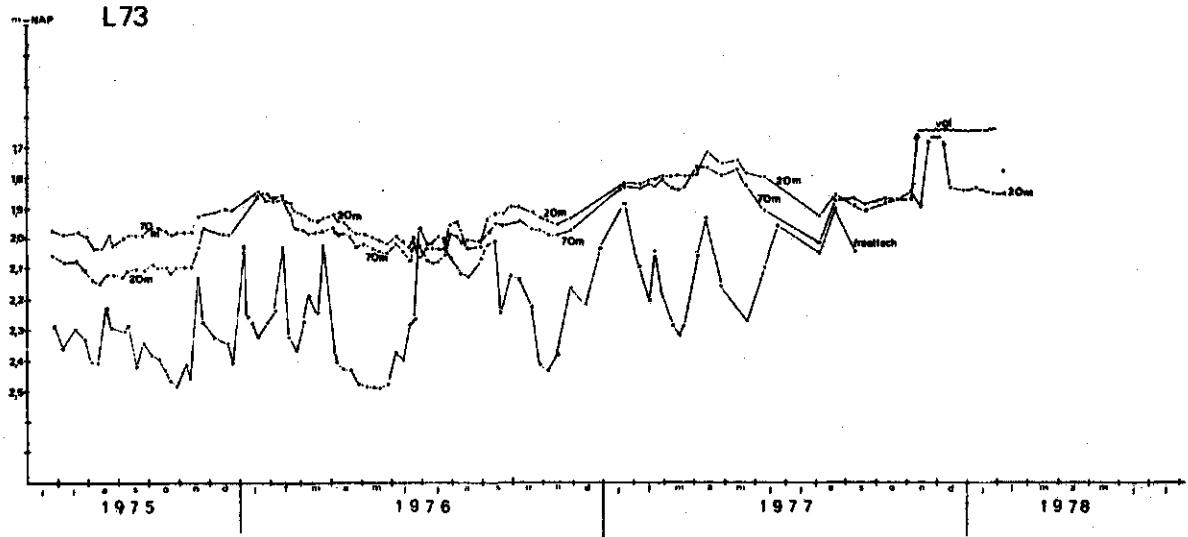
Tabel 1. De gemiddelde grondwaterstanden over verschillende perioden in de peilbuizen van een raai loodrecht op het Amsterdam-Rijnkanaal ter hoogte van Loenen. Grondwaterstanden in m -NAP

buisnr. + diepte in m	Perioden							
	26/6,'75 26/9,'75	7/11,'75 26/3,'76	14/5,'76 24/9,'76	1/11,'76 25/3,'77	12/5,'77 23/9,'77	3/11,'77 7/2,'78	22/5,'78 22/8,'78	
	Zomer		Zomer		Zomer		Zomer	
L75,20	2,264	1,960	2,053	1,918	1,924	1,878	1,998	
L73,20	2,001	-	1,989	1,850	1,844	1,837	1,933	
70	2,106	-	2,025	1,880	1,878	-	1,914	
L76,20	1,912	1,832	1,924	1,776	1,692	1,696	1,808	
L72,20	1,904	1,800	1,896	1,737	1,596	1,633	-	
70	1,972	1,860	1,955	1,794	1,720	1,744	-	
L80,20	1,848	1,749	1,850	1,672	1,622	1,757	1,882	
L77,20	1,991	1,778	1,842	1,738	1,550	1,434	1,761	
L74,20	1,823	1,712	1,818	1,653	1,620	1,580	1,755	
70	1,840	1,601	1,819	1,539	1,386	1,338	1,707	
L79,20	1,530	1,419	1,544	1,314	1,409	1,342	1,445	
B87,20	-	2,316	2,417	2,271	2,370	2,247	2,409	

GRONDWATERSTANDEN



GRONDWATERSTANDEN



GRONDWATERSTANDEN

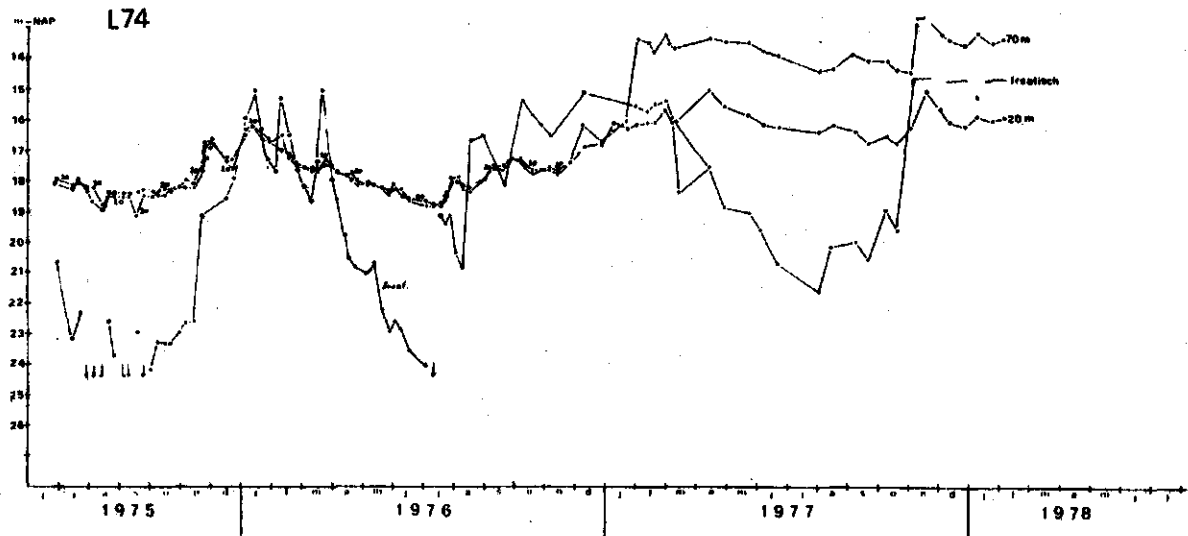
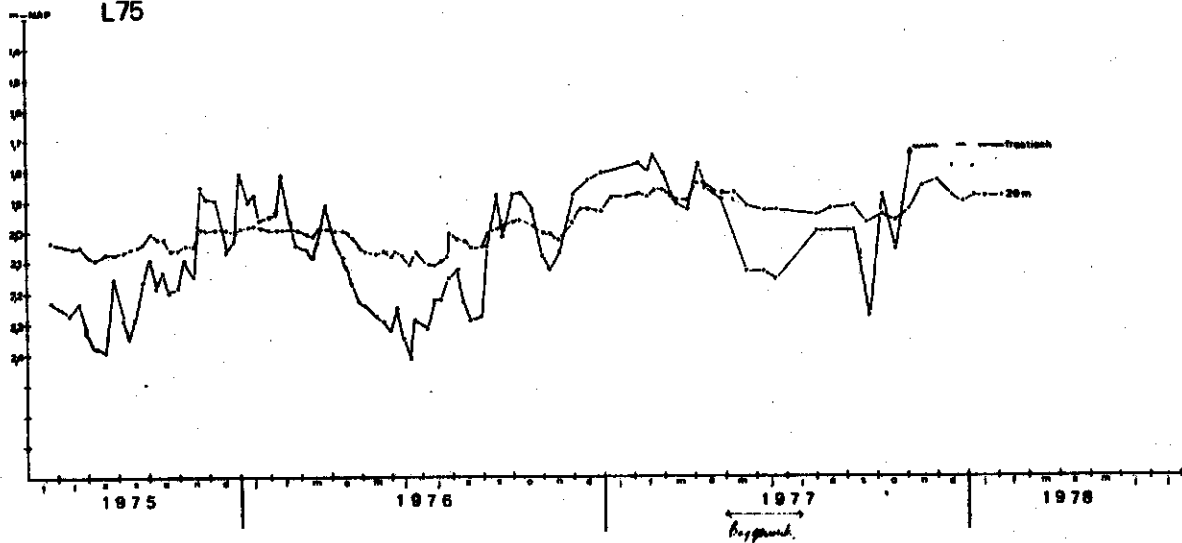


Fig. 4a.

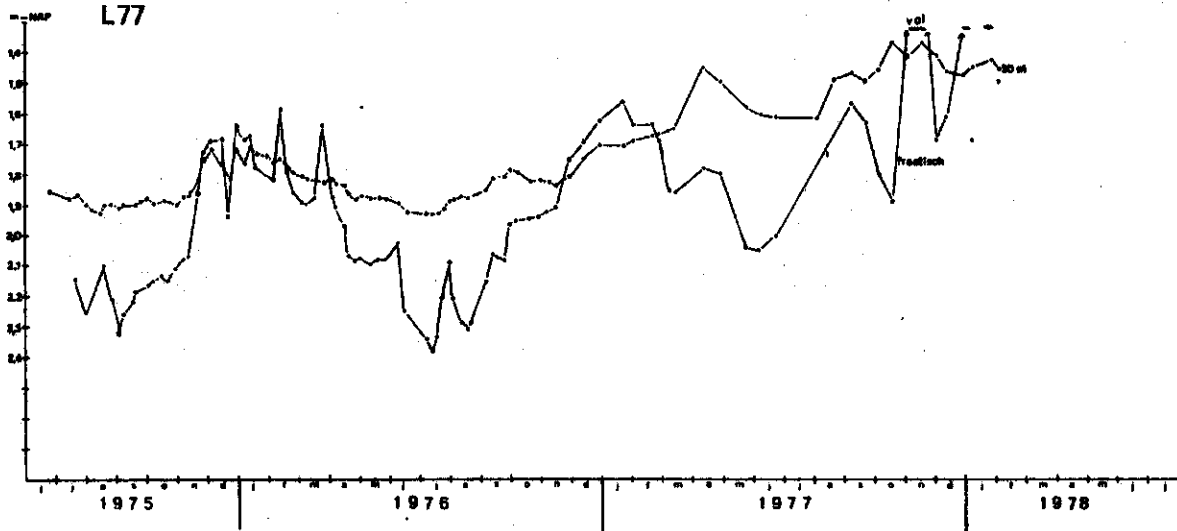
GRONDWATERSTANDEN

L75



GRONDWATERSTANDEN

L77



GRONDWATERSTANDEN

L78

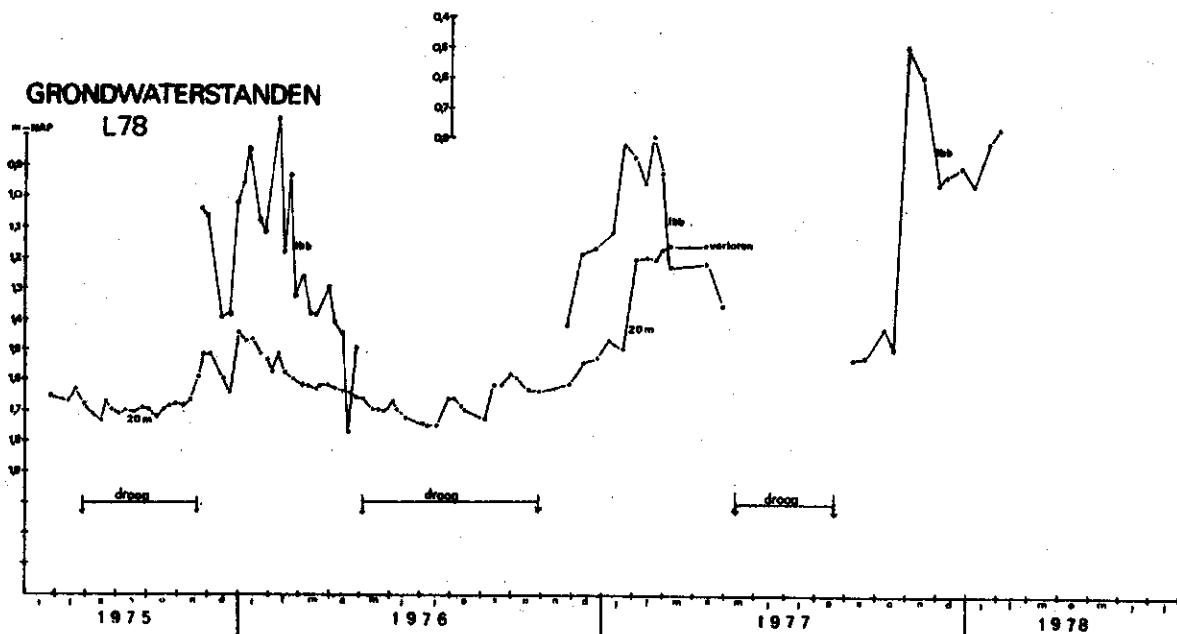


fig. 4b.

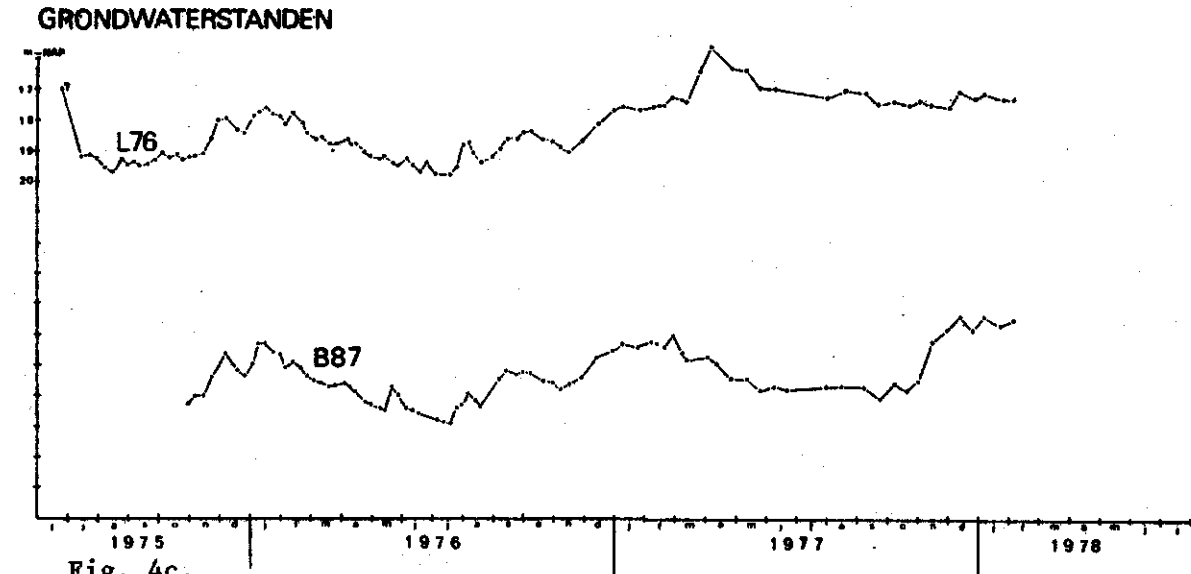
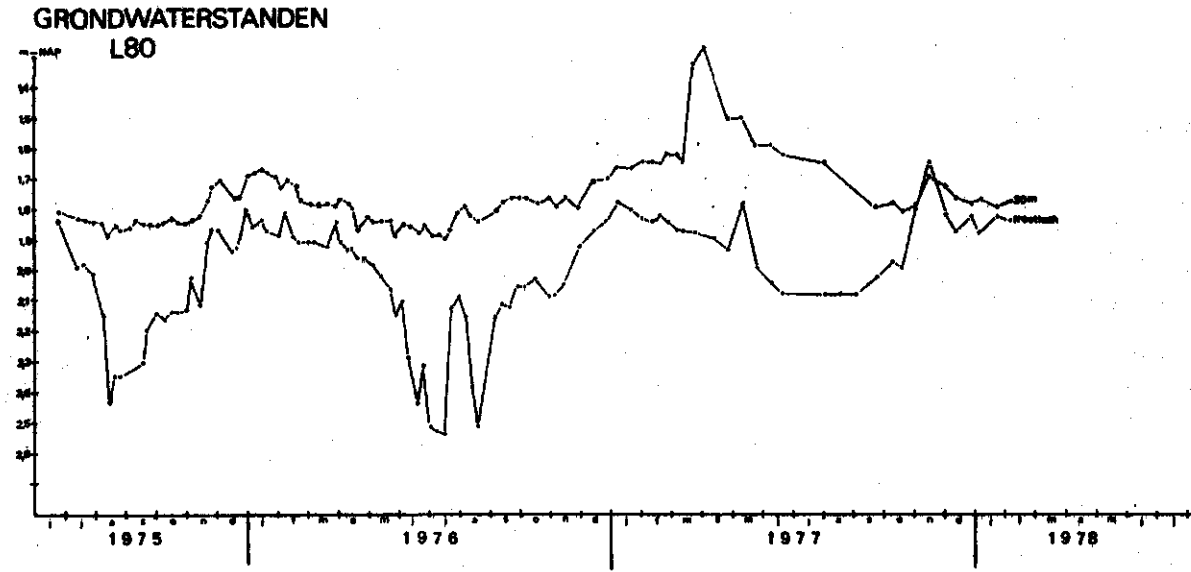
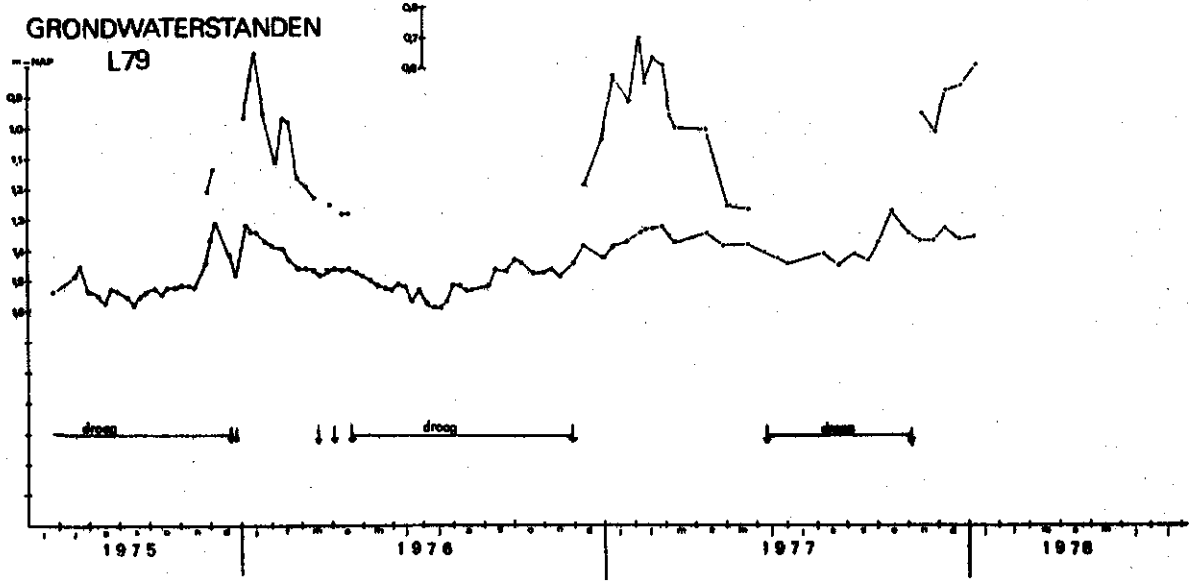


Fig. 4c.

WATERSTANDEN OPEN WATER

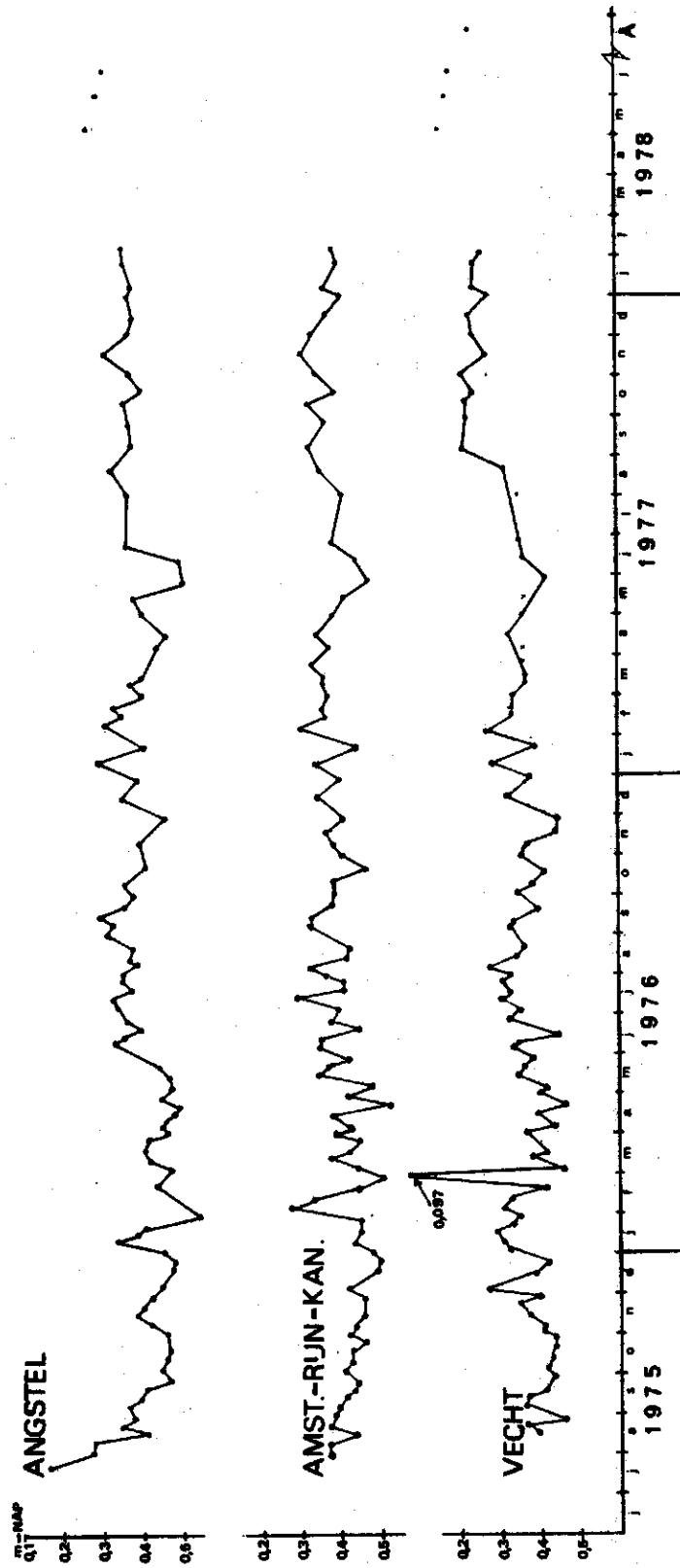


Fig. 4d.

#### 4.1. De raai ten westen van het kanaal

In deze raai zijn respectievelijk de volgende waarnemingspunten ingericht: L 80 (nabij het kanaal), L 72, L 76, L 73 en L 75 (bij de Angstel).

L 80: Gedurende vrijwel de gehele waarnemingsperiode liggen de standen van het diepe grondwater hoger dan die van het freatische grondwater. In de winterperioden ligt het peilverschil op 15 à 20 cm; in de zomerperioden worden verschillen van 70 cm waargenomen. De standen van het diepe grondwater liggen in 1976 lager dan in 1975, wellicht ten gevolge van de droogte in 1976. Eind maart 1977 worden de baggerwerkzaamheden ter hoogte van de raai uitgevoerd (fig. 2). Het gevolg is dat het diepe grondwater een sterke stijging te zien geeft (het freatisch water niet). Daarna heeft een zeker herstel plaats maar de standen komen niet meer op het oude niveau terug. Uit tabel 1 is af te lezen dat de gemiddelde zomerstanden in 1975 en 1976 respectievelijk 1,848 en 1,850 m -NAP bedragen tegen in 1977 1,622 m -NAP. In het zomerhalfjaar van 1978 zijn in deze buis nog drie waarnemingen gedaan met een gemiddelde stand van 1,882 m -NAP wat nog ca. 3 cm boven die van voor de verbeteringswerken ligt. De standen van 1977 staan nog sterk onder invloed van de verbeteringswerken die te kort daarvoor plaats gehad hebben. De winterstanden geven geen opmerkelijke verschillen te zien.

L 72: Bij dit meetpunt zijn drie waarnemingsbuizen ingericht met filters op respectievelijk 1,5, 20 en 70 m -NAP. De buis op 20 m is in het bovenste watervoerend pakket geplaatst; die van 70 m in het onderste.

Opvallend is dat het verloop van de grondwaterstanden in de watervoerende pakketten gedurende de jaren 1975 en 1976 ongeveer hetzelfde verloop hebben met een peilverschil van 6-8 cm. De direkte invloed van de baggerwerkzaamheden manifesteert zich sterker bij de buis op 20 m dan bij die van 70 m. Het gelijke verloop blijft bestaan met dien verstande dat het peilverschil groter is geworden.

Ook op het freatisch water lijken de werken invloed gehad te hebben. Het peilverschil tussen diep en ondiep water is in 1977 dan ook geringer dan in de voorgaande jaren. Gedurende vrijwel de gehele waarnemingsperiode staat het diepe grondwater hoger dan het freatisch grondwater.

De gemiddelde zomerstand van de 20 m buis ligt in 1977 gemiddeld 30 cm hoger dan in de voorafgaande jaren (tabel 1). Helaas zijn over 1978 geen gegevens beschikbaar.

- L 76: Hier is alleen de stand van het grondwater op 20 meter beschikbaar. Het verloop van de grondwaterstanden geeft hetzelfde beeld als bij L 72, met dien verstande dat de invloed van de uitvoering van de werken geringer is. De gemiddelde zomerstijghoogte van 1977 ligt ruim 20 cm hoger dan die van de voorafgaande jaren; die van 1978 8 cm lager (?).
- L 73: Dit betreft weer een meetpunt met drie waarnemingsbuizen. Evenals bij meetpunt L 72 vertoont het verloop van de grondwaterstanden in de beide watervoerende pakketten hetzelfde beeld, hoewel de standen in de buis op 20 meter grotere variaties vertoont dan die van 70 m. De wintersituatie is moeilijk te beoordelen omdat de buizen vaak vol bleken te staan. Opvallend is wel dat dit gedurende de winter van 1977/1978 langer het geval was dan in de twee voorafgaande winters. De gemiddelde zomerstand vertoont direkt na de uitvoering van de werken enige stijging te weten 15 cm in de buis op 20 m en 20 cm in die op 70 m de gemiddelde stand van 1978 ligt voor de buis op 20 m ca. 11 cm lager dan die van 1975/1976 en 15 cm voor de buis op 70 m diepte.
- L 75: De waterstanden in dit verst van het kanaal gelegen meetpunt vertoont uiteraard de geringste variaties zowel in het freatisch grondwater als in dat op 20 meter diepte. De uitvoering van de baggerwerkzaamheden ter hoogte van de raai is niet te zien in de vorm van een sterke waterstandsstijging. Wel trad reeds veel eerder dan bij de andere buizen een algemene waterstandsstijging op. In de zomer van 1977 liggen de standen van het diepe grondwater dan ook 12 cm hoger dan in de voorgaande zomers; in 1978 nog ruim 10 cm.



#### 4.2. De raai ten oosten van het kanaal

Het betreft hier van oost naar west respectievelijk de boringen L 77, L 74, L 78 en L 79, waarbij de boring L 74 tot een diepte van 70 meter - maaiveld is uitgevoerd.

Zoals uit de waterstanden blijkt is de stand van het freatisch water, evenals ten westen van het kanaal, gedurende de zomerperiode lager dan die van het diepe grondwater. Er treedt dus kwel op. In de winterperiode echter treedt infiltratie op.

Opvallend is ook dat er grote verschillen tussen de standen van het freatisch water in de zomer en in de winter worden waargenomen. Bij de meetpunten L 78 en L 79 bleken dan ook de landbouwbuizen ongeschikt voor het uitvoeren van een aaneengesloten reeks van waarnemingen te zijn.

L 77: Deze geeft een verloop van de grondwaterstanden te zien welke ongeveer gelijk is aan dat van de 20 meter-buis in meetpunt L 72. De zomerstanden van 1977 ligt boven de winterstanden van de voorgaande jaren. De invloed van de droogte in 1976 is hier groter dan ten westen van het kanaal. De stand van zomer 1977 ligt 44 cm hoger dan die van 1976 en 29 cm hoger dan die van 1975; de stand van 1978 is nog ruim 15 cm hoger dan het gemiddelde van de zomers van 1975 en 1976.

L 74: Opvallend is hier dat de standen van de buizen op 20 en 70 meter voor de uitvoering van de werkzaamheden praktisch gelijk waren terwijl in de zomer van 1977 de buis op 70 meter standen te zien geeft die ca. 30 cm hoger liggen dan die van de buis op 20 meter; in 1978 is dit verschil nog steeds aanwezig, zij dat het dan slechts 5 cm is.

Indien de beschouwingen beperkt worden tot de buis van 20 meter dan is te zien dat de zomerstanden van 1977 ongeveer 20 cm hoger liggen dan die in 1975 en 1976 en de standen in 1978 nog ca. 7 cm.

Het waarnemingspunt L 78 is onbruikbaar voor deze studie, omdat de buis in de winter van 1976-1977 verloren is gegaan en derhalve geen waarnemingen over de zomer van 1977 beschikbaar zijn.

L 79: Dit punt is betrekkelijk dicht bij de Vecht gelegen en is derhalve vergelijkbaar met de buis van L 75: de grondwaterstanden vertonen weinig variatie. Wel is te zien dat de zomerstanden in 1977 en 1978 hoger liggen dan die in de voorafgaande zomers. Het verschil tussen de standen in 1975 en 1976 enerzijds en 1977 anderzijds bedraagt overigens nog ca. 14 cm; en dat met 1978 nog 9.2 cm.

De in tabel 1 gegeven waarden van de zomer- en winterstanden zijn nog eens grafisch weergegeven in fig. 5. Bij de zomerstanden komt de hoge waarde van 1977 sterk naar voren. Ook is duidelijk te zien dat de situatie ten oosten en ten westen van het kanaal een zekere symmetrie vertoont. Opvallend is ook dat de regelmatige daling van de grondwaterstanden van oost naar west gedurende de zomers van 1975 en 1976 geen onderbreking lijkt te hebben bij het Amsterdam-Rijnkanaal, terwijl in 1977 tot het kanaal een stijging van de grondwaterstand te zien is en pas verdergaand naar het westen een sterke daling ondergaat. In 1978 is de oude situatie in zekere zin hersteld. Een en ander duidt erop dat er voor de uitvoering van de verbeteringswerken hoogstens een geringe infiltratie vanuit het kanaal in de ondergrond plaats had en sedert de uitvoering van de werken gedurende de zomerperiode een sterke infiltratie bestaat die het algemene grondwaterstromingsbeeld verandert.

Bij de gemiddelde winterstanden geeft alleen het meetpunt L 77 een sterke stijging te zien. Bij de overige buizen is wel enige stijging waar te nemen maar die is niet opvallend groot; zeker niet groter dan die welke in de buiten de invloed van de werken liggende boring B 87 wordt waargenomen.

Algemeen kan dus worden gesteld dat de sterkste invloed van de infiltratie is te verwachten gedurende de zomerperioden. Op grond hiervan werden de beschouwingen beperkt tot de zomersituatie; temeer daar eventuele schadelijke gevolgen van de werken alleen dan te verwachten zijn.

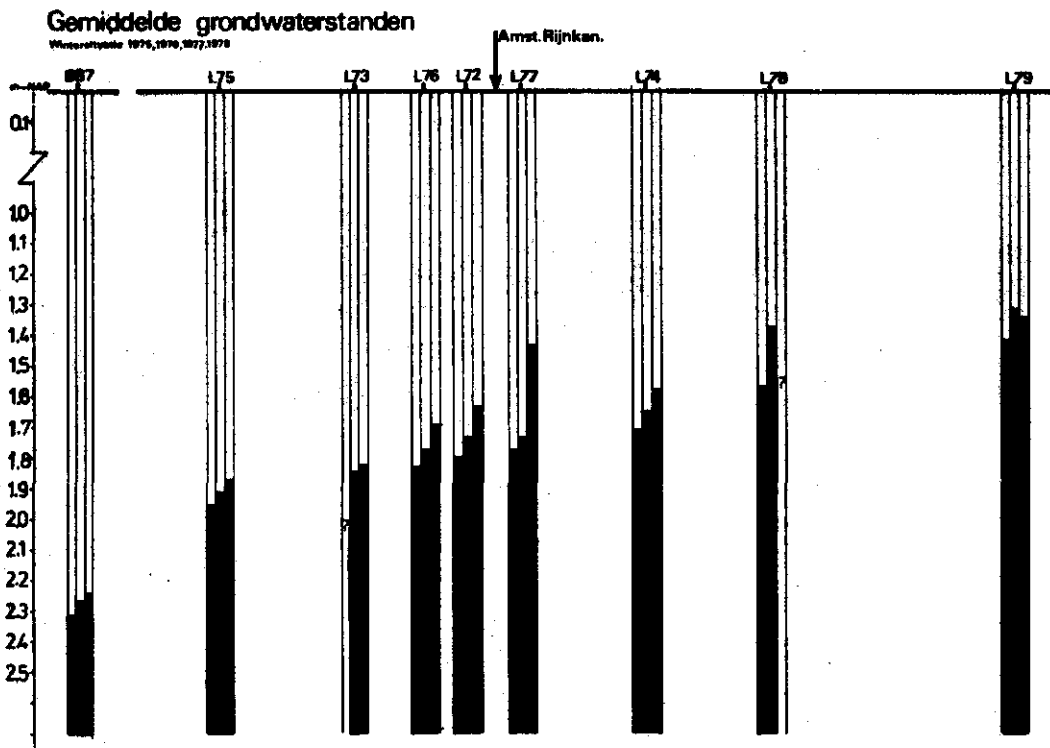
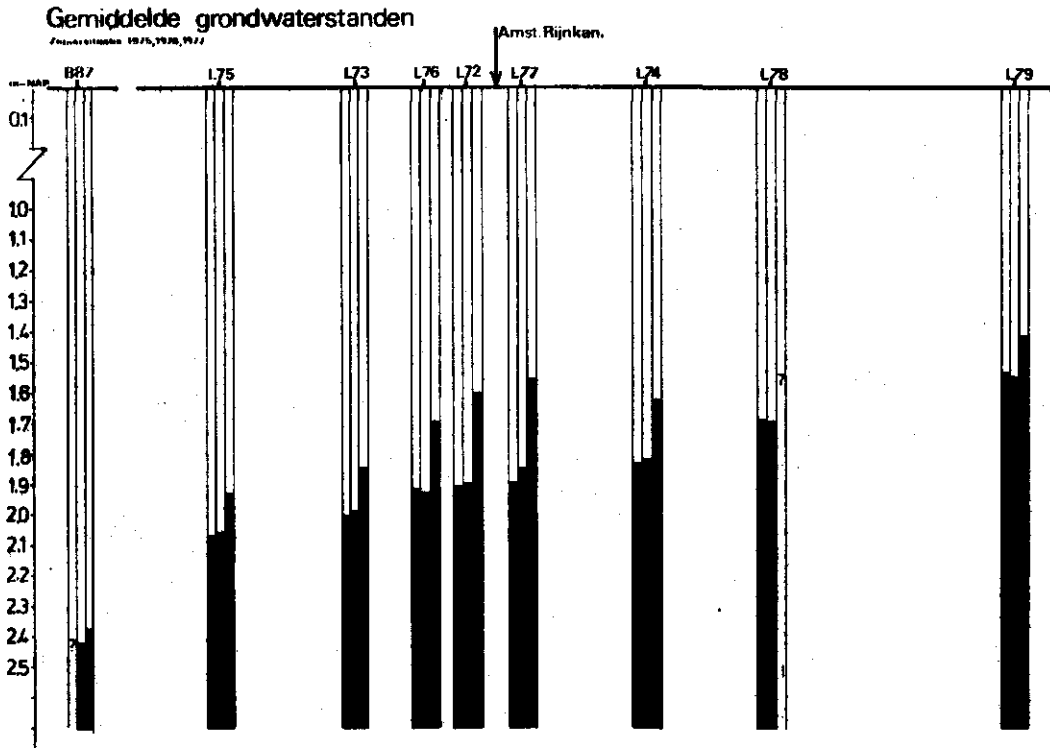


Fig. 5.

## 5. BEREKENINGEN

Met behulp van de verzamelde gegevens kan een aantal berekeningen worden uitgevoerd. Hierbij worden de volgende aannames gedaan:

1. Het scheidende pakket tussen de beide watervoerende pakketten is dermate dun en onvolledig dat dit verwaarloosd wordt. De totale waarde van het doorlaatvermogen van het watervoerend pakket bedraagt dan  $4400 \text{ m}^2/\text{dag}$  (blz. 7).
2. De verticale weerstand van het afdekkend pakket is over het gehele gebied gelijk namelijk 250 dagen.

De berekeningen worden uitgevoerd met behulp van de formule van Mazure:

$$q_x = q_0 e^{-\frac{x}{\sqrt{kD \cdot c}}} \quad (\text{WESSELING, 1959}) \quad (1)$$

$$\phi_x = \phi_0 e^{-\frac{x}{\sqrt{kD \cdot c}}} \quad (\text{COLENBRANDER, 1962}) \quad (2)$$

waarin:  $q_x$  = grondwaterstromingscomponent als gevolg van het peilver-  
schil tussen grondwater en kanaal op een afstand  $x$  (m)  
van de kanaaloever ( $\text{m}^2/\text{dag}$ )  
 $q_0$  = idem bij de kanaaloever ( $\text{m}^2/\text{dag}$ )  
 $\phi_x$  = grondwaterstand op een afstand  $x$  (m) van het kanaal ten  
opzichte van een nader te definiëren vlak (m)  
 $\phi_0$  = idem bij de kanaaloever (m)

Bij beschouwing van het waterverlies moet gerealiseerd worden dat  $q_0$  de waarde betreft van de afstroming naar één zijde, zodat voor het totale waterverlies voor beide zijden moet worden berekend en indien dat niet mogelijk is een verdubbeling van  $q_0$ .

$$q_0 = q_x e^{\frac{x}{\sqrt{kD \cdot c}}} \quad (3)$$

Volgens de wet van Darcy is:

$$q_x = -kD \frac{d\phi}{dx} \quad (4)$$

na differentiatie van (2):

$$\frac{d\phi}{dx} = - \frac{1}{\sqrt{kD \cdot c}} \phi_0 e^{-\frac{x}{\sqrt{kD \cdot c}}} \quad (5)$$

$$q_x = \sqrt{\frac{kD}{c}} \phi_0 e^{\frac{-x}{\sqrt{kD \cdot c}}} \quad (5)$$

voor  $x = 0$  geldt dan:

$$q_0 = \sqrt{\frac{kD}{c}} \phi_0 \quad (6)$$

uit (2) volgt:

$$\phi_0 = \phi_x e^{\frac{x}{\sqrt{kD \cdot c}}} \quad (7)$$

Na substitutie van (7) en (6) ontstaat dan:

$$q_0 = \sqrt{\frac{kD}{c}} \phi_x e^{\frac{x}{\sqrt{kD \cdot c}}} \quad (8)$$

Aangezien het hier gaat om de berekening van de toename van de wateroverlast kan formule (8) worden omgezet in:

$$q'_0 = \sqrt{\frac{kD}{c}} \phi'_x e^{\frac{x}{\sqrt{kD \cdot c}}} \quad (9)$$

Waarbij  $q'_0$  en  $\phi'_x$  respectievelijk de toename voorstelt van de grondwaterstroming en de verandering van de grondwaterstroming als gevolg van de uitvoering van de verbeteringswerken. Een zijdelings voordeel van deze procedure is dat het probleem van het referentievlak voor de grondwaterstand daardoor automatisch wegvalt.

Met behulp van formule (9) werd de situatie bij Loenersloot berekend. Het resultaat wordt gegeven in tabel 2.

Tabel 2. De berekening van de waarde van  $q'_o$  in de raai ter hoogte van Loenersloot ( $m^2/dag$ )  $\phi_x$  is het verschil tussen de gemiddelde zomerstanden van 1975 en 1976 enerzijds en de waarden van respectievelijk 1977 en 1978 anderzijds

Boring nummer	Filter- diepte	Afstand tot het kanaal	$q'_o$	
			1977	1978
L 75	25	806	2,12	1,45
L 73	25	362	0,84	0,36
L 76	25	156	1,10	0,54
L 72	25	30	1,31	-
L 77	25	80	1,66	0,70
L 74	25	480	1,32	0,43
$q'_o$ gem. west v.h. kanaal			1,36	0,78
$q'_o$ gem. oost v.h. kanaal			1,49	0,57

Dit betekent dat de toename van het waterverlies uit het kanaal in 1977  $2,85 m^3/dag$  bedroeg en in 1978  $1,35 m^3/dag$ . Dit betekent bij een kanaalbreedte van 100 m een toename van het waterverlies van 28,5 mm in 1977 en 13,5 mm in 1978 over het kanaalpand van km 12 tot en met km 30 (18 kilometer dus) bedraagt de toename van het lekverlies voor 1977  $51 300 m^3/dag$  en van 1978  $24 300 m^3/dag$ . Dit betekent dat na een forse toename in 1977 de waarde in 1978 teruggelopen is tot de helft, wat nog een aanzienlijke toename blijft boven de door  $30 000 m^3/dag$  die door WIT (1974) werd berekend over de jaren 1970 - 1973. De ervaring bij de Aetsveldse Polder heeft geleerd dat na het tweede jaar geen belangrijke verandering meer optreedt.

## 6. DE AERTSVELDSE POLDER

In nota 841 (POMPER, 1975) wordt het verloop van de grondwaterstanden bij Weesp voor en na de verbeteringswerken beschreven.

In deze polder werden in 1972 drie boringen uitgevoerd (respectievelijk G 113, G 114 en G 115) waarbij G 113 tot een einddiepte van 71 m werd doorgezet. In deze boringen zijn grondwaterstandsbuizen aangebracht.

In het nabijgelegen kanaalpand werden de baggerwerkzaamheden in 1973 uitgevoerd.

Direkt na het gereedkomen van de boringen zijn de grondwaterstandswaarnemingen gestart, zodat voor de aanvang van de verbeteringswerken een reeks waarnemingen van één jaar beschikbaar zijn.

Na de baggerwerkzaamheden zijn de waarnemingen voortgezet tot begin 1978 toen de buizen verloren gingen als gevolg van de stadsuitbreiding van Weesp.

In tabel 3 worden de gemiddelde zomergrondwaterstanden gegeven welke in figuur 6 samen met de neerslag van het KNMI-station van Weesp nog eens grafisch worden gegeven.

Tabel 3. De gemiddelde grondwaterstanden van de boorpunten bij G 113, G 114 en G 115 over de zomers van 1973 tot en met 1977 (mei - september) in cm - NAP

Filterdiepte in m - maaiveld	G 113 M 25	G 113 L 70	G 114 L 25	G 115 L 25
1973	203,2	225,3	194,3	221,5
1974	199,9	209,9	190,6	215,1
1975	201,9	208,4	191,5	212,3
1976	199,9	206,5	191,9	211,5
1977	197,7	204,4	190,0	209,3

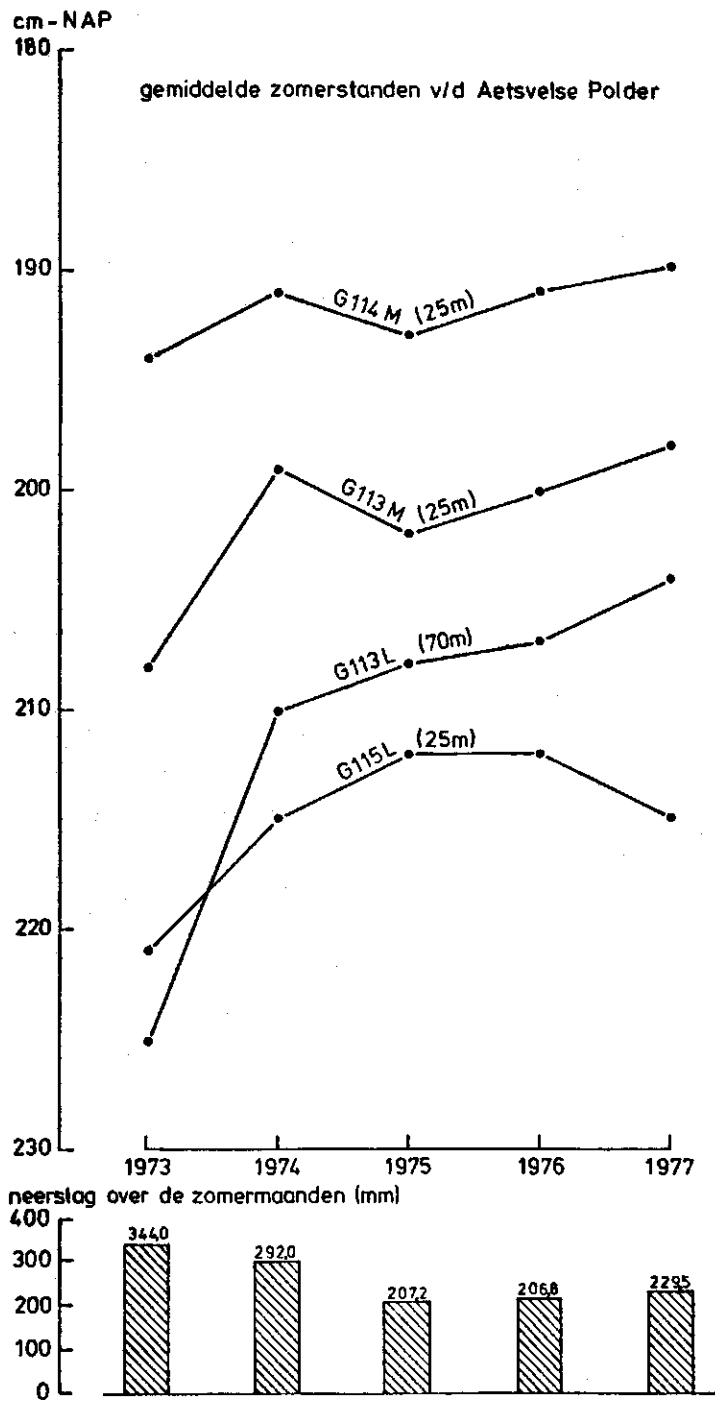


Fig. 6.



In alle meetpunten wordt een stijging van de grondwaterstand gemeten na de uitvoering van de verbeteringswerken.

Opvallend is dat de stijging van de grondwaterstand op 70 m diepte groter is dan op geringere diepte, iets wat bij Loenen ook was waargenomen. Op basis van de beschikbare gegevens kan hiervoor geen verklaring worden gegeven.

Met behulp van formule (9) kunnen nu evenals bij Loenersloot de waarden van de verandering van de grondwaterstroming als gevolg van de verbeteringswerken ( $q'_0$ ) worden berekend.

Opgemerkt wordt dat de waarnemingen van G 114 minder geschikt zijn voor het uitvoeren van berekeningen omdat te verwachten is dat de invloed van de nabij gelegen Vecht aanzienlijk is. De boring G 115 ligt op de oever van het kanaal, zodat de waarde van de afstand (x) niet met voldoende nauwkeurigheid beschikbaar is.

Tabel 4 geeft de resultaten berekend met formule (9).

Tabel 4. De toename van de grondwaterstroming ( $q'_0$ ) als gevolg van de verbeteringswerken in het Amsterdam-Rijnkanaal, berekend aan de hand van de waarnemingen in punt G 113L in de Aetsveldse Polder bij Weesp ( $m^2/dag$ )

	$\phi'$	$q'_0$
1973 - 1974	3,3	0,42
1973 - 1975	1,3	0,17
1973 - 1976	3,3	0,42
1973 - 1977	5,5	0,70

De gemiddelde toename in de richting van de Aetsveldse Polder over de periode 1973 tot en met 1977 bedraagt derhalve  $0,43 m^3/dag$ . Aangenomen dat deze in beide richtingen gelijk is wordt dan een waarde van  $0,86 m^2/dag$  of wel  $8,6 mm/dag$ .

Dit bedrag is minder dan de waarde die bij Loenersloot werd berekend. Een en ander wordt verklaard door het feit dat tijdens de uitvoering van de verbeteringswerken bij Loenersloot het gehele afdekkend

pakket wordt weggenomen, terwijl ter hoogte van de Aetsveldse Polder nog een klein gedeelte achter blijft.

Vergeleken met de waarde die in Pomper (1975) werd berekend, namelijk 30,4 mm/dag, blijkt dat de toename op basis van de hier gegeven berekeningen aanzienlijk lager is dan eerder werd vermoed, hetgeen ook in overeenstemming is met de indruk die bij RWS heerste.

## 7. HET TOTALE WATERVERLIES UIT HET KANAAL

Tijdens het onderzoek Middenwest Nederland werd door Wit (1974) over het kanaalpand tussen km 19 en km 24 een waterverlies van 10 000 m<sup>3</sup>/dag berekend. Indien over het kanaalpand tussen km 12 en km 30 een vergelijkbare wegzijging plaats heeft komt dit neer op een totaal waterverlies uit het kanaal over genoemd pand van 36 000 m<sup>3</sup>/dag.

Op basis van de berekeningen in deze nota kan de gemiddelde toename van het waterverlies uit het kanaal worden gesteld op 11 mm/dag hetgeen over genoemd kanaalpand neer komt op 20 000 m<sup>3</sup>/dag. Dit betekent een toename van het waterverlies met 55% zodat over genoemd kanaalpand het totale waterverlies zich zal stabiliseren op 56 000 m<sup>3</sup>/dag.

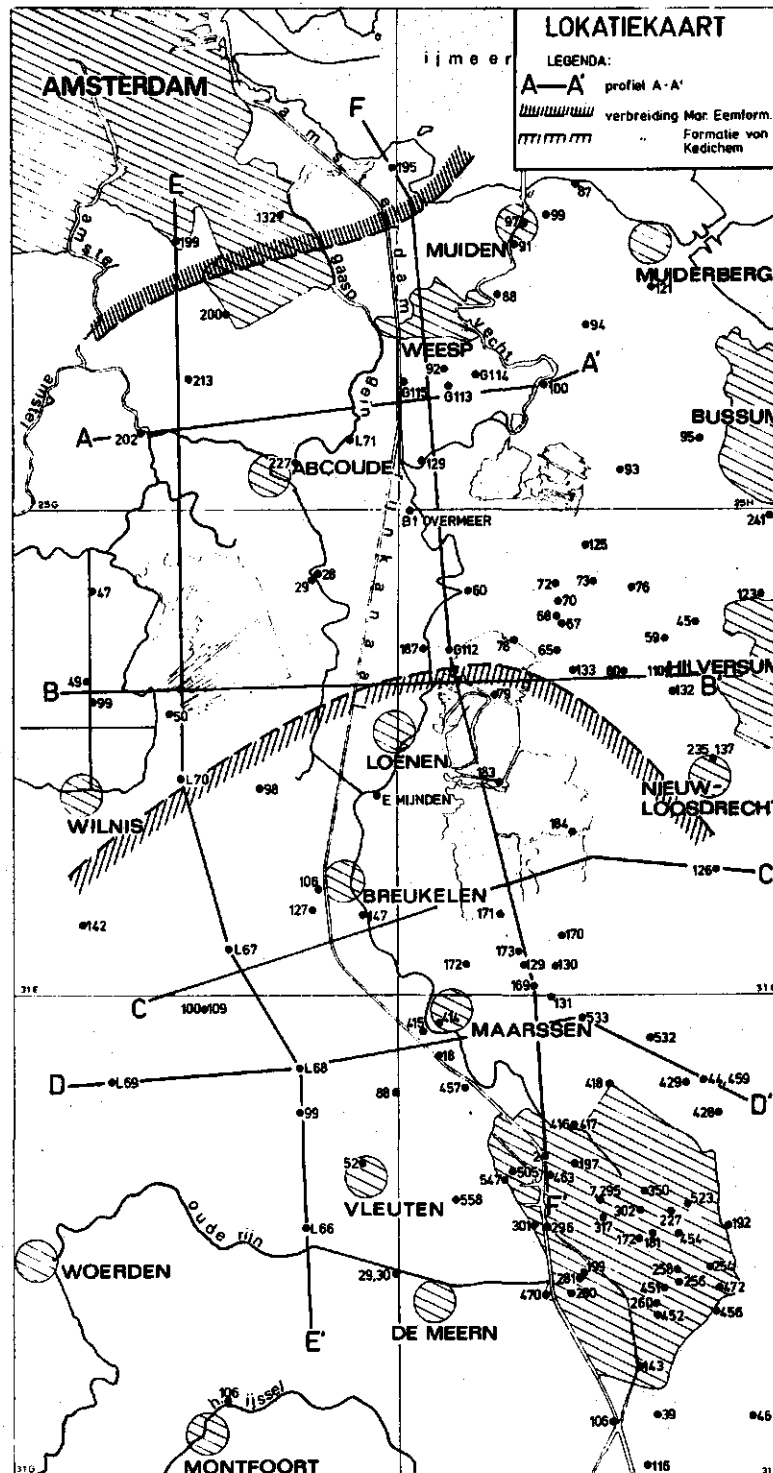
## 8. CONCLUSIES

- Hoewel in het eerste jaar na de verbeteringswerken een aanzienlijke vergroting van het waterverlies uit het kanaal optreedt, loopt deze waarde snel terug.
- Op basis van de beschikbare gegevens kan worden vastgesteld dat in het kanaalpand tussen Maarssen en Weesp het waterverlies uit het kanaal toeneemt met een waarde van gemiddeld 10 mm/dag, hetgeen resulteert in een toename van het totale waterverlies over het genoemde kanaalgedeelte met 20 000 m<sup>3</sup>/dag. Op basis van de oorspronkelijke waarde van 36 000 m<sup>3</sup>/dag kan worden uitgegaan van een vermeerdering van het waterverlies uit het kanaal met ca. 55%.

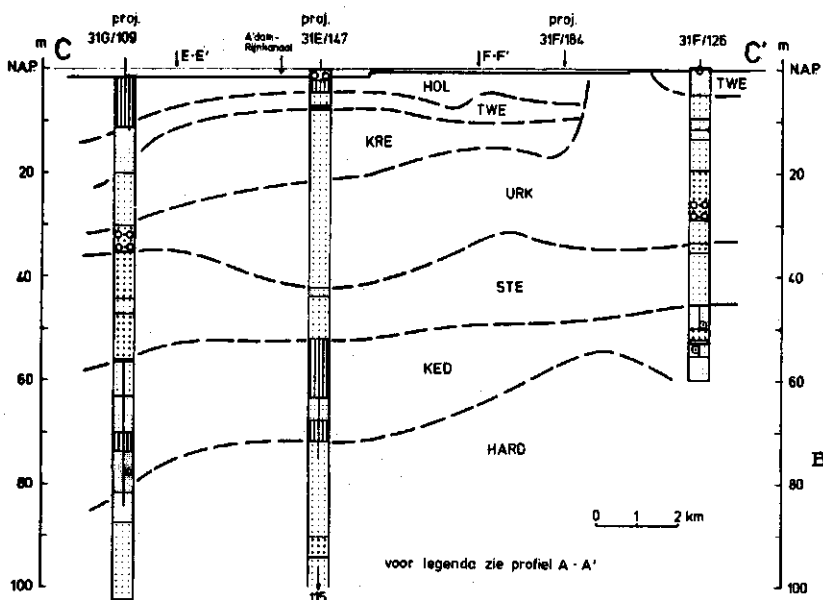
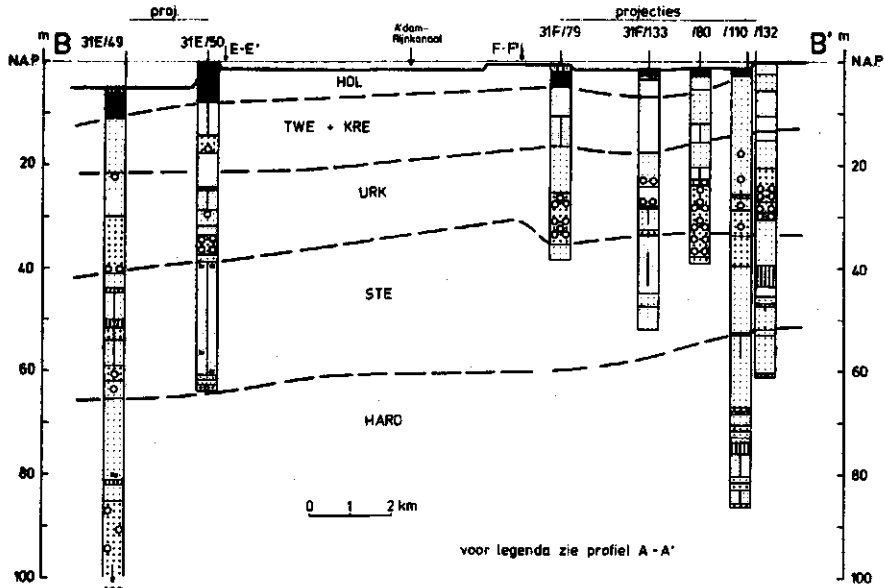
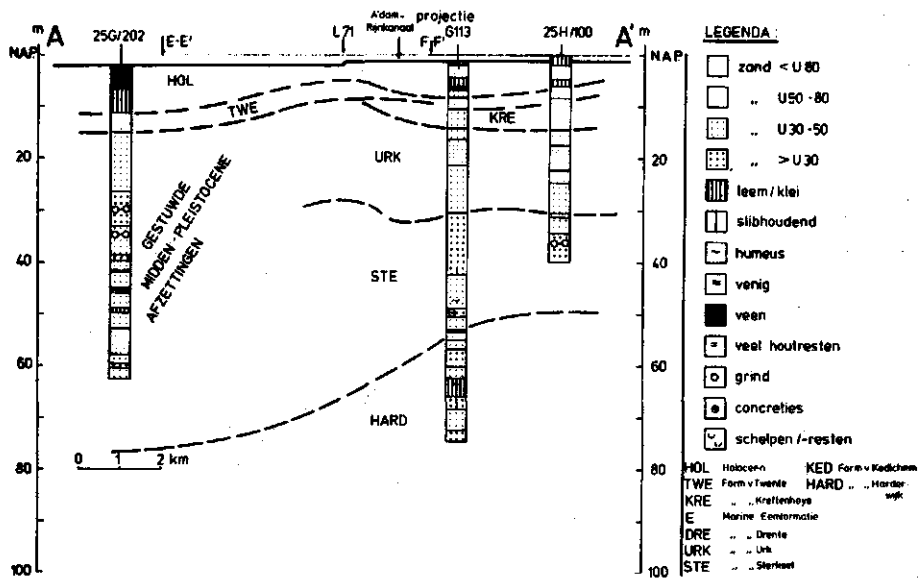
- De oorzaak van de wegzijgingsvermeerdering uit het kanaal moet niet alleen worden gezocht in de verbreding van het kanaal maar vooral ook in de verdieping van het kanaal, waardoor de bodemweerstand daalt tot een waarde in de orde van grootte tussen 50 en 100 m/dag wat ook door DEKKER (1973) bij Maarssenbroek werd berekend.

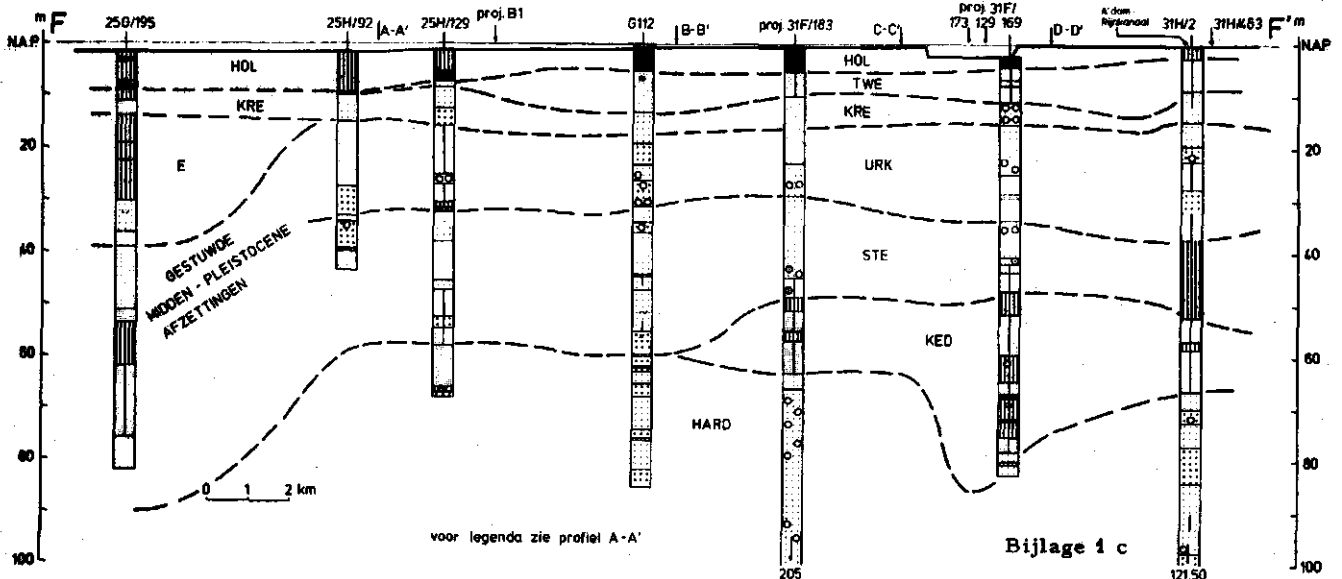
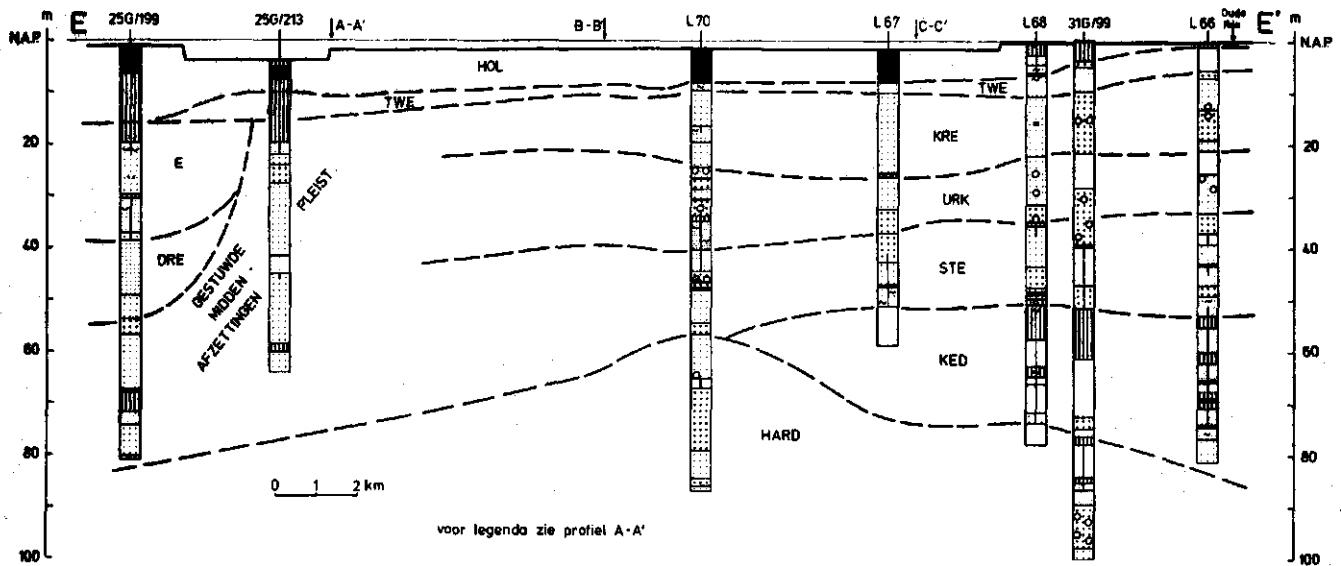
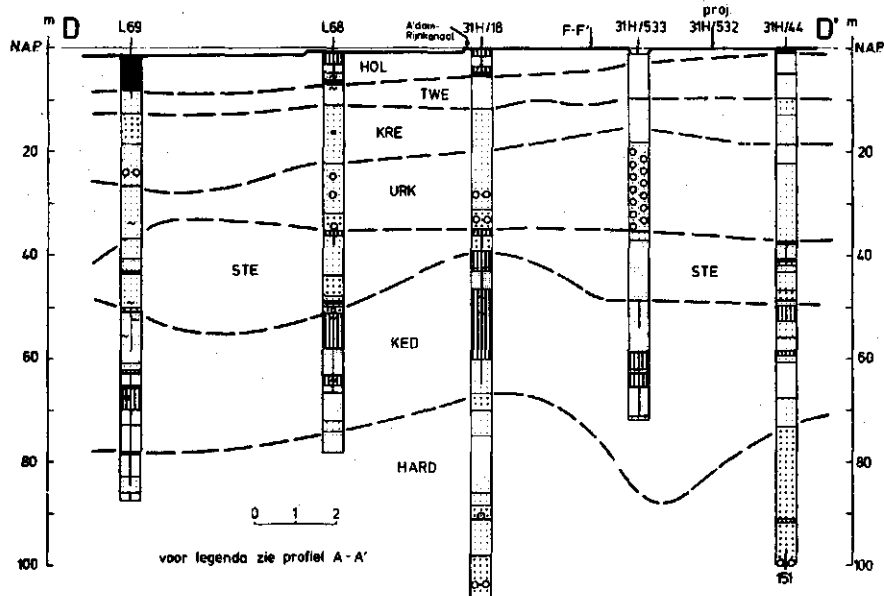
#### LITERATUUR

- DEKKER, R.H., 1973. "Hydrologische aspecten van het uitbreidingsplan Maarssenbroek". Deelontwerp Hydrologie, Scriptie Waterhuishouding TH-Delft
- COLENBRANDER, H.J., 1962. "Een berekening van hydrologische bodemconstanten, uitgaande van een stationnaire grondwaterstroming" uit De waterbehoefte van de Tielerwaard-West, Comm. ter Bestudering van de Waterbehoefte van de Gelderse Landbouwgronden.
- POMPER, A.B., 1975. "De gevolgen van de uitvoering van de verbeteringswerken van het Amsterdam-Rijnkanaal in het kanaalgedeelte tussen Utrecht en Amsterdam op de hydrologie van de aangrenzende polders", nota-ICW 841
- SCHOUTE, H.R., 1974. "Grondwaterkaart van Nederland schaal 1 : 50 000 Kaartbladen 31 oost (Utrecht), 32 west (Amersfoort), 38 oost (Gorinchem ten noorden van de Lek), 39 west (Rhenen, ten noorden van de Lek en Nederrijn)" Dienst Grondwaterverkenning TNO
- WESSELING, J., 1959. "Cursus Grondwaterstromingen". ICW.
- WIT, K.E., 1974. "Vertikale weerstand van het afdekkend pakket in Middenwest Nederland", nota-ICW 792



Bijlage 1 a : Lokatiekaart, overgenomen uit POMPER (1975), met ligging van de geologische profielen (bijlage 1 b en 1 c).





Bijlage 1 c