

or Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

NN31545.0812

BEKNOPT VERSLAG OVER EEN ONDERZOEK NAAR DE SAMENHANG
TUSSEN GRONDWATERSTANDSWAARNEMINGEN IN DE OMGEVING
VAN HET WATERWINNINGSPOMPSTATION FIKKERSDRIES
(juni 1972 - november 1973)

ir. Ph.Th. Stol

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, 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.

I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. WERKWIJZE EN GEGEVENS	1
3. KEUZE VAN STAMBUIZEN	2
4. GEBIEDSINDELING MET DRIE STAMBUIZEN	4
5. DIEPE EN ONDIEPE FILTERS	6
6. TIJDVAKINDELING VOOR DE NUMERIEKE ANALYSE	8
7. DE SAMENHANG TUSSEN DE METINGEN	9
7.1. Enkelvoudige correlaties met stambuizen	9
7.2. Multipele correlaties met stambuizen	9
7.3. De standaardafwijking van aanpassing	13
8. VERLAGING VAN WATERSTANDEN	13
9. HET TIJDSVERLOOP VAN DE VERLAGINGEN	18

1. INLEIDING

Ten behoeve van de uitbreiding van het waterwinningsproefstation Fickersdries - Gemeenten Heteren en Elst - van de Waterleiding Maatschappij Gelderland (WMG), werd een onderzoek uitgevoerd naar de samenhang tussen gemeten grondwaterstanden in de omgeving van het pompstation.

In deze nota wordt in het kort op de verkregen resultaten ingegaan.

2. WERKWIJZE EN GEGEVENS

De toegepaste werkwijze is een onderzoek naar de correlatieve samenhang tussen waarnemingsreeksen. De methode heeft dus een empirisch karakter. Voor een samenvatting van deze bewerkingstechniek toegepast op verschillende hydrologische situaties wordt verwezen naar STOL (1973).

De berekeningen werden uitgevoerd met een programma-pakket waarvan het centrale deel uit de numerieke exploratie van het gebied van onderzoek bestaat. Aansluitend hierop kunnen programma's worden toegepast voor het aanvullen van gegevens, plotten van tijdreeksen op de regeldrukker en het berekenen van schattingen van opgetreden verlagingen ten opzichte van de natuurlijke situatie. Deze laatste

STOL, Ph. Th. (1973). Het gebruik van waterstandsgegevens voor het toetsen van prognoses over de gevolgen van kunstmatige grondwateronttrekking. T.N.O. - project 1, Nr 8 (312-318)

berekeningen kunnen naar keuze voor een bepaalde datum over het gehele gebied als voor een bepaald meetpunt over de periode van waarneming uitgevoerd worden (STOL, 1970).

De gegevens werden ontleend aan grondwaterstandswaarnemingen in het gebied in de driehoek Heteren, Driel en Elst, in het noorden begrensd door de Nederrijn, in het oosten door de spoorlijn Arnhem-Nijmegen, en in het zuiden en westen door respectievelijk de Linge en de Drielse Steeg. De gegevens werden ter beschikking gesteld door de Werkgroep Uitbreiding Waterwinning P.S. Fikkersdries.

In totaal waren gegevens beschikbaar van 53 meetpunten verspreid over het gehele gebied van onderzoek. De meetpunten, ingedeeld naar filterdiepten, staan weergegeven in fig. 1 en 2. De meetpuntnummers 52, 49, 50 en 51 komen niet op de kaarten voor. Het eerste nummer heeft betrekking op door het pompstation onttrokken hoeveelheden grondwater, de laatste drie vertegenwoordigen metingen van openwater peilen.

De aanduiding ondiep filter heeft betrekking op filters tot ongeveer 2 m onder maaiveld. De meetpunten met diep filter zijn ingedeeld in 3 klassen (fig. 2)

Waarnemingen werden verricht van 29 juni 1972 tot en met 14 november 1973 met een frequentie van twee waarnemingen per week.

In de periode van 28 juli 1972 tot en met 27 april 1973 werd als proef water onttrokken in hoeveelheden tussen ongeveer 70 000 m³ en 95 000 m³ per veertien dagen. De gegevens hiervoor werden ontleend aan de Staat van Watermeterstanden ten behoeve van Fikkersdries, verstrekt door de WMG.

3. KEUZE VAN STAMBUIZEN

Voor de keuze van de stambuizen werd de eis gesteld dat deze buizen voldoende ver van het centrum van onttrekking moesten zijn

STOL, Ph. Th. (1970). Een programmapakket voor het uitvoeren van numerieke exploratie in onderzoeksgebieden (ICW Nota 585)

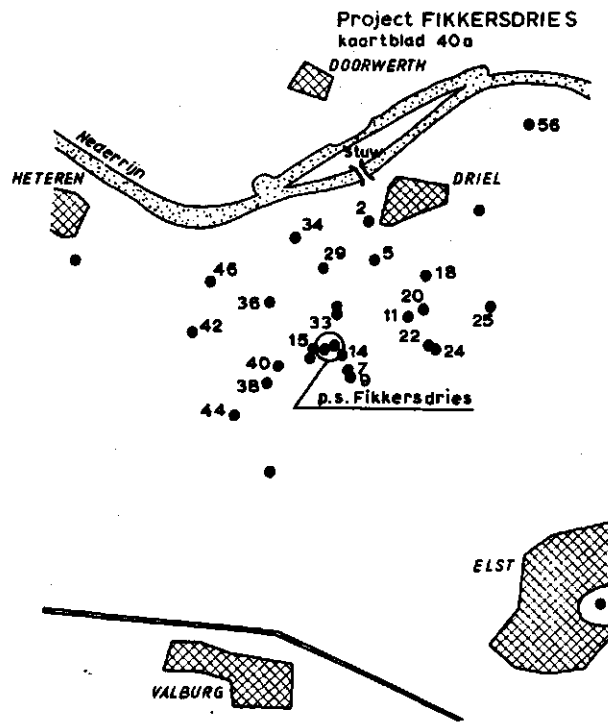


Fig. 1. Nummering van meetpunten met filterdiepte van 2 m

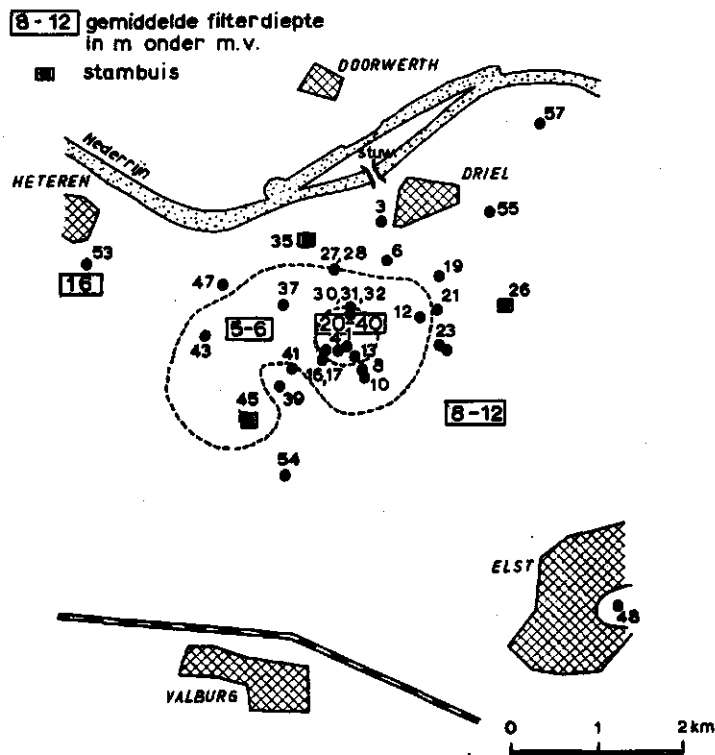


Fig. 2. Nummering van meetpunten met diepe filters

verwijderd om beïnvloeding door de wateronttrekking te kunnen ver-
waarlozen. Een tweede eis is dat de grondwaterstanden gemeten in een
stambuis representatief moeten zijn voor de hydrologische situatie
van het gebied dat hij vertegenwoordigt, terwijl een praktische
eis is dat de stambuizen een volledige waarnemingsreeks moeten hebben.

Uit vroegere onderzoeken in dit gebied (KOUWE, 1969) kan worden
opgemaakt dat gebieden met een zelfde teken van het verschil in stijg-
hoogte tussen het diepe en ondiepe grondwater zuidelijk van de verleng-
de rivierbedding en daaraan enigszins evenwijdig verloopt, terwijl in
het centrum van het huidige gebied van onderzoek een noord-zuid rich-
ting valt waar te nemen.

Dit betekent, mede met inachtneming van de bovengenoemde eisen,
dat stambuizen gezocht dienden te worden die het effect op de
grondwaterstand van deze verschillende hydrologische situaties zo
goed mogelijk weergeven.

Hoewel met de nu beschikbare gegevens een wat ander patroon voor
kwel en inzijing werd gevonden bleek na enkele proefberekeningen
een indeling van het gebied in drieën een voldoende efficiënte
basis voor de definitieve bewerking.

4. GEBIEDSINDELING MET DRIE STAMBUIZEN

De volgende stambuizen werden gekozen (zie fig. 2 voor locatie
en fig. 3 voor tijdreeksen).

-Stambuis 35 (filterdiepte 9.00 - 10.00 m onder maaiveld), is ge-
legen in het noordelijk deel van het gebied van onderzoek, 500 m
zuidelijk van de Nederrijn. De tijdstijghoogtelijn van dit meetpunt
vertoont een sterke fluctuatie, met amplitude van ruim 70 cm,
gesuperponeerd op een trend die in een groot deel van het gebied
voorkomt. Als zodanig is dit meetpunt representatief voor de
hydrologische situatie ten zuiden van de rivier.

KOUWE, J.J. (1969). Het hydrologisch onderzoek in verband met de
bouw van een stuw en een sluis in de Nederrijn nabij Driel
(ICW Nota 532)

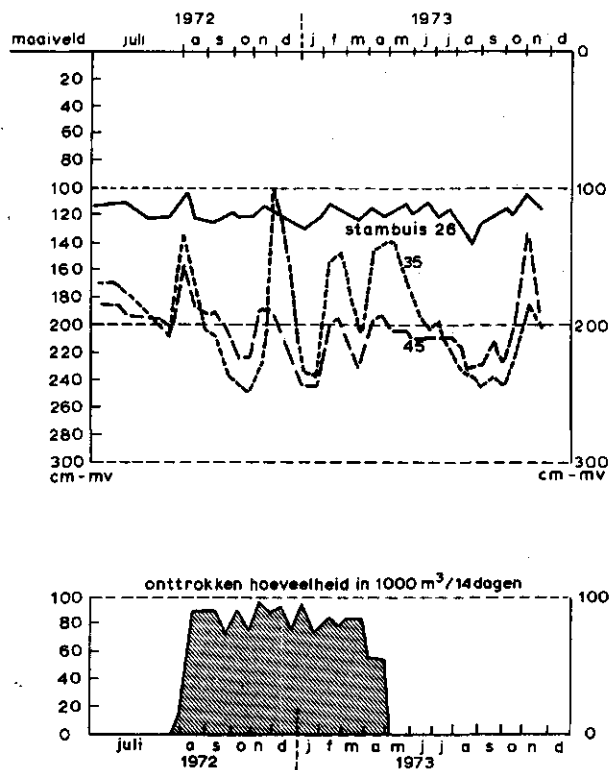


Fig. 3. Tijdreeksen van peilhoogten in 3 stambuizen en van onttrokken hoeveelheden water door het pompstation Fikkersdries

-Stambuis 45 (filterdiepte 4.00 - 5.00 m onder maaiveld), is gelegen in het zuidwestelijk deel van het gebied van onderzoek. De amplitude van de fluctuatie in grondwaterstand komt overeen met die welke algemeen in het gebied voorkomen en bedraagt ongeveer 25 à 30 cm. De algemene trend van de tijdstijghoogtelijn komt overeen met die in de vorige stambuis

-Stambuis 26 (filterdiepte 9.00 - 10.00 m onder maaiveld), is gelegen in het oostelijk deel van het gebied van onderzoek. Hoewel dit meetpunt slechts een klein gedeelte van het gebied vertegenwoordigt werd het als stambuis meegenomen door het wat afwijkend gedrag. In dit geval is de tijdstijghoogtelijn een curve met geringe trend en een geringe fluctuatie met amplitude in de orde van een decimeter.

Een indicatie dat de gemeten standen in de stambuizen door de wateronttrekking zouden zijn beïnvloed werd niet verkregen.

5. DIEPE EN ONDIEPE FILTERS

In fig. 1 en 2 staan de meetpunten weergegeven onderscheiden naar filterdiepte. Enkele voorbeelden van tijdstijghoogtelijnen in één meetpunt gemeten in filters op verschillende diepte worden gegeven in fig. 4 tot en met 6. Het betreft een aantal peilbuizen verspreid over het gebied en de stambuizen 26 en 35 (fig. 4).

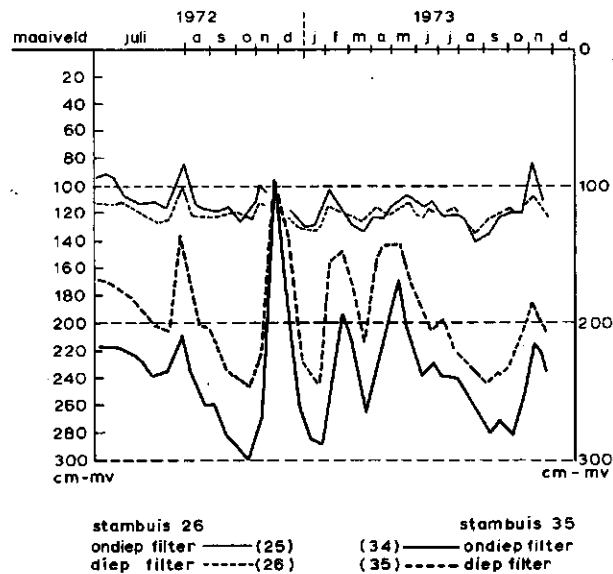


Fig. 4. Tijdreeksen van peilhoogten in 2 meetpunten met ondiep en diep filter

Zeer grote verschillen tussen peilhoogten gemeten in filters op verschillende diepten werd gevonden voor peilbuis nr. 13, met een verschil in de orde van 1 meter (fig. 5).

Dit meetpunt is gesitueerd in de omgeving van het pompstation. De verschillen in drukhoogten blijken niet veroorzaakt te worden door de wateronttrekking.

In (de) andere peilbuizen blijken deze verschillen minder groot te zijn (fig. 6).

6. TIJDVAKINDELING VOOR DE NUMERIEKE ANALYSE

Een indeling van het tijdvak waarover grondwaterstandswaarnemingen zijn verricht luidt als volgt.

Periode	Aard	Aantal gegevens
11 juli 1972 - 26 juli 1972	Voorperiode	7
28 juli 1972 - 27 april 1973	Proefpomp	19
14 mei 1973 - 14 nov. 1973	Naperiode	13

Data waarop gegevens in stambuizen ontbreken

12 juli 1972, 25 juli 1972

Op deze plaats wordt er nog eens op gewezen dat het voor het verkrijgen van betrouwbare conclusies noodzakelijk is over een voldoende lange voorperiode te beschikken aan de hand waarvan de numerieke analyse kan worden uitgevoerd, gedacht kan in dit opzicht worden aan minstens 25 à 30 gegevens over verschillende hydrologische situaties gespreid (bijvoorbeeld zomer en winter). De naperiode kan dan benut worden als toetsing met nieuwe onafhankelijke gegevens waaruit de informatie kan worden geput die de bewijskracht van de juistheid van de gevolgde methode oplevert.

In het huidige geval is de voorperiode te kort om afzonderlijk te gebruiken. Bovendien blijkt uit de tijdreeksen van gemeten potentialen rond het pompstation dat op 26 juli 1972 al van duidelijke beïnvloeding sprake is zodat dit gegeven moet vervallen. Om deze reden is zowel vóór- als náperiode in de numerieke analyse betrokken. Van de náperiode werd de meting op 14 mei 1973 buiten beschouwing gelaten teneinde een grotere zekerheid te hebben dat weer in een ongestoorde situatie wordt verdergewerkt. Het totaal aantal gegevens waarop de bewerking berust is hierdoor maximaal 16, namelijk wanneer in de peilbuizen geen verdere metingen dan die in de stambuizen, genoemd in het bovenstaande overzicht, ontbreken.

Toetsing van de uitkomsten met onafhankelijke gegevens is met het gegeven materiaal niet mogelijk.

7. DE SAMENHANG TUSSEN DE METINGEN

De samenhang werd berekend over de tijdvakken waarin géén wateronttrekking in het pompstation plaats vond.

7.1. Enkelvoudige correlaties met stambuizen

De grootte van de enkelvoudige correlaties met elk van de stambuizen afzonderlijk met de overige peilbuizen in het gebied staat weergegeven in de figuren 7 tot en met 12.

Indien - overigens tamelijk willekeurig - wordt aangehouden dat een correlatie groter dan 0,80 op een redelijk goede samenhang duidt, dan blijken de gemeten stijghoogten in grote delen van het gebied onderling sterk samen te hangen.

Dit geldt zowel voor peilbuizen met diepe als die met ondiepe filters. In beide gevallen vertonen de gebieden van samenhang grote overeenkomst.

Globaal genomen vertegenwoordigt stambuis 35 een strook van 1 à 2 KM breedte ten zuiden van de Nederrijn (fig. 7 en 8); stambuis 26 beschrijft de situatie in het oostelijk deel van het gebied van onderzoek (fig. 11 en 12) terwijl stambuis 45 vertegenwoordigend is voor de peilhoogten in het centrale gedeelte (fig. 9 en 10)..

7.2. Multipelle correlaties met stambuizen

Het opnemen van drie stambuizen simultaan in de bewerking verhoogt de mate van samenhang uitgedrukt door de multipelle correlatiecoëfficiënt.

De multipelle correlatie voor de samenhang met de ondiepe peilbuizen is in alle gevallen groter dan .93 met een uitzondering voor

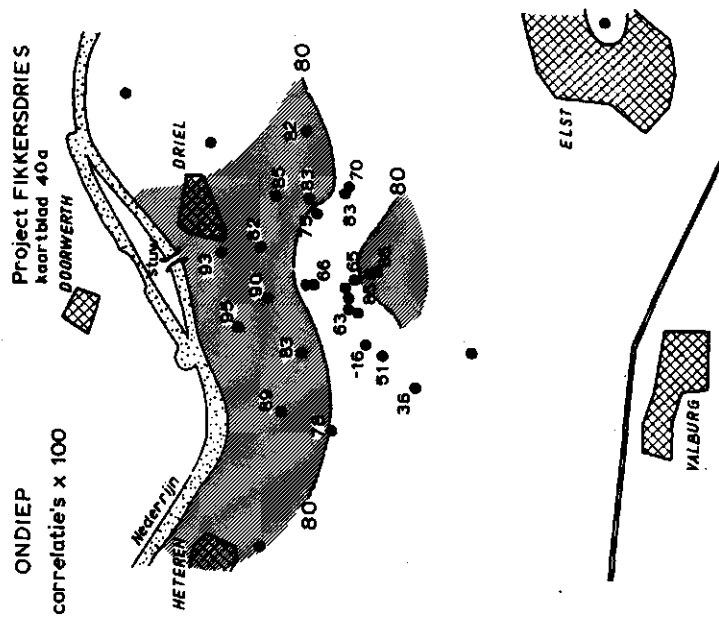


Fig. 7. Correlatie van stambuis 35 met overige ondiepe peilbuizen

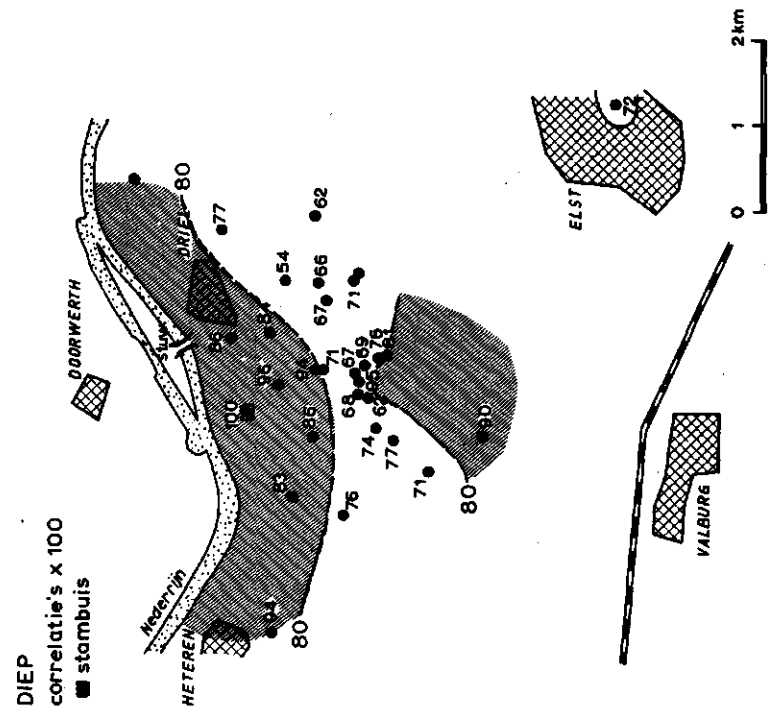


Fig. 8. Correlatie van stambuis 35 met overige diepe peilbuizen

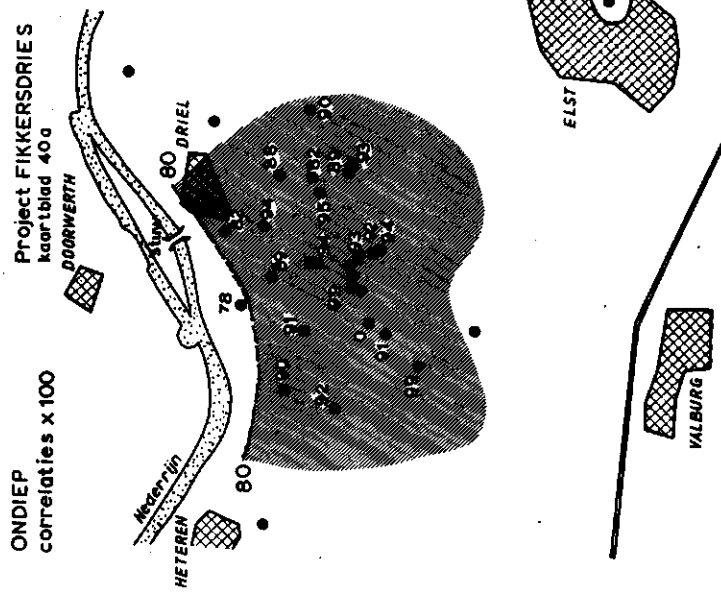


Fig. 9. Correlatie van stambuis 45 met overige ondiepe peilbuizen

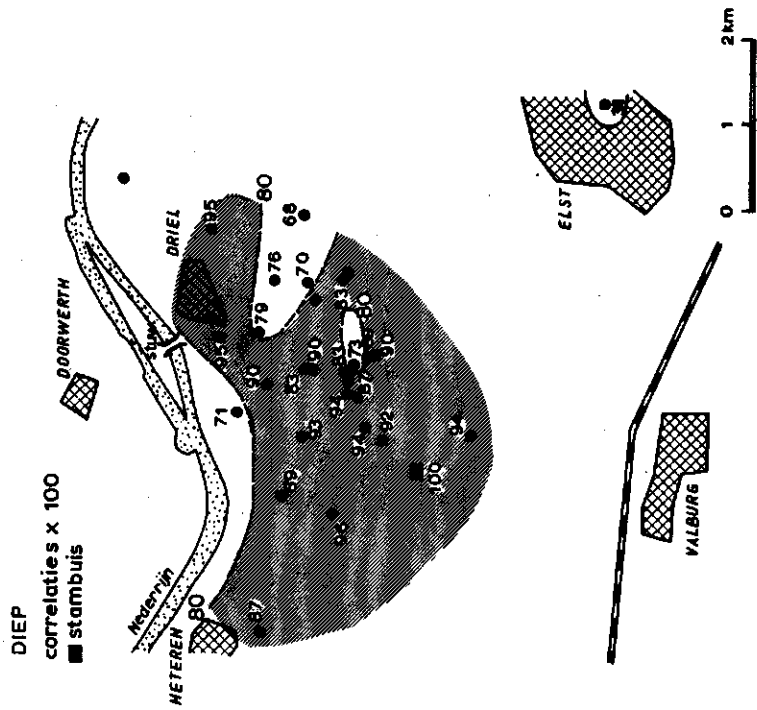
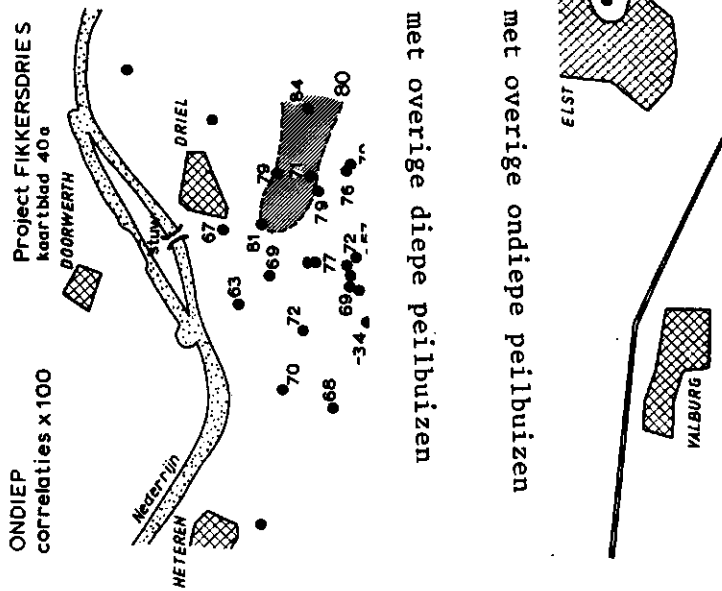


Fig. 10. Correlatie van stambuis 45 met overige diepe peilbuizen



n stambuis 26 met overige diepe peilbuizen

n stambuis 26 met overige ondiepe peilbuizen

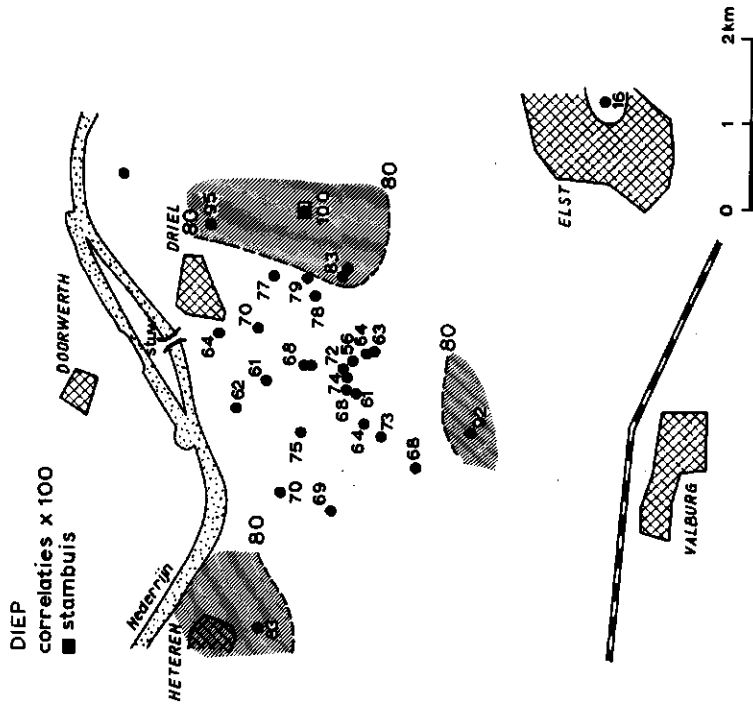


Fig. 11. Correlatie van stambuis 26 met overige ondiepe peilbuizen

Fig. 12. Correlatie van stambuis 26 met overige diepe peilbuizen

meetpunt 40 waarvan de gegevens in het ondiepe filter zich sterk afwijkend gedragen (fig. 13).

Voor de diepe filters liggen de meeste waarden boven 0.80 (fig. 14) terwijl 74% van de berekende multipele correlaties groter zijn dan 0.90.

7.3. D e s t a n d a a r d a f w i j k i n g v a n a a n p a s - s i n g

Uitgedrukt in eenheden van de standaardafwijking is de samenhang tussen de afgeleide relaties vrij goed.

Voor de ondiepe filters (fig. 15) bedraagt deze grootte 5 à 7 cm, met wat hogere waarden in het centrum van het gebied.

Voor de diepe filters is het beeld wat onregelmatiger, en de waarden voor de standaardafwijking zijn in het algemeen wat hoger dan in het vorige geval (fig. 16).

Toch blijven de waarden beperkt tot ongeveer 10 à 15 cm, op een enkele uitzondering na. Als gemiddelde waarde kan het volgende gelden:

<u>gemiddelde standaardafwijking</u>	
--------------------------------------	--

voor 21 ondiepe peilbuizen	8 cm*
idem voor 22 diepe peilbuizen	8 cm

* zonder peilbuis 40 wordt dit 7 cm

8. VERLAGING VAN WATERSTANDEN

De verlaging van grondwaterstanden tengevolge van de wateronttrekking van het pompstation Fikkersdries komt vooral tot uiting in de waterstandsbuizen die dicht bij het centrum van de onttrekking zijn gelegen. Fig. 17 geeft hiervan een voorbeeld.

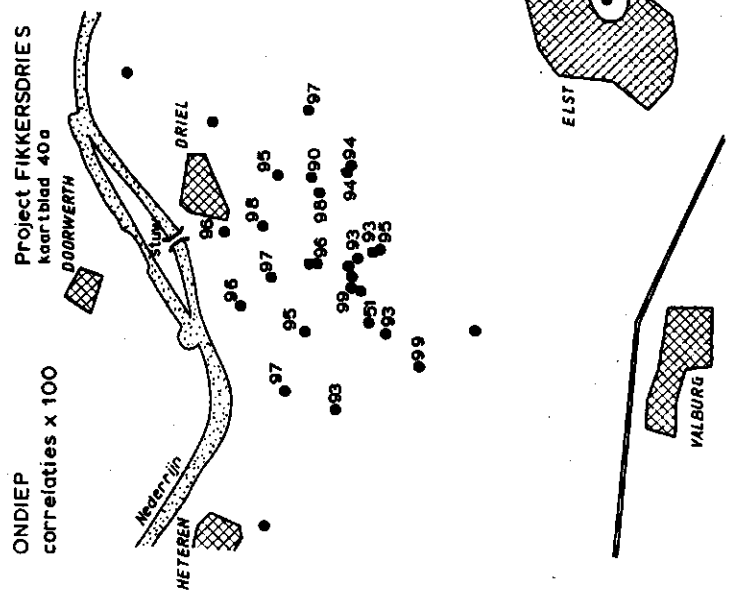


Fig. 13. Multipele correlatie met 3 stamhuizen voor de ondiepe peilbuizen

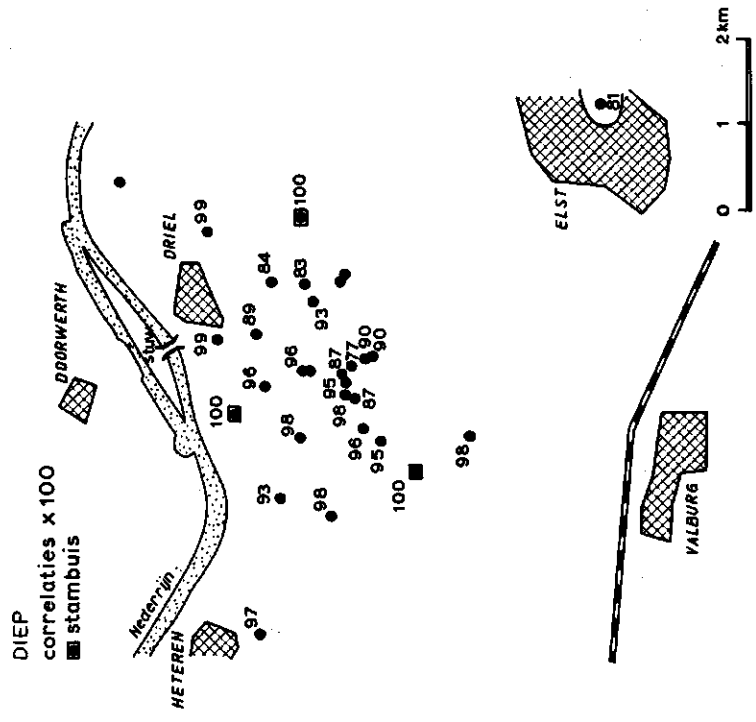


Fig. 14. Multipele correlatie met 3 stambuizen voor de diepe peilbuizen

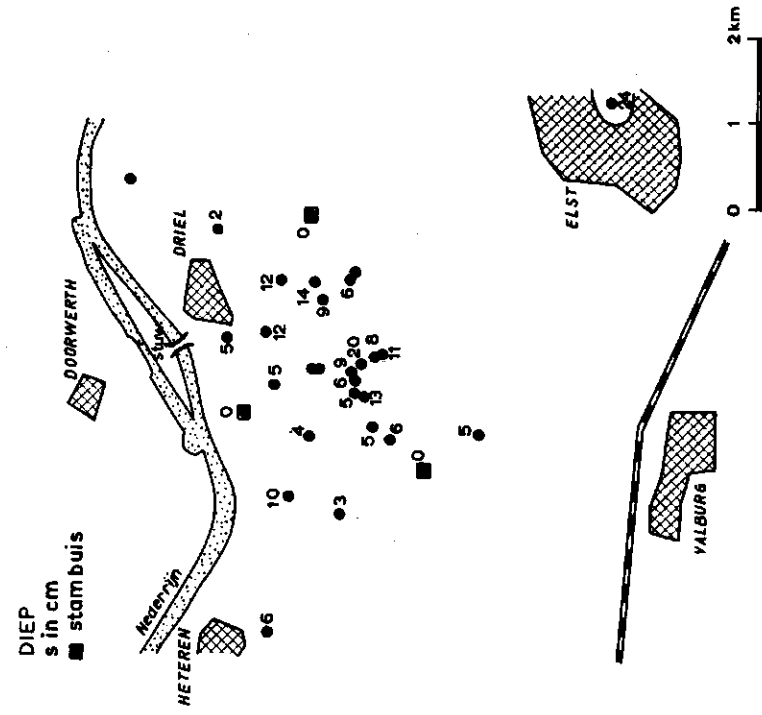


Fig. 16. Standaardafwijking (s) voor de diepe peilbuizen

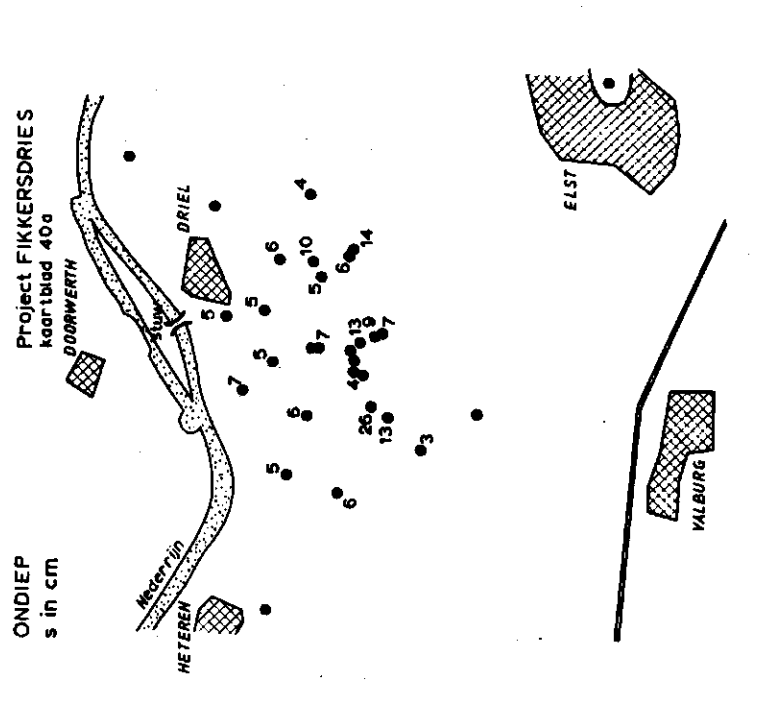


Fig. 15. Standaardafwijking (s) van aanpassing voor de ondiepe peilbuizen

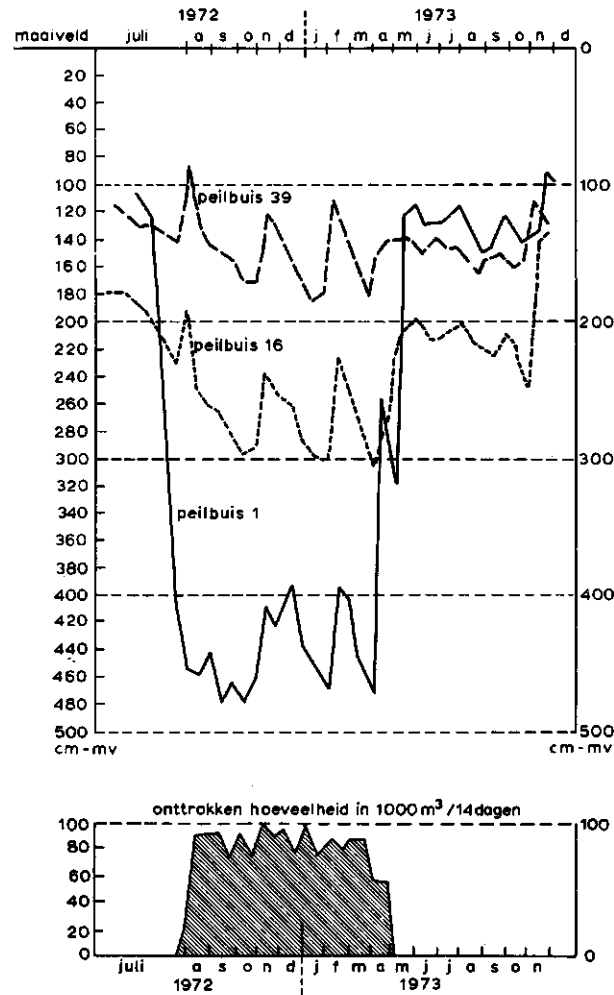


Fig. 17. Tijdreeksen van peilhoogten in 3 diepe peilbuizen met toenemende afstand tot centrum van wateronttrekking

Uitgezet zijn de gemeten standen voor diepe peilbuizen op toenemende afstand van het pompstation, respectievelijk

peilbuis 1	in directe omgeving
peilbuis 16	+ 300 m westelijk
peilbuis 39	+ 700 m westelijk

Opgemerkt wordt hierbij dat de filterdiepten onderling in deze meetpunten verschillen.

De grootste daling geeft peilbuis 1 te zien. Uiteindelijk worden standen van ruim 4½ meter onder maaiveld bereikt.

De daling in peilbuis 16 blijft beperkt en het laagste niveau hier is 3 meter onder maaiveld.

De standen in peilbuis 39 verlopen op bijna identieke wijze zij het op een hoger niveau (vergelijk nr 39 met nr 16 in fig. 17). Echter in peilbuis 39 vindt geen stijging van niveau plaats na beëindigen van de pompproef.

De nadruk wordt erop gevestigd dat in fig. 17 de gemeten standen staan uitgezet en niet de verlagingen tengevolge van het pompen. Deze kunnen gevonden worden met behulp van terugberekening van de regressie-vergelijkingen. Bij gegeven waterstanden in de stambuizen kunnen schattingen van waterstanden in de peilbuizen worden berekend. Deze terugberekende standen zullen dicht bij de gemeten waarden liggen wanneer de terugberekening plaats vindt over het tijdsinterval dat benut werd bij het berekenen van de regressiecoëfficiënten.

Vindt terugberekening plaats buiten dat tijdsinterval, dan kan men verwachten dat alleen onder dezelfde hydrologische situatie gemeten en berekende standen met elkaar overeen zullen komen.

Bij gewijzigde hydrologische situatie zullen de verschillen tussen gemeten en berekende waarden groot zijn. Geconcludeerd kan worden dat geen toeval meer in het spel is indien de verschillen groter zijn dan die vermeld in fig. 11, vermenigvuldigd met een factor 2.

Terugberekening werd uitgevoerd voor drie groepen van data waarvan de uitkomsten gemiddeld werden. Het betrof de perioden die hieronder staan vermeld:

	Periode	T.o.v. water- onttrekking	Aantal data
1	13 juli 1972 - 20 juli 1972	voor	3
2	14 nov. 1972 - 29 jan. 1973	tijdens	6
3	13 juli 1973 - 28 aug. 1973	na	4

Het bleek dat in de perioden 1 en 3 de verschillen alle zeer klein zijn, binnen de fouten-marge vallen en geen aanleiding tot

verdere beschouwing geven.

In periode 2, tijdens de wateronttrekking, zijn de positieve verschillen die duiden op waterstandsverlagingen alle geconcentreerd rond het pompstation Fikkersdries. De berekende verschillen zijn uitgezet in fig. 18 en 19. De verschillen die berekend zijn uit een regressieberekening met minder dan 10 gegevens zijn niet vermeld.

In de figuren zijn de contourcurven voor een verlaging van 0 en 50 cm weergegeven voor respectievelijk de ondiepe en de diepe filters.

De verlagingen in het ondiepe grondwater blijven beperkt tot ongeveer 50 cm. De invloedssfeer van de onttrekking heeft in de oost-west richting zijn grootste uitgestrektheid en bedraagt plus minus 2 KM. In de noord-zuid richting is deze waarde ongeveer 1 KM. Het gebied van onttrekking wordt omsloten door meetpunten waarin een verhoging werd geconstateerd zodat de contourcurve voor 0 cm verlaging door interpolatie kon worden gevonden.

De verlagingen in het diepe grondwater lopen naar het centrum van het gebied op tot ruim drie meter. De invloedssfeer is nu uitgestrekter dan in het voorgaande geval. De grootste afmeting is nu noord-zuid gericht en bedraagt ongeveer $2\frac{1}{2}$ KM. In de oost-west richting is deze afstand ongeveer 2 KM. In zuidelijke richting wordt het gebied niet omsloten door meetpunten met een verhoging van waterstanden zodat de begrenzing van de invloedssfeer daar niet valt vast te stellen.

Wat de betrouwbaarheid van de uitkomsten betreft moet erop gewezen worden dat het 0 niveau geheel binnen de fouten-marge ligt waardoor de topografische ligging van deze contourcurve dus geenszins significant is. Het gebied met meer dan 50 cm verlaging heeft een grotere betrouwbaarheid aangezien de hier gemeten verlagingen de grootte van de standaardafwijking verre overtreffen.

9. HET TIJDSVERLOOP VAN DE VERLAGINGEN

Tot slot wordt nog in het kort ingegaan op de tijdreeksen die de afwijkingen ten opzichte van de natuurlijke situatie illustreren.

Hierbij is weer gebruik gemaakt van de berekende regressievergelijkingen waarbij de gemeten standen in de stambuizen in deze vergelijkingen worden ingevuld. Door deze bewerking ook toe te passen over de gehele periode van 28 juli 1972 - 27 april 1973, de periode van de proefpompings waarvan de gegevens niet in de regressieberekening zijn opgenomen, kan een geschatte waarde voor de situatie zoals die zonder proefpompings zou zijn geweest worden berekend als tijdreeks. Het verschil met de werkelijk-gemeten waarde levert dan de geschatte verlaging door het effect van het pompen, ten opzichte van de natuurlijke situatie.

Voor 3 meetpunten met ondiepe filters staan de geschatte verlagingen, berekend uit de regressievergelijking, tegen de tijd uitgezet in fig. 20. De ligging van de meetpunten 7, 14 en 36 staat aangegeven in fig. 1. Dicht bij het centrum van onttrekking

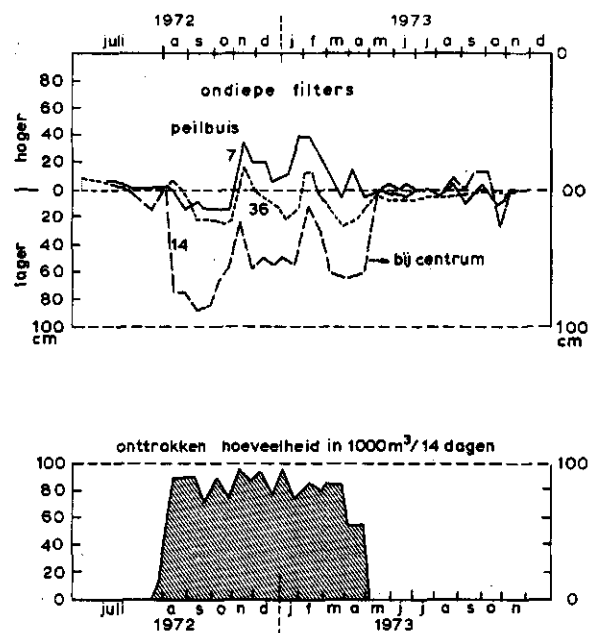


Fig. 20. Tijdreeksen van afwijkingen t.o.v. de natuurlijke situatie in 3 peilbuizen met ondiep filter

bereikte de verlaging door het pompen een grootste waarde van ruim 80 cm, in de maand september. Na deze maand was de orde van grootte

van de verlaging 50 à 60 cm.

De curven voor meetpunt 14 en 36 kunnen vergeleken worden met fig. 5 en 6 waarin de gemeten standen staan uitgezet.

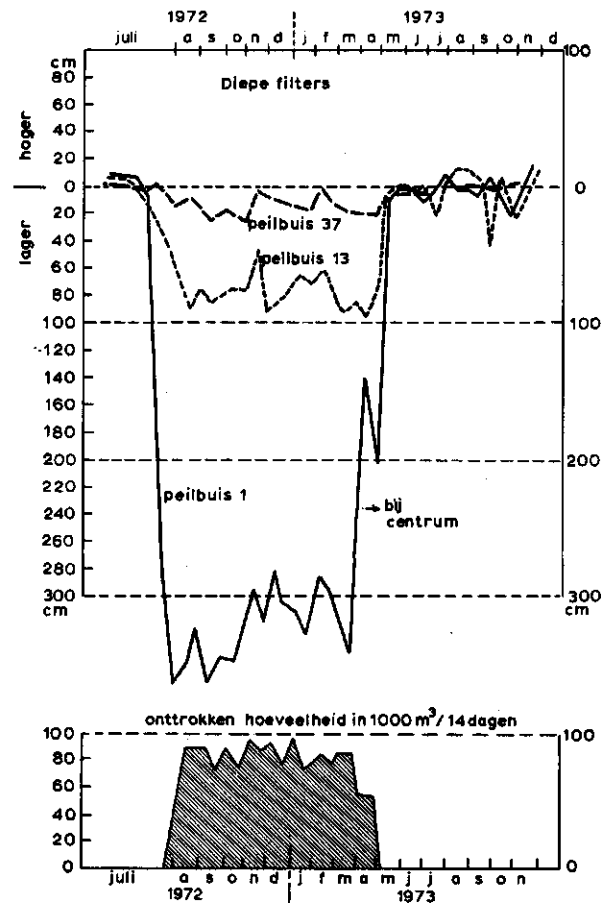


Fig. 21. Tijdreeksen van afwijkingen ten opzichte van de natuurlijke situatie in 3 peilbuizen met diep filter

In fig. 21 staan de geschatte verlagingen uitgezet voor de meetpunten 1, 13 en 37 welke een diep filter hebben (zie fig. 2). Hier is de situatie duidelijker dan bij de ondiepe buizen. In het centrum van de onttrekking bereikte de verlaging reeds spoedig de laagste waarde te weten 368 cm op 28 juli 1972. Gedurende praktisch de gehele periode van wateronttrekken blijft het niveau van de

verlaging rond het 300 cm niveau. Verder weg van het centrum (fig. 2) zijn de verlagingen minder groot. In meetpunt 13 bedraagt deze gedurende praktisch de gehele periode van het pompen circa 80 cm. In meetpunt 37 is de verlaging nog gedurende langere tijd 20 cm, met een gemiddelde waarde van 7 cm gedurende de periode 14 november 1972 - 29 januari 1973.

De grafiek met verlagingen kan weer vergeleken worden met de figuren 5 en 6 waarin voor de peilbuizen 13 en 37 de gemeten standen staan uitgezet.

Teneinde vergelijking met de onttrokken hoeveelheden water mogelijk te maken zijn deze in beide laatste figuren nogmaals uitgezet.