

NOTA 800

maart 1974

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

ALTERRA

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

GRONDWATERSTROMING IN HET GEBIED VAN DE ASTENSE AA

ir. J. BON

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.

ASAC
ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)
ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)
ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)
ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)

ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)
ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)
ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)
ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)
ASAC (ASAC) ASAC (ASAC)

INHOUD

blz.

INHOUD	1
GRONDWATERSTANDSKAART 14-12-'71	2
DWARSPROFIELEN	6
TIJD-STIJGHOOGTELIJNEN	11
GRONDWATERSTANDSKAARTEN 29-5-'72 en 28-8-'73	16
ISOHYPSENKAART VAN HET DIEPE GRONDWATER OP 28-12-'72	19
FLUCTUATIEDIAGRAMMEN	21
INFILTRATIE-EFFECTEN	25
AFVOERMETINGEN	28
SAMENVATTING EN CONCLUSIES	39
LITERATUUR	41

RECEIVED
JAN 10 1964
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE
WASHINGTON, D.C.

INLEIDING

Bij een gemeenschappelijk schrijven van de Gedeputeerde Staten van Limburg en Noord-Brabant aan de minister van Waterstaat werd in mei 1956 het plan 'Panheel' opgezet ten behoeve van de watervoorziening in beide provincies. Dit hield in, dat bij Panheel aan de Maas water ten behoeve van de landbouw zou worden opgepompt dat via bestaande kanalen geleid wordt naar de beide provincies. Om tot een juiste belangenafweging te komen zouden enkele proefgebieden worden ingericht om de resultaten van de wateraanvoer te bestuderen.

In juni 1971 werd na overleg tussen het waterschap 'de Aa' en de Stiboka besloten tot het inrichten van twee proefgebieden in de ruilverkaveling 'de Astense Aa', beide ongeveer 1500 ha groot. Gekozen werden het stroomgebied van de Oude Aa in het noorden en het stroomgebied van de Vordeldonkse broekloop en Diepe loop in het zuiden. Het noordelijk gebied ligt tussen de spoorlijn Helmond-Venlo en de E 3, het zuidelijk gebied tussen de E 3 en de Eeuwselse loop.

Om een inzicht te krijgen in het effect van de wateraanvoer op de grondwaterstand, diende eerst te worden nagegaan op welke diepte de grondwaterstanden zich bevinden tijdens natte en droge perioden. Het onderzoek werd uitgevoerd door het peilen van het grondwater in plastic buizen, voorzien van een filter die grotendeels in de droge zomer van 1971 door het waterschap werden geplaatst en gewaterpast. Tevens werden de gegevens verzameld van peilbuizen en peilputten die door de dienst Grondwaterverkenning-TNO werden verzorgd. Het totaal aantal buizen bedroeg na uitbreiding van het meetnet ongeveer 150. Daarnaast werd op een 100-tal meetpunten het peil van het water in de leidingen opgenomen. De opnamen vonden plaats op de 14e en 28e van iedere maand gelijktijdig met die van de Dienst Grondwaterverkenning TNO. De gegevens vormen de basis voor het hier beschreven onderzoek. De NAP-hoogten van de peilen werden op kaarten en dwars-

profielen uitgezet, waardoor een beeld werd gevormd van het verloop, het verhang, de inzijging en opbollingen van het grondwatervlak in zijn geheel en op specifieke plaatsen. Door de gegevens van de peilen van een aantal buizen tegen de tijd uit te zetten wordt een overzicht verkregen van de fluctuaties in de grondwaterstanden.

Na het gereedkomen van de toevoerleidingen begon de waterinlaat proef. De ingelaten hoeveelheden werden continu gemeten door zelf-registrerende peilschrijvers bij speciale meetstuwen. De afgevoerde hoeveelheden werden op dezelfde wijze gemeten. Deze gegevens zullen te zijner tijd door Rijkswaterstaat worden verwerkt. Ongeveer eenmaal per maand werden de binnenkomende en uitgaande afvoeren incidenteel door het waterschap 'de Aa' gemeten. Ook bij vele andere stuwen werden afvoermetingen uitgevoerd om na te gaan hoeveel water uit de leidingen verdwijnt of bijkomt ter staving van de resultaten uit vroegere berekeningen en uit de isohypsenkaarten verkregen resultaten.

GRONDWATERSTANDSKAART 14-12-'71

De eerste opname van een 50-tal buizen vond plaats op 13-8'71. Dit aantal was te klein om een goed beeld van het grondwatervlak te verkrijgen. Het aantal buizen werd daarom uitgebreid. Doordat in september en oktober 1971 het grondwater sterk daalde, vielen in deze periode vele buizen droog. Bij de eerste volledige opnamen op 29 november 1971 bleek het grondwater weer gestegen. De volgende opname (14 december 1971) kon dan ook worden gebruikt om een indruk te krijgen van de grondwaterdiepte en het stromingsbeeld. Uit het verkregen isohypsenbeeld van het ruilverkavelingsgebied (fig. 1) valt af te leiden dat het gebied hydrologisch niet homogeen is. Het was reeds bekend dat in het gebied geologische storingen aanwezig zijn. De bekendste is de Peelrandbreuk. Deze blijkt op vele plaatsen duidelijk invloed te hebben op het gedrag van het grondwater. Ter plaatse van de breuk treft men een verval van enkele meters in het grondwater aan over een korte afstand. Deze breuk loopt in grote lijn vanaf Zeilberg naar het zuid-oosten langs Liessel, Heitrak, Neerkant en Meijel. Tussen Zeilberg en Liessel komt dit sterke grondwaterverval goed tot uiting. Tussen de Soeloop en de E 3 wordt het verval minder duidelijk, doch in het zuiden bij Heitrak en Neerkant is het duidelijk waarneembaar.

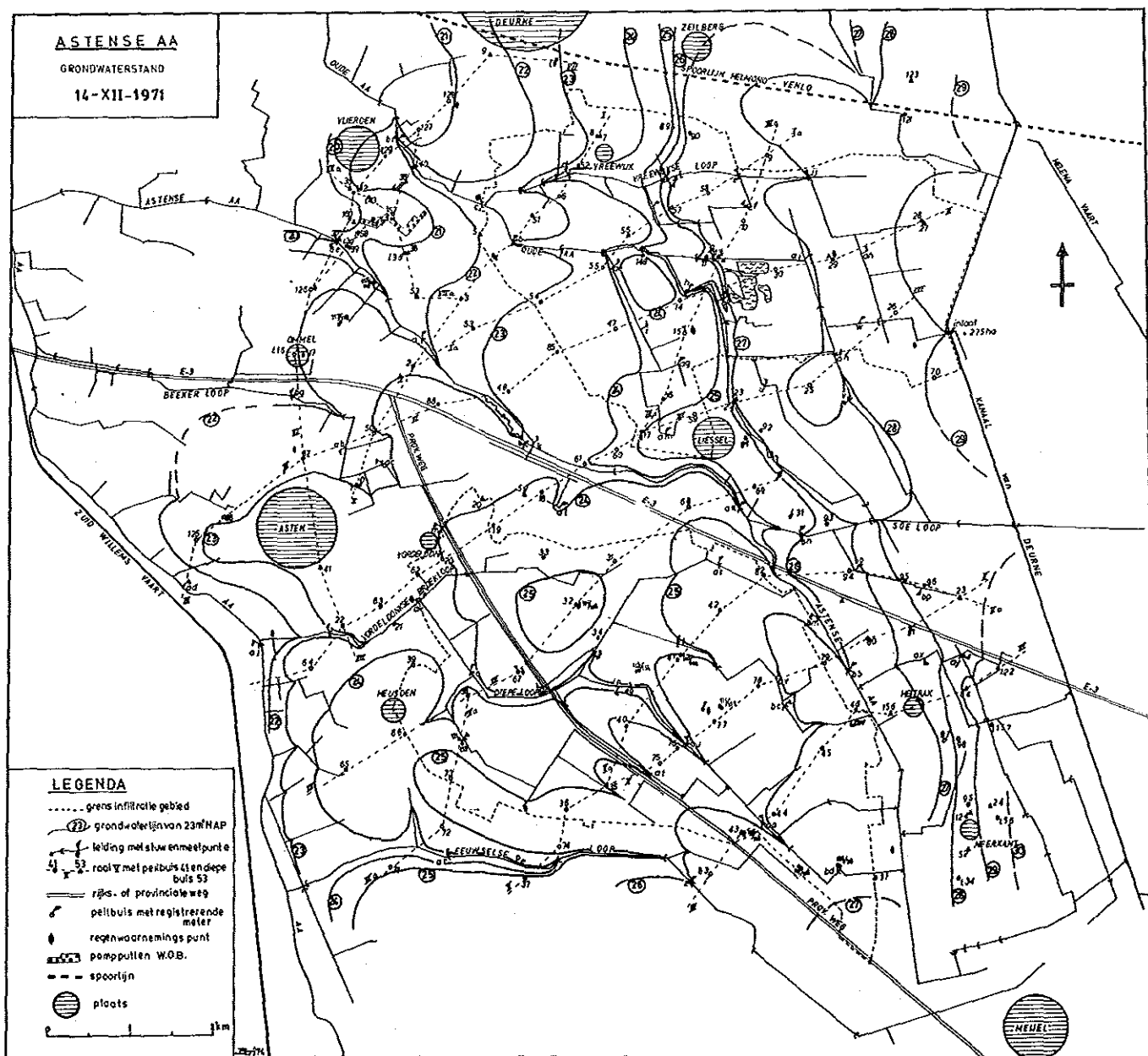


Fig. 1. Grondwaterdiepte kaart ten opzichte van NAP van 14-12-'71

Uit het beeld van de isohypsen is verder het volgende af te lezen:

- a. Het gebied ten noorden van de E 3 valt als het ware in enkele onderdelen uiteen. Ten oosten van de Peelrandbreuk tussen de spoorlijn Helmond-Venlo en de Soeloop liggen zowel het maaiveld als de grondwaterspiegel vrij vlak, met een geringe helling naar het noordwesten. De isohypsen liggen hier op grote afstanden van elkaar. De Soeloop lijkt op een dichtgestoven voortzetting van het dal van de Astense Aa, dat het overvloedige water van de Peelhorst afvoerde.

Ten westen van de Peelrandbreuk, in het stroomgebied van de Oude Aa-Vreewijkse loop blijken de isohypsen langs de waterlopen een ombuiging te geven in de stroomafwaartse richting. Dit patroon duidt op infiltratie van water uit de leidingen naar het dieper gelegen grondwatervlak aan weerszijden van deze waterlopen. Het verval kan op vele plaatsen over korte afstand een à twee meter bedragen. De doorlatendheid van het zandpakket moet dan ook groot zijn.

Ten zuid-oosten van Vlierden komt de invloed van de wateronttrekking door het pompstation van de drinkwaterleiding van de Waterleiding Maatschappij Oost-Brabant duidelijk tot uiting door het terugbuigen van de isohypsen in oostelijke richting.

- b. De Astense Aa, gelegen ten noorden van de E 3, oefent een sterk drainerende werking uit op de naastliggende gronden. Dit kan worden afgeleid uit de stroomopwaartse ombuiging van de isohypsen bij de beek. Bij Liessel bedraagt het verval van het grondwater naar de Astense Aa ruim twee meter.
- c. Ook in het zuidelijk proefgebied wordt het isohypsenbeeld gekenmerkt door sterk stroomopwaarts van de beken gerichte ombuigingen.

Tussen de beken wordt hier vaak een sterke opbolling van het grondwater aangetroffen ook bij vrij diepe wintergrondwaterstanden. De opbolling treedt reeds op op korte afstand van de beken. De oorzaak van deze opbollingen zal moeten worden gezocht in de aanwezigheid van moeilijk doorlatende leem- en veenlagen die vrij hoog in het grondprofiel aanwezig moeten zijn.

- d. Oostelijk van de Peelrandbreuk en ten zuiden van de E 3 valt het vlakkere deel van de Peelhorst grotendeels buiten het kaartbeeld. De breuk zelf veroorzaakt door de stromingsweerstand tussen Heitrak en Neerkant een verval van drie meter in het grondwater.
- e. Langs de in het westen gelegen Aa, waarin tal van beken uitstromen, wordt eveneens een opbolling van een à twee meter in het grondwater waargenomen. Ook hier zullen de grote stromingsweerstand worden veroorzaakt door leemlagen. Waar de zijbeken in de Aa uitmonden is een erosietrechter uitgeschuurd, die tot uiting komt in het sterk stroomopwaarts terugbuigen van de isohypsen, zoals bij de Eeuwselseloop in het zuiden en bij de Vordeldonkse broekloop.
- Bij de samenvloeiing van de Diepe loop met de Vordeldonkse broekloop en die van de Soeloop en de Astense Aa, worden geen sterke opbollingen aangetroffen. De stromingsweerstand zijn hier kennelijk kleiner dan bij de andere beken in het zuidelijke gebied en daarom zal leem op deze twee plaatsen waarschijnlijk niet voorkomen.

Uit het verkregen kaartbeeld kan worden opgemaakt, dat de infiltratie-mogelijkheden in het noordelijke Peelgebied het grootst zijn. In dit gebied zal door de vrij vlakke ligging van de grondwaterspiegel het grondwaterpeil door het opzetten van peilen in het open water kunnen worden verhoogd. Westelijk van de Peelrandbreuk zal het infiltratiewater wel de grond indringen, doch gezien de diepte tot waarop het beekwater aan weerszijde van de leiding wegzakt lijkt het twijfelachtig of een eventuele grondwaterstandsverhoging voor de landbouw van nut kan zijn.

Het grondwater stroomt op een te grote diepte beneden maaiveld in noordwestelijke richting. Ten zuiden van de Oude Aa zal het dan voor een deel ten goede komen aan de wateronttrekking door het pompstation Vlierden.

In het zuidelijk gebied zal het hoog opzetten van de leidingen met Maaswater moeilijkheden opleveren. Het grondwater tussen de leidingen ligt daar nu reeds hoger dan het leidingpeil. Bij opzetten van de peilen zullen lage delen langs de leidingen dras kunnen gaan staan, vooral na zware regenval, waardoor zelfs een nadeel van de hoge grondwaterstand wordt verkregen.

DWARSPROFIELEN

Door het construeren van dwarsprofielen kan een indruk worden verkregen op welke diepte het grondwater zich beneden het maaiveld bevond en hoe groot het verhang in het grondwater was ten tijde van de opname. In fig. 1 zijn de dwarsprofielen met romeinse cijfers aangegeven. In deze dwarsprofielen is het verloop van het grondwater zo goed mogelijk ingetekend met behulp van de gegevens van de grondwaterpeilen en beekstanden. Deze dwarsprofielen werden gebruikt voor het construeren van de isohypsenkaarten. De snijpunten van het ingetekende grondwatervlak met de NAP-meter hoogtelijnen kunnen op de kaart worden aangegeven, waarna door deze punten de isohypsen lijnen worden getrokken zoals bijvoorbeeld in fig. 1.

Uit de grondwaterstandsgegevens die in de loop van de waarnemings-tijd zijn verzameld, zijn die momenten uitgezocht, die het meest representatief zijn voor een hoge, matig hoge of diepe grondwaterstand. Deze momenten behoeven niet representatief te zijn voor de jaargetijden. In het totaal zijn een viertal isohypsenkaarten gemaakt en wel van de data 14-12-'71; 29-5-'72; 28-12-'72 en 28-8-'73.

Uit de verzamelde gegevens blijkt, dat de grondwaterstanden op 28 december 1972 vrijwel overeenkwamen met die van 14 december 1971. In de dwarsraaien zijn voor de overzichtelijkheid de grondwaterstanden van 28 december 1972 daarom niet ingetekend. Ze zijn wel opgenomen in ICW-nota 751 betreffende de kwel en wegzijgingsberekening in het gebied van de Astense Aa (MOEN en BON, 1973). De dwarsprofielen zijn weergegeven in de figuren 2a, 2b en 2c.

Uit de raaien, gelegen in het noordelijke gebied, valt de diepe grondwaterstand op, die ten westen van de Peelrandbreuk wordt aangetroffen (raaien I en Ia in fig. 2b, raaien II en III in fig. 2a en raai IIIa in fig. 2b). Ook de diepe grondwaterstanden in de buizen bij het pompstation Vlieden komen in de raaien VII, VIIa en de aftakking van VII (fig. 2c) goed tot uiting.

In het zuidelijke gebied komen de opbollingen duidelijk tot uiting in de raaien IV, V en VI. Tijdens de opname van 28 augustus 1973 werden in kleinere gebieden lage waterstanden aangetroffen die zijn veroorzaakt door de ruilverkavelingswerkzaamheden, die toen werden

uitgevoerd, zoals het laten leeglopen van stuwpannen en het graven van nieuwe sloten in natte gronden. Dit laatste wijst meer op een behoefte aan ontwatering dan op een behoefte aan infiltratie.

Andere verschijnselen die opvallen zijn de sterke verhangen in het grondwater langs de Peelrandbreuk. Deze is plaatselijk als steilrand in het terrein waar te nemen, zoals in de omgeving van de ontgrondingsplas van de steenfabriek ten noorden van Liessel (BON, 1972).

In vele gevallen ligt het grondwatervlak, zowel van de opbollingen in het zuidelijke gebied, als van de wegzijgingen in het noorden onder een doorlopende lichte helling, wanneer men de invloeden van de beekstanden wegdenkt. Wanneer dit niet het geval is zoals in de raaien VII en VIIa, dan heeft men te doen met een grondwateronttrekking. Liggen de grondwatervlakken over grote afstanden niet op een licht hellende lijn, zoals in raai IV (fig. 2b) in het bosgebied tussen de provinciale weg en de Astense Aa, dan kan er sprake zijn van verschillen in de doorlatendheid in de ondergrond, die kunnen worden veroorzaakt door geologische storingen. Worden dergelijke overgangen op een kaart aangegeven en blijken deze op een min of meer rechte lijn te liggen, dan zijn deze doorlatendheidsgrenzen of storingen op deze wijze te localiseren, hoewel aan het maaiveld niets is te zien dat in die richting aanwijzingen kan geven.

De licht hellende grondwaterspiegel in het Peelgebied ten oosten van de Peelrandbreuk die in de dwarsprofielen II en III duidelijk waarneembaar is, wordt veroorzaakt door de moeilijk doorlatende barrière die wordt gevormd door deze breuk (ERNST en DE RIDDER, 1960). Hoewel de ondergrond van dit gedeelte van de Peelhorst uit zeer grof doorlatend materiaal bestaat, wordt het water in zijn afstroming naar het westen belemmerd door deze barrière, die als het ware als stuwdam fungeert. De overgang van het grove materiaal op de hoge schol naar het fijne zand aan de lage zijde van de breuk met lage grondwaterstanden is waar te nemen in de slootwand van de afvoersloot van de grindgroeve bij de steenfabriek.

In de dwarsprofielen zijn bij de plaats van de buizen de bodemprofielen ingetekend voor zo ver deze door de Stichting Bodemkartering zijn afgeboord. In overleg met de Stichting zijn deze profielen vertaald in vier globale doorlatendheidsklassen, welke zijn vermeld in

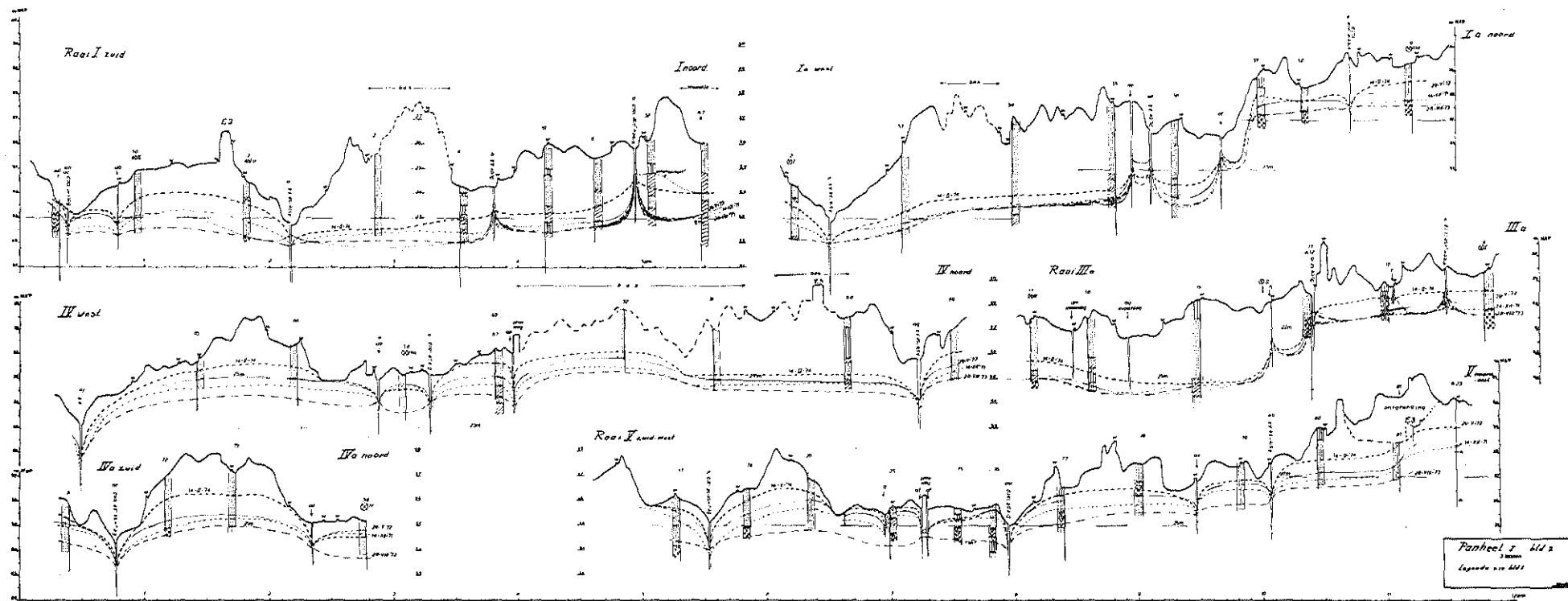


Fig. 2b. Dwarsraaien I, Ia, IV, IVa, IIIa en V met diepten van het grondwater

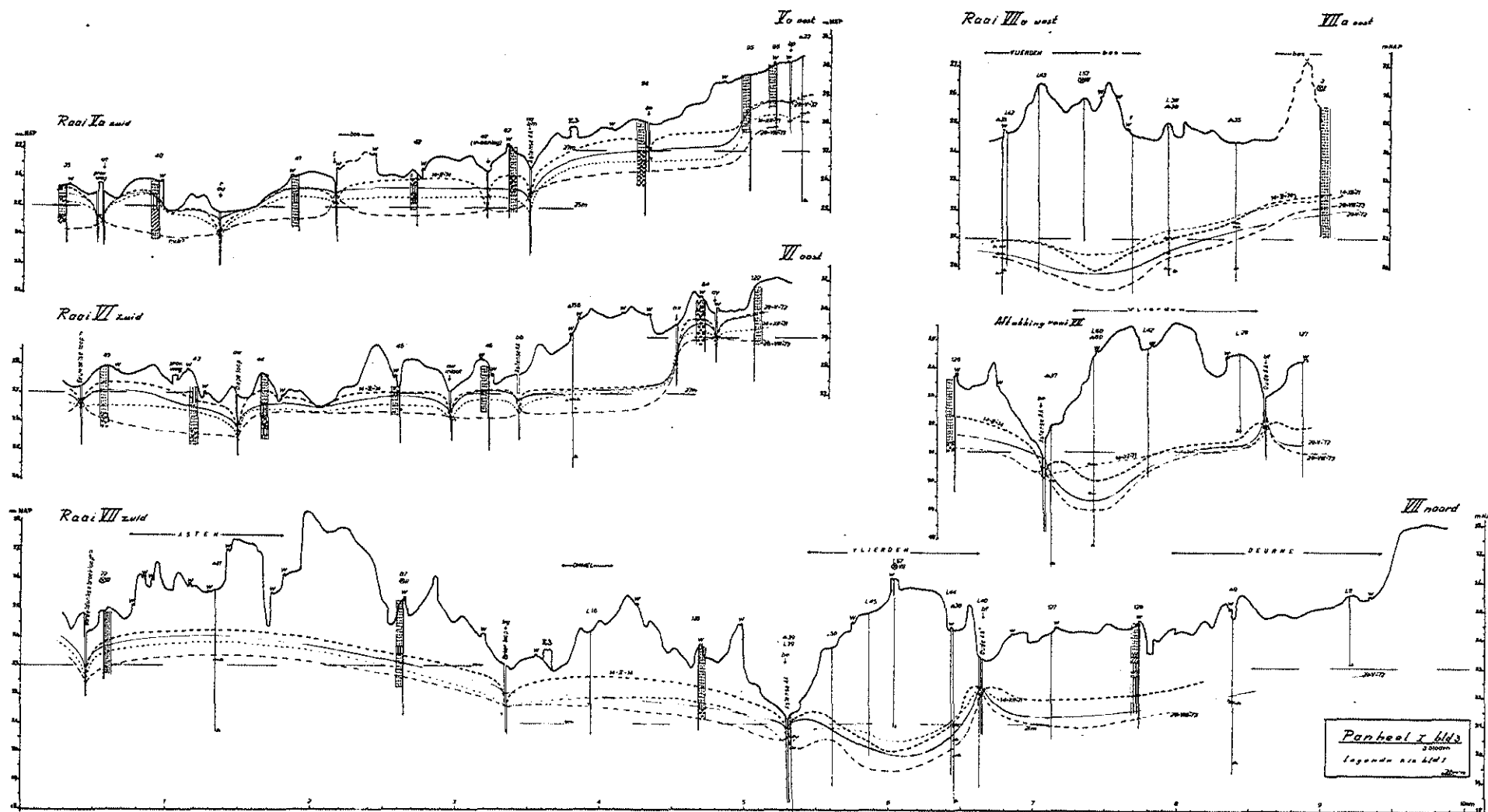


Fig. 2c. Dwarsraaien Va, VI, VII, VIIa en aftakking VII met diepten van het grondwater

figuur 2a. Veenlagen zijn afzonderlijk aangegeven. Deze komen hoofdzakelijk voor in het centrale middengedeelte van het zuidelijke gebied.

TIJD-STIJGHOOGTELIJNEN

Door het uitzetten van de waargenomen grondwaterstanden tegen de tijd en deze punten met elkaar te verbinden verkrijgt men zogenaamde tijd-stijghoogtelijnen. Door van een aantal buizen, verspreid over het gebied, dergelijke lijnen te maken kan men uit dergelijke figuren nagaan, wanneer de gemiddeld diepste en hoogste stand van het grondwater wordt bereikt. De bovenste vier lijnen van figuur 3 hebben betrekking op gewone buizen, de onderste vier staan in de buurt van het pompstation Vlierden. In deze figuur is te zien, dat vanaf augustus 1971 de daling van het grondwater in bijna al de bovenste vier lijnen zich voortzette tot in november, toen de diepste grondwaterstand in het droge jaar 1971 werd bereikt. Doordat pas eind november al de buizen waren geplaatst en vele buizen nog droog stonden, kon geen isohypsenkaart worden vervaardigd van medio november.

In 1972 waren als gevolg van de regens in april en mei hoge grondwaterstanden waargenomen, die beide ongeveer even hoog waren als op 28 augustus 1972. De waterstanden die op 28 december 1972 werden gepeild verschilden ook weinig van die van 14 december 1971. Bij de minder diep ontwaterde gronden waren de grondwaterstanden plaatselijk wel hoger maar voor de diepere waren de verschillen zeer klein.

Na het natte voorjaar van 1973 zijn de waterstanden blijven dalen tot september-oktober. Ook toen kon van deze droogste tijd geen kaart worden gemaakt van de diepste grondwaterstand door het droogvallen van ongeveer 35% van de buizen en het ontbreken van de gegevens van de door TNO waargenomen buizen.

Uit deze tijd-stijghoogtelijnen is ook de fluctuaties in de grondwaterstanden af te leiden. De ondiep ontwaterende buizen reageren snel op iedere regenbui. Hoe dieper de grondwaterstand is, des te trager worden de stijgingen en dalingen van de grondwaterstanden. Zo is op te merken dat de grondwaterstand in buis 33 vanaf de diepste stand in november 1971 geleidelijk stijgt tot augustus 1972 om vervolgens met een kleine onderbreking in november-december weer te dalen tot eind januari 1973. De volgende voorjaarsregens geven weer een

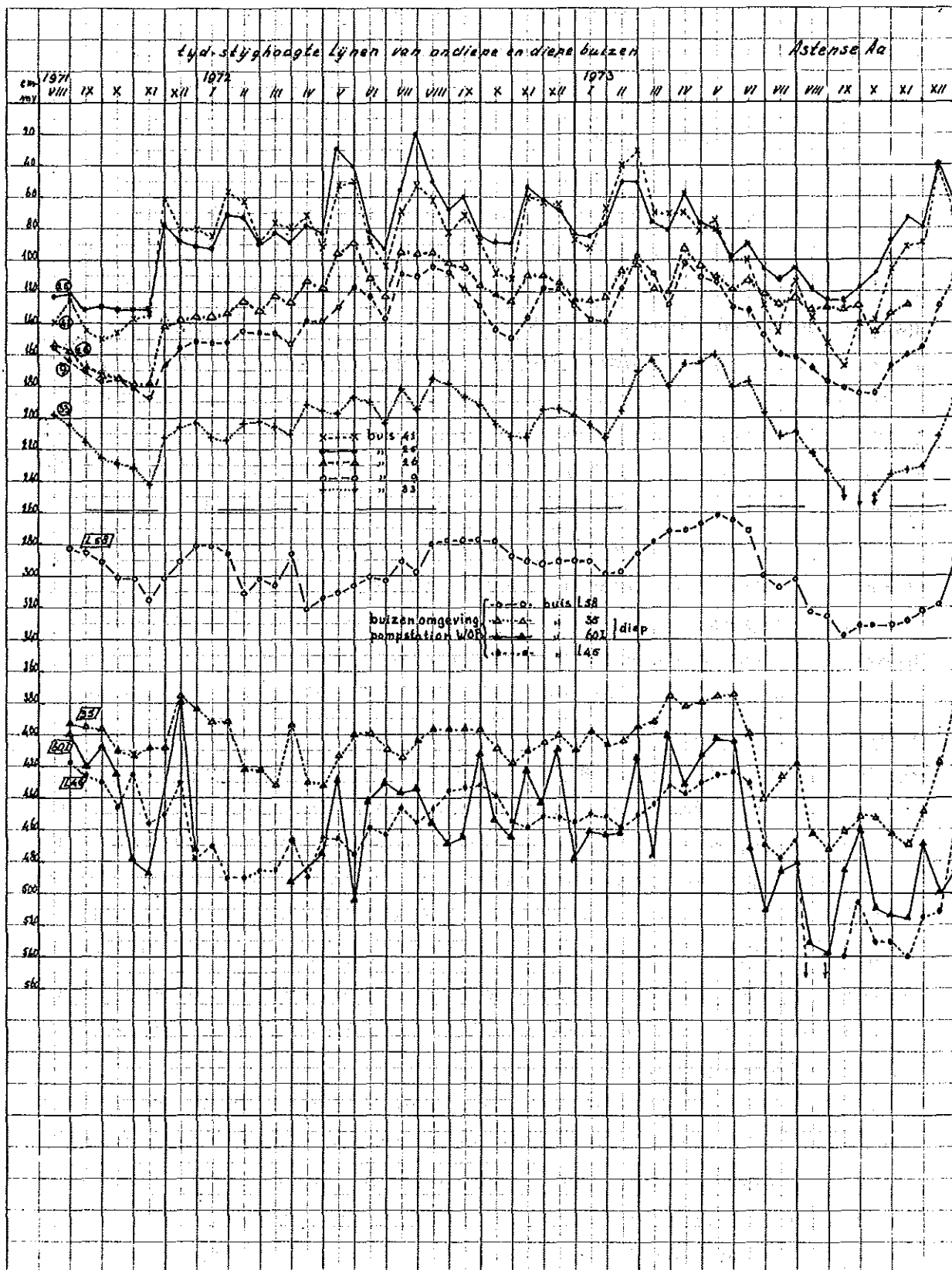


Fig. 3. Tijdstijghoogtelijnen van ondiepe en diepe grondwater-
standen

stijging te zien waardoor in mei 1973 de hoogste stand werd bereikt of wel een maand later dan de top van de ondiepe buizen. De daarop volgende daling zorgde voor het diepste punt in begin november, een maand later dan bij de ondiepe buizen. Dit wordt mede veroorzaakt door de grotere bergingsmogelijkheid in de bovengrond, waardoor minder regenwater het grondwater bereikt. Hierdoor vallen de diepste of hoogste grondwaterstanden in een heterogeen terrein, nooit alle op dezelfde dag. Een spreiding van 14 dagen tot een maand komen voor, afhankelijk van de grootte van de neerslag (BON, 1973).

Het gedrag van de waterstanden rondom het pompstation Vlierden (onderste vier lijnen van fig. 3) zijn meer afhankelijk van de onttrekkingshoeveelheden en de afstand tot de onttrekkingsputten. Zo ligt de buis L 58 wat verder van het onttrekkingscentrum dan buis L 45 die dan ook vlugger reageert op de onttrekking. Van de 'diepe' controlebuizen 60 I en 35 ligt de buis 60 I weer dicht bij het onttrekkingscentrum. De lengten van de buizen zijn respectievelijk 58 en 30 m.

Op een viertal plaatsen werden registrerende peilmeters geplaatst om het grondwaterverloop nauwkeurig te kunnen volgen. Ze waren opgesteld bij buis 29 (raai II) in de Peelhorst, bij buis 15 (raai IIIa) aan de voet van de Peelrandbreuk ten noorden van Liessel, bij het regenstation 7400 van de Rijkswaterstaat, ten noorden van buis 77 (raai V) in het stroomgebied van de Diepe loop en bij buis 67 (raai IV) tussen de Diepe loop en de provinciale weg. Een overzicht van de wekelijkse waarnemingen van deze buizen is weergegeven in de figuren 4a tot en met 4d. De boven gegeven uiteenzetting is ook hier van toepassing namelijk dat in de buis 15 (fig. 4b) met de diepste grondwaterstand (gemiddeld 3,40 m beneden maaiveld) de fluctuaties klein zijn en de toppen en dalen in de lijn zeer sterk na-ijlen ten opzichte van de andere buizen. Het diepste punt wordt hier in december bereikt, terwijl dit bij de andere buizen in september-oktober werd gehaald.

De vorm van de tijd-stijghoogtelijn van buis 15 wordt niet alleen bepaald door de diepere grondwaterstand, doch ook door de grondwateraanvoer uit het achterland of wel de Peelhorst. Daar de Peelrandbreuk praktisch als een damwand fungeert, is de afvoer uit het achterliggende ondergrondse stuwmeer vertraagd en treden slechts geringe fluctuaties in de afvoer op, zodat de invloed van de neerslag wordt geniveleerd.

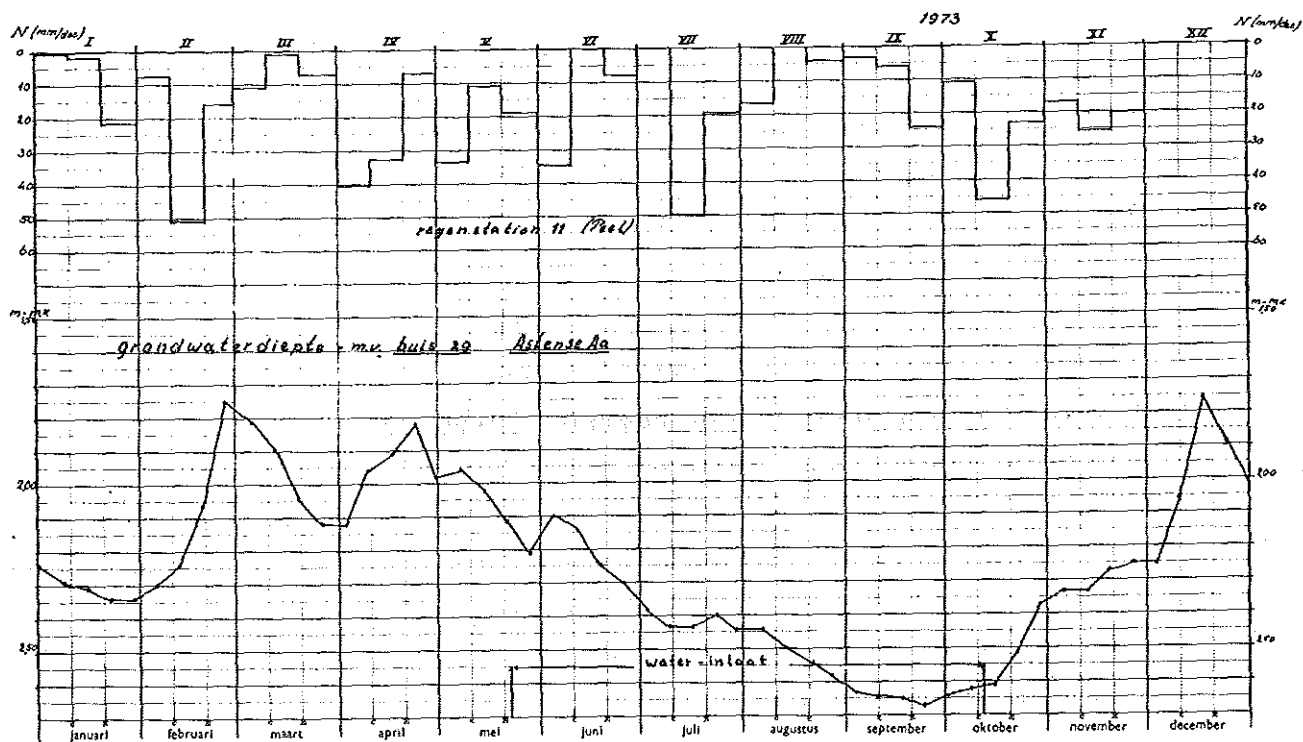


Fig. 4a. Tijdstijghoogtelijn van buis 29 (Peel)

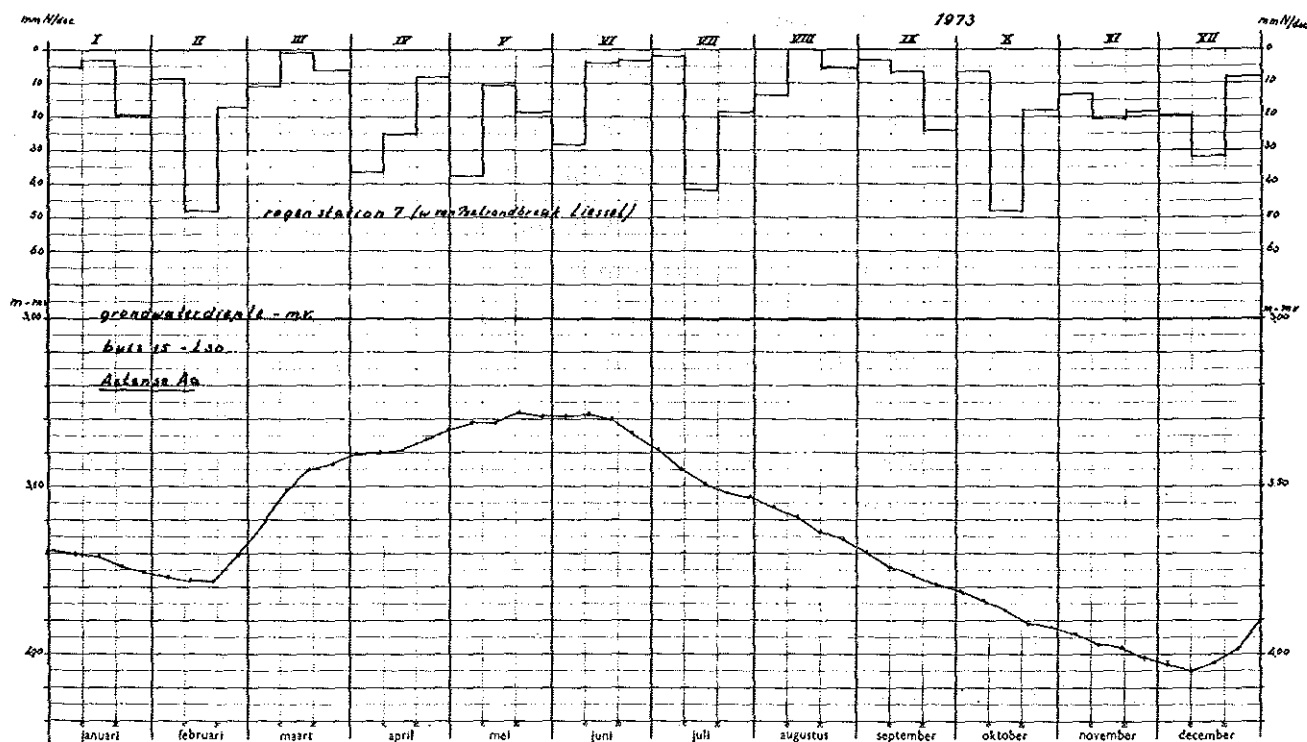


Fig. 4b. Tijdstijghoogtelijn van buis 15 (westelijk van Peelrandbreuk bij Liessel)

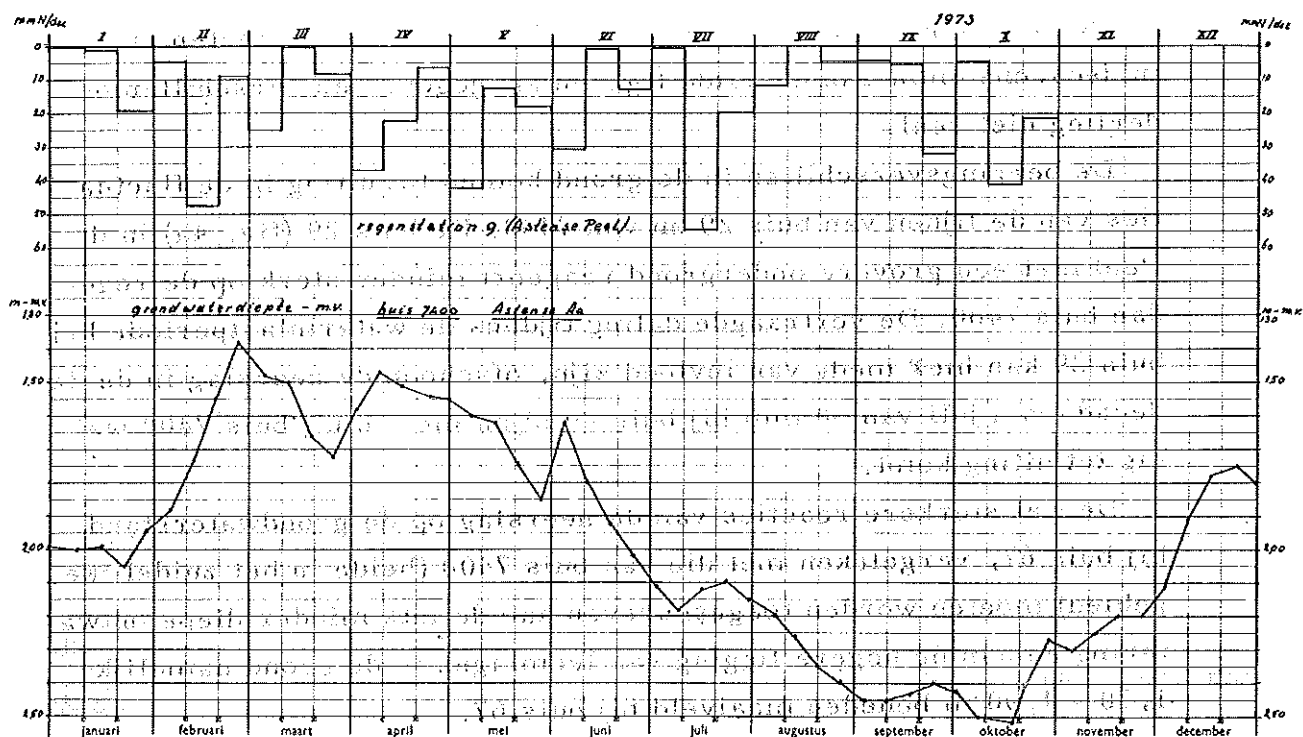


Fig. 4c. Tijdstijghoogtelijn van buis 7400 (Astense Peel)

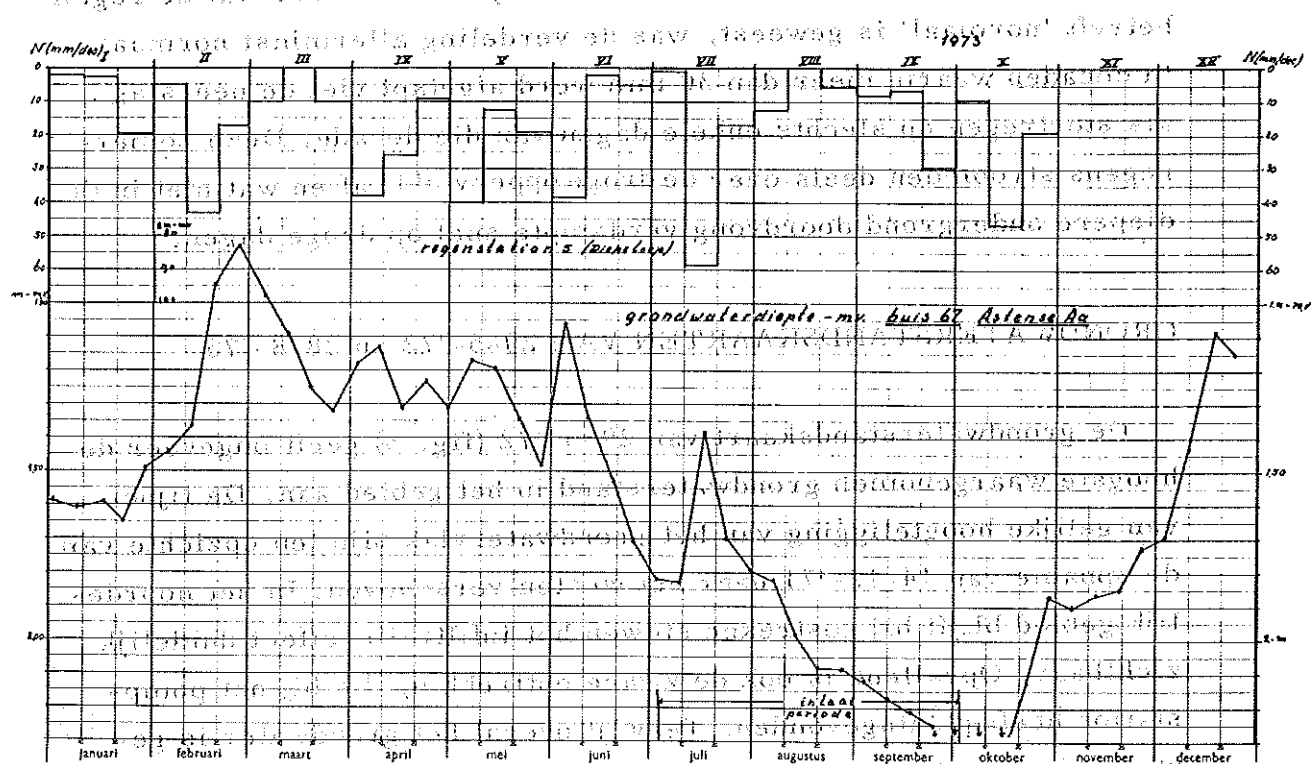


Fig. 4d. Tijdstijghoogtelijn van buis 67 (bij diepe loop)

De neerslaghoeveelheden die bij de buizen werden gemeten staan in decadensommen in dezelfde figuren aangegeven en verschillen onderling niet veel.

De bergingsverschillen in de grond komen tot uiting in de fluctuaties van de lijnen van buis 29 en van 7400. De buis 29 (fig. 4a) in de Peel met een grovere ondergrond reageert minder sterk op de regen dan buis 7400. De vertraagde daling tijdens de waterinlaatperiode bij buis 29 kan hier mede van invloed zijn, ofschoon de neerslag in de 2e decade van juli van 50 mm bij buis 29 bijna niet en bij buis 7400 weinig tot uiting komt.

De wat sterkere reacties van de neerslag op de grondwaterstand bij buis 67, vergeleken met die van buis 7400 (beide in het zuidelijke gebied) moeten worden toegeschreven aan de iets minder diepe ontwatering en aan de hogere ligging van leemlagen in de grond namelijk 1,20 - 1,90 m beneden maaiveld bij buis 67.

Bij buis 7400 komen dunne leemlaagjes voor tussen 1,50 en 1,80 m beneden maaiveld.

Hoewel het K.N.M.I. vermeldt dat het jaar 1973 voor wat de regen betreft 'normaal' is geweest, was de verdeling allerm minst normaal. In decaden waarin meer dan 30 mm werd afgetapt viel de neerslag als stortregen op slechts enkele dagen van die decade. Deze zomerregens stroomden deels over de droge oppervlakte af en wat niet in de diepere ondergrond doordrong verdampte snel op droge dagen.

GRONDWATERSTANDSKAARTEN VAN 29-5-'72 en 28-8-'73

De grondwaterstandskaart van 29-5-'72 (fig. 5) geeft ongeveer de hoogste waargenomen grondwaterstand in het gebied aan. De lijnen van gelijke hoogteligging van het grondwatervlak zijn ten opzichte van de opname van 14-12-'71 naar het westen verschoven. In het noordelijk gebied blijft bij gestreken stuwen het infiltratie-effect duidelijk zichtbaar. Opvallend is ook de zware onttrekking die bij het pompstation heeft plaatsgevonden. Terwijl overal het grondwater is gestegen is deze bij het pompstation gedaald tot beneden 20 m +NAP. In het zuidelijke gebied zijn de opbollingen tussen de beken nog sterker geworden. Het deel van de gronden om de Diepe loop ten oosten van

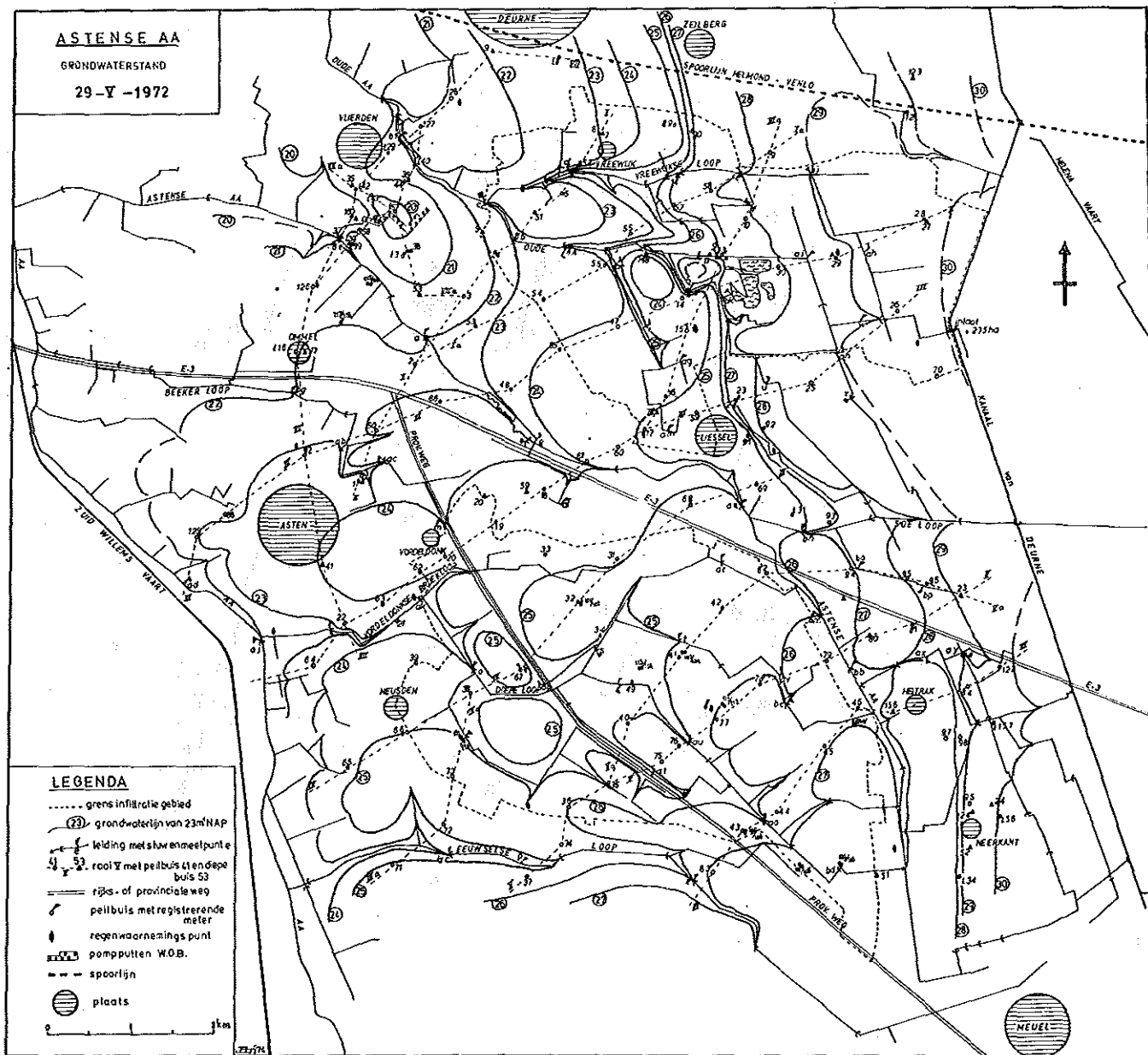


Fig. 5. Grondwaterdiepte kaart ten opzichte van NAP van 29-5-'72

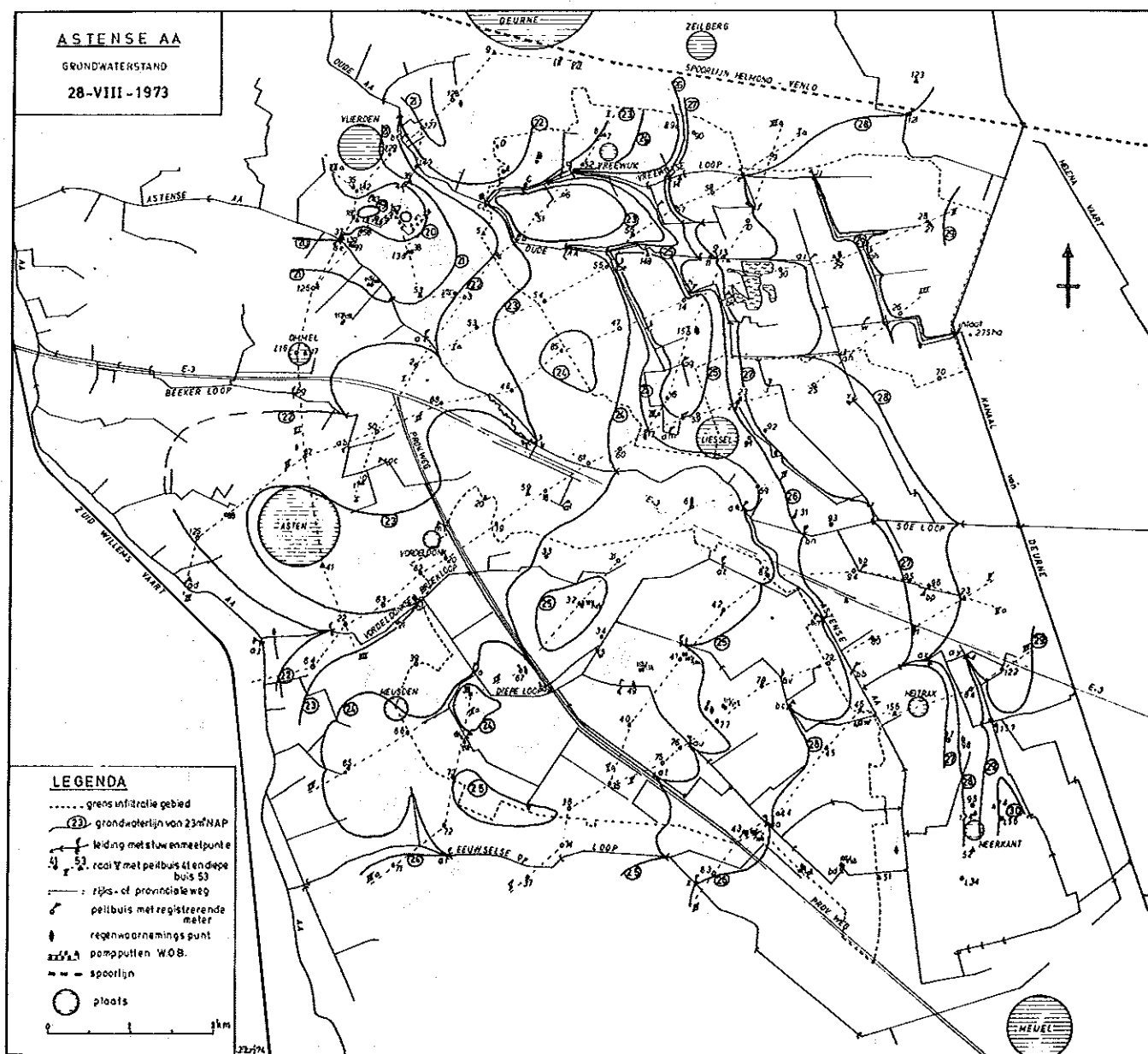


Fig. 6. Grondwaterdieptekaart ten opzichte van NAP van 28-8-'73

de provinciale weg komt nu als een komgebied duidelijk tot uiting, terwijl een rug in het grondwater zichtbaar wordt door de sterke westwaartse ombuiging van de isohypsen rondom de weg van Meijel via Heusden en Asten in noordwestelijke richting. Deze rug wordt door de erosietrechter van de Vordeldonkse broekloop ten zuiden van Asten onderbroken. Een mogelijke samenhang met leemlagen en geologische storingen in de ondergrond is niet uitgesloten.

De kaart met de bijna diepste grondwaterstand wordt weergegeven door de opname van 28-8-'73 (fig. 6). Tussen de beken in het noordelijke gebied ligt het grondwater ondanks de infiltratie soms 2 à 3 m lager dan het beekpeil, vooral langs de Vreewijkse loop. Bij het pompstation komen de grondwaterspiegels tot 19 m +NAP. In het zuiden wordt bij sommige stuwen een lichte inzijging geconstateerd, doch verder zijn de verschillen tussen het grondwater- en stuwpeil niet meer zo groot als bij de opname van 14-12-'71 (fig. 1). Het komgebied bij de Diepe loop komt ook hier tot uiting in de vorm van de 24 en 25 m lijn van de isohypsen. De uitbuiging van de 24 m-lijn is iets in noordwestelijke richting en die van de 25 m-lijn in zuidoostelijke richting veranderd.

Door de geringe helling van het grondwatervlak lijkt het erop, alsof het grondwater in de droge zomer van 1973 bijna tot de laagste stand is uitgezakt en het niveau heeft bereikt van de grondwaterstroom die constant uit de hogere delen wordt gevoed.

ISOHYPSENKAART VAN HET DIEPE GRONDWATER OP 28-12-'72

Een geheel ander beeld geeft de isohypsenkaart van het diepe grondwater (fig. 7). Doordat slechts een vrij klein aantal diepe buizen in het gebied van de Astense Aa zijn geplaatst is de betrouwbaarheid van de kaart geringer. De meeste diepe buizen staan langs de Peelrandbreuk en nabij het pompstation Vlierden. In het zuidelijke en zuidoostelijke gebied staan slechts enkele buizen. Hierdoor is de ligging van de lijnen in dit gebied dan ook nog minder nauwkeurig dan in het noordelijke gebied.

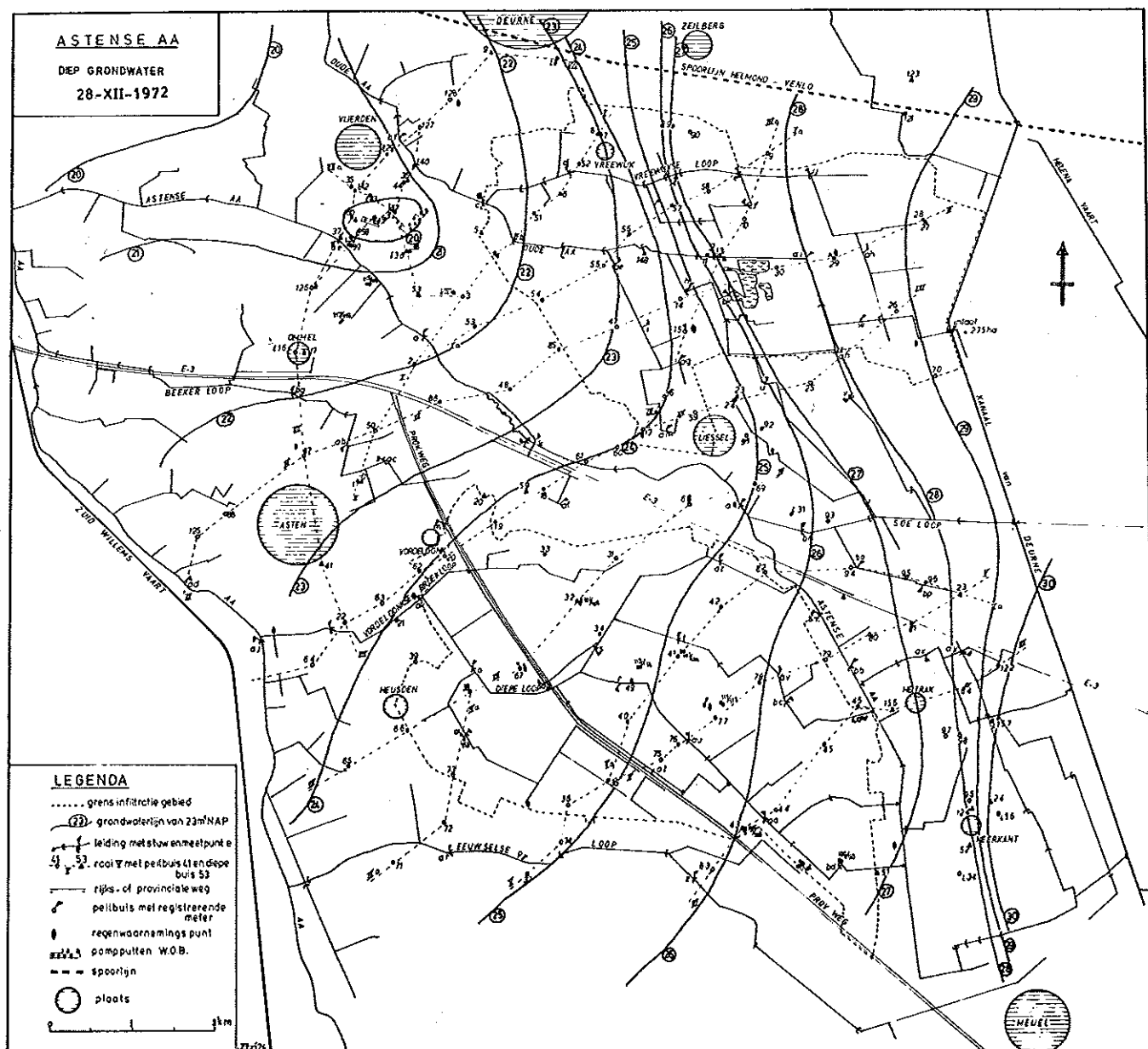


Fig. 7. Isohypsenkaart van het diepe grondwater ten opzichte van
NAP van 28-12-'72

Het isohypsenbeeld is veel vloeiender dan op de kaarten van het ondiepe grondwater.

In het noordelijke gebied vormt zich als het ware een breed dal waarvan de as ligt van Liessel naar Vlierden. Bij het pompstation wordt ook hier een kuil aangetroffen, hetgeen niet verwonderlijk is, omdat uit het diepe pakket drinkwater wordt onttrokken. Dat er ook een sterke verlaging in het ondiepe grondwater optreedt, zoals in de figuren 1, 5 en 6, wijst op het afwezig zijn van afsluitende lagen tussen de twee watervoerende pakketten.

De korte afstanden tussen de isohypsen langs de Peelrandbreuk komen in fig. 7 ook tot uiting. Het verhang van het diepe grondwater bedraagt op vele plaatsen 5 : 1 000. Bij de Soeloop is de Peelrandbreuk ook hier niet in het isohypsenbeeld terug te vinden. Er wordt zelfs een geringe ombuiging van de isohypsen in stroomopwaartse richting aangetroffen, welk verschijnsel wijst op een opgevuld dal.

In het zuidelijke gebied is de grondwaterstroming bijna in westelijke richting. In het gebied van de Diepe loop liggen de 24- en 25m-lijnen bijna 3 km uit elkaar. De 24 m-lijn vormt een bocht in noordwestelijke richting, de 25 m-lijn in zuidoostelijke richting. De komvorming komt op deze kaart duidelijker tot uiting dan in figuur 6. Verder komt ook hier een vlakke rug ten oosten van de Aa voor met als as de lijn Heusden-Asten.

Uit de vergelijking van deze kaart met die van het ondiepe water is af te leiden op welke plaatsen kwel of wegzijging optreedt. Deze kaart heeft ook gediend om de kwel en inzijging te bepalen die in het diepe watervoerend pakket optreedt. Over de kaart werd een ruitennet gelegd van vierkantjes van 1 km^2 . Uit de gemiddelde drukhoogteverschillen op de zijden van de vierkantjes en een berekende doorlaatfactor (KD-waarde) is de kwel of inzijging te berekenen zoals is beschreven door MOEN en BON (1973).

FLUCTUATIEDIAGRAMMEN

Wanneer in een gebied een groot aantal grondwaterbuizen moet worden opgenomen kan men zich afvragen of het aantal opnamen na enige tijd niet kan worden beperkt. In vele gevallen is dit mogelijk wanneer

het gebied uit 'homogene' delen is opgebouwd. Hydrologische wil dit zeggen, dat de waargenomen grondwaterstanden in willekeurige buizen een redelijk verband te zien geven met een zogenaamde 'stambuis'. Dit verband wordt gevonden, als de waarnemingen van de willekeurige buizen in een zogenaamd fluctuatiediagram worden uitgezet tegen de gegevens van de stambuis. De ligging van de punten dient dan met een geringe afwijking om een rechte of gebogen lijn te liggen. Het is echter wel gewenst dat voor de stambuis over een grote spreiding in grondwaterstandsgegevens wordt beschikt, dus zowel hoge als diepe grondwaterstanden.

Al naar gelang het doel waarvoor de diagrammen worden gebruikt, kan men, wanneer het verband eenmaal is gevonden, een groot deel van de waarnemingspunten laten vervallen en verder volstaan met de waarneming in de stambuizen.

Zijn echter de grondsoorten, de profielopbouw en de ontwaterings-systemen sterk verschillend, dan vormen de gegevens in de fluctuatiediagrammen puntenzwermen waaruit in de meeste gevallen geen verband is af te leiden.

In het gebied van de Astense Aa kon voor 50% van de buizen geen redelijk verband worden gevonden met andere buizen. De overige relaties waren zodanig dat op grond van de resultaten niet kon worden besloten tot opheffen van een aantal meetpunten. De buizen waarvan wel een verband met een stambuis werd gevonden lagen namelijk zeer verspreid door het gebied. Besloten werd dan ook gedurende de gehele onderzoekstijd alle buizen te blijven waarnemen.

Men kan van fluctuatiediagrammen gebruik maken om de invloed van de waterinlaat op de grondwaterstanden na te gaan (fig. 8). In figuur 3 valt het op dat de daling van de grondwaterstanden vanaf april 1973 niet overal even sterk is. In fig. 4a (buis 29) is ook een vertraagde daling waarneembaar. Gezien de lokatie van de buizen en het isohypsenbeeld kon deze vertraagde daling door de infiltratie zijn veroorzaakt.

Om dit na te gaan werden grondwaterstandsgegevens van vóór en tijdens de infiltratie in hetzelfde fluctuatiediagram uitgezet. Wanneer de grondwaterdiepten vanaf april 1973 in de fluctuatiediagram apart worden aangegeven, dan blijkt dat de hoge grondwaterstand op 14 april

grondwater-fluctuatiediagrammen van 2 buizen en 3 stambuizen

Astense Aa

waarnemingen tot april 1973 x x x x x 1d na april 1973

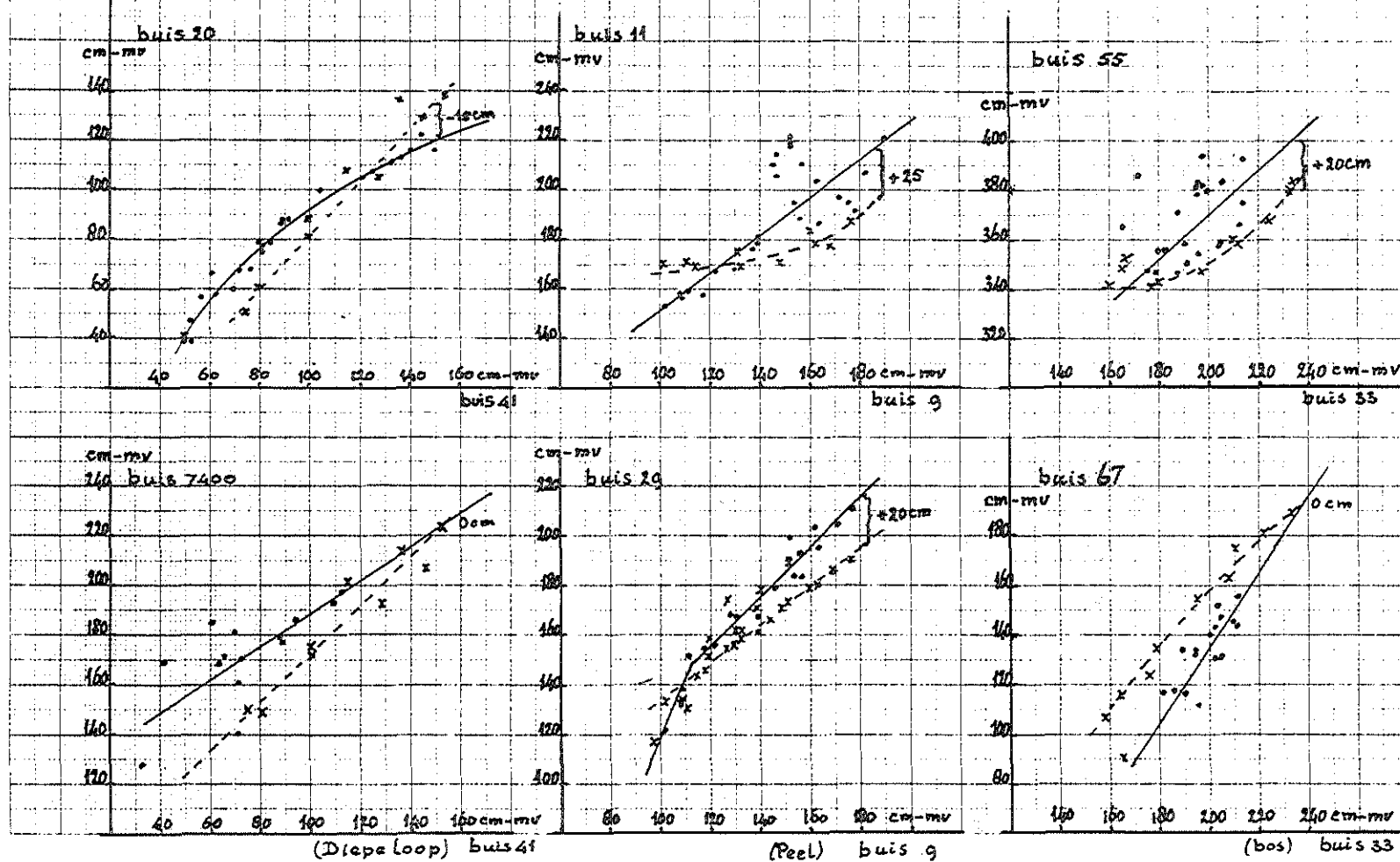


Fig. 8. Grondwater-fluctuatiediagrammen van enkele buizen

in de meeste diagrammen, op of nabij de getrokken lijn te liggen. Deze lijn geeft het verband aan tussen de twee buizen (zie fig. 3 met hoge grondwaterstanden op 14 april 1973). Tijdens het dalen van de grondwaterstand in de loop van de zomer blijken de standen niet meer overeen te komen met die welke door de getrokken lijn worden aangegeven. Ten opzichte van de stambuis, waarvan de grondwaterdiepten op de horizontale as zijn uitgezet, kan de afwijking van de uitzakkingslijn (streeplijn) ten opzichte van de getrokken lijn, positief of negatief uitvallen. De diepe grondwaterstand van 28-8-'73 werd gekozen om het effect van de infiltratie te bepalen.

Als voorbeeld zijn de gegevens van buis 20 en buis 7400 uitgezet tegen die van de stambuis 41 (raai Va). Buis 20 (raai III) ligt bij de Vordeldonkse broekloop op een beboste zandrug en de buis 7400 bij het regenstation van de Rijkswaterstaat ten zuiden van buis 41 in de Astense Peel (fig. 9). Het verband tussen de grondwaterstanden van buis 41 en buis 20 is zeer redelijk en in dit geval kromlijinig. Door het opzetten van de stuwen in de zomer van 1973 werd de grondwaterstand verhoogd. Bij een stand van 80 cm beneden maaiveld bij buis 41 werd vóór de infiltratie bij buis 20 een grondwaterstand van 78 cm beneden maaiveld gemeten en tijdens de infiltratie van 60 cm. De infiltratie-invloed was dus 18 cm. Door de sterke verdamping daalde het beekpeil en eind augustus was de invloed zelfs negatief en bedroeg - 15 cm. Bij buis 7400 was de infiltratie-invloed positief, doch eind augustus was deze nihil.

Van de stambuis 9 (raai Ia en IIIa) gelegen ten zuiden van de spoorlijn Helmond-Venlo, juist buiten het noordelijke infiltratiegebied, werden de grondwaterstanden uitgezet tegen die van buis 11 en 29. De buis 11 ligt vlak langs de Oude Aa ten westen van de zandwinning van de steenfabriek en buis 29 ligt ten oosten van de steenfabriek in de Peel.

Het verband tussen de waterstanden van buis 11 en stambuis 9 is voor de diepere grondwaterstanden zeer slecht. De oorzaak moet worden gezocht in het steeds veranderen van de stuwpeilen. Op 28 augustus werd een peilverhoging gevonden van 25 cm, hetgeen voor de ligging vlak naast de leiding acceptabel mag worden geacht. Bij buis 29 (raai II) wordt een constante verhoging van de grondwaterstand door de infiltratie waargenomen. In een vrij vlak gebied, omringd door opgezette infiltratieleidingen is een verhoging van 20 cm aannemelijk.

De peilen van de buizen 55 en 67 zijn uitgezet tegen de stambuis 33 gelegen bij de noordgrens van het zuidelijk infiltratiegebied in een vrij hoge beboste zandrug. Buis 55 (raai Ia) ligt ten zuiden van de Oude Aa in het noordelijk proefgebied waar sterke wegzijging optreedt. De spreiding van de punten om de getrokken lijn is ook hier zeer groot. Evenals bij buis 11 is de oorzaak van de spreiding waarschijnlijk de wisselende invloed van de stuwstand. Door de diepe grondwaterstand (tussen de 3,40 en 4,00 m beneden maaiveld) zal ook de invloed door na-ijling van de grondwaterstand de spreiding van de punten kunnen veroorzaken. De kruisjes van de waterstanden tijdens de grondwaterstands daling liggen op een gebogen lijn die de rechte nadert, doch eind augustus is er nog 20 cm verschil.

Buis 67 (raai IV) gelegen op een vlakke zandrug tussen de provinciale weg en de Diepe loop in het zuidelijke proefgebied, laat een uitzakkingslijn zien met diepere standen dan bij het normale verband zonder infiltratie. De uitzakkingslijn nadert ook hier de rechte om eind augustus bij een grondwaterstand van 190 cm beneden maaiveld samen te vallen. In hoeverre de invloed van de ruilverkavelingswerken in de eerste periode van de grondwaterdaling een negatief effect heeft gehad, is niet na te gaan.

Uit de fluctuatiediagrammen blijkt dat bij diepe grondwaterstanden het oorspronkelijke verband tussen twee grondwaterstanden steeds weer wordt benaderd, onafhankelijk van infiltratie of peilverlagingen tijdens werkzaamheden. De verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de ondergrondse toestroming uit hogere delen het effect van de toevoer uit of de afvoer naar de beken overtreft.

INFILTRATIE EFFECTEN

Het effect van de infiltratie van Maaswater op de grondwaterstanden kon door de heersende droogte in 1973 goed worden bestudeerd. Dit kon op verschillende wijzen gebeuren, onder andere door vochtbemonstering van profielen, door berekening van de capillaire opstijging, rekening houdend met de gelaagdheid van de grond, de neerslag en de verdamping, of zoals hier is beschreven, door gebruikmaking van fluctuatiediagrammen.

Uit de verschillen tussen de grondwaterstanden voor en tijdens de infiltratie is het infiltratie-effect te bepalen zoals dit in het vorige hoofdstuk is aangegeven.

De keuze van de bepaling van de datum van 28 augustus lag in het feit dat na die datum teveel buizen droog vielen. De diepste grondwaterstanden werden toen niet bereikt, doch het groeiseizoen was praktisch voorbij.

In het noordelijke gebied duurde de infiltratieperiode van 22 mei tot 10 oktober en in het zuidelijke gebied van 3 juli tot 2 oktober. In het zuidelijke gebied werden tijdens deze periode nog al eens stuwen gestreken en opgezet en werd water ingelaten waar het niet werd verwacht, alles ten behoeve van de ruilverkavelingswerken. Verschillende buizen verdwenen en door het graven van nieuwe sloten daalde op sommige plaatsen het grondwater meer dan normaal. Daardoor kon uit de verkregen gegevens geen juist inzicht meer worden verkregen. Mede door de heterogeniteit van de terreinopbouw, de afvoer, de grondsamenstelling, het ontbreken van waterstandsgegevens wegens te lage standen (droge buizen) en verplaatsing van buizen werd niet steeds een goed verband gevonden tussen de grondwaterstanden en die van de stambuis.

In fig. 9 zijn de twee proefgebieden weergegeven met de daarin gelegen buizen. Voor dit gebied werden een drietal stambuizen gebruikt die ieder met een bepaald symbool staan aangegeven, te weten de buizen 9, 33 en 41. Uit de ligging van deze buizen werd aangenomen dat ze geen invloed hebben ondervonden van de hydrologische veranderingen. Ook uit de fluctuatiediagrammen van de stambuizen onderling kon geen invloed worden geconstateerd.

De peilbuizen die met een bepaalde stambuis een verband vertoonden zijn met het symbool van die stambuis aangegeven. De buizen die met stambuis 9 'meelopen' liggen allen op de Peelhorst en een enkele ten westen van de Peelrandbreuk. De buizen die met de stambuis 33 een verband tonen, liggen zowel in het noordelijke als in het zuidelijke gebied en omvatten in het algemeen de buizen met diepe grondwaterstanden. De buizen die met de stambuis 41 meelopen liggen evenals buis 41 zelf in het komvormige gedeelte van de Diepe loop, vroeger de Astense Peel genoemd. Leem en veenlagen komen in dit

Infiltratie invloed Astense Aa

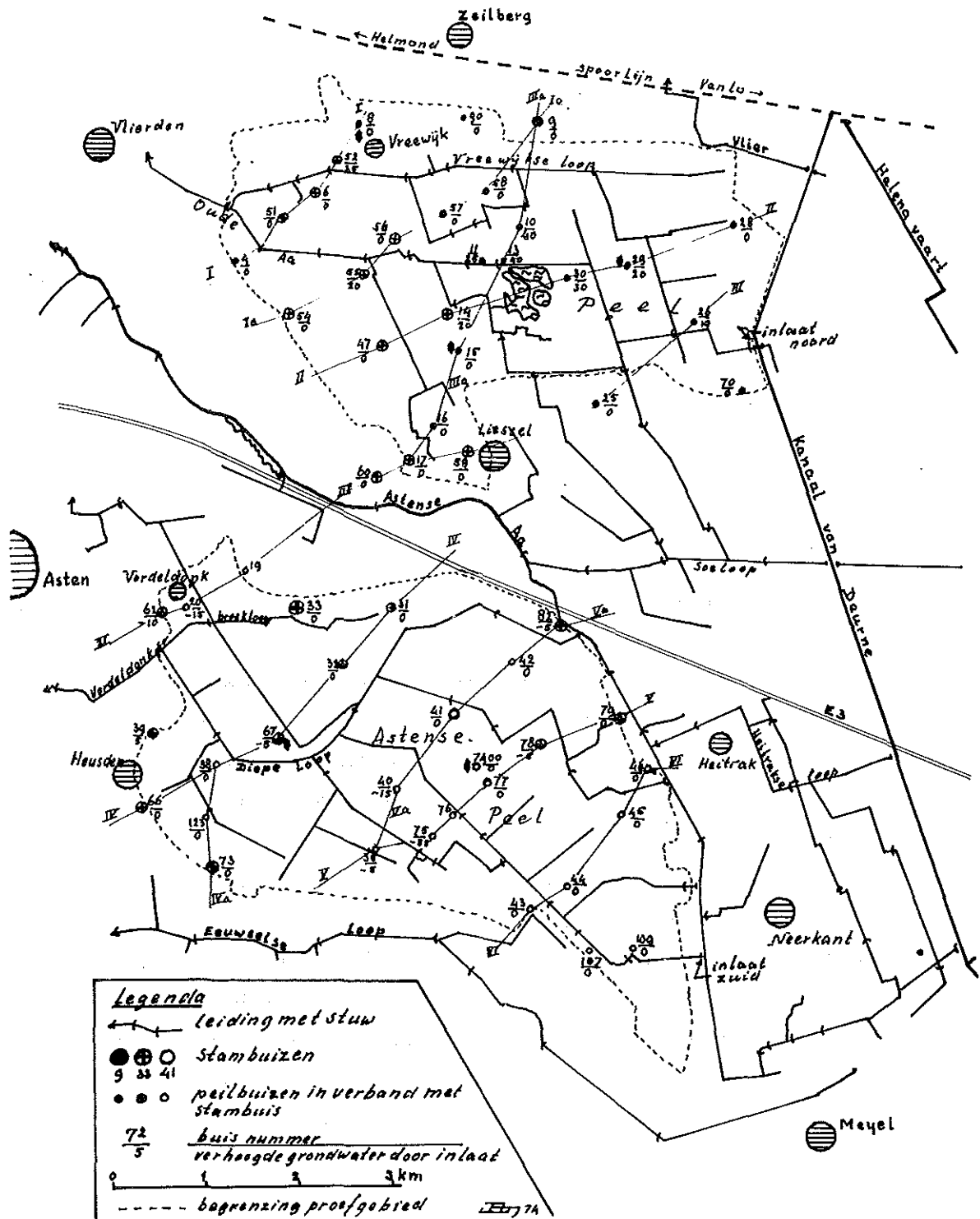


Fig. 9. Kaart van de twee infiltratieproefgebieden

centrum veelvuldig voor.

De uit de fluctuatiediagrammen verkregen resultaten betreffende de infiltratie-invloed op 28 augustus 1973 staan in figuur 9 bij de buizen aangegeven en zijn in de dwarsraaien ingetekend (fig. 2a en 2b).

In het noordelijke wegzijgingsgebied komt de positieve infiltratie invloed het meest tot uiting dicht langs de leidingen en heeft geen effect op grotere afstand daarvan. In het vlakke Peelgebied is het infiltratie-effect duidelijk waarneembaar, behalve aan de hogere oostgrens.

In het zuidelijke proefgebied werd geen infiltratie invloed geconstateerd. Op sommige plaatsen was deze zelfs negatief hetgeen moet worden geweten aan ruilverkavelingswerken.

AFVOERMETINGEN

Uit de isohypsenkaarten van het ondiepe grondwater was het vermoeden gerezen, dat in het noordelijk proefgebied wegzijgingen optreden. Dit was de reden, dat het Waterschap van de Aa overstorthoogten heeft gemeten bij vele stuwen om mogelijke verliezen uit de leidingen vast te stellen. De eerste metingen werden op 26 oktober 1972 in de Oude Aa en Vreewijkse loop uitgevoerd. Met tussenpozen van ongeveer een maand werden de metingen herhaald. In november werd het aantal meetpunten uitgebreid in de Astense Aa en Diepe loop. De metingen werden verricht met de overstorthoogtemeter die door het ICW werd ontwikkeld (BON, 1965). Door de snelle wijze van meten kon een groot aantal metingen op eenzelfde dag worden uitgevoerd. Uit de gemeten overstorthoogte kon op eenvoudige wijze de afvoer worden berekend in l/sec, l/sec.ha of in mm/dwanneer de afstromende oppervlakte bekend is. Om de afvoer per meetpand te krijgen werd van de afvoer van het beneden gelegen meetpunt van die van het bovengelegen meetpunt afgetrokken. In de tabellen 1 tot en met 4 zijn de resultaten van de afvoeren in mm/dag weergegeven over de oppervlakte behorend bij de stuw waaraan werd gemeten.

Doordat in het noordelijke gebied op het inlaatpunt Ai (tabel 1) wel de hoeveelheid ingelaten water werd gemeten, doch niet de hoeveelheid water die uit het oosten onder het kanaal door werd afgevoerd, werd als inlaatpunt voor de Oude Aa de stuw D gekozen en voor de Vreewijkse

Tabel 1. Mommentopname afvoer in mm/dag per stuwpand Oude Aa

ha	Pand boven stuw	1972 26 X	24 XI	28 XII	1973 31 I	20 II	30 III	26 IV	5 VI	5 VII	30 VII	30 VIII	28 IX	7 XI	7 XII
	inlaat Ai (1/s)	118	0	0	0	0	0	0	0	180	175	150	140	-	-
	D (1/s)	0	-	14	18	62	0	11	200?	63	122	60	53	0	28
63	G	0	1,2*	1,9	2,2	4,5	0	-1,-†	-3,4	1,8	?	-2,1	-1,4	0,7	2,3
96	K	1,5	1,2	0,9	0,8	1,3	2,0	-0,4†	-0,9	1,4	-2,8*	-1,2	-1,6	6,4	2,5
25	L	-0,3	3,4	1,0	1,7	0,7	1,4	3,4†	-5,2	-0,7	1,7	?	10,4	?	4,1
29	P	0,6	-4,6	-4,3	-7,4	-1,2	-7,7	2,3†	?	5,6	-5,5	-0,4**	-9,0	-7,0*	-5,9
213	AE	-0,4	1,0	-0,1	0,9	0,2	1,0	?	?	-1,7	-0,3	-0,5	-0,3	-0,4	2,0
137	AK	0,8	-0,3	0,1	-0,1	0,9	-0,4	?	-0,9	?	0,1	?	-0,9	1,4	-2,8
85	AM	2,0	1,5	1,5	0,9	0,3	2,2	-7,1***	0,2	1,7*	2,0	?	1,3	0,4	3,5
1880	BV 1/s	158	145	47	65	190	0,5	46	260	135	105	65	65	55	140
65	BV	-0,9	-4,9	-2,4	-3,0	-4,6	-6,0	-0,3†	1,1	-2,4	-2,5		-0,4	-5,9	-4,3
186	CD	0,8	-0,2	0,1	-0,3	0,4	-0	-1,0	-1,8	-1,0			-0,9		-0,4
58	N	0	0,9	0	0	0,1	0	0	4,4	0			0	0	1,2
25	plas							2,0		11,7	3,1	1,0			
41	O	0,8*	1,8*	0,9*	1,1*	2,6*	0*	2,3	5,3*	1,2	2,1		0,7*	1,8*	1,4*
Maandneerslag (mm) regenstation															
maand		X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
7 Liessel		10,3	61,4	18,3	23,2	73,4	17,8	69,4	67,-	35,2	62,2	18,8	33,1	72,4	52,6
11 Peel Lupi- nenweg			69,-	17,8	23,6	73,7	18,9	79,8	63,-	42,4	68,9	20,6	33,7	79,8	62,6
* 1 pand extra ** 2 panden extra † stuw versteld ? niet meetbaar inlaat noord 22/5-12/10 1973															

Tabel 2. Momentopname afvoer in mm dag per stuwpannd Vreewijkseloop

[illegible]

loop de Stuw Au (tabel 2).

De absolute hoeveelheid water die op de inlaatpunten werd gemeten staan in de tabellen vermeld, evenals de hoeveelheden die het eindpunt BV passeren. De ligging van de meetpunten is in figuur 10 aangegeven. De negatieve waarden in de tabellen geven aan dat die hoeveelheden uit de leiding zijn verdwenen. Vanaf eind april tot eind oktober 1973 blijken bijna alle panden, dus ook in de Peel, in meerdere of mindere mate water te verliezen, hetgeen wil zeggen dat er over de bovenste stuw van een pand meer water binnen stroomt dan er over de benedenstuw uitstroomt.

In een tweetal panden in de Oude Aa, te weten in het pand P (tussen L, O en P) en BV (tussen de meetpunten BR, AM en BV) treedt bijna constant waterverlies op. Ook de panden AE, AK en CD verliezen regelmatig water naar de ondergrond. In hoeverre deze inzijgingsgebieden samenhangen met geologische storingen of met de waterwinning bij Vlierden is nog niet exact aan te geven. De over de stuwen stromende hoeveelheden water zijn het resultaat van de verschillen in de aanvoer uit het bovenpand en uit de aangrenzende gronden en de verliezen door de leidingwand naar de ondergrond. Hierbij spelen de aangevoerde hoeveelheid water in l/sec, de stroomsnelheid, de waterdiepte in de leiding, het grondwaterpeil naast de leiding en de doorlatendheid van de bodem van de leiding en die van de ondergrond een grote rol.

Ter informatie is in de tabellen nog een overzicht gegeven van de neerslag per maand van enkele regenstations.

Dat de wegzijging aanzienlijk kan zijn blijkt vooral bij pand P. Voor de ondergrondse wegzijging werden bedragen van ruim 7 mm/dag berekend. Niet steeds komen deze bedragen van waterverlies uit de leidingen overeen met wat voor de diepere ondergrond werd berekend, daar beide gegevens momentopnamen zijn en de ondergrondse wegzijgingsberekeningen berusten op de isohypsen van het diepe water (weinig gegevens) en over een oppervlakte van 25 ha. Doch de plaats in het terrein en de orde van grootte van de wegzijging of kwel geven wel aanleiding te veronderstellen dat op die plaatsen waar zowel aan de oppervlakte als in de diepere ondergrond kwel of wegzijging optreedt, een samenhang aanwezig moet zijn.

Bij de Vreewijkse loop worden dezelfde verschijnselen waargeno-

Afvoer meetpuntennet ASTENSE A A

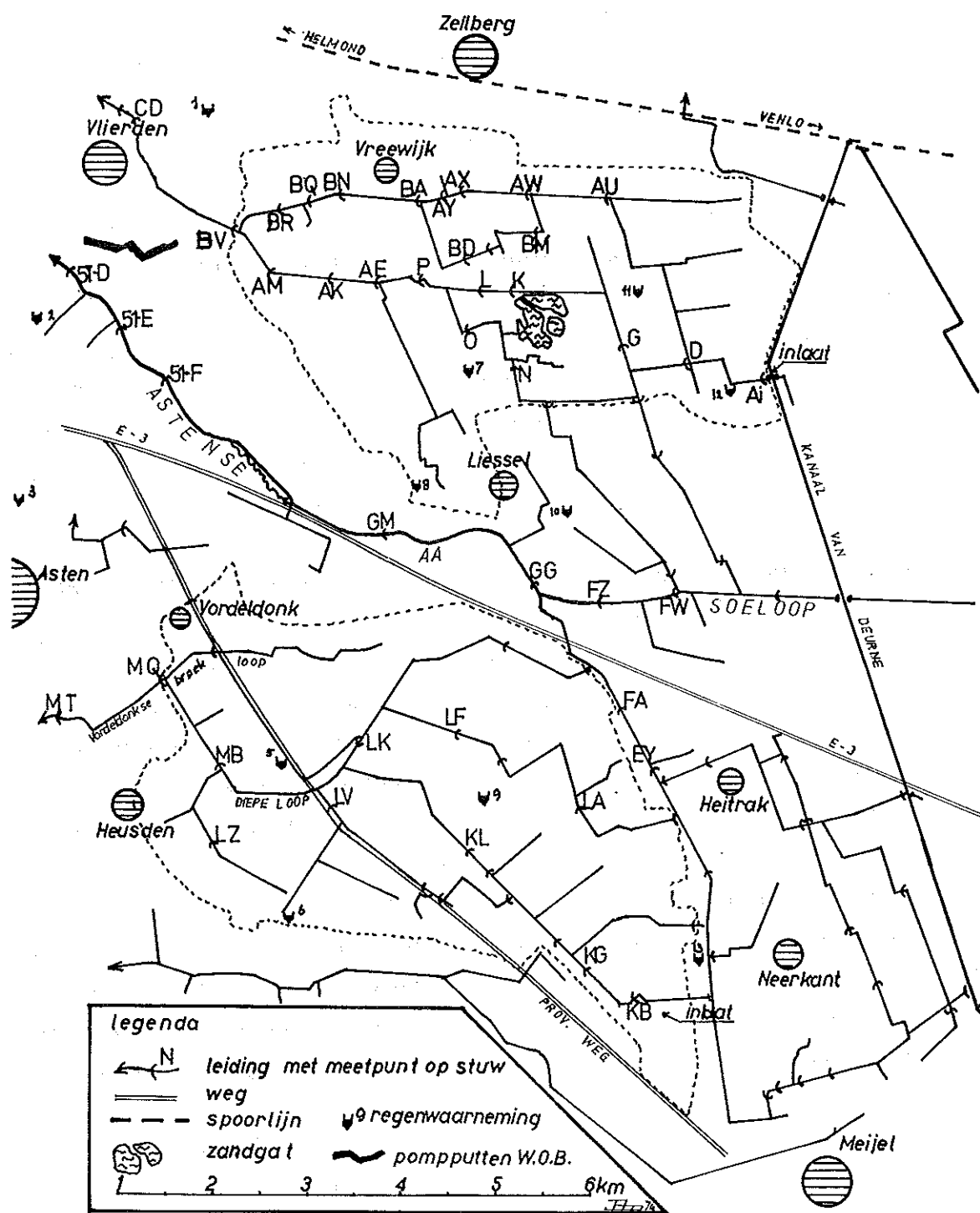


Fig. 10. Overzicht van de afvoermeetpunten in de proefgebieden

Tabel 3. Momentopname afvoer in mm/dag per stuwpand Astense Aa

ha	Pand boven stuw	1972		1973											
		26 X	24 XI	28 XII	31 I	20 II	30 III	26 IV	5 VI	5 VII	30 VII	30 VIII	28 IX	7 XI	7 XII
1779	EY												0	0,3	1,0
69	FA				0,6*	1,8*	1,7*	1,6*	1,6*	2,1*	1,0*		0	3,8	6,9
127	CG				<u>-0,7</u>	0,3	1,7	<u>-6,4</u>	<u>-5,9</u>	<u>-7,5</u>	<u>-4,1</u>		1,9	0	<u>-5,0</u>
188	GM												<u>-0,5</u>		
437	51-F		0,7*	0,6*	0,3*	0,1*	3,0*	4,0*	3,3*	3,3*	2,8*		3,1	2,9*	3,0*
316	51-E		1,1	<u>-1,4</u>	<u>-0,3</u>	<u>-1,1</u>	<u>-7,9</u>	<u>-6,4</u>	<u>-4,4</u>	<u>-7,5</u>	<u>-5,5</u>	<u>-1,6</u>	<u>-2,8</u>	<u>-4,3</u>	<u>-3,4</u>
221	51-D		-1,6	4,7	5,1	5,4	12,1	5,2	5,2	5,5	5,1	1,9	3,9	2,3	3,1
2211	FW												0,3	0,4	1,4
100	FZ				0,8*	2,0*	0*	0,8*	0,4*	0,7*	0,5*	0,2*	<u>-1,0</u>	<u>-0,4</u>	<u>-3,5</u>
Maandneerslag (mm) op regenstation															
	maand	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2	Ommel Buizerdijk					55,5	18,-	65,-	60,-	37,-	65,-	21,-	38,-	59,-	
10	Liessel Rode graaf				20,4	61,7	20,2	62,3	65,8	38,6	61,7	13,2	40,6	62,4	46,1

* 1 pand extra

men als bij de Oude Aa. Zo werd voor de panden AY en BR vele malen wegzijging berekend (tabel 2) en in mindere mate bij BA.

Bij de Astense Aa wordt op twee plaatsen veelvuldig wegzijging geconstateerd en wel bij de samenvloeiing van de Soeloop met de Astense Aa in het pand GG en verder stroomafwaarts bij pand 51 E (tabel 3). Of de sterke wegzijging bij 51 E wordt veroorzaakt door de geologie van de ondergrond, dan wel door de wateronttrekking van het pompstation Vlierden, of door beide factoren, is uit deze cijfers niet te bepalen. Wel blijkt dat de stroomrichting van het ondiepe en diepe water volgens de isohypsenkaarten in de richting van het pompstation gaat.

Wanneer de kwel volgens de berekening van MOEN en BON (1973) over 1 km^2 in de omgeving van het pompstation wordt berekend per 25 ha dan worden de in tabel 4 gegeven cijfers verkregen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de kwel daar als toestroming van water werd aangemerkt. Dit betekent dat deze toestroming bij Vlierden grotendeels via de putten verdwijnt.

Tabel 4. Kwel en onttrekkingsberekening in de omgeving van het pompstation Vlierden voor de toestand van eind december 1972

Kwel op 28-12-'72 volgens nota 571		Onttrekking (opgave W.O.B.)
25 ha gemiddeld 22 mm/dag = $5.500 \text{ m}^3/\text{d}$		19/12-26/12 $69.900 \text{ m}^3/\text{week}$
25 ha gemiddeld 14,1 mm/dag = $3.525 \text{ m}^3/\text{d}$		26/12- 2/1 $67.920 \text{ m}^3/\text{week}$
25 ha gemiddeld 5,3 mm/dag = $1.325 \text{ m}^3/\text{d}$		
25 ha gemiddeld 7 mm/dag = $1.750 \text{ m}^3/\text{d}$		jaaronttrekking 1972
		$4.134.591 \text{ m}^3$
Totaal	$12.100 \text{ m}^3/\text{d}$	
in 1 week	84.700 m^3	gemiddeld per week 79.511 m^3

Aangezien uit de kwel-berekening ruim 10% meer komt dan in de laatste twee weken in december werd onttrokken, mag worden geconcludeerd, dat wanneer men met gemiddelde cijfers over 25 ha werkt men niet de juiste onttrekkingshoeveelheid krijgt. De aangenomen 1 km^2 is misschien te groot of de berekende gemiddelden uit de geschatte KD-waarden en de ligging van de isohypsen van het diepe water is niet nauwkeurig bepaald. De orde van grootte van toestroming en onttrekking zijn wel met elkaar in overeenstemming.

Tabel 5. Momentopname afvoer in mm/dag per stuwpannd Diepe loop

ha	Pand boven stuw	1972		1973											
		26 X	24 XI	28 XII	31 I	20 II	30 III	26 IV	5 VI	5 VII	30 VII	30 VIII	28 IX	7 XI	7 XII
(56)	inlaat KB l/s		1, -	1, -	1, -	8, -	0,5	1,5	1, -	32, -	10, -	50, -	29, -	0, -	2, -
152	KG		0,7	0,3	0,7	1,6	0	0,4	1,2	0,9	0,1	<u>-2,9</u>	<u>-1,5</u>	0,3	0,1
171	KL		0,8	0,3	0,7	1,4		<u>-0,3</u>	0,2	<u>-5, -</u>	<u>-0,8</u>	<u>-0, -</u>	<u>-0,1</u>	0,3	0,7
260	MB		3,5	0,1	0,3	2,2		0,7	0,7	1,3	1,7	0,3	0,5	0,2	1,3
120	MQ		<u>-4,7</u>	<u>-0,6</u>	<u>-0,6</u>	1,5	<u>-5,5</u>	<u>-0,3</u>	<u>-1,2</u>	<u>-2,5</u>	<u>-2,1</u>	<u>-0,2</u>	<u>-1,3</u>	<u>-0,9</u>	<u>-0,5</u>
1844	MQ L/s		140	53	110	325	0,5	69	38	175	135	12	33	44	152
171	MT		3,0	3,5	1, -	1,3									
75	LA		1,6	0,7	1,6	1,7	0,5	0,7	0,5	inlaat 16,7	inlaat 13,6	0	2,9	0,5	0,8
164	LF		0,4	0,3	0,8	1,3	0,4	0,5	0,1	<u>-0,5</u>	<u>-0,7</u>	0	0,1	0,4	0,8
279	LK		0	0,3	0,2	1,1	0,4	0,3	0	<u>-0,1</u>	<u>-0,6</u>	0	<u>-0,1</u>	0,1	0,5
228	MN		0,4	0,3	0,5	1,1	0,3	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0,2
100	LZ		0,3	0,3	0,3	0,4	0	0	0	0	0,6	0	0,5	0,2	0,8
239	LV		1,3	0,5	1,2	2,3	0,5	0,5	0,1	0	0,1	0	0,3	0,5	1,3
Maandneerslag (mm) op regenstation															
	maand	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
5	buis 67				24, -	65, -	20, -	73, -	71,5	45,5	76,5	18, -	44, -	70, -	30,5
9	7400	12,2	56,3	15,9	21,1	60,9	34,7	66, -	72,9	44,3	75,2	16,2	41,3	67,1	
13	kl.Heitrak					74,5	24,5	76, -	68,5	60,5	64, -	15,5	45, -	69, -	61, -

In april 1973 schuiven omhoog. Waterinlaat zuid van 3/7 tot 2/10

Wanneer men de inzijgingshoeveelheden van het pand 51 E van de Astense Aa (316 ha) uit tabel 3 van 28 december 1972 berekent op 1.4 mm/dag komt dat overeen met $22.120 \text{ m}^3/\text{dag}$. Een groot deel van deze infiltratie komt in het volgende pand weer als kwel te voorschijn. Deze bedraagt over 221 ha bij 51 D, 4.7 mm/dag of wel $10.387 \text{ m}^3/\text{dag}$. Samen geven deze twee panden nog een wegzijgingsverlies van $22.120 - 10.387 \text{ m}^3/\text{dag} = 11.733 \text{ m}^3/\text{d}$. Deze hoeveelheid is in orde van grootte gelijk aan de berekende toestroming van $12.100 \text{ m}^3/\text{dag}$. In hoeverre deze overeenkomst een toevalligheid is, is moeilijk te zeggen. Aangenomen mag worden dat niet al het water dat de Astense Aa daar ter plaatse verliest naar het pompstation stroomt. Ook uit de Oude Aa en het gebied tussen deze twee beken zal water naar het pompstation toestromen.

Uit de verschillen tussen wegzijging en kwel voor de twee genoemde panden van de Astense Aa, kan worden geconcludeerd, dat een geologische storing in de buurt van stuw 51 F de Astense Aa kruist in de richting van het pompstation en even oostelijk van de buis L 58 loopt. De fluctuaties in deze buis, vlak bij het centrum van de onttrekkingsputten blijkt zeer klein (fig. 3) en wordt bijna niet door de onttrekking beïnvloed (fig. 2c, raai VII). Ook bij de Peelrandbreuk blijven de grondwaterfluctuaties klein (fig. 2a en 2b).

Bij de samenvloeiing van de Soeloop met de Astense Aa werd in pand GG ook veelvuldig wegzijging geconstateerd. De laatste drie maal dat pand FZ (100 ha) werd bemeten, bleek dit pand ook steeds water te verliezen. De Peelrandbreuk zal dan ook even ten oosten van de stuw FZ in de ondergrond aanwezig moeten zijn, daar de sterke wegzijging direct aan de lage zijde van de storing ligt.

Bij de Diepe loop wordt regelmatig wegzijging geconstateerd in het pand MQ (tabel 5). Ook hier zal waarschijnlijk een grote doorlatendheid van de ondergrond aanwezig zijn doch in hoeverre deze samenhang met een geologische storing is thans niet te bepalen. Mogelijk kunnen afvoermetingen in de meer noordwestelijk gelegen Beeker loop meer zekerheid hieromtrent geven.

Dat in de loop van de droge zomer 1973 bij meerdere stuwen ook wegzijging werd geconstateerd zal grotendeels verband houden met het diep wegzakken van het grondwater en hoge stuwpeilen.

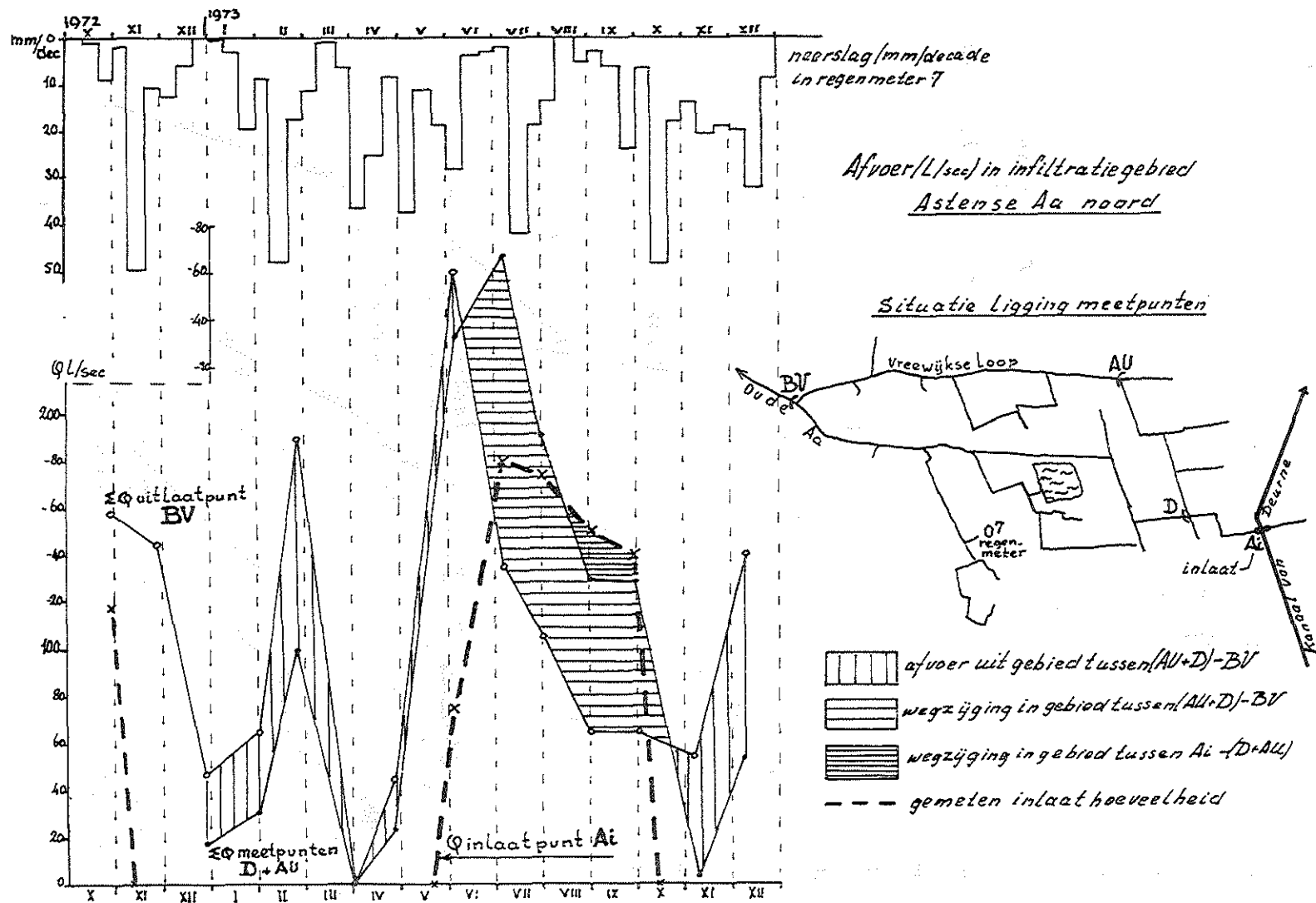


Fig. 11. Inlaat en afvoer noordelijk proefgebied

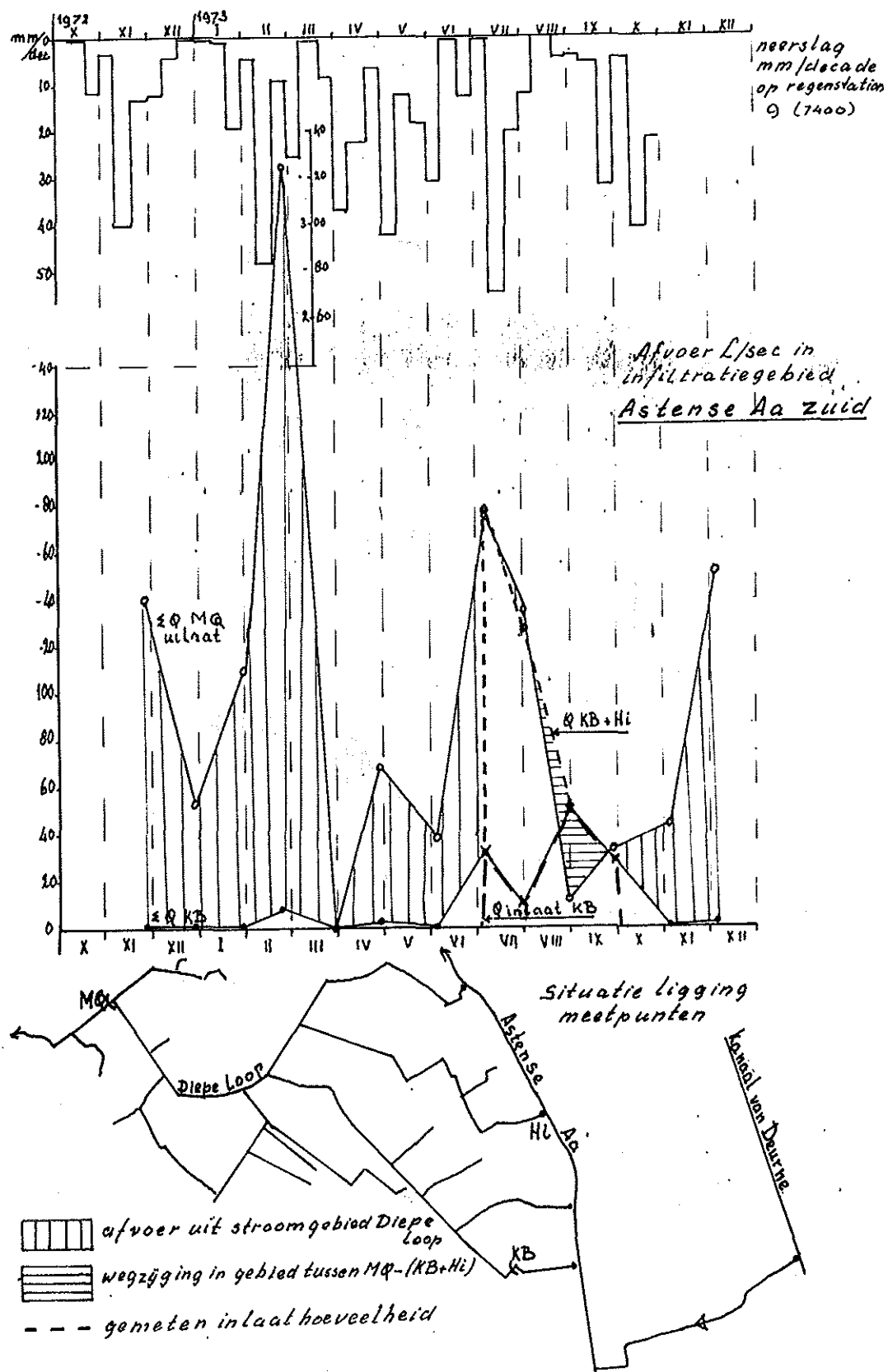


Fig. 12. Inlaat en afvoer zuidelijk proefgebied

De totale hoeveelheden water die in beide gebieden worden ingelaten en afgevoerd zijn in de figuren 11 en 12 uitgezet. Het blijkt dan dat de ingelaten hoeveelheden vrij klein zijn. In het noordelijke gebied werd als maximum inlaat 180 l/sec. gemeten en in het zuiden 177 l/sec. op 5-7-'73. De hoeveelheden water die het gebied verlaten zijn vrij klein in het noordelijke proefgebied en veel groter in het zuiden. De aard van de bodemgesteldheid, die reeds werd uiteengezet, speelt hierin een grote rol.

In het zuidelijke gebied (fig. 12) zijn de afvoeren van de zware regens uit het gebied zelf, door de lemige ondergrond vrij hoog. De regens in de tweede decade van februari veroorzaakten in het noordelijke gebied een totale afvoer van 190 l/sec. terwijl in het zuidelijke gebied 325 l/sec. werd afgevoerd. Infiltratieverlies kan slechts gedurende een korte tijd in augustus en september in geringe mate worden geconstateerd.

In het noorden heeft voor het hele gebied vanaf begin juni een negatieve afvoer of wegzijging plaatsgevonden, die pas na de zware regens in de 2e decade van oktober werd opgeheven. Voor het noordelijke gebied kon nog worden aangegeven dat in de droge periode van augustus en september al infiltratiewater verdween tussen het inlaatpunt Ai en de stuwen D en Au van respectievelijk de Oude Aa en de Vreekse loop.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Voor het onderzoek naar de behoefte van watertoevoer en infiltratie voor de landbouw in de ruilverkaveling van de Astense Aa werd een groot aantal grondwaterstandsbuizen geplaatst en gepeild. Uit de verkregen grondwaterstandsgegevens werden van tijden met droogte en zware regens isohypsenkaarten gemaakt. Deze geven een indruk van de stromingsrichting van het grondwater en van het verhang. Ook van het diepe grondwater werd een isohypsenbeeld vervaardigd. Uit de grondwaterisohypsenkaarten bleek dat het gebied globaal in drie delen uiteen viel. Ten oosten van de bekende Peelrandbreuk is zowel het terrein als het grondwatervlak licht hellend en naar het noordwesten gericht. Bovendien is de afdekkende dekzandlaag vrij dun en ligt deze op grof

tot zeer grof onder materiaal dat zeer goed doorlatend is. Hierdoor is de mogelijkheid voor infiltratie groot, zoals later bleek.

Ten westen van de Peelrandbreuk liggen bodemkundig twee zeer verschillende gebieden die worden gescheiden door de Astense Aa of de E 3 die er vlak langs loopt. Uit de isohypsenkaart blijkt dat in het noordelijke gebied sterke wegzijging plaatsvindt van leidingwater naar de ondergrond, terwijl in het zuiden grote opbollingen van het grondwater tussen de leidingen voorkomen en dus toestroming van water vanuit het land naar de leidingen plaatsvindt.

De oorzaken moeten worden gezocht in de verschillen in bodemkundige opbouw. In het noorden zijn de gronden goed doorlatend. In het zuiden zijn vrij hoog in het profiel leem- en veenlagen aanwezig, die de waterafvoer belemmeren. Infiltratie vanuit een lager beekpand naar de hogere grondwaterstanden tussen de leidingen is daardoor uitgesloten. Deze gronden zijn dan ook veelal ontwateringsbehoefstig, zoals ook blijkt door de nieuw gegraven sloten tijdens de ruilverkavelingswerkzaamheden.

Dat de geologische opbouw in dit gebied ook van invloed blijkt te zijn werd reeds toegelicht op het bestaan van de Peelrandbreuk. Doch ook ten westen van deze breuk zijn verschijnselen opgemerkt, die er op wijzen dat er meerdere storingen aanwezig zijn. Uit afvoermetingen bij stuwen blijken bepaalde panden steeds of veelvuldig water te verliezen en andere panden steeds een toestroming van grondwater te ontvangen. De ligging van deze panden op de kaart, evenals de bodemprofielen bij de grondwaterbuizen wijzen op een aanwezigheid van storingen.

Gegevens van eerder onderzoek naar de kwel en wegzijging in de diepere ondergrond wijzen in dezelfde richting.

Dat de infiltratie in het noordelijke gebied wel en in het zuidelijke gebied niet plaatsvindt kan worden afgelezen uit de getekende dwarsprofielen. Het effect van de infiltratie op de grondwaterstand kan worden nagegaan uit de getekende fluctuatiediagrammen. Hierin werd het verband vastgelegd tussen de grondwaterstanden van een willekeurige peilbuis en een stambuis, van voor en tijdens de infiltratieperiode in de zomer van 1973. Uit de verschillen tussen deze twee lijnen was de grondwaterstandsverhoging door infiltratie af te lezen. Deze blijkt

zich te uiten in het vlakkere vroegere Peelgebied ten oosten van de Peelrandbreuk en direct langs de leidingen in het noordelijke proefgebied.

In het westen van het noordelijke gebied bevindt zich ten zuiden van Vlierden een pompstation van de W.O.B. dat op al de isohypsenkaarten en in de dwarsdoorsneden een sterke verlaging van het grondwater en van het diepe water laat zien. Voor de landbouw heeft deze verlaging geen of weinig schadelijke invloed, daar de grondwaterstanden in het hele noordelijke proefgebied reeds zeer diep onder het maaiveld zijn gelegen.

LITERATUUR

- BON, J, 1965. De verhangmanometer en enkele hulpmiddelen voor de debietmetingen bij stuwen. Cultuurtechn. tijdschr. 5e jrg. nr. 2. Mededeling ICW nr. 83.
- , 1972. Hydrologische veldkenmerken langs westflank van de peelhorst. KNAG Geogr. tijdschr. VI no. 5. Mededeling ICW nr. 142.
- , 1973. Verschillen in grondwaterfluctuaties in het stroomgebied van de Raalterwetering. Nota ICW 743.
- ERNST, L.F. and N.A. DE RIDDER, 1960. High resistance to horizontal groundwater flow in coarse sediments due to faulting. Geologie en Mijnbouw 39 jrg. Mrt.
- MOEN, H.J. en J. BON, 1973. Bijdrage tot het geohydrologisch onderzoek met behulp van een kwel en inzijgingsberekening in het gebied van de Astense Aa. Nota ICW 751.