

NOTA 694

22 september 1972

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

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

DE HYDROLOGIE VAN GROOT SALLAND

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

I N H O U D

	b1z.
INLEIDING	1
HOOFDSTUK I	
1. INTERPRETATIE EN CONCLUSIES UIT KAARTMATERIAAL	2
2. ALGEMENE VORM EN HELLING VAN HET GRONDWATERVLAK	4
3. VERGELIJKING VAN OUD KAARTMATERIAAL MET HUIDIGE TOESTAND	5
4. CONSEQUENTIES VAN DE MORFOLOGIE OP DE GRONDWATERSTROMING EN OP DE HYDROLOGISCHE SITUATIE	8
5. DE INVLOED VAN DROOGTE OP DE GRONDWATERSTAND EN OP HET BEEKPEIL	10
HOOFDSTUK II	
6. RESULTATEN VAN ENKELE LOKALE ONDERZOEKINGEN	13
7. BEPALING VAN ENKELE HYDROLOGISCHE GROOTHEDEN	19
8. AFVOERGEGEVENS	25
9. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	31
10. LITERATUUR	32

INLEIDING

Onder Groot-Salland wordt verstaan de grondgebieden van de waterschappen Salland en Bezuiden de Vecht. In Groot Salland is op verschillende plaatsen een verkennend hydrologisch onderzoek uitgevoerd. Plaatselijk is een detailonderzoek verricht om de achtergronden van de afvoeren beter te leren kennen en om hydrologische grootheden te bepalen. Bij de interpretatie van de verzamelde gegevens komen de morfologie, de bodemkunde en de geologische opbouw ter sprake, die een sterke binding hebben met de hydrologie.

Bestudering van beschikbaar zijnd kaartmateriaal is van belang voor de keuze van de meetpunten en het trekken van voorlopige conclusies betreffende de hydrologie van het terrein.

De hoogtekkaart toont de hoogteverschillen, de terreinhelling en -richting. De waterlopenkaart geeft niet alleen de stroomrichting aan, maar geeft ook een indruk van de dichtheid van de ontwateringsleidingen. Uit de combinatie van deze twee kaarten zijn diverse conclusies te trekken betreffende de hydrologie, die weergegeven zijn in een afgeleide kaart.

Naast kaartmateriaal zijn waardevolle beschrijvingen over de hydrologie bekend uit het COLN-onderzoek. Nadere terreinverkenning was noodzakelijk om de conclusies, welke uit het kaartmateriaal getrokken waren, te toetsen met de later verzamelde meetgegevens. Dit geldt zowel voor de globale gegevens van het hele gebied als voor plaatselijk detailonderzoek.

Het onderzoek is daardoor in twee delen te splitsen:

- I een beschrijving van de wijze waarop hydrologische conclusies zijn getrokken;
- II een beschrijving van gegevens en grootheden, welke uit het cijfermateriaal te verkrijgen zijn.

HOOFDSTUK I

1. INTERPRETATIE EN CONCLUSIES UIT KAARTMATERIAAL

In grote trekken wordt Groot-Salland begrensd door de stuwwal in het oosten, de Vecht in het noorden, in het westen de IJssel. In het zuiden ligt de grens ongeveer langs de weg Deventer-Holtten.

De hoogtekaart (kaart I) laat de vrij smalle stuwwal duidelijk als hoge rug zien met hoogten van de Holterberg (± 60 m), de Haarlerberg (± 70 m) en de Hellendoornse berg (± 50 m). Deze grofzandige heuvels vormen één complex ten zuiden van het kanaal Zwolle-Almelo, dat in een laagte ($\pm 6,5$ m) is gegraven. Ten noorden van het kanaal treft men nog een stuwcomplex aan met de Lemelerberg (± 40 m) en de Archemerberg (± 75 m). De afstand tussen de twee hoge toppen noord en zuid van het kanaal bedraagt ongeveer 6 km.

Daar de voet van deze stuwwalcomplexen slechts op 1 à 3 km van de top af ligt op een hoogte van 12 m +N.A.P. bij Holtten in het zuiden tot 7 m bij het genoemde kanaal en in het noordelijke deel ook op ongeveer 7 m hoogte ligt, is op te maken dat aan de voet in normale winterperiodes bij een opbolling van het grondwater in de doorlatende zandige stuwwal, kwel of drangwater zal optreden en drassige terreinen te vinden zijn, speciaal langs het kanaal tussen de twee zandrugcomplexen.

Westelijk van de stuwwal strekt zich een vrij vlak zandgebied uit, dat naar de IJssel in west-noordwestelijke richting afdaalt tot ± 5 m hoogte bij Deventer en tot ± 1 m bij Windesheim*. Langs de IJssel ligt een kleidek tot enkele kilometers breedte, dat tegen de zandgrond naar het oosten uitwigt (STICHTING VOOR BODEMKARTERING, 1966).

In dit zandgebied treffen we plaatselijk sterke hoogteverschillen aan, die op een terrasrand lijken, o.a. ten zuidoosten van Raalte tot bij Lettele. Oostelijk van deze terrasrandvormige hoogten worden vrij vlakke terreinen aangetroffen, terwijl aan de westkant de gronden 2 à 4 meter lager liggen. Dit houdt in, dat aan de randen wegzijging kan optreden en weinig beekjes stromen. Verder oostwaarts zullen grote grondwaterfluctuaties optreden met winterwaterstanden tot dicht onder het

*Plaatsnamen, namen van beken en gebieden staan op kaart II aangegeven.

maaiveld. Dit kan tot gevolg hebben dat in de winter in laagten drassigheid optreedt en in de zomer kans op verdroging bestaat, vooral als het profiel leemarm en dun is.

Aan de westzijde zal weer een sterke drangwaterstroom optreden, waar vingervormig vertakte beken ontspringen, die relatief veel water afvoeren (fig. 1a) zoals in de Pleegterweide en Achterweide (fig. 1b). Oude dichtgestoven erosiedalen, die aan de voet van de stuwwal liggen, ontvangen ook extra drangwater zoals in het Hellendoornse broek en in het Zuidbroek, ten zuidwesten van Haarle (fig. 1c).

Uit het patroon van de leidingen in de waterlopenkaart (kaart II) valt de afvoerrichting vast te stellen. Deze is eerst min of meer westelijk en buigt dan op enkele kilometers van de IJssel noordwaarts om. Ten zuiden van de lijn Olst - Wesepe - Heeten treft men een groot aantal parallelleidingen aan, die geen of weinig zijtakken hebben. Dit wijst op transportleidingen die water vanuit het achterland (brongebied) afvoeren. Een combinatie van de hoogtekaart met deze waterlopenkaart toont aan dat tussen deze leidingen vrij hoge ruggen liggen, die zich 3 à 4 m boven het beekdal verheffen, waardoor het geheel op een erosielandschap lijkt. De waterlopenkaart geeft uiteraard de huidige toestand aan met veel ontkoppelde en samengevoegde leidingen. Hierdoor wordt de indruk gewekt dat de beken van oorsprong sterk vertakt zijn geweest, zoals in de omgeving van Lettele, ten noorden van Heino en Damsholte. Vele koppelleidingen zijn later door ruggen gegraven, zodat ze water kunnen verliezen. Ze vertroebelen in feite het beeld van de natuurlijke afvoer. Oorspronkelijk sterk vertakte leidingen liggen echter op plaatsen, die veel drangwater uit de hogere gronden ontvangen zoals bij Pleegsterweide, in het zuidwesten bij Dijkershoek, in de bovenloop van de Wesepevloedgraven in de Boxbelterhoek en in de Reelaershoek en Raarhoek ten noorden van Raalte.

In het terrein zijn natte gebieden zuidelijk herkenbaar aan de vrij vele sloten en de geringe bewoning. De grond is voornamelijk als grasland in gebruik en de begroeiing langs de sloten bestaat uit wilgen en populieren. Wanneer deze ontbreekt wordt het terrein te dras. De hogere brede ruggen tussen de beken zijn thans als grasland in gebruik; hierkomen minder sloten voor. De begroeiing langs bermen en perceelscheidingen bestaat echter hoofdzakelijk uit grove den en berk, hetgeen wijst op diepontwaterde gronden, evenals struikheide (BON, 1970).

Het langs de IJssel liggende kleigebied is ontstaan door afzettingen van de IJssel. Het middengedeelte dat het laagst ligt doet aan een komgebied denken. Ook hier is de meeste grond als grasland in gebruik. Er zijn veel sloten en weinig bewoning. Deze wordt meer op de hogere overwalgronden langs de IJssel aangetroffen en op hogere zandruggen, welke van het oosten uit onder de klei wegduiken. Op deze ruggen wordt dan ook een dun kleidek aangetroffen. De begrenzing van het kleidek ligt ongeveer bij de Nieuwe Wetering vanaf Broekland naar het noorden. Naar het zuiden wordt de kleistrook smaller en loopt van Broekland met een boog om Diepenveen heen naar Deventer. De aansluitende zandgronden liggen à 1,5 m hoger dan het kleidek en vormen als het ware een westelijke terrasrand, waar de zelfde situatie zich voordoet als bij de oostelijke terrasrand. De laagste gronden worden hier tussen de Soestwetering en Oude wetering aangetroffen. Deze strook moest het water uit het oostelijk gelegen zandgebied en het drangwater uit de IJssel verwerken, waardoor dit gebied als kwelgebied is op te vatten.

Wanneer men deze globale gegevens op een kaart zet, die is afgeleid uit de kaarten I en II, dan krijgt men een indruk van het gebied, dat wordt weergegeven in de hydrologische kaart III. Hierin staan de drangwater- of kwelgebieden aangegeven aan de voet van hoger gelegen meer uitgebreide zandmassa's. Langs de terrasranden en op hoge zandruggen zal infiltratie plaatsvinden en in het tussengebied zullen grote grondwaterfluctuaties worden aangetroffen.

2. ALGEMENE VORM EN HELLING VAN HET GRONDWATERVLAK

In het COLN-rapport zijn niet alleen kaarten opgenomen van de grondwaterdiepten in de winter en zomer, doch ook vele tabellen met een landbouwkundige beschrijving (FREEVE, 1958). De verzamelde gegevens van de grondwaterdiepten geven in dwarsdoorsneden een duidelijk inzicht over de helling, richting en diepte van het grondwatervlak.

Het grondwatervlak volgt in het algemeen de gemiddelde terreinhelling. Om hiervan een indruk te krijgen is in fig. 2 een oost-west dwarsdoorsnede van het gebied getekend, waarin staat aangegeven het verloop van de gemiddelde winter- en zomerwaterstand tijdens de COLN-periode 1951-1955. Deze doorsnede is aangegeven als raai II en de ligging van deze raai is op kaart V aangegeven. In de lijn van de zomergrondwaterstand zijn

twee knikken op te merken, die de plaatsen van de terrasranden aangeven. De oostelijke terrasrand ligt tussen het Boetelerveld en de Achterweide ten oosten van het kanaal, en de westelijke terrasrand ligt bij Broekland. De grote fluctuatie tussen de winter- en de zomergrondwaterstand ten oosten van het kanaal valt hier op (zie ook kaart III).

De raai B in fig. 2 geeft een zuid-noord doorsnede weer. Hier wordt in het zuiden een waterscheiding geconstateerd tussen de Zandwetering en de Soestwetering. Het valt op dat het grondwater-vlak in de zomer onder alle kruisende beken naar het noorden helt. Slechts een detailonderzoek, waar later nog op wordt teruggekomen, laat zien dat het opstuwen van de beken weinig invloed uitoefent op de algemene helling van het grondwatervlak.

In de beide dwarsdoorsneden is met een stippellijn aangegeven hoe hoog de gemiddelde wintergrondwaterstand kan stijgen wanneer de winterpeilen in de thans verbeterde beken wordt gerealiseerd.

3. VERGELIJKING VAN OUD KAARTMATERIAAL MET HUIDIGE TOESTAND

Oude kaarten kunnen bepaalde aanwijzingen geven over de aard van het terrein en de hydrologie.

Door de gewijzigde omstandigheden veroorzaakt door beekverbeteringen en verandering in landbouwkundig gebruik is de huidige situatie sterk verschillend van de oorspronkelijke toestand. Over het algemeen zullen de grondwaterstanden zowel in de zomer als in de winter door menselijk ingrijpen zijn verlaagd. De vraag is echter of de kans op verdroging is toegenomen. Hiervoor zal het stuwbeheer nader worden bekeken.

De oude topografische kaarten van omstreeks 1880-1890 geven een goed beeld van de oorspronkelijke hydrologie omdat hierop bouwland, grasland, loof- en naalddhout, heidevelden en drassige gronden staan aangegeven. Op verkleinde schaal zijn deze kaarten samengevat in kaart IV. In die tijd kwam grasland op de natste gronden voor en bouwland op de drogere. Niet alleen op de zandgronden, maar ook op de klei. De ondiep gelegen zandruggen in het kleigebied zijn op de kaart duidelijk waarneembaar evenals de essen op de ruggen en om de bewoningskernen. Vele kleine ontginningsakkers hebben thans nog dezelfde vorm en grootte.

Het loofhout op de kleigronden bestond destijds veelal uit popu-

lierenbossen in wijdplantverband omdat ze tevens als grasland werden gebruikt. Het hout werd gebruikt voor de klompenindustrie. Het loofhout op de zandgronden in de beekdalen bestond ook grotendeels uit populierenbos, maar op de hogere gronden langs essen uit eikenhakhout.

Het naaldhout aan de westelijke randen van de heidevelden in het midden en oostelijke gebied wijzen op droge gronden. Ze liggen hier juist op de terrasranden of op de slechtste gronden van de ruggen.

De reeds eerder genoemde kwelgebieden komen op deze kaart ook goed tot uiting als grote grasvlakten met veel vertakte beken.

De heidevelden, soms met verspreide vliegdennen, bestonden veelal uit struikheide op de droge zandgronden en uit dopheide met buntgras op de vochtige laagten. Op de heide werden kudd^{en} schapen geweid ten behoeve van de wolindustrie. Ook werd de heide sterk afgeplagd voor de potstallen waardoor thans een zeer dun humeus dek is overgebleven op de arme droge zandgronden.

Langs de hele westzijde van de stuwwal komt een strook drassige gronden voor, zowel in de heidevelden als in de graslanden. De laatste bestonden veelal uit blauwgrasland en hooiland.

De plaatselijke drassigheid is door de beekverbetering wel grotendeels opgeheven, doch doordat het dekzand in laagten zeer fijn is en leem bevat wordt de bovengrond na regen snel verzadigd. Door de beekverbetering en de grove zandondergrond daalt de zomergrondwaterstand ruim 1 m beneden de vro^egere winterstand (zie fig. 2 raai II tussen leiding 544 en de weg Deventer-Raalte). In die omgeving worden weinig waterlopen aangetroffen, hetgeen wijst op diepe zomergrondwaterstanden. Door het slechte onderhoud van de beken in vroegere tijden werd de afvoer door de begroeiing in de beek sterk geremd, waardoor de grondwaterstand in het voorjaar langer hoog bleef. Hierdoor was het mogelijk om een redelijke hooi-oogst te krijgen op de humusarme zandgronden. In de winter trad daarentegen veel wateroverlast op.

De in het zuiden gelegen ruggen tussen de beken zijn door de begroeiing van naaldhout, heide en bouwland op kaart IV duidelijk zichtbaar en hebben een oostzuidoost - westnoordwestelijke richting. De ruggen tussen Heino en Dalfsen in het noorden van Groot-Salland hebben een zuidwest-noordoost richting. Deze stuifruggen zijn vrij jong en hebben vele beken de oorspronkelijke zuidoost-noordwestelijke stroomrichting geblokkeerd, waardoor ze gedwongen werden naar het westen om te buigen zoals

de Wooldvloedgraven, de Raalter wetering. Ook de benedenloop van de Damshalter wetering werd gedeeltelijk door stuifruggen versperd (KNIBBE, 1969). Door deze belemmering in de afvoer van de vroegere beken ontstonden grote oppervlakten met gleygronden. Deze leiding ligt in een oud opgevuld Vechtdal (DE JONG, 1955). Op kaart IV is aan de ligging van de graslanden te zien, dat deze in een zich trechtervormig verbredend dal liggen, dat ten noorden van Heino door stuifruggen is geblokkeerd.

De vroegere begrenzing van het zeer brede Vechtdal lag vanaf de noordrand van de Archemerberg, oostelijk van Lemelerveld, westelijk van de Luttenberg, ten oosten van Raalte en sluit daar aan op het brede IJsseldal, waarvan de oostrand langs de terrasrand loopt tot Lettele (DE JONG, 1955).

Op de kaart is ook de gebrekkige afwatering te zien van het Hellenendoornse broek, dat naar het westen, ten noorden van Luttenburg afwaterde en ook water loosde in een vlak schotelvormig bassin van het Schanenbroek, zuidoost van Lemele. Thans is de afwatering van het Hellenendoornse broek naar het noorden gericht en loost op het kanaal Zwolle-Almelo.

De oppervlakkige afwatering van het Schanenbroek werd sterk belemmerd door iets hogere terreingedeelten oostelijk van het kanaal Raalte-Lemelerveld. Thans loost het door nieuwe diepe leidingen rechtstreeks op dit kanaalpand af. Een vrij brede strook gleygronden, welke volgens mondelinge mededeling van de Stichting voor Bodemkartering vanaf de Raalter wetering langs de Wooldvloedgraven door het Schanen broek door loopt tot om de Lemelerberg en langs Lemele geeft aan, dat aldaar een brede afwateringslaagte lag waardoorheen in vroegere tijden (Vecht?) water heeft gestroomd. De moerassige gronden op kaart IV aangegeven in de laagte tussen de beide hoge stuwwalcomplexen langs het kanaal Zwolle-Almelo en de grote grasvlakten zouden kunnen wijzen op een voormalige Vechtarm. Deze waarschijnlijk diepe oude Vechtdalen, die met grof zand en kleilagen zijn opgevuld, zouden voor de drinkwaterwinning mogelijk van belang kunnen zijn.

Het gebied van het waterschap Beneden de Vecht bestaat voor het grootste deel uit opgepulde Vechtbeddingen, waarover later dekzand en stuifruggen zijn afgezet. Zo ligt de Marswetering tussen twee stuifruggen in. De gebieden van de Vilsterse stukken en Damsholte hebben

grote grondwaterfluctuaties, ze zijn vrij vlak en doen denken aan het Schanenbroek.

Het middengedeelte van het oostelijke terras tussen Schoonheten en Nieuwheden is vrij vlak en zonder relief en heeft slechts enkele leidingen op grote afstand van elkaar. Het doet sterk denken aan het middegebied van het westelijke terras ten westen en zuidwesten van Raalte. Het zou op dezelfde wijze kunnen zijn ontstaan. Het dekzandpakket is op het oostelijke terras dikker en meer leemhoudend. Grote grondwaterfluctuaties treden ook hier op (fig. 2). Door het hoge leemgehalte (KNIBBE, 1969) treedt hier meer oppervlakkige afvoer op. In natte tijden stijgt het grondwater tot dicht onder het maaiveld. De oude afwatering uit dit gebied liep vroeger in westelijke richting via de Achterweide, doch is nu noordwaarts gericht.

De stuwwal die op de kaart als een groot heideveld is aangegeven met enkele boscomplexen en aan de randen oude ontginningsgronden bestaat voornamelijk uit grove zanden. Deze rug vormt het waterreservoir voor de voeding van de beken. Door de grote hoogte van het maaiveld boven het grondwatervlak en de grofheid van het materiaal is dit terrein een uitgezocht object voor de waterwinning.

4. CONSEQUENTIES VAN DE MORFOLOGIE OP DE GRONDWATERSTROMING EN OP DE HYDROLOGISCHE SITUATIE

In hoofdstuk II is uiteengezet dat de grondwaterstroom vanaf de stuwwal naar de IJssel is gericht. In normale winters komen in de talloze ruggen tussen de beken opbollingen van het grondwater voor, dat zijdelings naar de dichtstbijzijnde beek of drainagebasis stroomt. Onthoofding van oude en het koppelen van nieuwe leidingen hebben meer een civiel-technische betekenis in verband met de onderhouds- en aanlegkosten dan een hydrologische. Soms kan door deze werkzaamheden plaatselijk een versterkte wegzijging worden gecreëerd, die op een andere plek als kwel kan optreden. Wanneer de oude leiding in een lemige ondergrond lag en deze door verdieping de zandondergrond bereikt of door een afleiding door een zandige rug wordt gegraven, zal daardoor wegzijging in versterkte mate gaan optreden. Enkele voorbeelden zijn de ontkoppeling van de Heinose vloedgraven ten zuiden van Heino bij meetpunt A, ontkoppelingen in de bovenloop van de Zandwetering en de Soestwetering in het gebied van

Schoonheten, in de Witteveen en Schaarse, de verbinding van het Hellen-
doornse broek met het kanaal Zwolle-Almelo en enkele andere leidingen
die op het kanaal zijn aangesloten.

Een van de consequenties van het verdiepen van de beken is dat de
benedenste panden van deze leidingen water verliezen door inzijging via
de beekbodem. Deze beken zijn in feite ook ontkoppeld, daar ze voor de
beekverbetering door middel van onderleiders onder het kanaal door het
water naar het westen afvoerden. Op vele van deze westelijke beeklei-
dingen kan door middel van schuiven water vanuit het kanaal worden in-
gelaten. Deze bodem ligt dicht bij of in de grove zandondergrond. De
bodem van het kanaal zelf is praktisch dichtgeslibt. Vooral in de zo-
mer, wanneer deze benedenste beekpanden op kanaalpeil blijven is er
een groot drukverschil tussen het kanaalpeil en de grondwaterdiepte. In
fig. 3 is aangegeven dat het peil in de leiding boven meetpunt C ten
noorden van Heeten, lager staat dan het kanaalpeil. Het kanaalwater
stroomt continu onder de rubber klepafsluiting door naar het bovengele-
gen pand om dit op peil te houden. Dit nieuwe verbeterde leidingstuk
verliest veel water, dat onder het kanaal door naar het westen wordt
afgevoerd. Ook is in deze figuur de knik in de zomergrondwaterstand te
zien, ten oosten van het kanaal, die daar 1,5 m hoger ligt dan die in
het kwelgebied van het Weibroek. In de winter is het drukverschil 2,5
m over 2,5 km.

Getracht is de isohypsen van de wintergrondwaterstand van voor de
verbetering te vergelijken met die van na de verbetering (kaart V). Met
dunne lijnen is de oude toestand van de grondwaterdiepte tijdens de
COLN-periode (1951-1955) weergegeven en met de getrokken lijn de veron-
derstelde nieuwe toestand, waarbij rekening is gehouden met de handha-
ving van de winterhoogwaterlijn, zoals die ook in de dwarsraaien in fig.
2 zijn weergegeven.

De gearceerde oppervlakten tussen de oude en de nieuwe waterhoog-
telijnen geven de verschuiving aan die ontstaan is door de verdieping
van de leiding en het instellen van stuwen.

De grootste verschuivingen vinden plaats in de minst hellende ter-
reinen, zoals in het westen en in het Schonebroek. In beekdalen treedt
de kleinste verschuiving op. Uitzonderingen hierop zijn de gebieden ron-
dom Luttenberg (aan de voet van een terrasrand), het Hellendoornse
broek, de bovenloop van de Soestwetering (beide kwelgebieden) en aan

de voet van de oostelijke terrasrand bij de Soestwetering, de Weseper-vloedgraven en het Weibroek, alle vlakke kwelgebieden. De reeds aanwezige kwel in deze gebieden zal worden versterkt, daar de drukverschillen met de hoger gelegen gronden groter werden, zo onder andere bij de Oosterbroek waterleiding ten zuid-westen van Luttenberg bij de meetpunten Mc en Mb.

Daar ook in de zomer door de diepere leiding continu meer water wordt onttrokken zal in het hoger gelegen achterland het grondwaterpeil vooral na een droge winter sterk dalen met alle gevolgen die daaraan verbonden zijn.

In de stuwwal zal na lange regenperioden een grote opbolling van het grondwater worden gevormd. Deze is het grootst op die gedeelten, waar de drainage-afstand het grootst is. Hoe hoger de grondwateropbolling is, des te langer houden de aan de voet ontspringende beken water. Daarom zal na een natte winter in het westelijk zandgebied niet spoedig verdroging optreden. Na een droge winter en kleine watervoorraad zal de voortdurende ondergrondse afstroming het debiet in de leidingen sterk afnemen en geheel stoppen. Het eerst zal dit verschijnsel in het brongebied of in de bovenloop optreden. Na twee droge winters en een droge zomer zoals in 1971-1972 was de watervoorraad zodanig geslonken, dat de bovenlopen droog liepen. Deze toestand kwam voor in de streek ten oosten van Dijkershoeek - Nieuw Heeten - Schoonh^eeten - Marienheem - Luttenberg en in de Vilterse stukken.

Een grote droogte of een sterke grondwateronttrekking aan de rand van de stuwwal geeft kans op verdroging op de arme dun humeuze zandgronden verder naar het westen, omdat daar de aanvoer van grondwater door de grove zandondergrond zal verminderen of ophouden. De daling van het grondwater zal dan niet of nauwelijks door het hoog opzetten van de stuwen kunnen worden gecompenseerd.

5. DE INVLOED VAN DROOGTE OP DE GRONDWATERSTAND EN OP HET BEEKPEIL

In droge perioden zullen door verdamping en ondergrondse afstroming de grondwaterstanden dalen en vele beken geen afvoer meer hebben of zelfs droog vallen. Op hoge ruggen tussen de beken en op de plateaux waar de bergingscapaciteit groot is, zal het grondwater blijven dalen en zich minder van kleine regenbuien in de zomer aantrekken dan in een

beekdal. De grondwaterfluctuaties zijn op de hoge gronden tussen de winter- en zomertoestanden veel groter dan in een laag beekdal waar de bovenzijde van het grondwatervlak begrensd wordt door het maaiveld. Graslanden op de arme hoge heide-ontginningen zullen in droge tijden vrij snel aan verdroging lijden.

In september 1959 werd door KNIBBE (1969) een veldopname naar de verdrogingstoestand van graslanden uitgevoerd. Slechts op twee plekken werden op de beekdal- of gleygronden een verdroging aangetroffen. Weinig verdrogend waren alle gleygronden en een groot deel van de lage humuspodzolen en lage rivierkleigronden. Sterk verdrogend waren de graslanden op sommige lage en vele humuspodzolen, op vele mengelgronden (gemengde klei en zandgronden bij het uitwiggend kleidek tegen de zandgronden) en op sommige hoge rivierkleigronden. Zeer sterk verdrogend waren de hoge humuspodzolen op de ruggen en andere hoge zandgronden en op de hoge rivierkleigronden.

FREEVE (1958) vermeldt in zijn COLN-rapport dat de oppervlaktepercentages met zomergrondwaterstanden dieper dan 1 m (verdrogingsklasse I en II) 94% bedraagt, waarvan 52% dieper lag dan 1.40 m beneden maaiveld.

Al de hierna vermelde gegevens van afvoeren en grondwater hebben onder invloed gestaan van de droge periode 1970-1972. De gemeten neerslag in Raalte in het winterhalfjaar 1970-1971 bedroeg slechts 219.8 mm, terwijl als gemiddelde neerslag voor die periode ongeveer 330 mm gerekend kan worden.

Het verloop van de grondwaterdiepte van de oude COLN-buis 339-49 in de Raarhoek ten noorden van Raalte over de jaren 1955-1960 is weergegeven in fig. 4 (KNIBBE, 1969). Deze buis ligt in een potentieel kwelgebied, waardoor diepe zomergrondwaterstanden normaal niet voorkomen. In normale jaren schommelt de grondwaterstand tussen de 80 en 90 cm beneden maaiveld in de maanden april-juli en voor de rest van het jaar tussen 30 en 40 cm. Bij het uitblijven van de winterregens daalt de zomerwaterstand dieper tot ongeveer 1.40 m beneden maaiveld zoals in de jaren 1955 en 1959. Naast deze gegevens is ook ingetekend het verloop van de waterstand van het jaar 1971-1972. Hoewel de maanden april en mei 1971 de grondwaterstand dieper was dan in 1959, was in juni door zware regen en door infiltratie vanuit het kanaal de grondwaterstand zeer hoog opgelopen. Deze daalde echter snel tot 1.35 m beneden maaiveld.

veld in september. In januari en februari 1972 waren de peilen weer dieper dan in 1960, doch de regens in april compenseerden de achterstand.

In fig. 4a is van deze buis het verloop van het grondwater weergegeven over het jaar 1970. Ook toen had een grote regenval in juni een grote grondwaterstijging tot gevolg. De laagste stand werd eveneens in september bereikt. In deze figuur is tevens de stand van het beekpeil en de stuwklephoogte op het meetpunt 1c ingetekend, dat op 150 m van de buis ligt. In mei vond geen afvoer meer plaats en eind mei was de bodem droog. Het opzetten van de stuwklep in april was niet voldoende om midden juli water in de beek te houden. Deze droogte duurde tot eind december 1970.

Enkele andere voorbeelden van het grondwaterverloop in 1971-1972 zijn in fig. 5 weergegeven. De ligging van vermelde buizen is op kaart VIII aangegeven. Ook hier zijn de bijbehorende beekpeilen aangegeven. De bovenste figuur geeft de verandering van het grondwaterpeil aan van buis 357-36 in de omgeving van de Rameler leiding, ten westen van Raalte. Het duidelijke verschil tussen het grondwaterpeil en het beekpeil wijst op wegzijging vanuit de leiding. De buis ligt aan de weg Raalte-Wijhe en ongeveer op de zichtbare waterscheiding tussen twee stroomgebieden. In plaats van een hoger grondwaterpeil aan te treffen, ligt dit lager dan het beekpeil.

In de onderste figuur volgt het grondwatervlak het beekpeil. In de zomer zijn beide ongeveer gelijk en in de winter is een lichte opbolling van de grondwaterspiegel waar te nemen. Door de diepe ligging van de peilen ten opzichte van het maaiveld bij buis 357-48 dat op 3.77 + NAP ligt werd door de droogte van 1971 het grasland in het najaar gescheurd.

In de zomer 1971 werden verschillende graslanden beregend en vele hooggelegen grote percelen in het najaar gescheurd en opnieuw ingezaaid. De zode was door de droogte te hol en te los geworden. De sterk leemhoudende gronden bij Schoonheten en bij Diepenveen hadden evenals de dik humeuze oude bouwlanden op de ruggen minder last van de droogte dan de vroeger afgeplagde schrale ontginningsgronden. Om de daling van het grondwater door ondergrondse verliezen zoveel mogelijk te beperken, is het noodzakelijk de stuwen in een zo vroeg mogelijk tijdstip op zomerpeil te brengen (BON, 1971). In 1971 vond dit in Salland

op 1 april plaats, in 1972 begin maart.

Ondanks het vroeg opzetten van de stuwen in 1971 was de afvoerloze tijd veel groter dan in 1970 (zie kaart VI en VIa). Deze kaarten werden vervaardigd uit de overzichten van de afvoerloze tijden welke in fig. 6a en 6b staan aangegeven van al de waarnemingspunten in Groot Salland. Uit deze kaarten blijkt wel de grote droogtegevoeligheid in Groot Salland door een tekort aan oppervlaktewater in de zomer. FREEVE (1958) wijst in het COLN-rapport reeds op de toenemende dreiging van de verdroging door een betere afwatering in verbeterde leidingen. Fig. 4a toonde aan dat in een potentieel kwelgebied ondanks het hoog opzetten van de stuwen lange tijd geen afvoer plaats vond.

HOOFDSTUK II

Naast de algemene beschouwingen over kaartmateriaal en veldverkenningen in het vorige hoofdstuk zullen in dit deel de uitgevoerde plaatselijke onderzoeken worden besproken, die noodzakelijk waren om de getrokken conclusies te verantwoorden en om tot meer exacte waarden te komen betreffende de hydrologische grootheden.

6. RESULTATEN VAN ENKELE LOKALE ONDERZOEKINGEN

Deze onderzoeken waren bedoeld om een meer gedetailleerd inzicht te krijgen van:

- a) het stromingsbeeld in een kwelgebied bij gestelde stuwen
- b) het stromingsbeeld aan weerszijde van een gestuwde leiding
- c) de infiltratie vanuit een leiding in een inzijgingsgebied

- a) In het gebied van de Raalter wetering, gelegen in de driehoek Raalte - Heino en kanaal Raalte-Lemelerveld, heeft een onderzoek plaats gevonden naar de stroomrichting van het grondwater. Hiervoor werden 38 grondwaterbuizen geplaatst en met vele beekpeilen waargenomen. Uit de globale profielbeschrijvingen van de boorpunten bleek dat dit kleine gebied van 1380 ha zeer heterogeen is opgebouwd.

Aan de hand van de profielbeschrijving is een indruk verkregen

van een oud geulenstelsel in het fluviatiele laagterras, dat zich onder het dekzand bevindt. Van de getekende dwarsraaien welke op fig. 7 staan aangegeven, zijn een aantal kaartjes gemaakt. Fig. 8 geeft de hoogteligging weer van het grove zand, waarin de geul van de Lindeterleiding duidelijk opvalt. Deze loopt in de richting Heino onder de jonge dekzandrug door die de afvoer ervan blokkeerde, waardoor de Raalter wetering naar het westen ombuigt.

Fig. 9 geeft de dikte van het dekzandpakket aan, zonder rekening te houden met plaatselijke hogere en lagere terreingedeelten. Fig. 10 geeft de isohypsenkaart aan van de opname van 14 maart 1972. Tot medio mei waren de waterstanden slechts weinig gedaald en eind mei was het peil iets hoger dan de ingetekende stand.

Uit de hoogteligging van het grove zand in fig. 8 werd een verklaring mogelijk van het verschijnsel dat soms op het meetpunt 1b van de Wooldvloedgraven soms meer, maar meestal minder water werd afgevoerd dan op het lager gelegen punt 1a. Wanneer na een droge periode, gepaard gaande met diepe grondwaterstanden, flinke regenbuien vallen, wordt veel regenwater oppervlakkig langs punt 1b afgevoerd. Bij nadering van het meetpunt 1a zakt veel beekwater door de beekbodem, die hier in de grove zandondergrond ligt. Bij hoog grondwater was er een sterke grondwaterstroom door het grove zand en had meetpunt 1a daardoor veel meer afvoer dan het vlakbij gelegen punt 1b, waar de beekbodem niet in de grove zandondergrond ligt. Daar dergelijke verschijnselen zich ook elders in Salland voordoen zou de oorzaak hiervan wel eens identiek kunnen zijn.

Het meetpunt 1c geeft in natte tijden veel afvoer, doch in droge tijden houdt de afvoer op dit meetpunt eerder op dan die van de meetpunten 1a, 1b en 1d. De oorzaak kan gevonden worden in de ligging van de leiding tussen twee hoog gelegen grofzandgebieden met een dunne laag dekzand van minder dan 1 m dikte (fig. 9).

Het dal in de grove zandondergrond van de Lindeterleiding is vrij diep. Deze beek heeft zijn oorsprong in het Zuidbroek ten zuidwesten van Haarle. Het oostelijke deel van de leiding loost thans op het kanaal Raalte-Lemelerveld. Slechts een smalle laag gelegen strook gronden ten oosten van het kanaal voert via een onderleider water af naar het westen, dat afkomstig is van kwelwater uit het er naast gelegen hogere pand van de oude leiding. Langs

meetpunt 1d wordt daardoor lang water afgevoerd. De oude geul is ten noordwesten van het kasteel 't Reelaer, gelegen bij het meetpunt K, dichtgestoven. De Raalter wetering buigt daardoor naar het westen om.

Bij de Wooldvloedgraven heeft zich waarschijnlijk hetzelfde verschijnsel voorgedaan. Deze stroomde vermoedelijk ook in zuidoost-noordwestelijke richting langs de thans aanwezige proefboerderij bij buis R08 en stuw B. Ook daar wordt in de zandondergrond een dal aangetroffen.

De Hondemotswetering, die vanaf Raalte in noordwestelijke richting stroomt, voert grotendeels water van de zuiveringsinstallatie van Raalte af. De wetering ligt in een dun pakket dekzand (fig. 9) en zal bij hoog grondwater veel drangwater te verwerken hebben gehad. Uit de isohypsenkaart van fig. 10 blijkt dat tussen stuw 2a en 2 in de Hondemotswetering wegzijging plaats vindt, maar benedenstrooms van stuw 2a drainage wordt aangetroffen.

Het opstuwen van de beken vanaf 1 maart 1972 geeft reeds een duidelijke infiltratie vanuit de leidingen aan. Slechts in de omgeving van de samenvloeiing van de Hondemotswetering en ontkoppelde Heinose Vloedgrave met de Raalter wetering wordt een drainerende situatie aangetroffen door de lagere ligging van de gronden beneden stuw 1. Een zelfde beeld treft men aan bij het samenkomen van de drie zijtakken van de Raalter wetering midden in het gebied.

Een indruk van de ligging van de grove zandondergrond en de hoogte van het grondwater krijgt men uit de dwarsraaien III en C die elkaar kruisen en zijn weergegeven in fig. 11. Bij buis 34 in raai III bij de Hondemotswetering blijkt het grove zand slechts op 30 cm beneden het maaiveld te liggen. Op de punten waar het grondwater thans lager ligt dan de top van het grove zand kan in de zomer wegzijging plaatsvinden. Op plekken waar het grove zand dicht onder maaiveld ligt zullen in de winter bij hoog grondwater drassige gronden worden aangetroffen.

b) S t u w e f f e c t b i j b e k e n

Een onderzoek naar het stuweffect en de drainage bij beken is op een drietal plaatsen uitgevoerd:

a. bij de Averlose leide op bijna 6 km ten noorden van Deventer

langs de weg naar Raalte bij meetpunt B

- b. bij de Rechterschotsleiding op ongeveer 4 km ten zuiden van Raalte langs de weg naar Deventer bij meetpunt 4b
- c. in de Witteveen en Schaarse bij de meetpunten 8a en 8b, ongeveer 2,5 km ten zuidoosten van Heeten

In al deze gevallen werd een raai buizen gezet, loodrecht op de stroomrichting van de beek. Ze werden respectievelijk aangeduid met raai I, II en III. De situatie van deze raaien staat op kaart V aan-gegeven.

Raai I

In paragraaf 2 werd aan de hand van fig. 2 meegedeeld dat de stroomrichting van het grondwater naar het noordwesten gericht was en tevens dat een grondwaterscheiding tussen de Zandwetering en de Soestwetering aanwezig is. Deze raai I ligt ongeveer 500 m westelijk van de zuid-noord raai in fig. 1. Het dal van de Averlose leide ligt tussen twee vrij hoge ruggen (zie fig. 12). Door de droge zomer in 1971 en de daarop volgende droge winter is de te verwachten opbolling van het grondwater in de ruggen niet opgetreden. Steeds is de helling van het grondwatervlak naar het noordwesten gericht gebleven.

Uit de ingetekende hoogste en laagste grondwaterstanden blijkt dat de fluctuatie in de noordelijke rug het kleinst was, namelijk 50 cm tegen 60 cm in het zuiden. De geringere opbolling van het grondwater in de noordelijke rug kan veroorzaakt worden door een grovere zandondergrond en doordat minder regenwater het grondwatervlak bereikt door de grotere afstand (grotere bergingscapaciteit) tot het maaiveld. De invloed van de opstuwing was hier gering en is bijna te verwaarlozen. Door de geringe aanvoer van water uit het kleine achterland (405 ha) was het niet mogelijk het beekpeil hoog op te zetten.

Het meetpunt B op 300 m westelijk van de raai gelegen heeft van april tot eind oktober 1971 geen afvoer gehad. In fig. 13 is dit weergegeven, evenals de stand van de klephoogte en het grondwaterverloop in buis 2. Het extra hoog opzetten van de stuwklep begin augustus werd uitgevoerd met het oog op de te verwachten zomerregens, die echter zijn uitgebleven.

Raai II

Deze raai ligt in een vrij vlak terrein en heeft een zuidwest-noordoost richting (fig. 14). De nieuwe Rechtersschotsleiding is enkele honderden meters ten zuiden van de ondiepe oude leiding gegraven en verzorgt de afvoer van het kwelgebied het Weibroek. De grondwaterfluctuaties zijn ongeveer gelijk aan die van raai I. De helling van het grondwatervlak wordt veroorzaakt door een vlakke rug ten zuiden van Raalte. In de figuur zijn zowel de grondwaterstanden ingetekend bij het begin van het onderzoek in juni 1971 als de hoogste en de laagste.

In fig. 13 is te zien dat het grondwater bij de meter, buis II 9, diep wegzakte en wel meer dan het stuwpeil in vergelijking met dat van de Averlose leide. Pas nadat de klephoogte eind oktober tot beneden het beekpeil werd verlaagd, vond weer afvoer plaats.

Raai III

Raai III ligt ten oosten van het kanaal in een gebied met grote fluctuaties (kaart III) en kruist twee nieuw gegraven leidingen. Voor de beekverbetering werd het water van de noordelijke leiding in de richting Heeten afgevoerd naar de Spekhoek. Het brongebied was een laag gelegen terrein aan de voet van de flank van de stuwwal ten westen van Nieuw Heeten. Op de kaart IV staan deze gronden ook als drassig aangegeven.

De laagste grondwaterstanden die in begin november 1971 zijn voorgekomen zijn ongeveer gelijk aan die van 20 september bij buis 12 in het noorden en aan die van 5 oktober bij buis 1 in het zuiden (fig. 15). Dit grondwatervlak van ongeveer 6.50 m NAP in het noorden en 6.40 m NAP in het zuiden bereikt ongeveer de laagste stand die kan voorkomen en ligt onder een helling van 1 : 7000.

De hoogste waargenomen stand van 7.25 m NAP werd in buis 12 gepeild en in buis 1 was deze 7.19 m NAP. De waargenomen fluctuatie is hier 75 à 80 cm en dus 20 à 25 cm groter dan bij raai I en II. De aanwezigheid van de oude doodlopende greppel bij buis 10 en de oude leiding ten noorden van buis 5 doet vermoeden dat voor de beekverbetering de grondwaterstand in de winter ruim 1 m hoger gestaan heeft dan thans is waargenomen.

Tijdens de aanleg van een aardgasleiding werd bronwater in de

wegsloot bij buis 12 en in de beken gepompt. De peilen op 20 september 1971 in de buizen waren de beginstanden vlak voor het pompen. De infiltratie was even voor 27 september begonnen en na enkele dagen was de invloed merkbaar bij buis 12, 9, 8 en 7 en in de leiding 92 die toen volgepompt werd, nadat deze droog stond. Ook in de buizen aan beide zijden van leiding 92.4 werd de infiltratie merkbaar. De grondwaterpeilen in de buizen tussen de infiltratieleidingen zijn echter blijven dalen. Na twee weken pompen werden op 5 oktober in het noordelijke deel van de raai de hoogste grondwaterpeilen waargenomen. In het middengedeelte is het grondwater langzaam blijven dalen ondanks een peilverschil van ruim 1.40 m over een afstand van 100 m. In het zuidelijke deel van de raai was ook geen infiltratie-effect merkbaar. Een week na de beeindiging van de bronbemaling omstreeks 8 oktober waren de grondwaterstanden weer tot op het oude niveau gedaald.

Het effect van het opzetten van een leiding in vrij smalle dalen nadat een droge tijd was ingetreden, zoals hier toevalligerwijs werd toegepast, is voor de aanliggende hoge gronden zeer gering. De hellingen van het maaiveld en dat van het grondwatervlak zijn tegengesteld. Bij hogere gronden daalt het grondwater ten opzichte van het NAP-peil.

Op dergelijke gronden, gelegen aan de voet van de heuvelrug, zouden de stuwen praktisch het hele jaar door op een zo hoog mogelijk peil gehouden dienen te worden. Slechts na zeer lange regenperioden, als de opbolling van het grondwater in de heuvelrug zich sterk heeft ontwikkeld, zal een sterke grondwaterstroom gaan optreden, die aan de voet van de helling hoge grondwaterstanden kan veroorzaken. De iets minder doorlatende leemhoudende bovengrond ook op deze ruggen zal na de voorjaarsregens een indruk kunnen geven van hoge grondwaterstanden, hetgeen niet het geval behoeft te zijn.

c) I n f i l t r a t i e - i n t e n s i t e i t

Ook bij Schoonheten werd voor de aardgasleiding een bronbemaling toegepast in 1970. In het onderzoeksgebied van de Kon. Ned. Heidemaatschappij werd bronwater bovenstrooms van meetpunt B ingepompt. De afvoer werd gemeten en per decade gesommeerd. Hetzelfde geschiedde ook op het benedenstroomse meetpunt C. Een groot deel van

deze nieuwe leiding loopt evenwijdig aan de terrasrand, zodat wegzijging door de slootbodem te verwachten was (zie kaart III).

Omtrent de grootte van de wegzijging is een indruk te krijgen wanneer de afvoeren van deze twee meetpunten tegen elkaar in een grafiek worden uitgezet zoals in fig. 16. De streeplijn die bij benadering het verband tussen de afvoeren aangeeft snijdt de x-as bij $40\,000\text{ m}^3/10$ dagen. Op dat punt voert stuw C niets meer af en verdwijnt gemiddeld 4000 m^3 per dag door de natte omtrek. De afstand tussen de twee meetpunten bedraagt ongeveer 2600 m. Bij een gemiddelde natte omtrek van 3 m^2 geeft dit een wegzi-gingsoppervlak van 7800 m^2 , waardoor 4000 m^3 per dag verdwijnt of $0.5128\text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$, of 51.28 mm/d.

Deze sterke wegzijging kan slechts plaatsvinden bij diepe zo-merwaterstanden en een sterk doorlatende ondergrond. Als vergelij-king kan de wegzi-gingskegel dienen in fig. 15 bij leiding 92. Een gedeelte van het over stuw B stromende water zal worden weggezogen door de bronbemaling die op ongeveer 70 meter van de stuw stond met filters tussen de 4 en 6 m diepte.

Opgemerkt kan worden, dat in de oude leiding, welke ongeveer 50 m westelijk van de nieuwe leiding ligt, naast de weg Schoon-heeten - Raalte geen druppel water stond tijdens de bronbemaling. Het infiltratiewater kwam via de terrasrand als drangwater in de Achterweide te voorschijn en na een week trad in het bovenste meetpunt van de Ramelerleiding op meetpunt 8c weer afvoer op.

7. BEPALING VAN ENKELE HYDROLOGISCHE GROOTHEDEN

Uit afvoergegevens en waarnemingen van enkele grondwaterstanden zijn verschillende hydrologische grootheden te bepalen. Daar het in het begin van het onderzoek niet de bedoeling was deze in het groot te gaan bepalen, geven de verzamelde gegevens slechts sporadische aanwijzingen van de gesteldheid van het gebied. De relatief eenvoudige methoden kunnen als voorbeeld dienen voor een uitgebreider onderzoek, temeer daar het verzamelen van afvoer- en grondwaterstands-gegevens toch van direct belang blijft voor de waterschappen, land-bouwinstanties, gemeenten en drinkwatermaatschappijen.

Achtereenvolgens worden de methoden besproken van een drietal

hydrologische grootheden:

- a) j-waarde bepaling
- b) μ -waarde bepaling
- c) kD-waarde bepaling

a) J - w a a r d e n

Voor de berekening van drainage-afstanden of bepalingen van topafvoeren wordt veel gebruik gemaakt van j-waarden. Deze waarde is uitvoerig uiteengezet door DE JAGER (1965). De j-factor is een begrip dat de snelheid van het leeglopen van een stroomgebied aangeeft en wordt uitgedrukt in dagen.

Uit de theorie van de grondwaterstroming geldt voor j

$$j = \frac{1}{4} \frac{\mu l^2}{kD} \quad (1)$$

waarin μ = de bergingsfactor van de grond

l = de afstand tussen de drains of leidingen

kD = het product van de doorlatendheid k en de dikte D van het watervoerend pakket

Daar ook de weerstanden rondom de drains of de bodem van de leidingen een rol spelen, werd door ERNST (1963) de formule weergegeven als

$$j = \mu W \quad (2)$$

Hierin stelt W de totale drainageweerstanden voor en deze is gelijk aan

$$W = \frac{l^2}{8 kD} + lw \quad (3a)$$

waarin w de radiale weerstand voorstelt.

Hooghoudt werkt met een vereenvoudigde formule, waarin d de dikte van de equivalentlaag voorstelt, waarin de lw is opgenomen. De vereenvoudigde formule wordt dan

$$W = \frac{l^2}{8 kd} \quad (3b)$$

Voor de drinkwatervoorziening is het van belang te weten met welke snelheid een gebied leeg loopt of wordt leeggepompt. Hiervoor is dus niet de hoge topafvoer van een beek van belang, doch de basis of grondwaterafvoer en wel haar snelheid van daling.

Een eenvoudige methode om deze dalingssnelheid zowel van benafvoer als van het grondwaterpeil te bepalen werd door BON (1967) toegepast. Het principe berust op de scheiding van de oppervlakteafvoer en de grondwaterafvoer en is ontwikkeld door KNISEL (1962). Ze is gebaseerd op de formule van BARNES (1939)

$$Q_t = Q_o Z^t \quad (4)$$

Hierbij kan worden volstaan met eenmaal daagse waarnemingen. Q_t en Q_o zijn de afvoerintensiteiten, gescheiden door een tijdsinterval van de lengte t dagen (in dit geval is $t = 1$ dag). Z is de uitzakkingsconstante of ontwateringsfactor van het grondwaterreservoir en is gelijk aan de term $e^{-\alpha}$ in de formule van DE ZEEUW en HELLINCA (1958)

$$Q_t = Q_o e^{-\alpha t} \quad (5)$$

waarbij
$$j = \frac{1}{\alpha} \quad (6)$$

Een voorbeeld van de bepaling van de zakkingsconstante Z voor een grondwaterbuis en voor een beek is weergegeven in fig. 17a en 17b. In deze figuren zijn diverse uitzakkingsperioden door een dunne lijn met elkaar verbonden. De hellingshoek van de raaklijn door de meest links gelegen punten geeft de Z -waarde aan van de uitzakkingsnelheid. (Deze Z -waarde werd in het artikel van Bon als K -waarde aangeduid, doch dit geeft verwarring met het algemene begrip van de letter K als doorlatendheidsfactor.)

De lijnstukken welke rechts van de Z -lijn liggen hebben een kleinere hellingshoek en dus een snellere uitzakking. Bij de grondwaterstandsbuis wordt de snellere uitzakking veroorzaakt door de verdamping, vorst of horizontale afvoer. In de open leiding wordt de snelle daling van de afvoer veroorzaakt door de snelle topafvoer, die grotendeels door de oppervlakkige afvoer wordt bepaald.

Voor de omrekening van de Z-waarde in de j-waarde is gebruik gemaakt van een omrekeningsgrafiek, gebaseerd op de vergelijkingen 4, 5 en 6, die in fig. 18 is weergegeven.

Van een 27-tal afvoermeetpunten en 8 grondwaterbuizen is op bovenvermelde wijze de j-waarden bepaald en op kaart VII bij de betrokken punten bijgeschreven. Met twee lijnen is de globale begrenzing van de j-waarde van 25 en 50 dagen aangegeven.

In het hele middengebied van Groot Salland worden lage j-waarden voor de grondwaterstroom aangetroffen. Dit wijst op een snellere afvoer door een dichter net van leidingen. De oostzijde langs de heuvelrug wordt gekenmerkt door hoge j-waarden door het ontbreken van leidingen. Voor de twee meetpunten, namelijk DD ten westen van Heino en ii ten noordoosten van Heino werden hoge j-waarden berekend, die waarschijnlijk veroorzaakt zijn door kwel, bronwater of industriewater.

b) Verband grondwaterdiepte - afvoer, de
drainageweerstand W en de μ -waarde

Wanneer van een afvoermeetpunt en een grondwaterbuis in de nabijheid ervan de respectievelijke gegevens op een zelfde tijdstip van de afvoer en grondwaterdiepte bekend zijn, kan tussen deze twee grootheden de samenhang grafisch worden weergegeven. Hogere grondwaterstanden zullen ook grotere afvoeren tot gevolg hebben doordat het drukhoogteverschil toeneemt. Na zware regens heeft ook oppervlakkige afstroming plaats, die het beekpeil en de beekafvoer wel beïnvloeden, doch het grondwater niet zoals in fig. 17 werd aangetoond.

Worden de gelijktijdige waargenomen grootheden in een grafiek tegen elkaar uitgezet, dan zal afhankelijk van de oppervlakkige afvoer een stippenzwerm ontstaan met kleine tot grote afwijkingen van een rechte lijn. Bij sterke oppervlakte-afvoer wordt de spreiding van de punten groter.

Als voorbeeld is in fig. 19a de afvoer in mm/d van meetpunt 4 van de Rechterschotsleiding (1340 ha) uitgezet tegen de grondwaterdiepte in de COLN-buis 357-48. De ligging van deze buis is op kaart VII aangegeven. Een groep punten met weinig spreiding ligt om een lijn, die bij benadering het verband tussen de afvoer en de grondwaterdiepte weergeeft. Een tweede groep punten wordt veroorzaakt door de zomersituatie van 1971 bij gestelde stuwen toen slechts enkele

le malen een geringe afvoer optrad.

Uit de getrokken lijn is af te lezen, dat wanneer de afvoer van het stroomgebied met 1 mm vermindert (door droogte, verdamping of wateronttrekking) het grondwater in de buis ongeveer 260 mm daalt. De helling van deze lijn geeft de totale weerstand W aan in formule (2). De W -waarde is hier $260 : 1 = 260$. Daar de j -waarde van meetpunt 4 bekend is als 20 dagen kan vervolgens de bergingsfactor μ worden berekend op 0.077.

In fig. 19b zijn de afvoeren uitgezet van de meetpunten 1 en 1c van de Raalter wetering tegen de grondwaterstand van de COLN-buis 339-49. Het stroomgebied van meetpunt 1 bedraagt 1380 ha en van 1c 127 ha. Het grote gebied voert per eenheid van oppervlakte bij dezelfde grondwaterdiepte minder water af dan het kleine gebied niet alleen doordat het groter is en meer open waterberging bezit, maar ook doordat in de benedenloop wegzijging naar de ondergrond plaats vindt. Ook hier zijn de punten welke beneden de twee lijnen liggen, die het verband tussen de afvoer en de grondwaterdiepten aangeven, het gevolg van gestuwde zomerstanden. De berekende bergingsfactoren verschillen niet veel van elkaar, namelijk 0,057 voor meetpunt 1 en 0,06 voor meetpunt 1c.

De grondwaterdaling door afvoervermindering of onttrekking van 1 mm water geeft voor het meetpunt 1 een daling van 35 cm in de grondwaterbuis en voor het meetpunt 1c van 25 cm. Dit verschil wordt ook in de hand gewerkt door de ondergrondse verliezen aan wegzijging. Hoe kleiner de grondwaterdaling is bij afvoervermindering van 1 mm, des te gunstiger is het gebied voor de drinkwateronttrekking, doordat de ondergrondse aanvoer naar het betrokken gebied groter is of sneller plaats vindt.

Voor het meetpunt 3 van de Ramelerleiding (1615 ha) is de grondwaterdaling in de COLN-buis 357-36 namelijk maar 20 cm. De berekende bergingsfactor bedraagt hier 0,075, welke ongeveer gelijk is aan die bij meetpunt 4 (zie fig. 19c). De cijfers die bij de punten in de figuur staan aangegeven wijzen op de maanden, waarin de afvoeren en waterdiepten zijn opgenomen. Ook hier valt het punt van juni (6) beneden de lijn en stelt de afvoer voor na een regenbui (zie fig. 5).

Door gebrek aan hoge winterafvoeren in 1971-1972 en aan lange waarnemingsreeksen van nieuw geplaatste grondwaterbuizen was het niet

mogelijk voor meerdere punten dergelijke gegevens te produceren. Met deze methode is aangegeven hoe op betrekkelijk eenvoudige wijze hydrologische constanten zijn te verkrijgen.

c) B e r e k e n i n g v a n k d - w a a r d e n

Voor de berekening van de kd-waarden kan worden uitgegaan van gelijktijdige opnamen van de afvoer en de grondwaterdiepte en deze grafisch uit te zetten zoals in de figuren 19a,b en c is getoond. Uit de verkregen hellingshoeken is de W = weerstandswaarde te bepalen. Wanneer deze gevonden waarde van W wordt ingevuld in formule 3b ($W = \frac{l^2}{8 \cdot kd}$), dan is de kd-waarde de enige onbekende die kan worden opgelost. De l (lengte tussen de leidingen) is van de kaart af te lezen.

Voor deze methode zijn geen registrerende meters nodig zoals voor de berekening van de dagafvoeren. Doch wanneer deze aanwezig zijn kan niet alleen een scheiding gemaakt worden tussen oppervlakte-afvoer en basis- of grondwaterafvoer, maar kan van afvoermeetpunten de j -waarde berekend worden.

Met behulp van de formule 1 is de kd-waarde dan ook te bepalen. Als voorbeeld is genomen de situatie om het meetpunt 4 van de Rechterschotsleiding en de COLN-buis 357-48. Hiervan zijn bekend $j = 20$; $\mu = 0,077$ of $0,08$ en $l \approx 2000$ m (de afstand tot de Ramelerleiding). Wanneer deze waarden in formule 1 worden ingevuld krijgt men

$$20 = \frac{0,08 \times 2000^2}{10 \cdot kd} \quad \text{of} \quad kd = 1600 \text{ m}^2/\text{d}$$

Deze waarde stemt zeer goed overeen met de waarden, die volgens boormateriaal en geo-electrische methoden worden berekend.

Voor de meetpunten 1, 1c en 3 waren de berekende kd-waarden respectievelijk 500, 200 en $750 \text{ m}^2/\text{d}$. Daar de geologische berekeningen voor deze punten tot veel hogere kd-waarden komen, namelijk ongeveer 1500, 3000 en 1700 en die gebaseerd zijn tot op de diepte van de glaciale klei, zullen de hierboven gevonden waarden betrekking hebben op het bovenste doorlatende pakket tot aan de Eemformatie, zo die aanwezig is. De overeenkomst tussen de op bovengenoemde wijze berekende kd-waarde van 1600 en ongeveer dezelfde waarde berekend volgens geologische gegevens, zou doen vermoeden dat de Eemklei aldaar niet

aanwezig is.

8. AFVOERGEGEVENS

Gedurende het afvoeronderzoek in Groot-Salland werden naast incidentele afvoermetingen ook continu peilen geregistreerd, die tot dagafvoeren werden omgerekend. Deze gegevens kunnen verwerkt worden om na te gaan a) hoe de afvoeren van de diverse beken zich tot elkaar verhouden en b) hoe groot de absolute afvoeren zijn zowel de basisafvoer als de totale afvoer.

a) A f v o e r v e r h o u d i n g e n

Om de relaties van de afvoeren van beken in een gebied te kennen is het noodzakelijk om in die beken metingen te verrichten. Dit kunnen incidentele of registrerende peilmetingen zijn, welke later tot moment- of dagafvoeren worden omgerekend.

De dagafvoeren van verschillende beken kunnen tegen elkaar worden uitgezet in grafieken. Ook kunnen incidentele afvoermetingen worden vergeleken met die waar een peilregistratie is geplaatst. Op deze wijze kan men de topafvoeren van de incidenteel gemeten meetplaatsen benaderen om b.v. de maatgevende afvoer van de stroomgebieden te leren kennen (BON, 1968).

Wanneer het niet direct om topafvoeren gaat kunnen ook sommaties van dagafvoeren b.v. van een decade tegen elkaar worden uitgezet zoals in de figuren 20a tot en met e. In deze figuren zijn de decade-afvoeren van diverse meetpunten uitgezet tegen enkele 'hoofdmeetpunten'. In de figuren 20a tot en met d zijn de afvoeren van de voornaamste registrerende meetpunten uitgezet tegen de afvoer van meetpunt 4 van het I.C.W. (kaart II). Vele meetpunten geven een kleine spreiding te zien ten opzichte van de lijn, die het afvoerverband van deze punten met het meetpunt 4 weergeeft. Veelal is dit verband rechtlijnig, soms kromlijnig. Dit hangt af van de bodemkundige en geologische opbouw van de stroomgebieden. Ook de spreiding van de punten heeft hier mede te maken doordat soms naijling plaats heeft in diep ontwaterde gebieden. Door regen zal een diep ontwaterd gebied eerst tijd nodig hebben om het grondwatervlak zo hoog op te

zetten, dat de leidingen kunnen gaan afvoeren. Een nat gebied reageert direct op de regenval in de vorm van verhoogde afvoer. Ook is uit de afvoerdiagrammen na te gaan welke van de afvoergebieden het eerst geen afvoer meer heeft.

Door een extra of onregelmatige toevoer van water zoals door bronbemaling, zuiveringsinstallaties en industriewater wordt de afvoerverhouding moeilijk vast te stellen, zoals in fig. 20b bij meetpunt DD en in fig. 20c bij de meetpunten GG, JJ en OO. Wanneer de afvoeren van deze punten tegen die van het meetpunt JJ worden uitgezet zoals in fig. 20c, dan blijkt er wel een verband gevonden te worden met de punten GG en OO, doch niet met DD, waar de melkfabriek van Heino op loost.

De afvoeren van de meetpunten van de Kon. Ned. Heidemaatschappij (A tot en met G) vertonen een redelijk verband met die van het meetpunt 4 (fig. 20d). Wanneer de afvoeren van deze meetpunten onderling tegen die van meetpunt b worden uitgezet, wordt ook een goed verband gevonden, hoewel de spreiding van de punten iets groter is dan wanneer ze tegen de afvoer van meetpunt 4 worden uitgezet. Het meetpunt 8 (I.C.W.) gelegen ten zuiden van Heeten werd ook tegen het meetpunt B uitgezet om na te gaan hoe de afvoeren zich verhouden (fig. 20e). Beide stroomgebieden liggen ten oosten van het kanaal in sterk doorlatende gronden. Zowel het verband tussen de afvoer van meetpunt 8 en B als tussen het meetpunt 8 en 4 is kromlijinig en nijgt naar een limiet. De geringe afvoer van het meetpunt 8 wordt mede veroorzaakt door het grote achterland zonder zichtbare afwatering (maximaal waargenomen 8 mm in 10 dagen).

Door middel van de afvoerverhoudingen is het mogelijk van incidentele waarnemingspunten bij benadering een volledig overzicht van dagafvoeren te krijgen. Hieruit kan dan weer de Z-waarde worden benaderd en de j-waarde.

Wanneer een overzicht is verkregen van de afvoerverhoudingen van een groot gebied is het niet noodzakelijk om al deze meetpunten te blijven waarnemen wanneer men met deze eenvoudige bewerking genoegen neemt. Men kan dan met enkele 'hoofdmeetpunten' volstaan om b.v. voor bijzonder hoge afvoeren een redelijke schatting te geven van de andere meetpunten. De aan te houden registratiepunten kunnen dan zijn: meetpunt 4, b en JJ; die ook in de grafieken zijn gebruikt.

b) D e b i e t e n v a n d e r e g i s t r e r e n d e m e e t -
p u n t e n

Uit de vorige hoofdstukken is wel gebleken dat er gebieden zijn met wegzijging en kwel (kaart III). Deze gebieden liggen in min of meer zuid-noord gerichte banen, die zich dwars over de meer oost-west gerichte stroomgebieden uitstrekken. Hierdoor treft men in bijna ieder stroomgebied gronden aan met kwel en wegzijging of met andere woorden lage en hoge gronden ten opzichte van het grondwater-vlak. De berekende afvoeren van de geregistreeerde meetpunten zijn dan ook de resultanten van afvoeren uit heterogene subgebieden, die ieder voor zich zeer uiteenlopende afvoeren kunnen leveren.

Sommatiecurven afvoer

Om enig idee omtrent deze afvoeren te krijgen, werden sommatiecurven gemaakt van de afvoeren in mm per 10 dagen over de maanden oktober 1970 tot en met maart 1971. Deze winterperiode is gekozen omdat in de winter 1969-1970 nog niet alle meetpunten geïnstalleerd waren en de winter 1971-1972 te droog was.

Naast deze sommatiecurven van de totale afvoer werden ook sommatiecurven van de minimum maandafvoer ingetekend. Deze minimum of basisafvoer is berekend uit de laagste dagafvoer vermenigvuldigd met het aantal dagen van de maand. Als voorbeeld geeft fig. 21a deze sommatiecurven weer van een drietal stroomgebieden, gelegen ten westen van het kanaal Deventer-Lemelerveld, te weten de stroomgebieden 5 (Wezepervloedgraven), 6 (Soestwetering) en RIII (benedenste stuw van het kanaal Zwolle-Almelo). Al deze drie meetpunten voeren ook nog water af van gronden gelegen ten oosten van het kanaal (zie kaart VIII).

Fig. 21b geeft als voorbeeld drie sommatiecurven van stroomgebieden welke ten oosten van het kanaal liggen, te weten de stroomgebieden Mb, F en 8. De stroomgebieden Mb en F liggen naast elkaar, terwijl de afvoeren sterk verschillen. Het afgevoerde water van Mb en F stroomt langs RIII, terwijl dat van 8 via het kanaal Deventer-Raalte bij Deventer wordt geloosd. Zowel het stroomgebied 8 als F hebben grote oppervlakten met onzichtbare afwatering, waardoor de afvoer omgerekend per oppervlakte-eenheid gering is.

In kaart VIII is in ieder stroomgebied de gemiddelde maandaf-

voer bijgeschreven van het winterhalfjaar 1970-1971. De geringste afvoer werd berekend voor die stroomgebieden die het diepst zijn ontwaterd en de grootste oppervlakten bezitten met onzichtbare afvoer. Ze liggen aan de oostzijde van Groot Salland. Het kleine stroomgebied FF ten noorden van Heino heeft weinig afvoer door de aanwezigheid van een stuifrug. Het middengebied is vrijwel homogeen wat de afvoer betreft. Het stroomgebied Mb en het substroomgebied Mc hebben een grote afvoer, die veroorzaakt kan worden door kwel en de lemige bovengrond. De hoge afvoeren van de stroomgebieden JJ en DD worden waarschijnlijk door kwel uit het kanaal en door kwelwater van de melkfabriek veroorzaakt. De niet verwachte hoge afvoer van ii wordt veroorzaakt door bronbemaling van de drinkwaterleiding-maatschappij bij de Archemerberg.

De kaart IX, die de gemiddelde basisafvoer per maand per stroomgebied aangeeft, vertoont ongeveer hetzelfde beeld als kaart VIII. De hoge gronden hebben ook nu weer een lage afvoer. De afvoerverschillen, die tussen de twee kaarten worden vermeld, worden weergegeven in kaart X en stelt de snelle afvoer voor. Een hoge waarde kan een aanwijzing zijn voor een dichtere lemige grond of van lage natte (kwel) gebieden, die weinig berging hebben. Lage waarden geven aan dat de doorlatendheid van de grond groot is, zoals in het oosten en het stroomgebied OO ten westen van Raalte.

Opmerkelijk is hier de relatief lage maandafvoer als de basisafvoer van de overkoepelende stroomgebieden RI, RII en RIII. Op RI lozen de stroomgebieden van de Zandwetering, waarin geen waarnemingen zijn verricht, de Soestwetering met de stroomgebieden 6 en 5. Langs RII wordt water afgevoerd van de Raalter wetering, Heinosche Vloedgraven, Hondemotswetering en de aansluitende stroomgebieden OO, 3 en 4 die op de Nieuwe wetering lozen. Langs RIII stroomt water uit het waterschap Beneden de Vecht ii als uit het waterschap Salland, LL, F, G, Mb, D, C en enkele kleine niet gemeten stroomgebieden.

Hoge en lage afvoeren

De verwerking van de meetgegevens in sommatiecurven laat weer de heterogeniteit van Groot Salland zien. Een grote gemiddelde winterafvoer en een lage gemiddelde basisafvoer duidt op grote oppervlakte-afvoer. Een lage winterafvoer en een relatief grote basisafvoer

wijst op een stroomgebied met grote oppervlakten goed doorlatende gronden, die het regenwater voor een groot deel via de grondwaterstroom doet afvoeren.

Wanneer de gemiddelde totale afvoer in een grafiek wordt uitgezet tegen de gemiddelde basisafvoer, zoals in fig. 22, blijkt dat bij een toename van de totale afvoer de basisafvoer evenredig toeneemt. De rechte lijn door de punten geeft het verband aan tussen deze beide afvoeren. De gemiddelde basisafvoer bedraagt ongeveer 0,3 van de gemiddelde totale afvoer. De marge in de gemiddelde totale afvoer loopt van 12,9 mm/maand bij het meetpunt 8 tot 59,5 mm/maand bij het substroomgebied Mc. Uit deze grote marge blijkt nog eens de heterogeniteit van het gebied. In deze figuur is ook nog de gemiddelde neerslag van het waarnemingsstation Raalte ingetekend en de berekende neerslag minus verdamping.

Een zevental stroomgebieden voerden meer af dan het neerslagoverschot, waarvan de stroomgebieden DD, Mc en JJ zelfs meer afvoeren dan de gevallen neerslag. De mogelijke oorzaken hiervan zijn reeds vermeld. De verzamelde gegevens over de afvoeren zijn in tabel 1 vermeld.

Een droogte-indicatie kan worden aangenomen door de basisafvoer als percentage van de totale afvoer uit te drukken. Dan springt het stroomgebied 8 met 77% er wel uit. Stroomgebieden met 70% en meer basisafvoer zijn DD, CC, d en OO. Toch kan DD niet bepaald droog genoemd worden door de koelwaterafvoer van de melkfabriek, die als kwelwater is op te vatten. Wanneer deze koelwaterafvoer buiten beschouwing wordt genomen zou het mogelijk zijn dat het stroomgebied DD ook droog kan uitvallen door de ligging in het terrein. Het er naast liggende stroomgebied FF heeft 'slechts' 61% basisafvoer, maar is toch aan de droge kant door de geringe gemiddelde totaalafvoer van 18,2 mm/maand. Ook het meetpunt c heeft 61% basisafvoer en ligt in een wegzijgingsgebied. Ook hier is de gemiddelde maandafvoer laag namelijk 1,45 mm/maand.

Worden de oppervlakten van de stroomgebieden met die van de afvoeren vergeleken, dan blijkt ook hier de algemene regel op te gaan, dat bij een toenemende grootte de afvoer per eenheid van oppervlakte afneemt, wanneer de gebieden gelijk van opbouw en samen-

Tabel 1. Afvoergegevens Groot Salland 1-10-1970 t/m 31-3-1971

Meetp.	Ha	mm					Opname
		ΣQ tot.	ΣQ basis	$\bar{Q}$ tot/mnd	$\bar{Q}$ basis/mnd	% basis	
1	1 380	199,9	116,6	33,3	19,4	58	ICW
3	1 615	195,9	111,5	32,7	18,6	52	
4	1 340	216,5	140,5	36,1	23,4	65	
5	2 380	175,3	114,6	29,2	19,1	69	
6	1 075	237,6	124,0	39,6	20,7	52	
7	2 166	174,8	98,8	29,1	16,5	57	
8	2 240	77,1	57,3	12,9	9,6	77	
CC	1 200	224,5	162,7	37,4	27,1	72	POW
DD	725	343,6	249,8	57,3	41,6	73	
FF	750	109,4	65,8	18,2	11,0	61	
GG	410	194,4	87,3	32,6	14,6	45	
ii	3 300	161,7	93,1	27,0	15,5	57	
JJ	195	320,2	151,9	53,4	25,3	47	
LL	410	204,6	87,2	34,1	14,5	43	
Mb	840	283,7	163,6	47,3	27,3	58	KNHM
Mc	470	356,9	204,3	59,5	34,0	52	
OO	715	192,3	136,2	32,0	22,7	70	
a	445	211,4	144,1	35,2	24,0	68	
b	395	134,3	64,1	22,4	10,7	48	
c	817	87,4	53,2	14,5	8,9	61	
d	1 610	116,9	83,2	19,5	13,9	71	
f	2 525	112,5	75,0	18,8	12,5	67	RWS
g	850	229,1	151,3	38,0	25,7	68	
RI	10 545	169,9	108,8	28,3	18,1	64	
RII	6 870	165,9	99,7	27,7	16,6	60	
RIII	13 410	116,8	47,4	19,5	7,9	60	
Neerslag		ΣN	$\Sigma N - E_w$	$\bar{N}$ mnd	$\overline{N - E_w} / \text{mnd}$	% E_w	ICW
Raalte		314,0	219,8	52,3	36,6	30	

stelling zijn (zie fig. 23). Door de heterogeniteit van de stroomgebieden liggen de punten niet om een gebogen lijn, doch tussen twee gebogen lijnen. De spreiding is groot en het blijkt uit de grafiek dat een stroomgebied van 1000 ha zowel 13 als 45 mm/maand kan afvoeren, maar ook dat een afvoer van 30 mm/maand geleverd kan worden door een stroomgebied van 300 tot 2000 ha. De gegevens van de meetpunten RI, RII en RIII staan niet in deze figuur aangegeven, omdat ze wegens hun grote oppervlakten niet konden worden ingetekend.

Wordt de basisafvoer per maand op dezelfde wijze tegen de oppervlakten uitgezet (fig. 24) dan is te verwachten dat eenzelfde soort figuur wordt verkregen als fig. 23, gezien het goede verband tussen de maandaafvoer en basisafvoer in fig. 22. Ook in fig. 24 staan de punten RI, RII en RIII niet ingetekend.

9. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Voordat met een hydrologisch onderzoek in het terrein wordt begonnen verdient het aanbeveling eerst uit beschikbaar kaartmateriaal te trachten conclusies omtrent de hydrologie van het gebied te trekken. Dit kaartmateriaal kan bestaan uit: hoogtekarten, kaarten van waterlopen, oudetopografische kaarten, bodem- en geologische kaarten, COLN-kaarten enz. Nadat de verkregen gegevens in afgeleide kaarten zijn vastgelegd, kan dan een veldverkenning volgen om de conclusies te verifiëren. Hierbij wordt tevens een keus gedaan omtrent de punten waar verder waarnemingen zullen worden gedaan aan, al dan niet registrerend uitgevoerd, afvoeren, beekpeilen en grondwaterstanden. Uit de op deze plaatsen verzamelde gegevens kunnen dan meer exacte hydrologische grootheden worden bepaald. Deze werkwijze is gevolgd in het gebied van Groot Salland.

Uit het onderzoek is wel gebleken, dat het gebied zeer heterogeen is opgebouwd en in feite kan worden verdeeld in kwelbanen en wegzijgingsgebieden, die ongeveer loodrecht op de afvoerrichting en stroomgebieden van de huidige beken staan. De meetpunten bij de uiteinden van de beken geven daardoor een afvoer die afkomstig is van hydrologisch geheel verschillende gebieden. Bovendien is het vaak moeilijk het bij een beek passende stroomgebied vast te stellen.

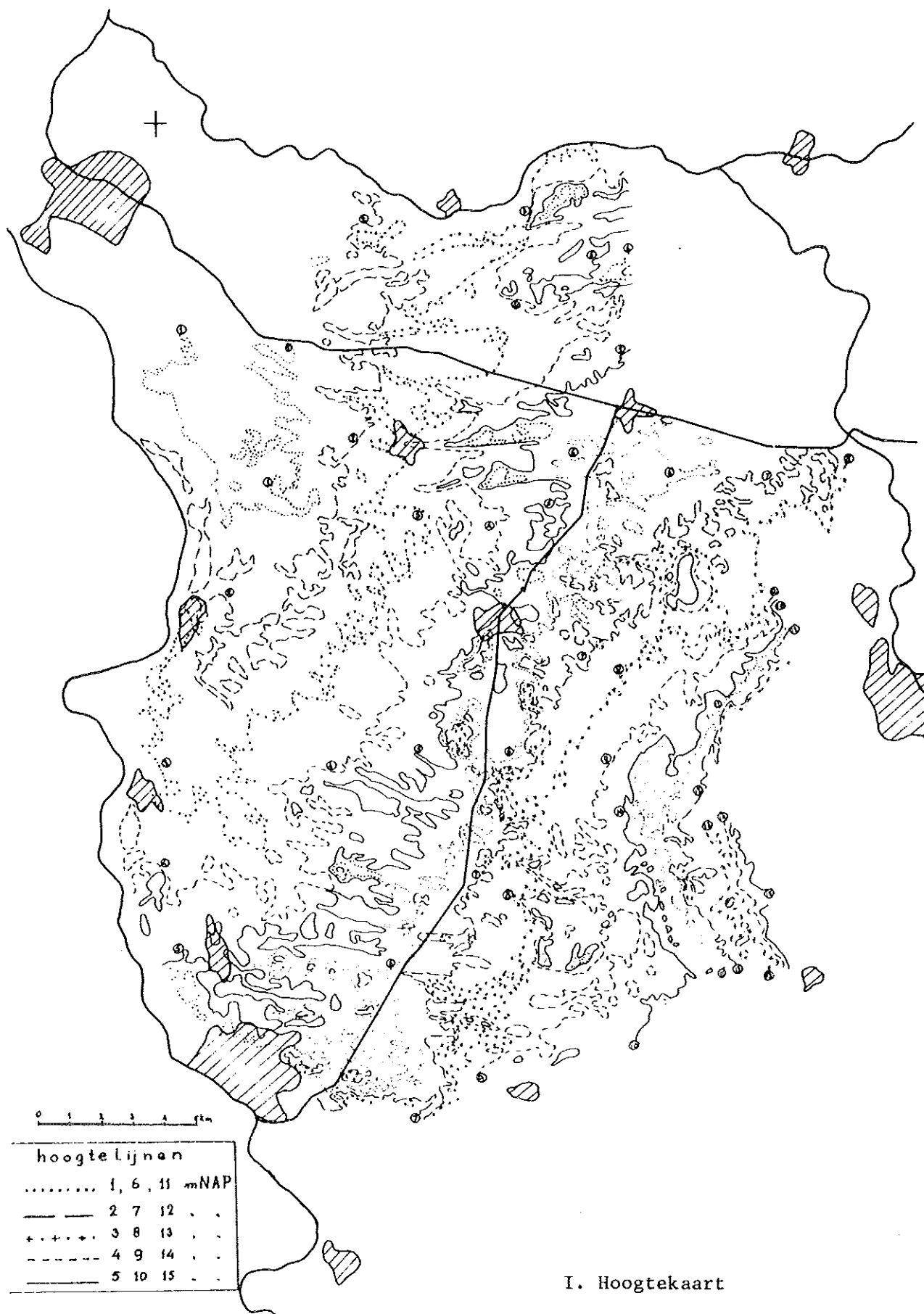
De morfologie en de bovenste geologische lagen spelen een belangrijke rol waardoor in tijden van droogte duidelijk uitkomt waar en hoe lang de afvoer kan stagneren. Een zorgvuldig stuwbeheer is in een dergelijk gebied noodzakelijk wil de landbouw in de zomer geen schade onder- vinden van watertekort.

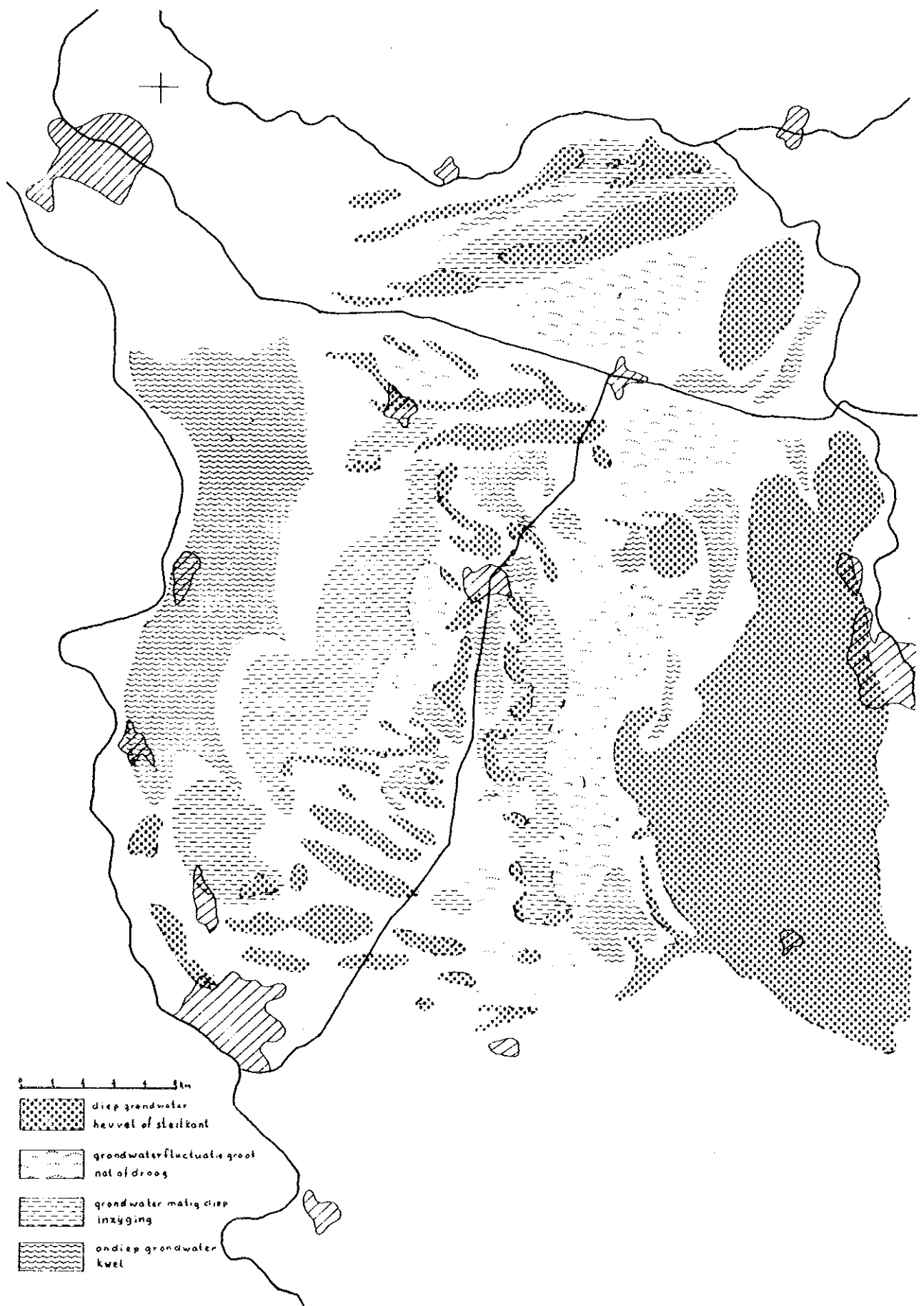
Op enkele uitzonderingen na kan gezegd worden dat de gemiddelde basisafvoer in het winterhalfjaar 1970-1971 tweederde tot driekwart van de totale afvoer bedraagt. Zou deze basisafvoer voor de drinkwater- voorziening worden gebruikt, dan zal een diepgaand onderzoek vooraf moeten plaatsvinden om vast te stellen waar en hoeveel grondwater nog kan worden onttrokken zonder al te grote schade te veroorzaken aan de land- bouw.

10. LITERATUUR

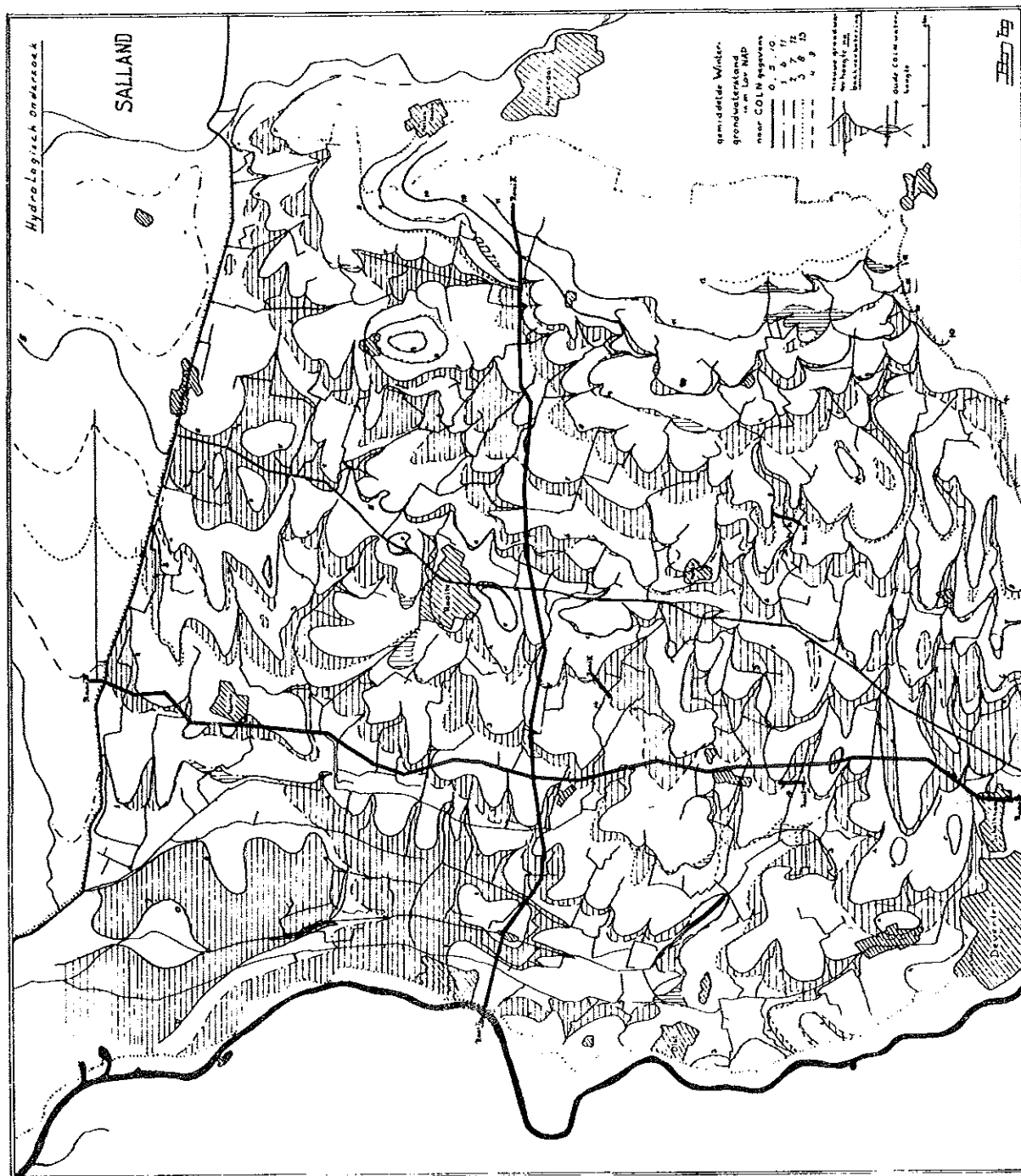
- AKKER, M.A. v.d., M. KNIBBE, G.C. MAARLEVELD. 1964. Het Sallandse dek- landschap. Tijdschr. Kon. Ned. Aardrk. Gen. LXXI nr. 3
- BARNES, B.S. 1939. Structures of discharge recession curves. Trans. Am. Geoph. Union 20
- BON, J. 1967. Afvoer en berging in verband met beek-verbetering, toe- gelicht aan het stroomgebied van de Lunterse beek. VLO, Pudoc, Wageningen
- 1968. Gebruik van afvoerverhoudingen bij het bepalen van de maatgevende afvoer in grote stroomgebieden. Watersch.bel. 53.3
- 1970. Hydrologische veldkenmerken en interpretatie van kaarten toegepast op het waterschap Salland. ICW Nota 547
- 1971. Het stuwbeheer in zandgebieden. ICW Nota 611
- ERNST, L.F. 1963. Berekeningen van grondwaterstromingen tussen evenwijdige open leidingen. Versl. en Meded. Comm. Hydrol. Ond. TNO 8
- JAGER, A.W. de. 1965. Hoge afvoeren van enige Nederlandse stroomgebieden. Thesis Pudoc Wageningen
- JONG, J.D. de. 1955. Geologische onderzoeken in de stuwwallen van oostelijk Nederland. I Archemerberg en Nijverdal. Med. Geol. Stichting nieuwe serie nr. 8
- KNIBBE, M. 1969. Gleygronden in het dekzandgebied van Salland. Thesis Pudoc Wageningen
- KNISEL jr., W.G. 1962. Base flow recession analysis for comparison of

- drainage basins and geology. Journal of Geoph. Res. Vol. 68.12
- FREEVE, J. 1958. De landbouwwaterhuishouding in de provincie Overijs-
sel. COLN TNO rapport 5
- STICHTING VOOR BODEMKARTERING. 1966. Bodemkaart van Nederland, blad
27 oost Hattem 1 : 50 000
- ZEEUW, J.W. de en F. HELLINGA. 1958. Neerslag en afvoer. Landbk. Tijd-
schr. 70

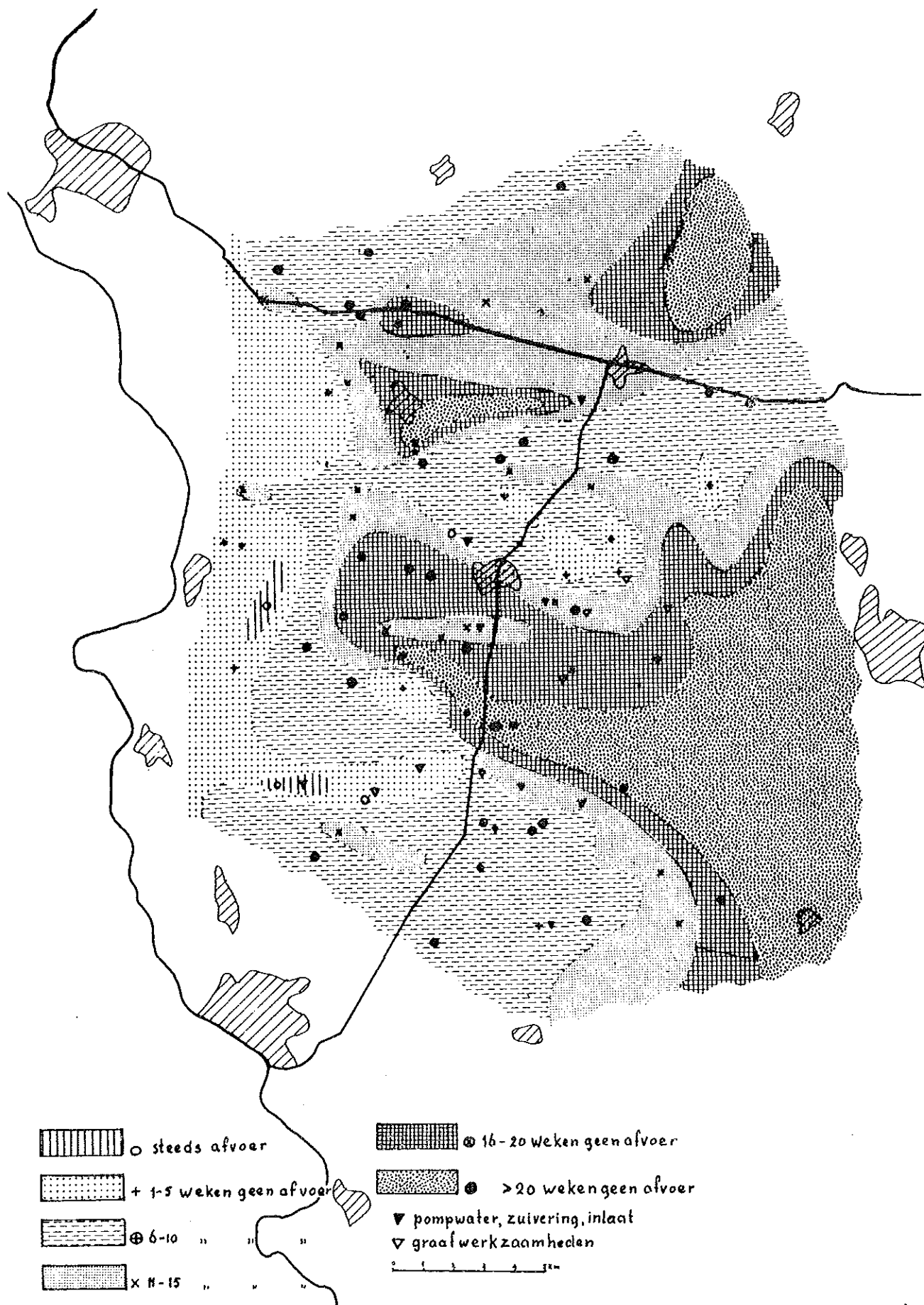




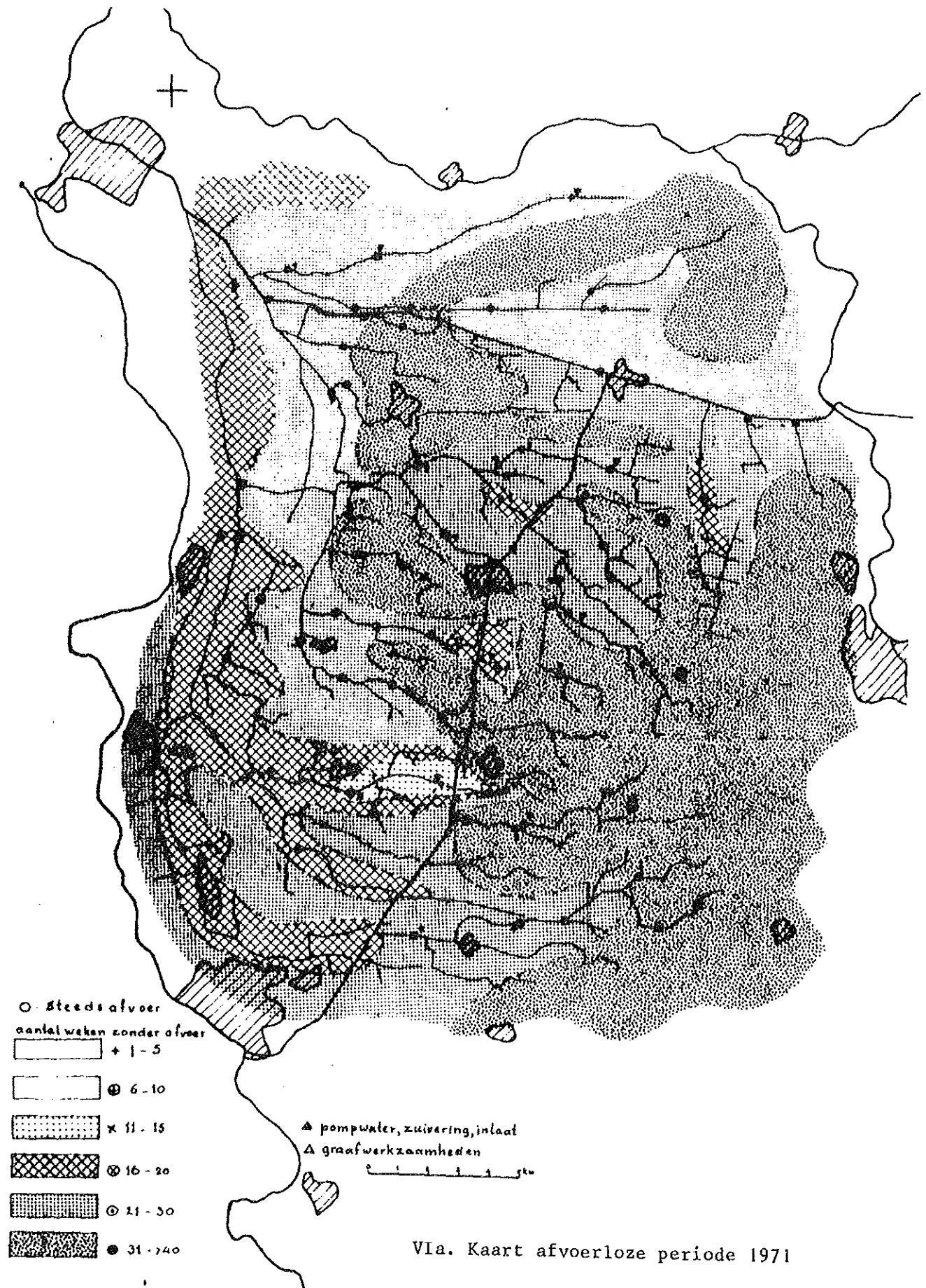
III. Hydrologische kaart. Gebieden met wegzijging, kwel, wisselend vochtig-droog



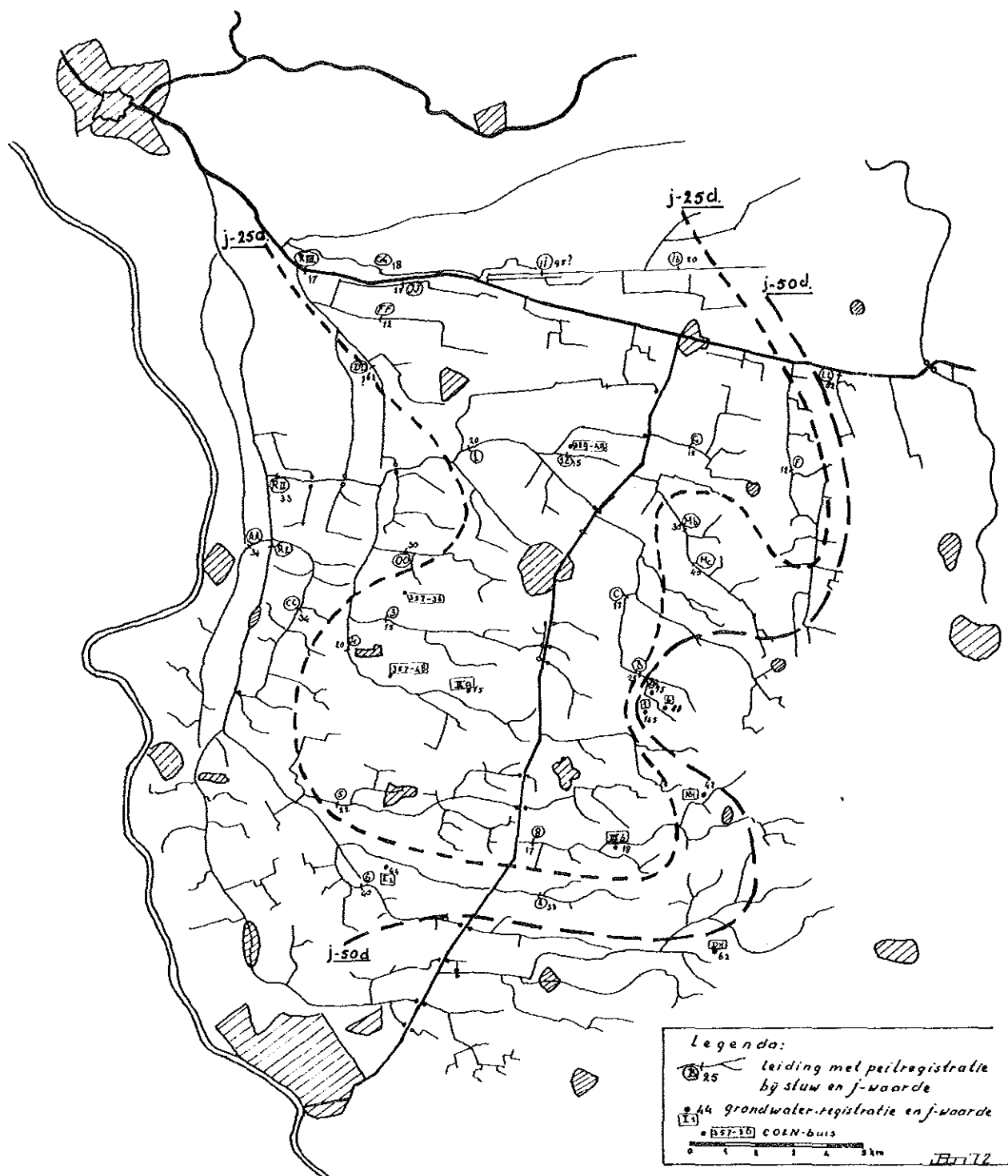
V. Ischypsenkaart waterschap Salland winter COLN en na beekverbetering



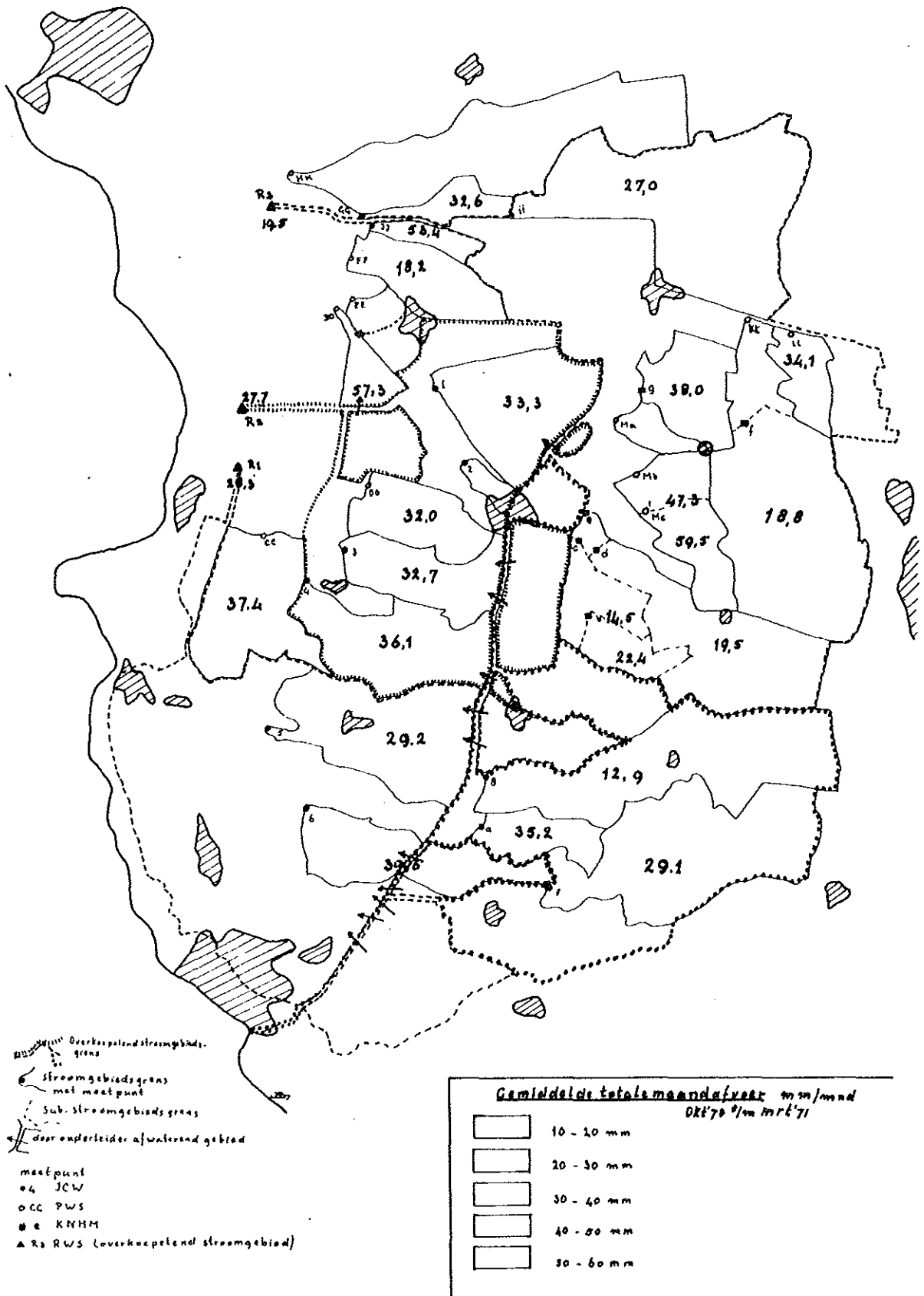
VI. Kaart afvoerloze periode 1970



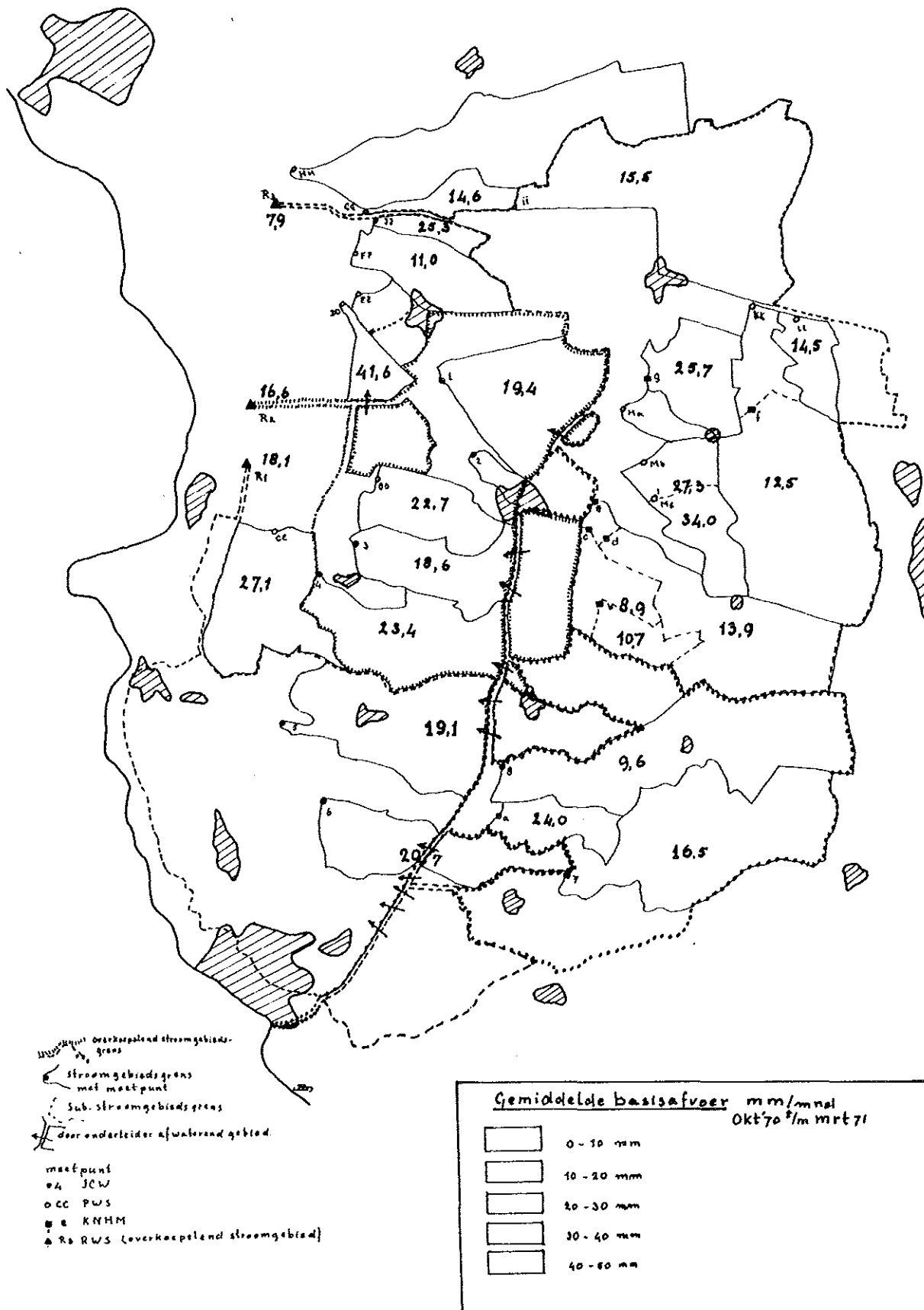
Vla. Kaart afvoerloze periode 1971



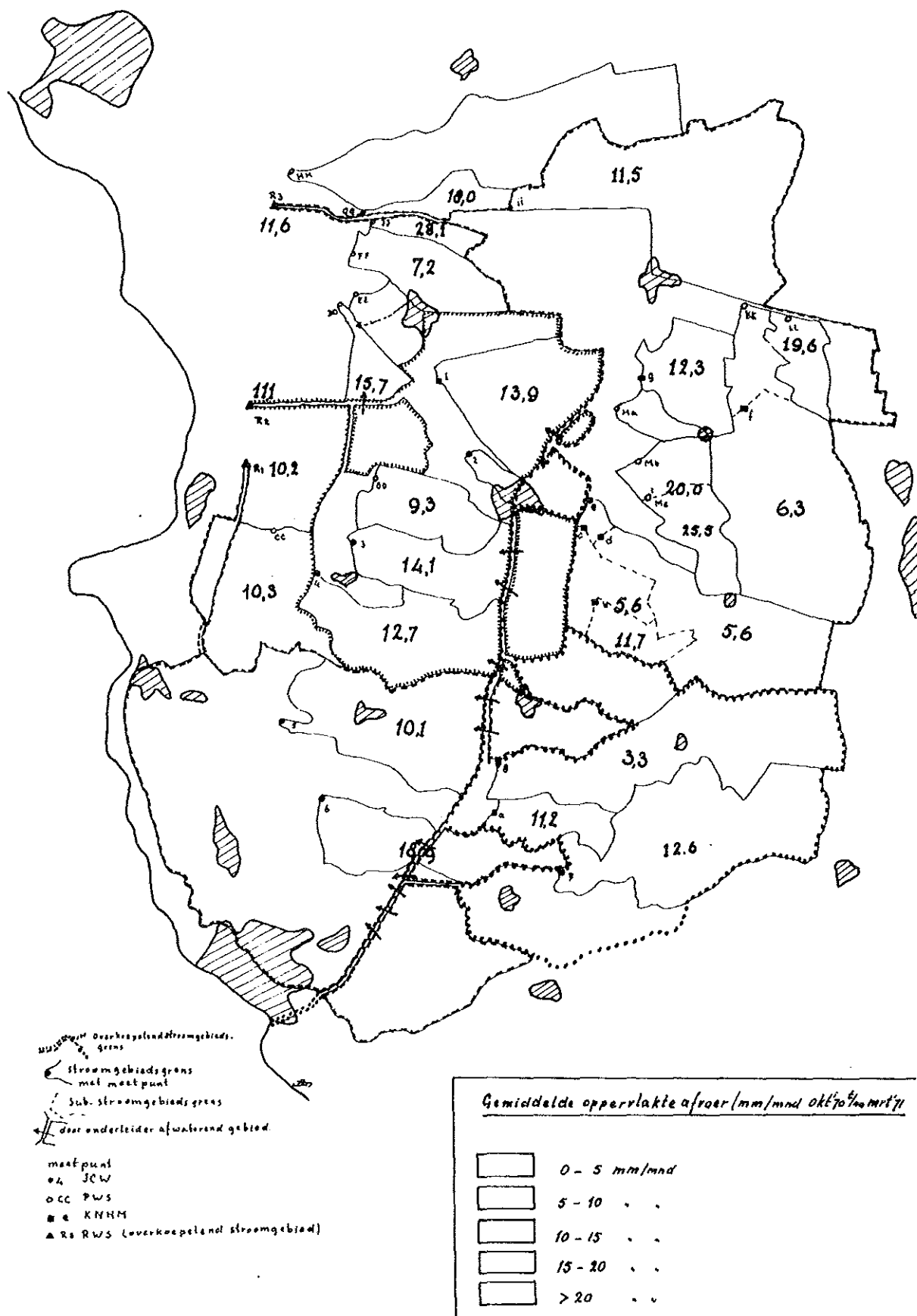
VII. j-waarde kaart



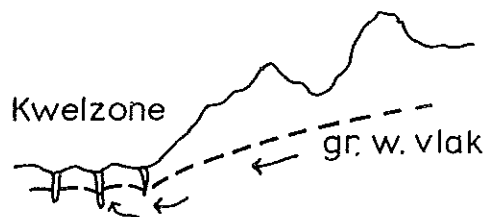
VIII. Kaart stroomgebieden met gemiddelde maandafvoer (mm)



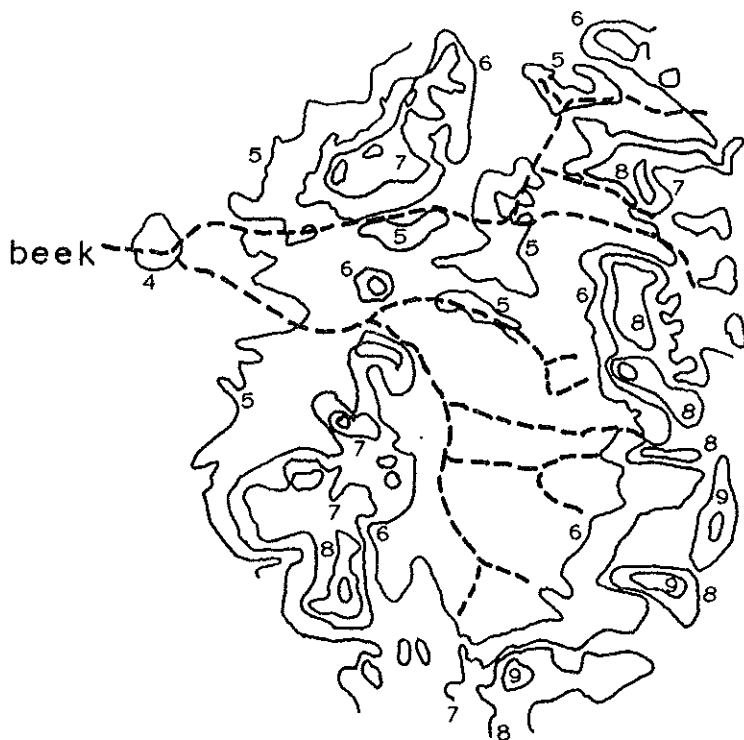
IX. Kaart stroomgebieden met gemiddelde basisafvoer (mm/maand)



X. Kaart stroomgebieden met gemiddelde oppervlakte-afvoer (mm/maand)

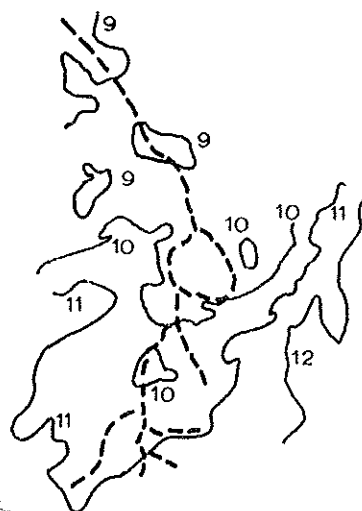


a



b

Kwelgebied
Hoogtelijnen in m + N.A.P



c

Erosiedal met kwel

Fig. 1a,b,c Terreïnconfiguraties a. kwelzone, b. kwelgebied, c. erosiedal

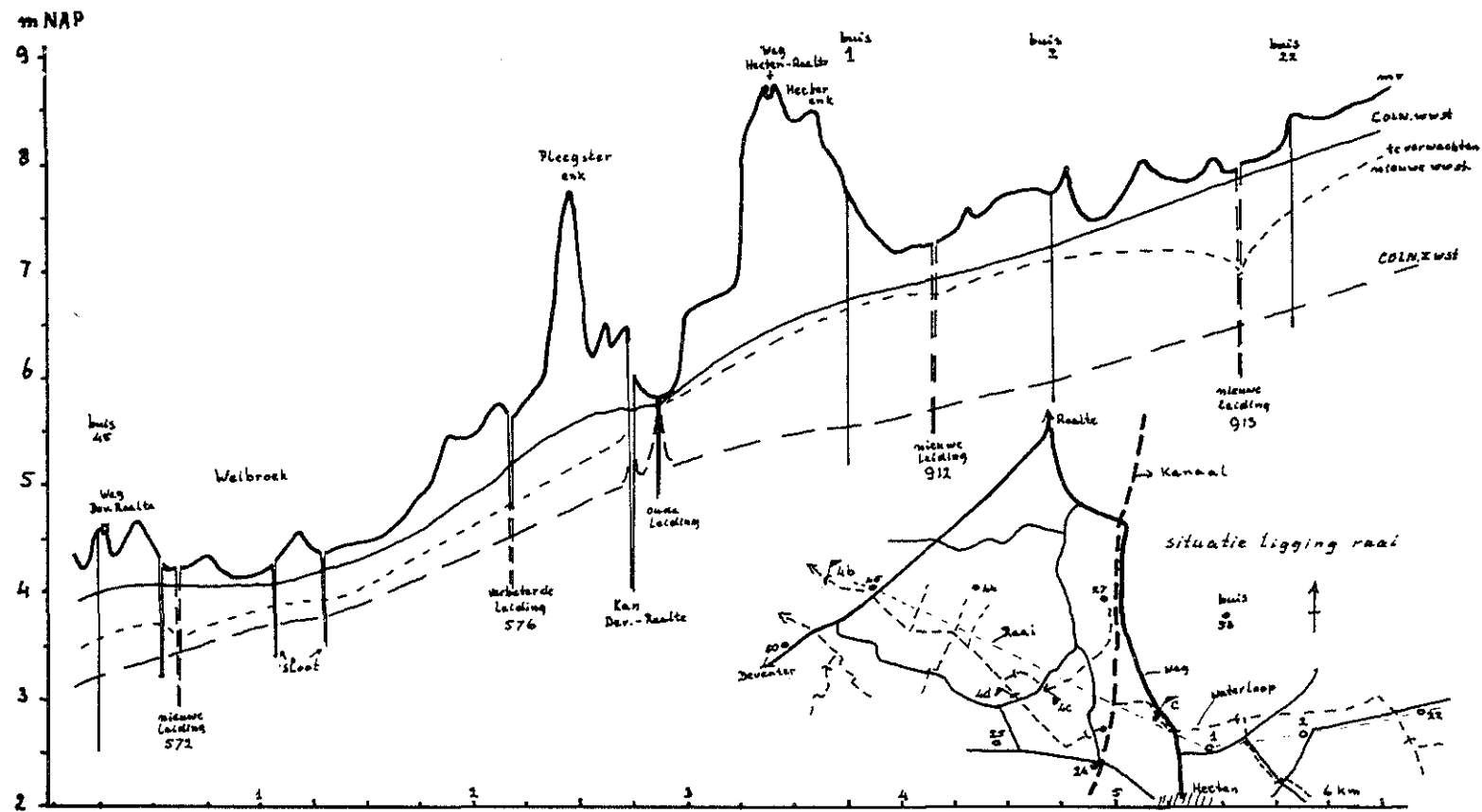


Fig. 3. Grondwatervlak in dwarsdoorsnede 't Weibroek - Lombok (terrasrand)

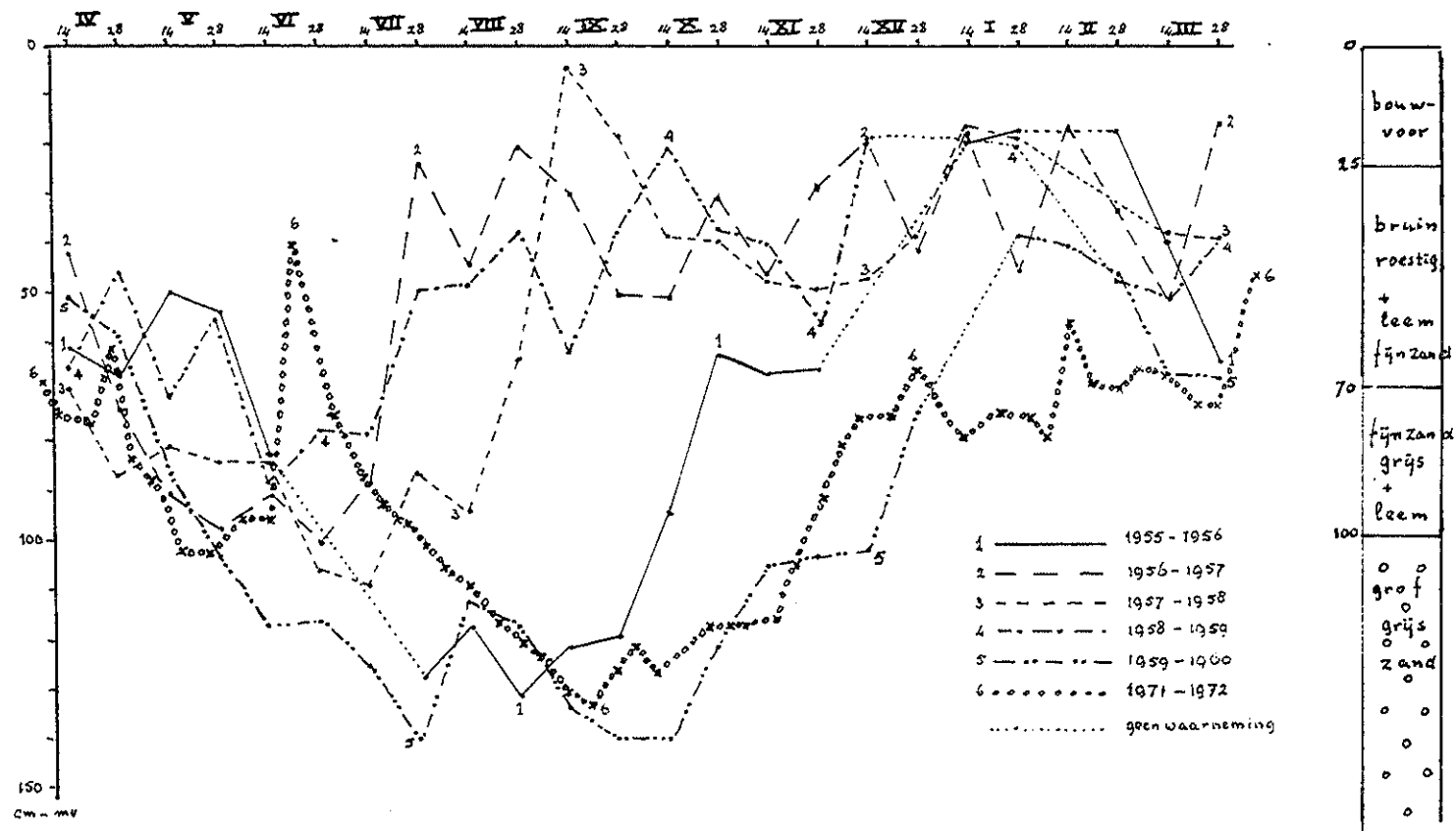


Fig. 4. Tijdstijghoogte-lijn buis 339-40 bij Raalte

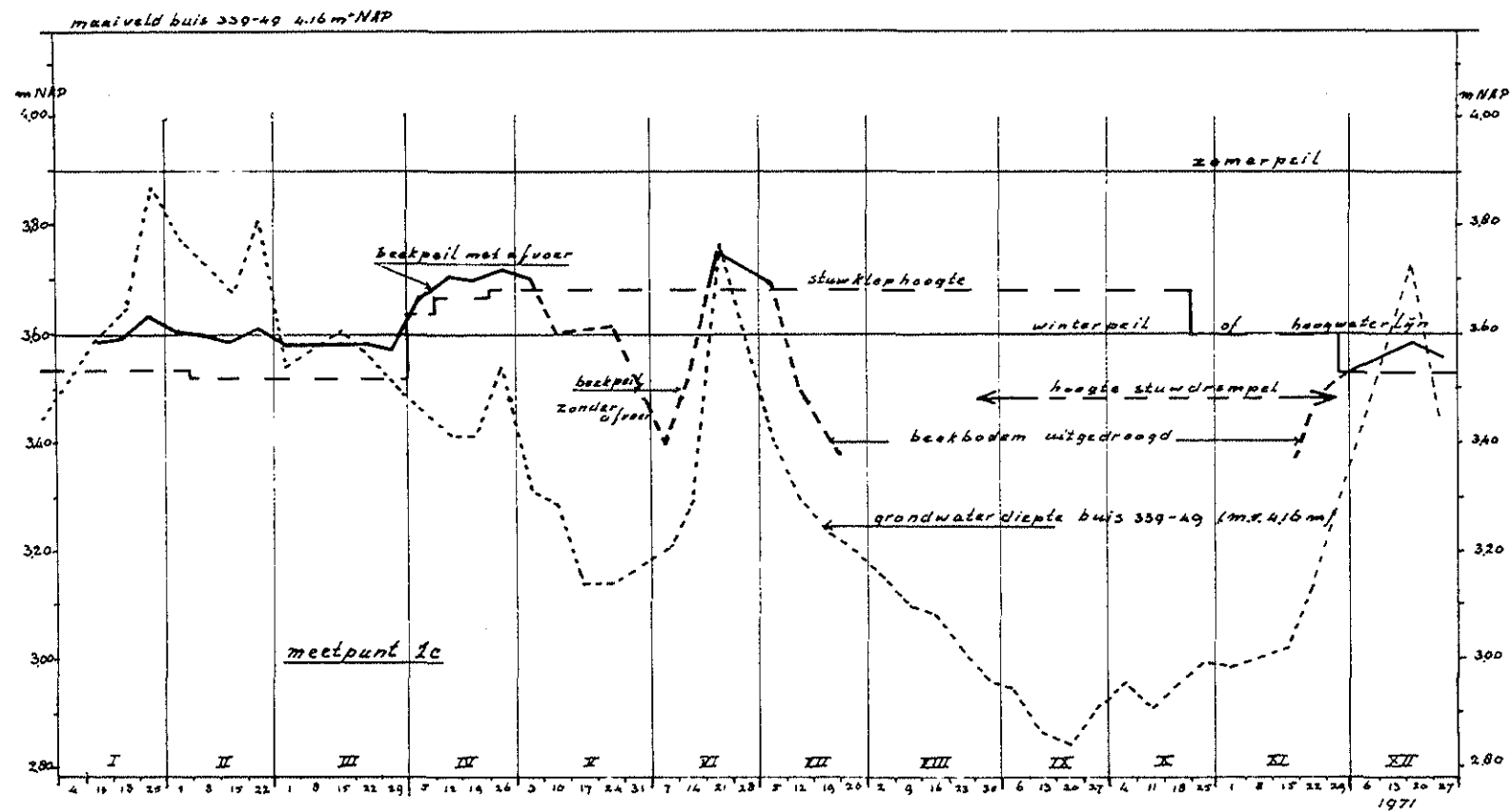


Fig. 4a. Tijdstijghoogte-lijnen buis 339-49 en beekpeil 1c 1971

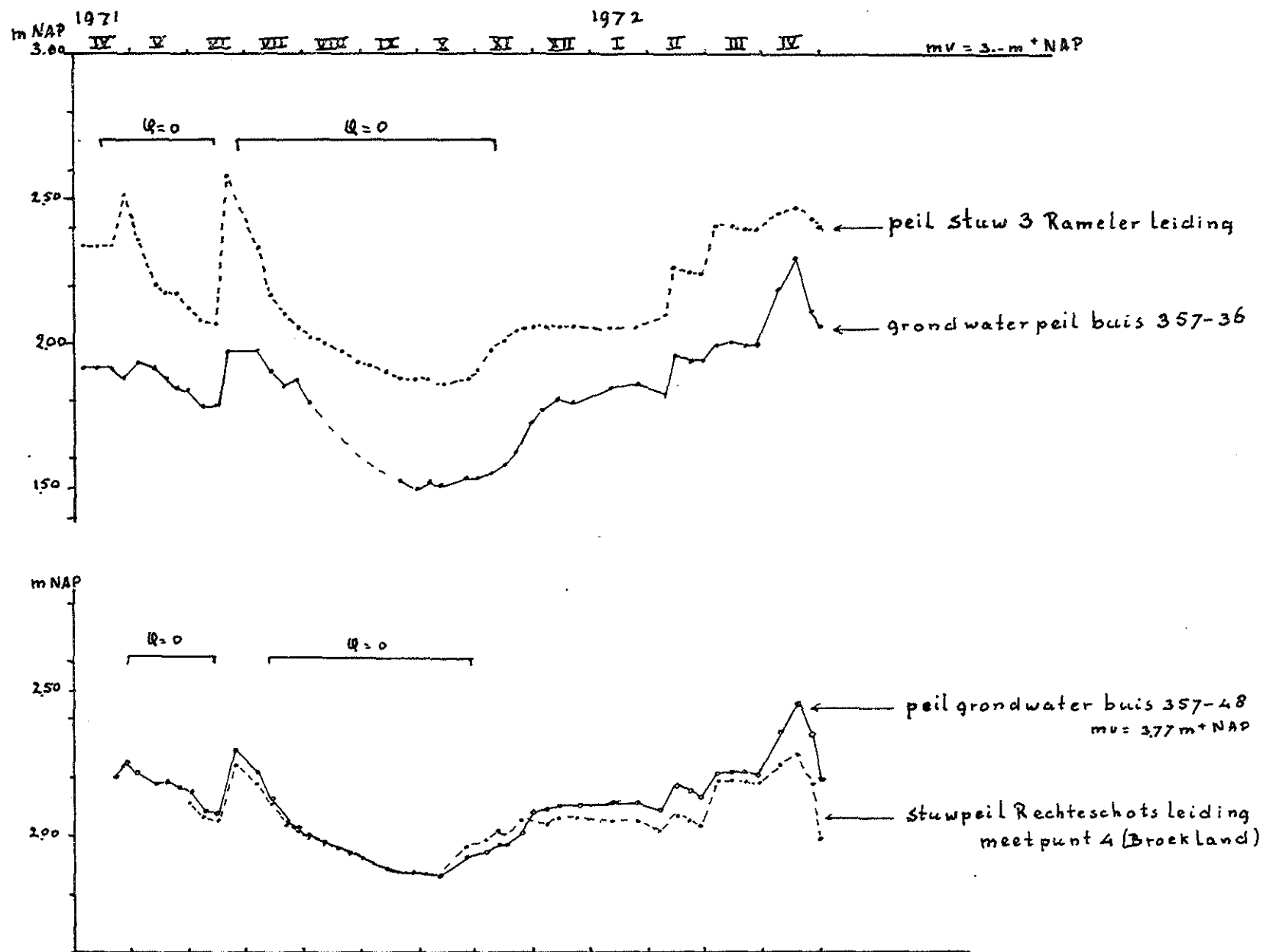


Fig. 5. Tijdstijghoogte-lijnen grondwater buis 357-36 en 357-48 en bijbehorend beekpeil

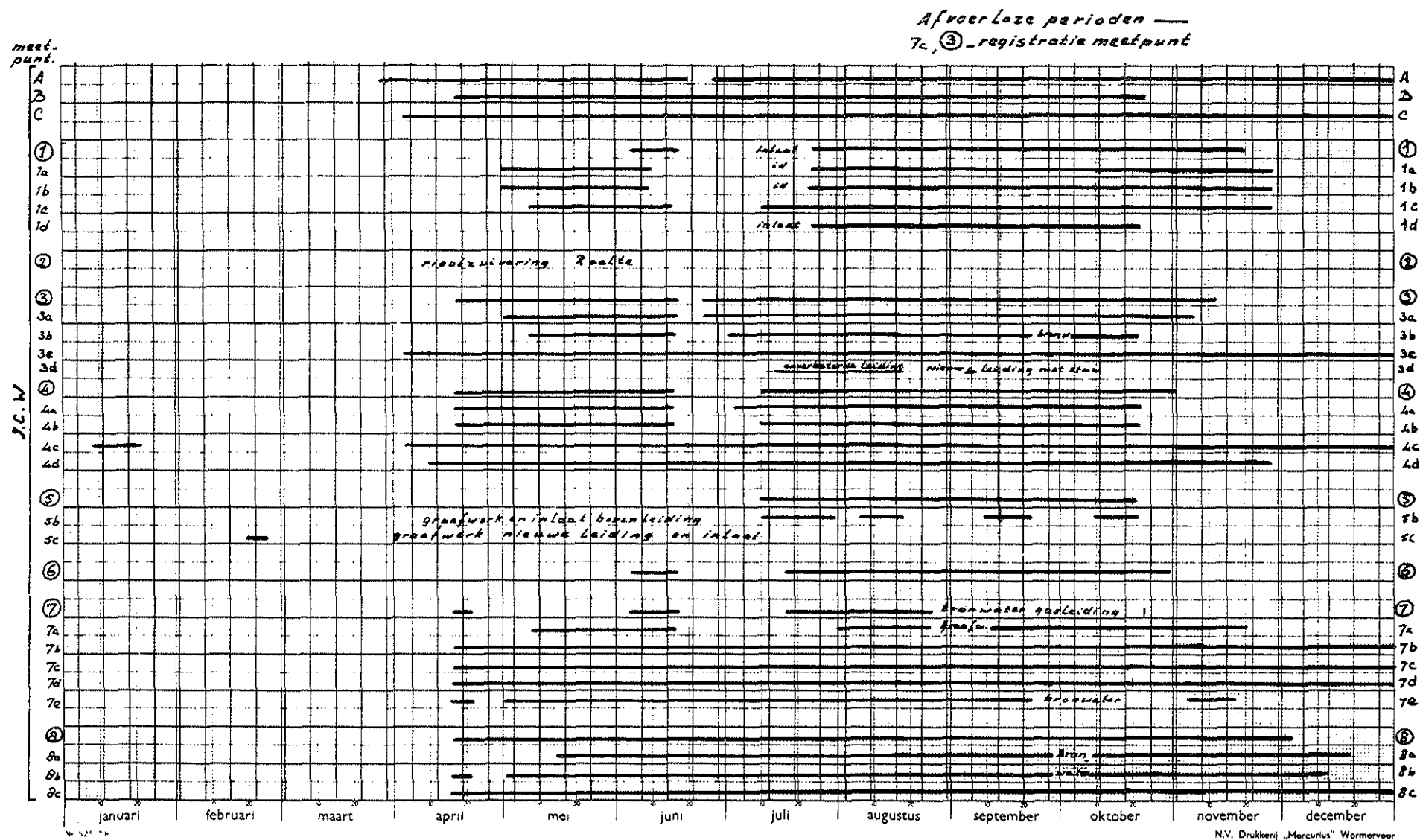


Fig. 6a . Overzicht afvoerlose periode van de meetpunten 1971

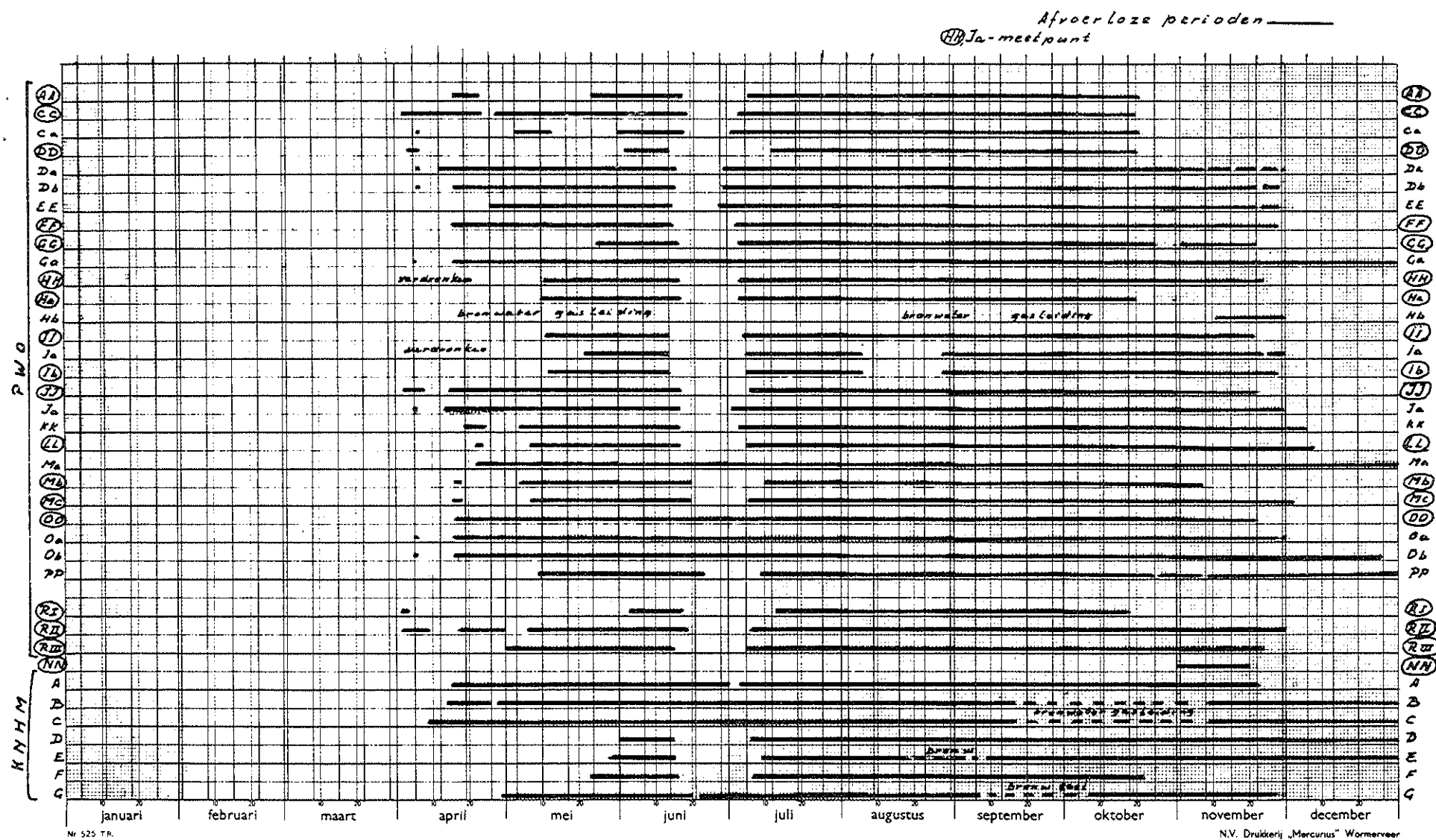


Fig. 6b. Overzicht afvoer loze periode van de meetpunten 1971

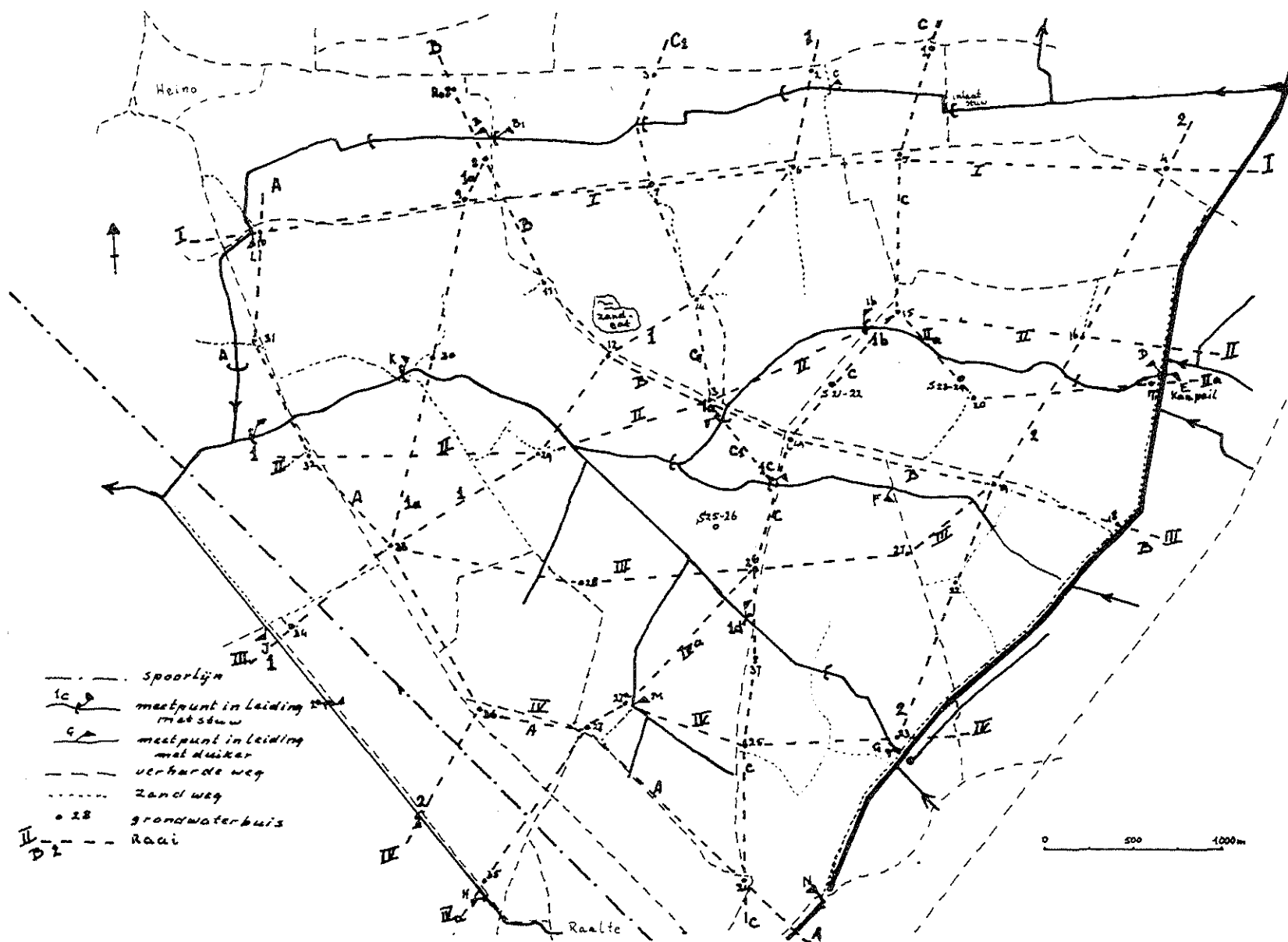


Fig. 7. Detailkaart Raalter wetering van buizen en dwarsraaien

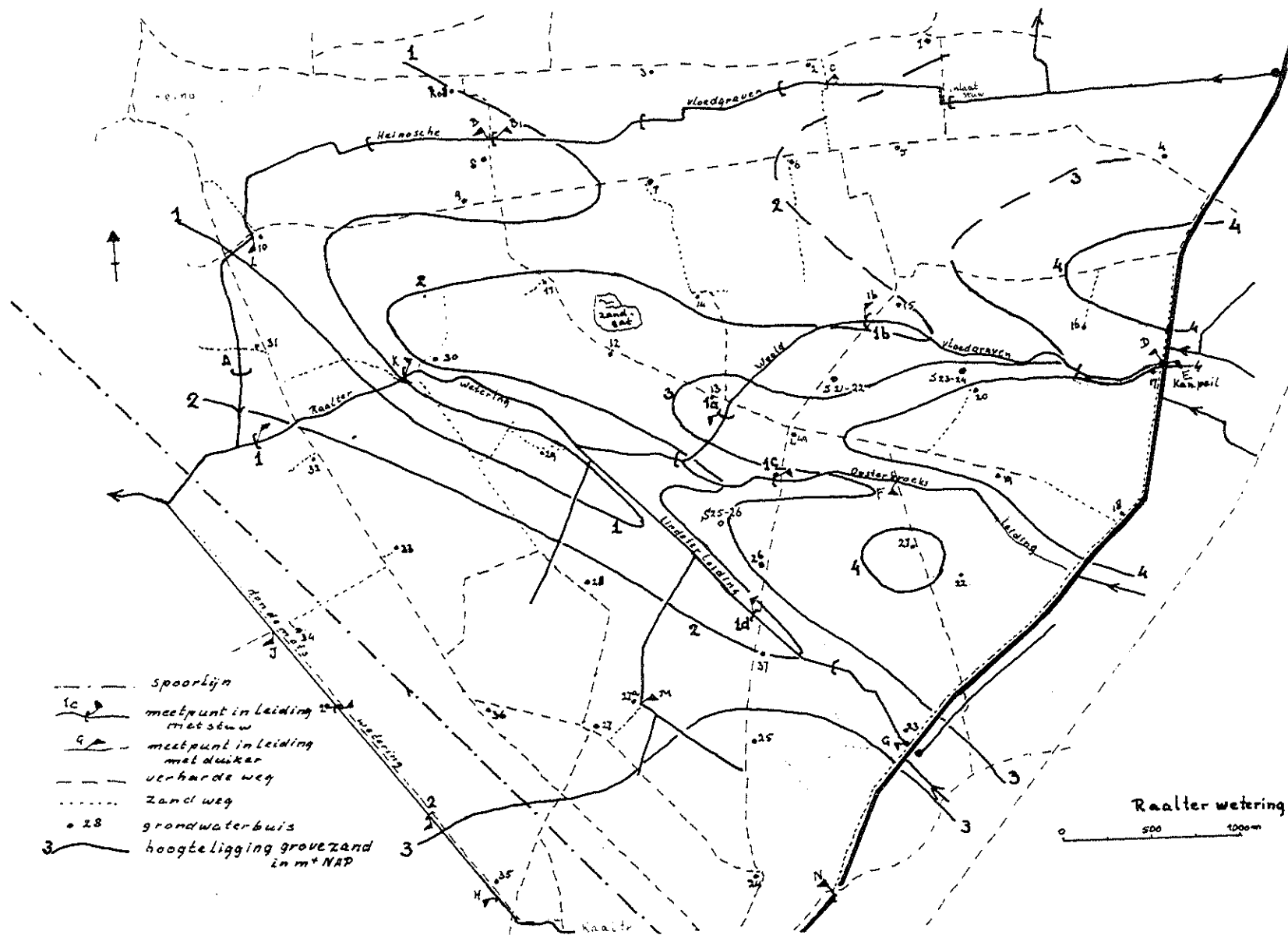


Fig. 8. Detailkaart Raalter wetting hoogteligging top grove zand

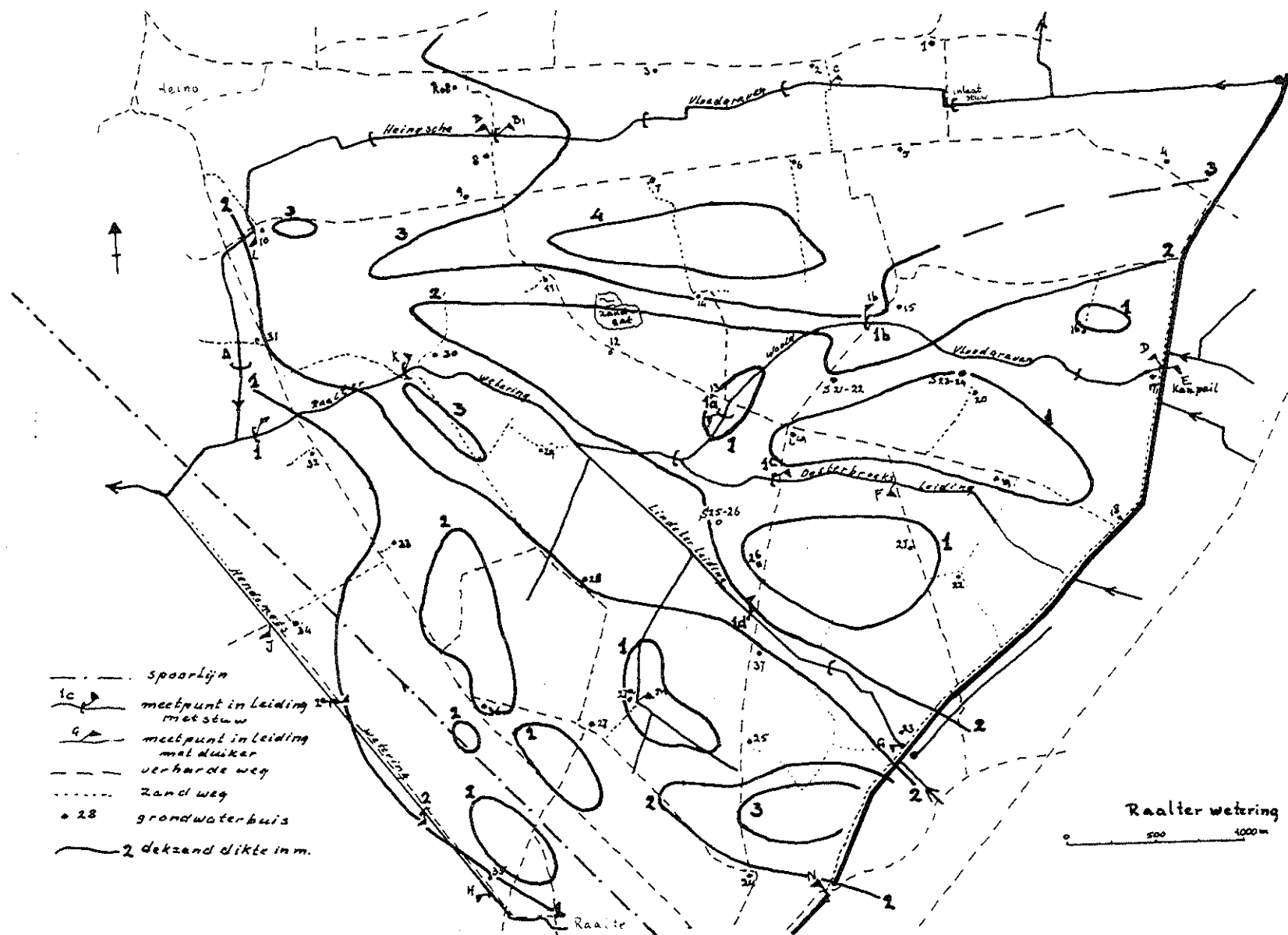


Fig. 9. Detailkaart Raalter wetting dikte dekzandlaag

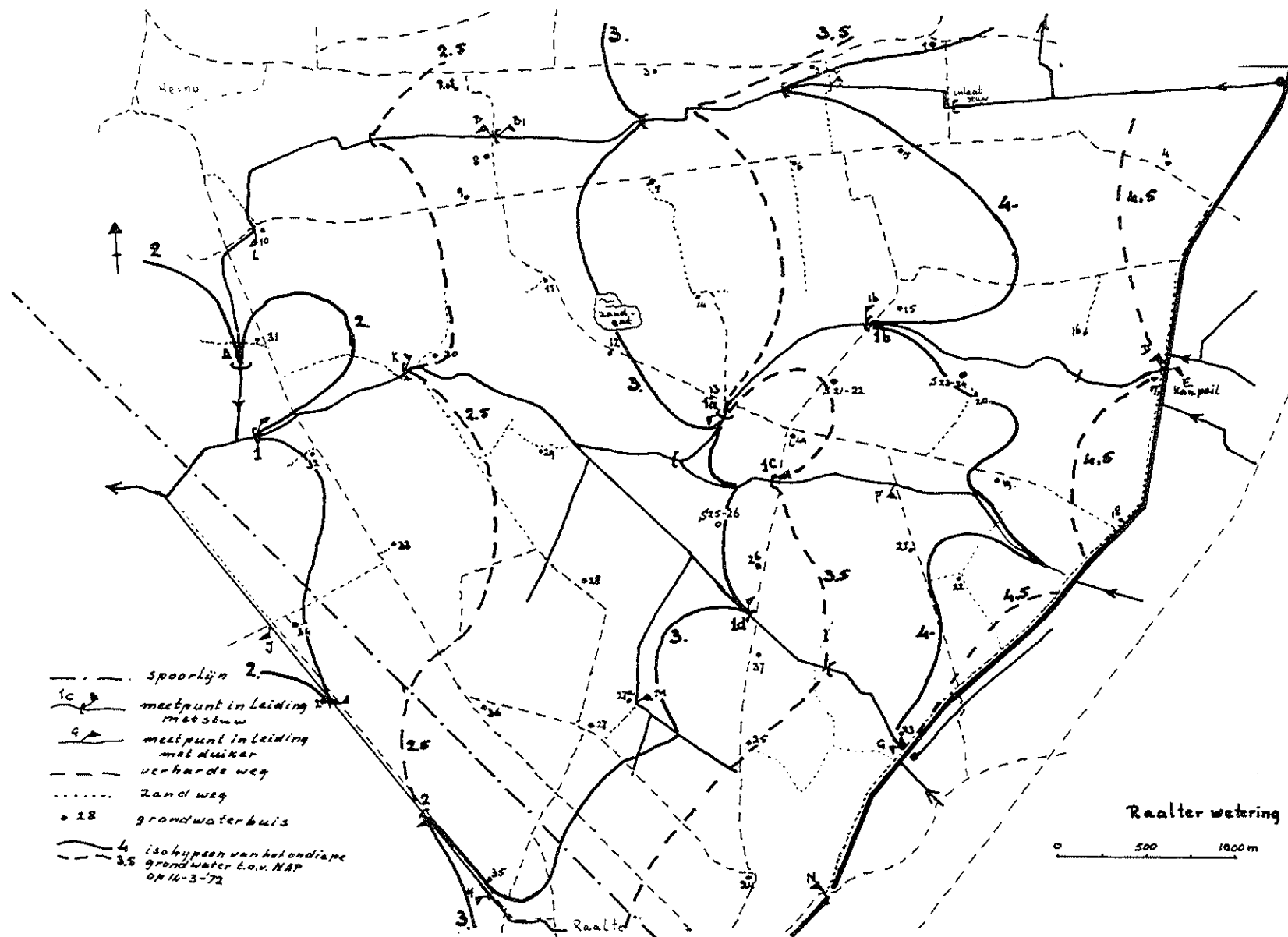


Fig. 10. Detailkaart Raalter wetting isohypsen grondwater 14-3-1972

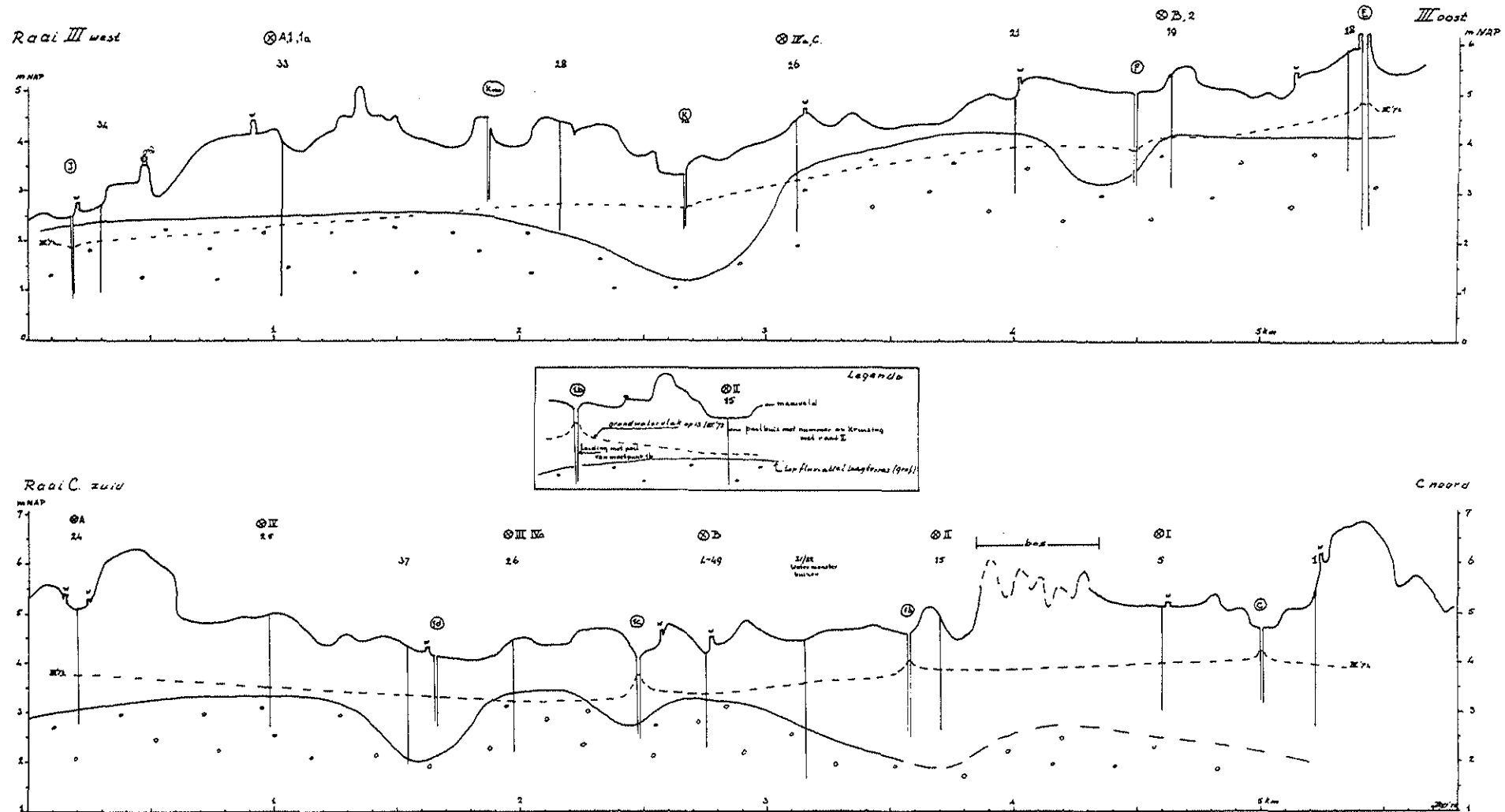


Fig. 11. Twee dwarsraaien gebied Raalter watering

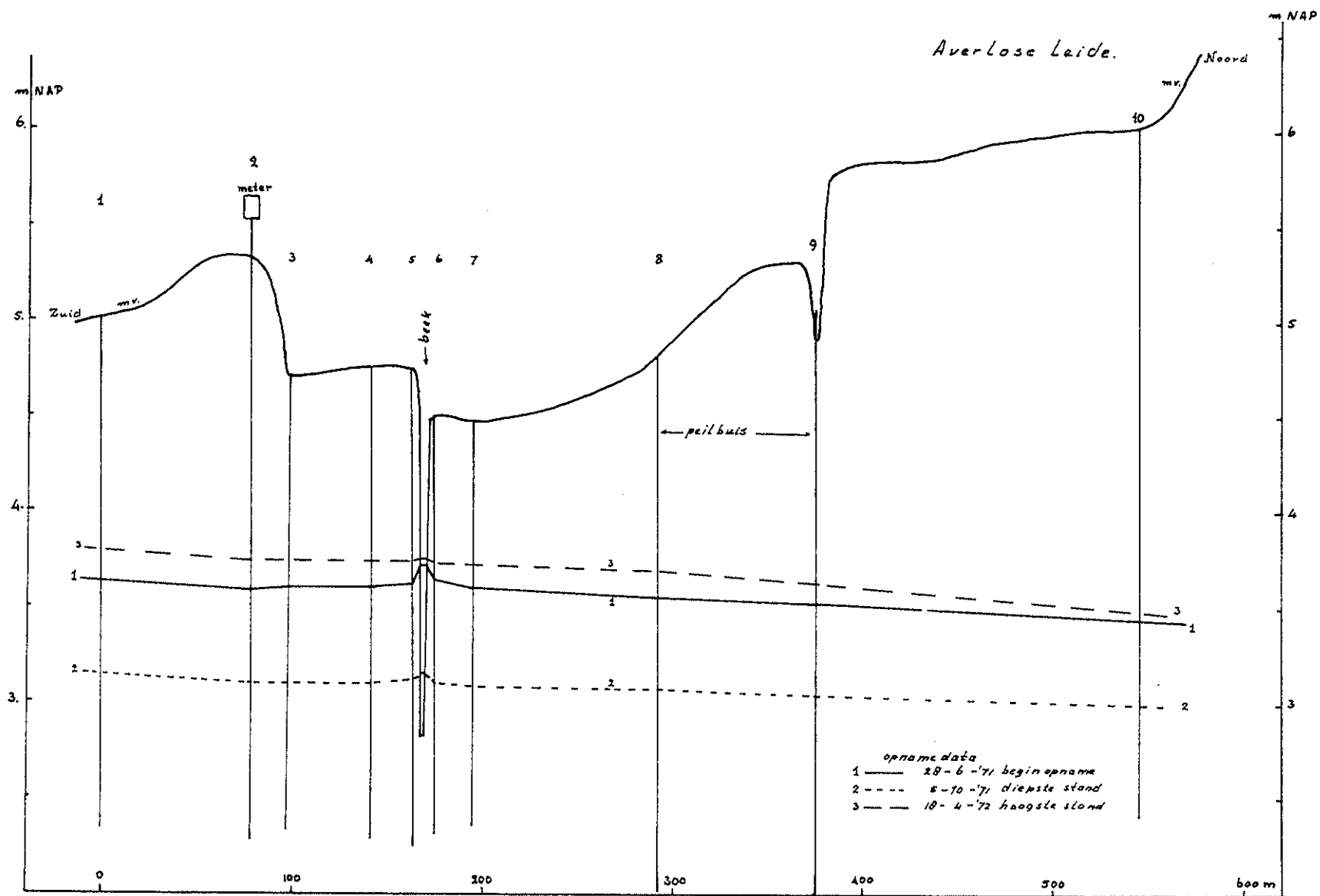


Fig. 12. Raai I stuweffect en grondwaterverloop

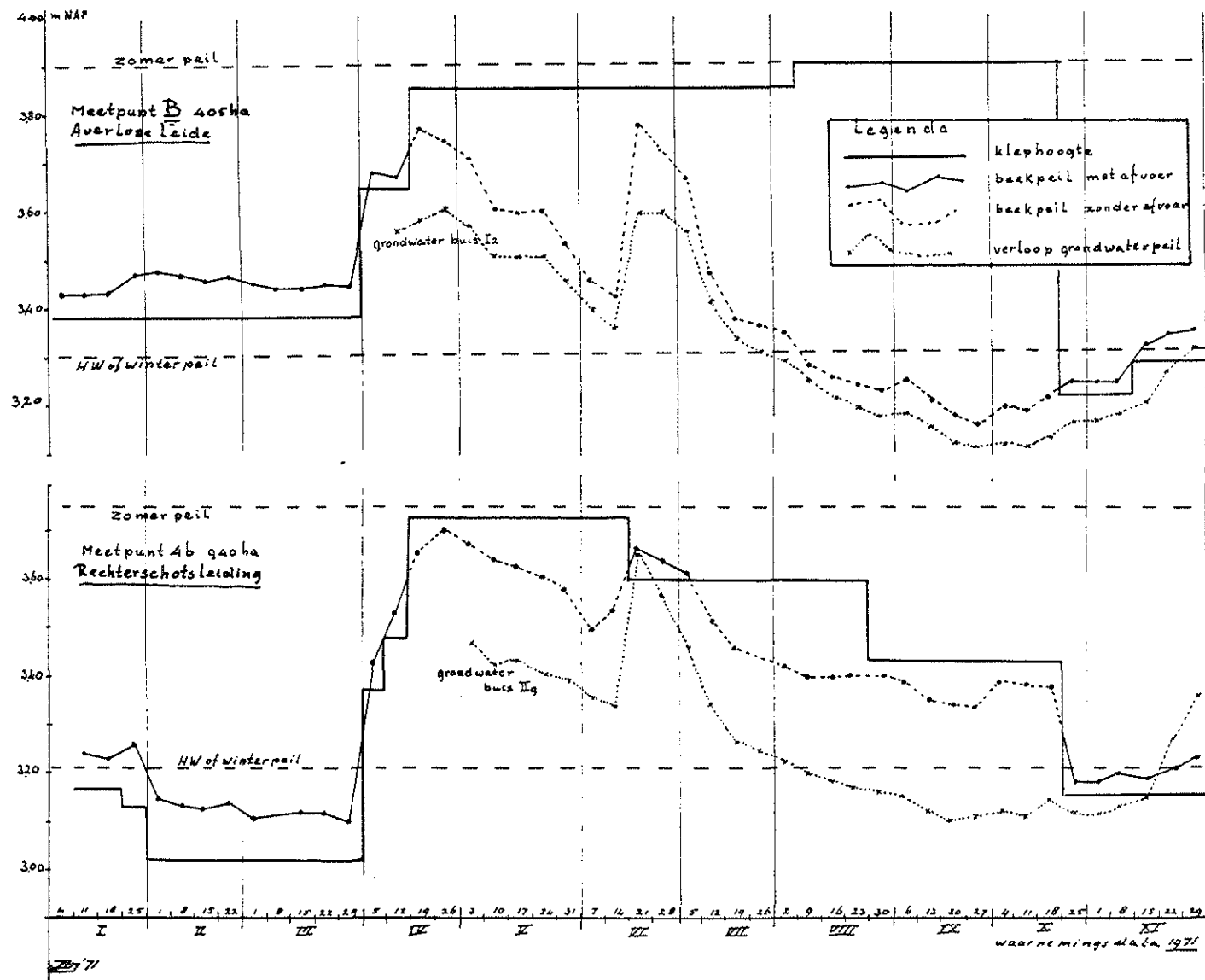


Fig. 13. Tijdstijghoogte-lijnen buizen I2 en IIg met bijbehorend beekpeil

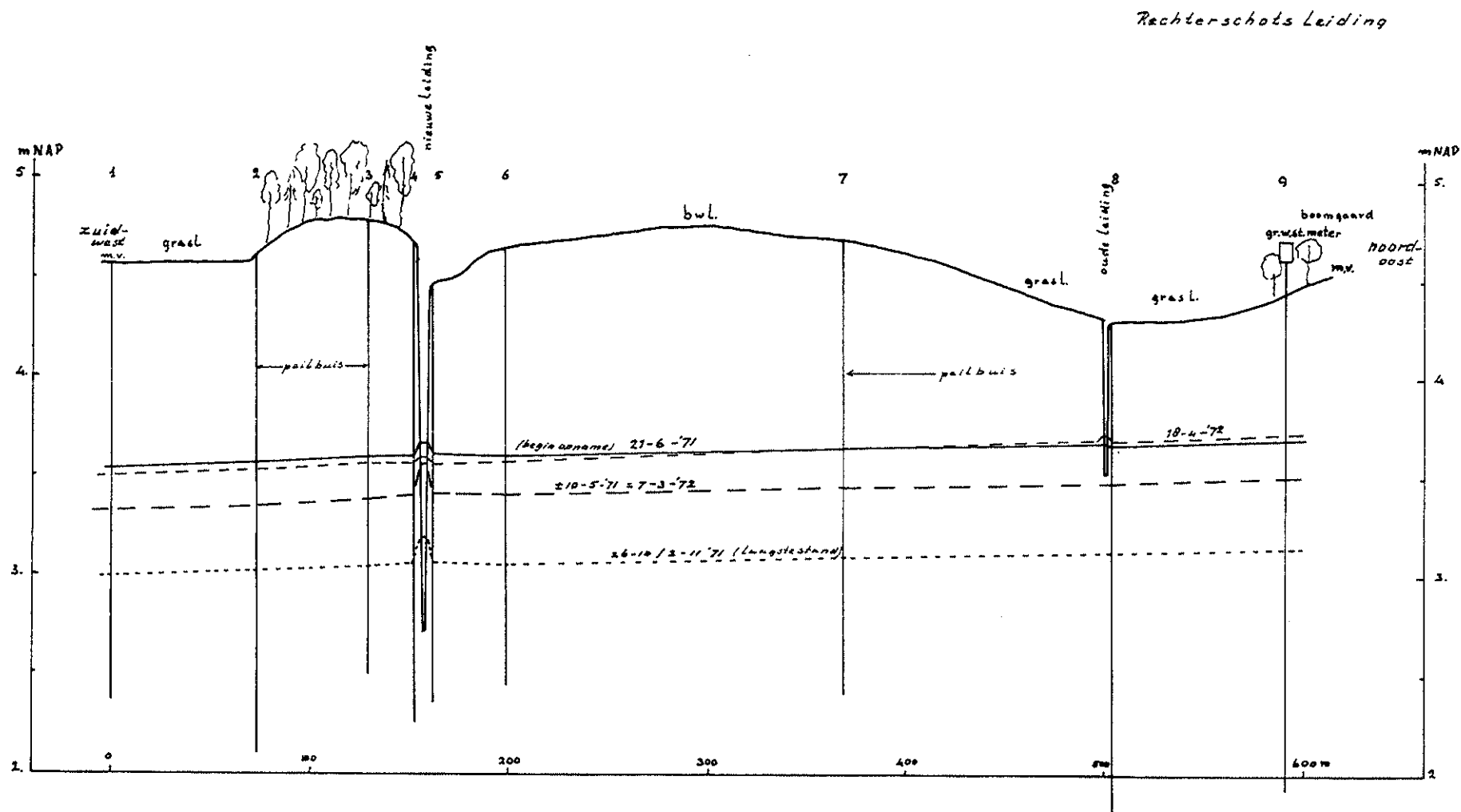


Fig. 14. Raai II stuweffect en grondwaterverloop

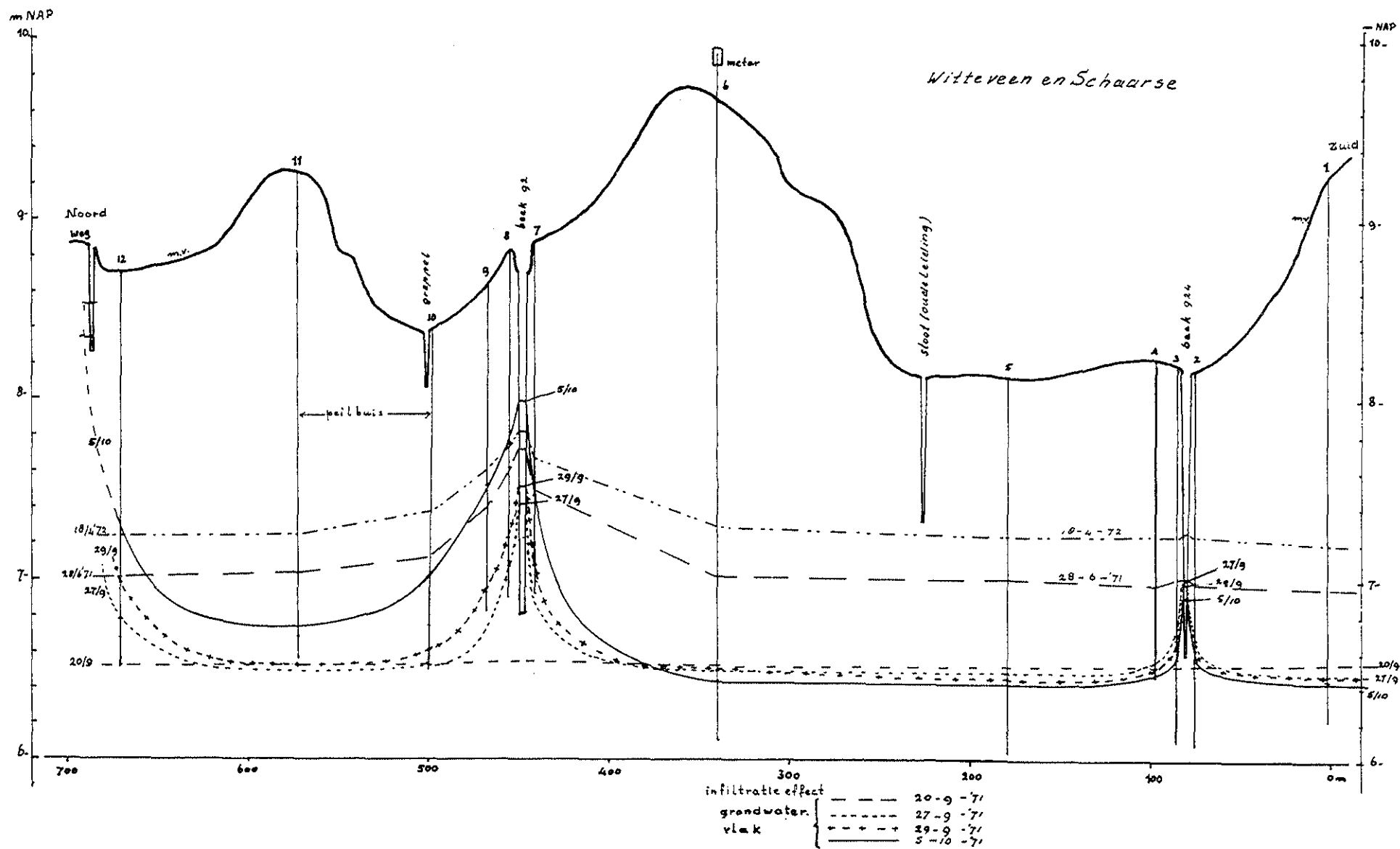


Fig. 15. Raai III stuweffect en grondwaterverloop

$Q_{\text{stuw C}} 871 \text{ ha}$
 $\times 10^2 \text{ m}^3/10 \text{ d}$

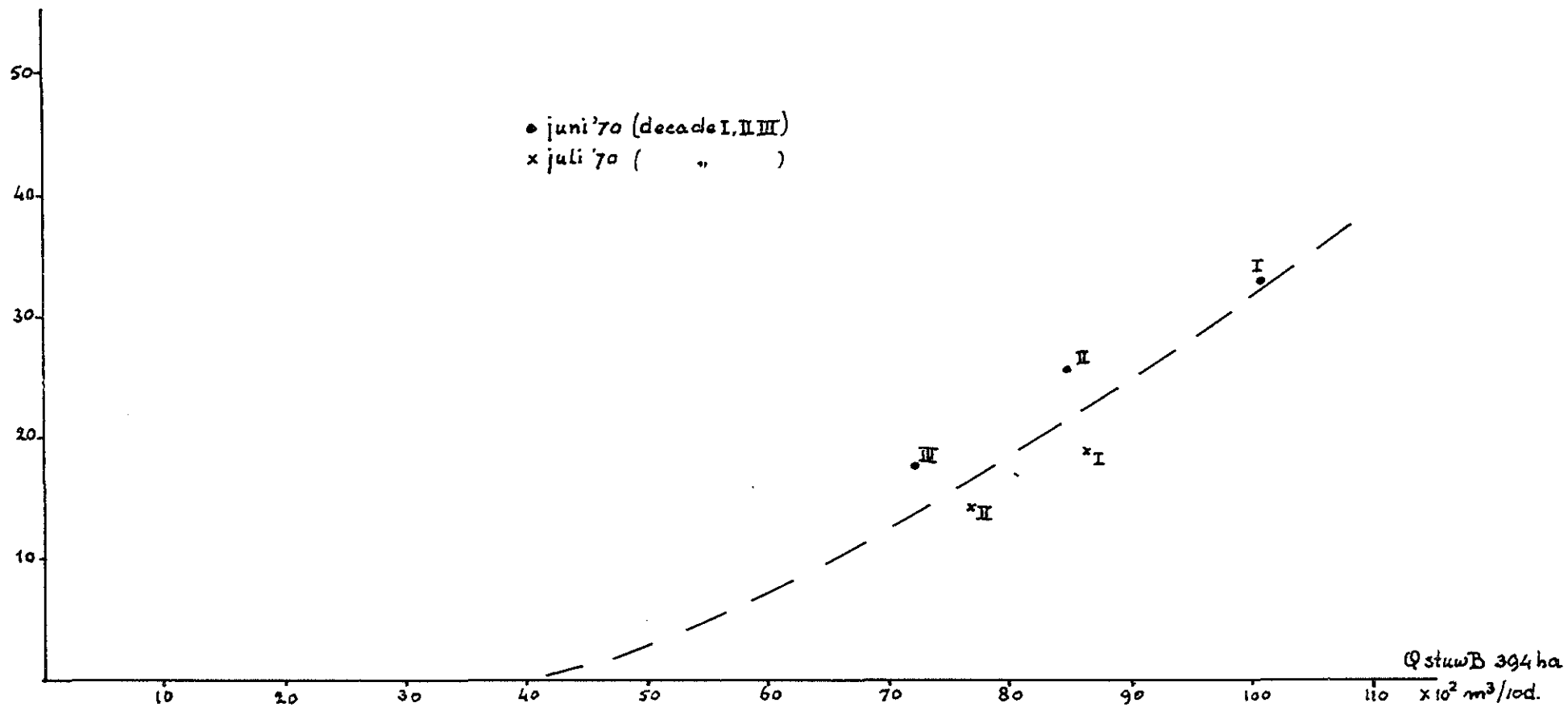


Fig. 16. Afvoerverhoudingen in wegzijgingsgebied Schoonheten

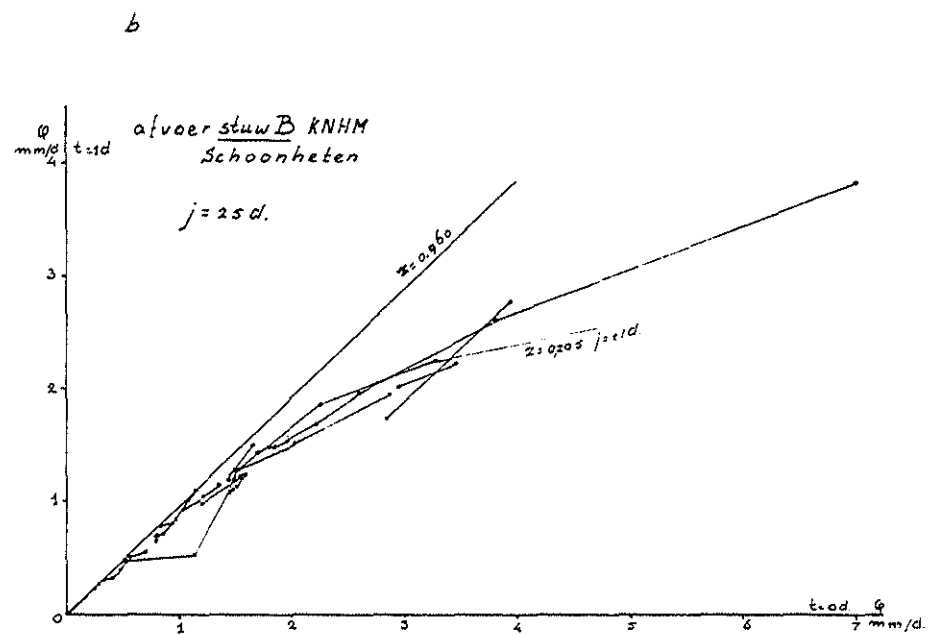
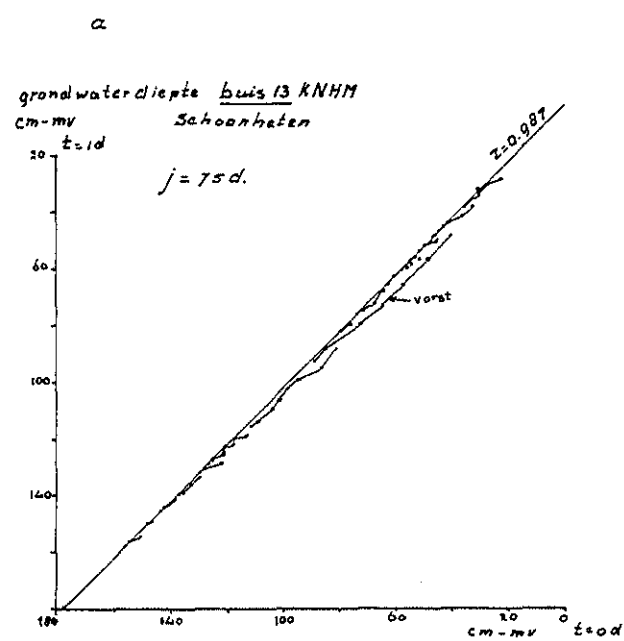


Fig. 17. Uitzakkingshelling van a) grondwater, b) beekafvoer

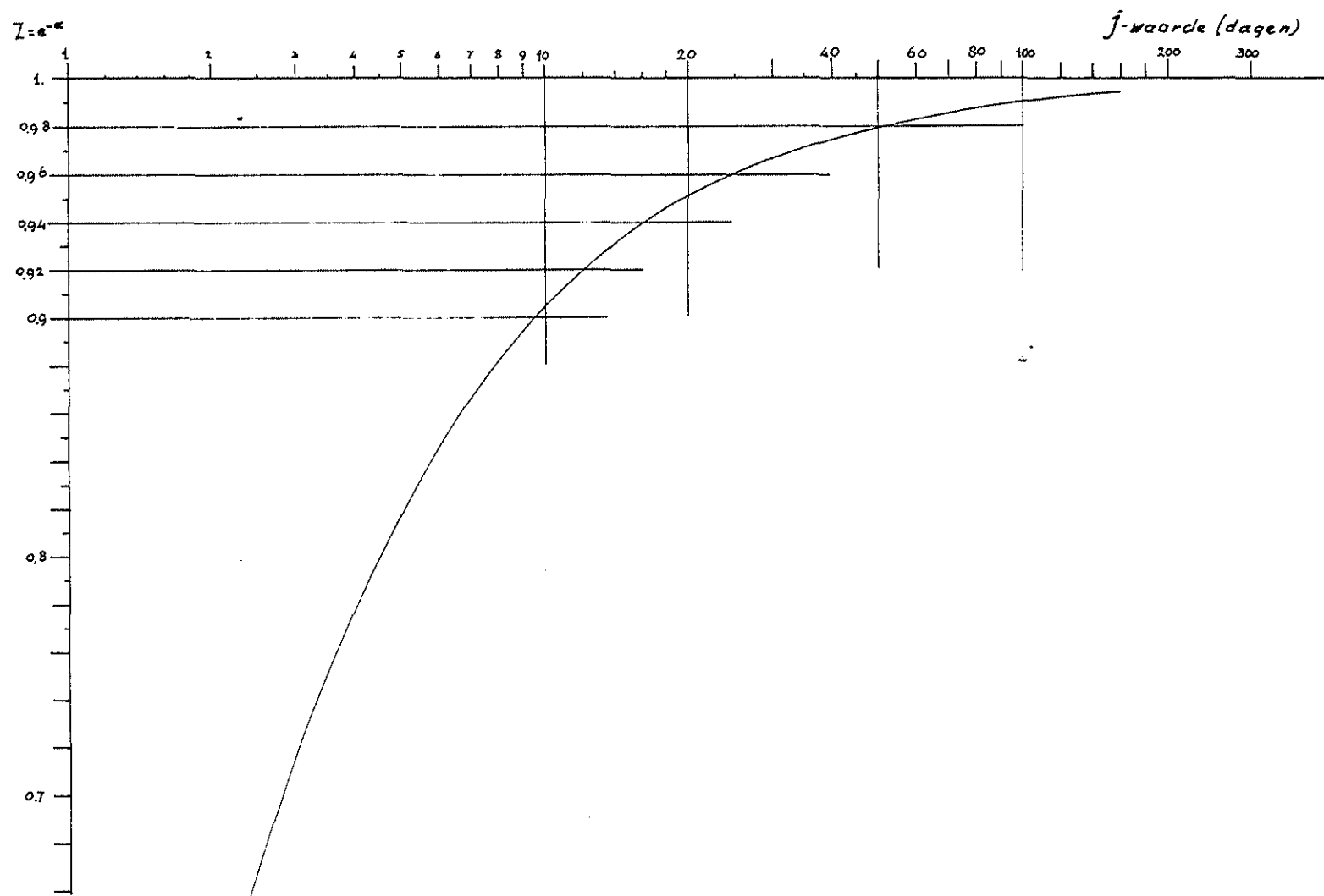


Fig. 18. Omrekeningsgrafiek Z-waarde en j-waarde

meter 4 (1340 ha)
 Q mm/d

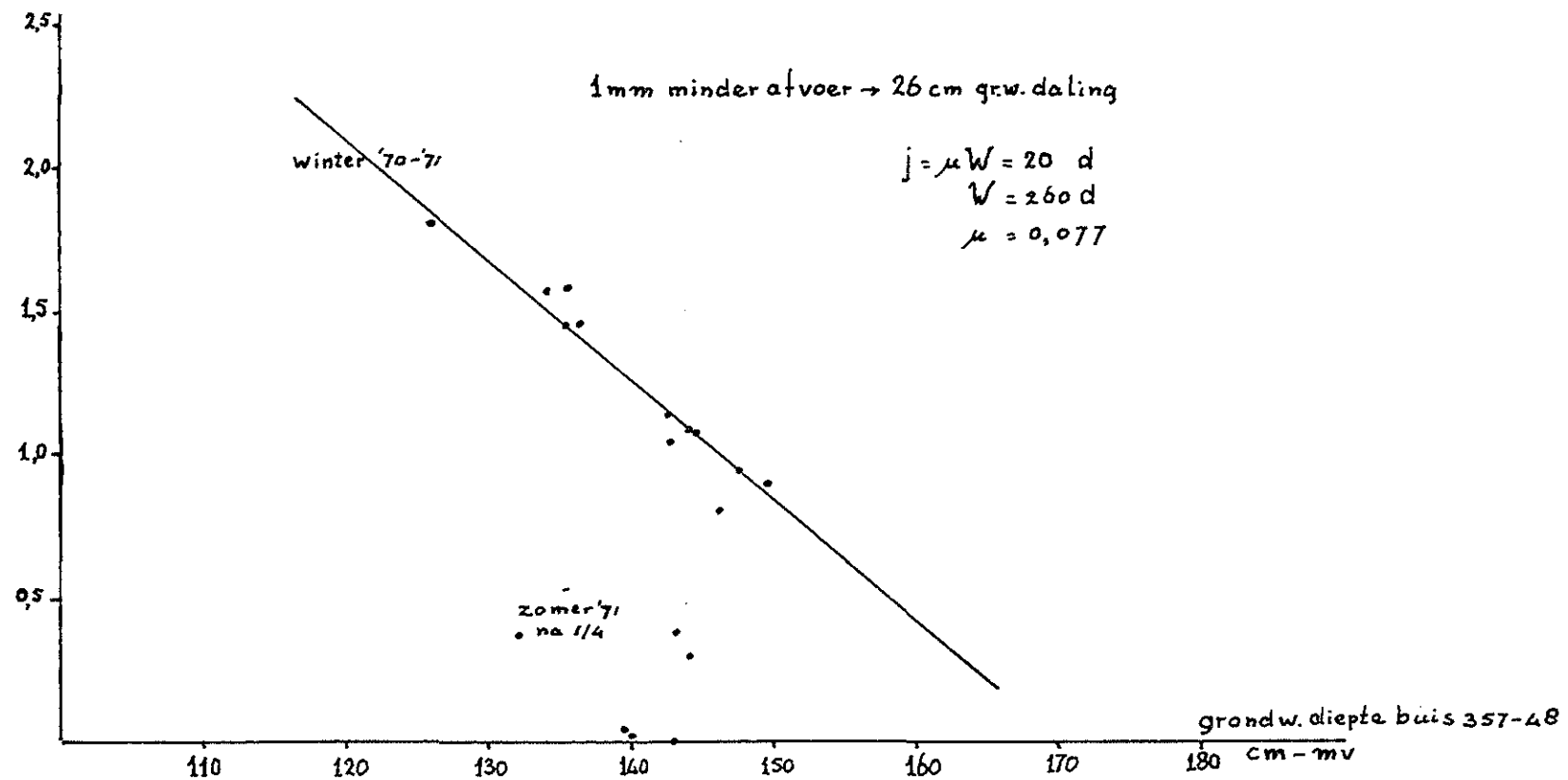


Fig. 19a. Verband grondwaterdiepte - afvoer

meter 1, meetpunt 1c
(1380 ha) (127 ha)
Q mm/d

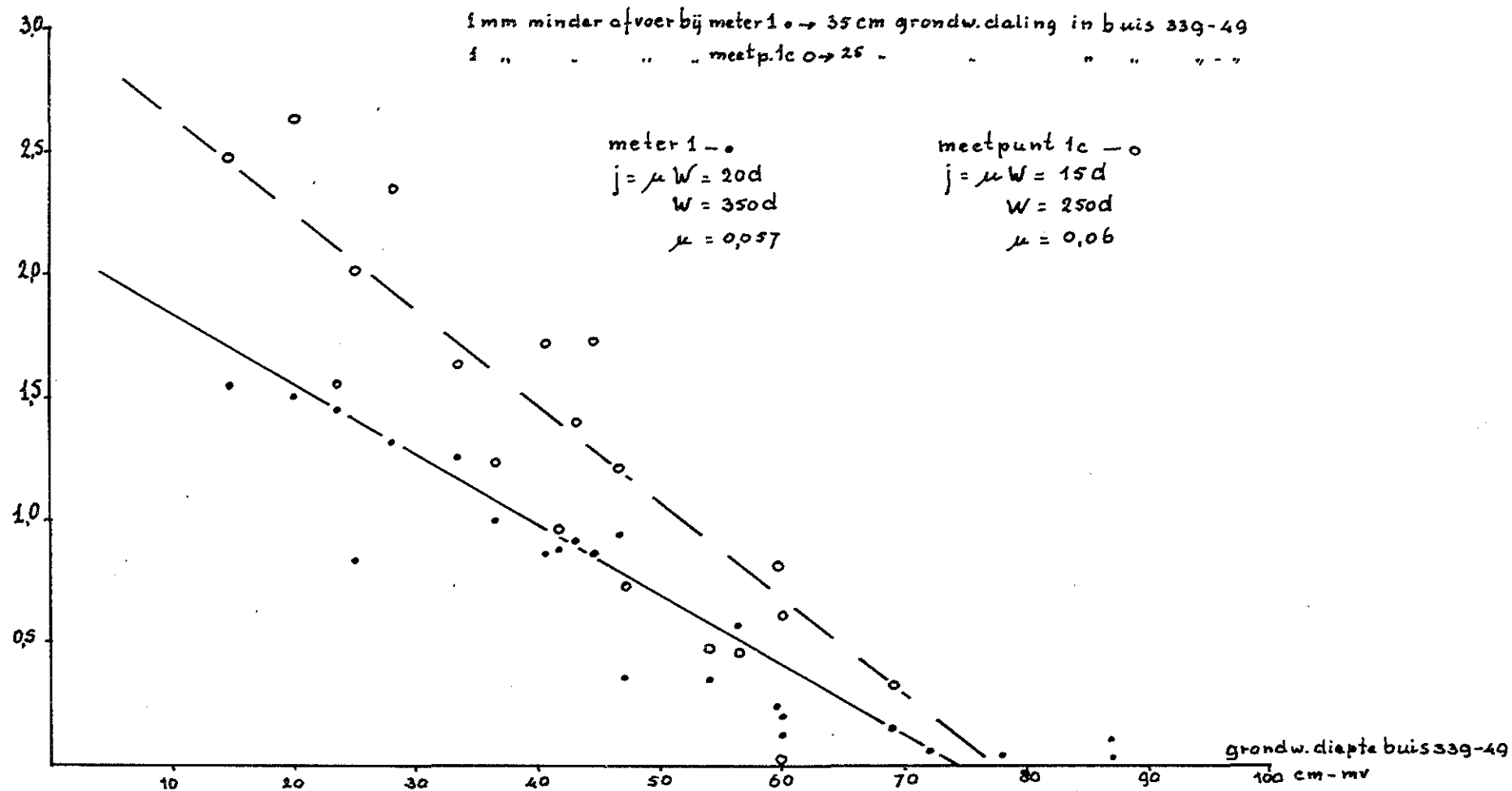


Fig. 19b. Verband grondwaterdiepte - afvoer

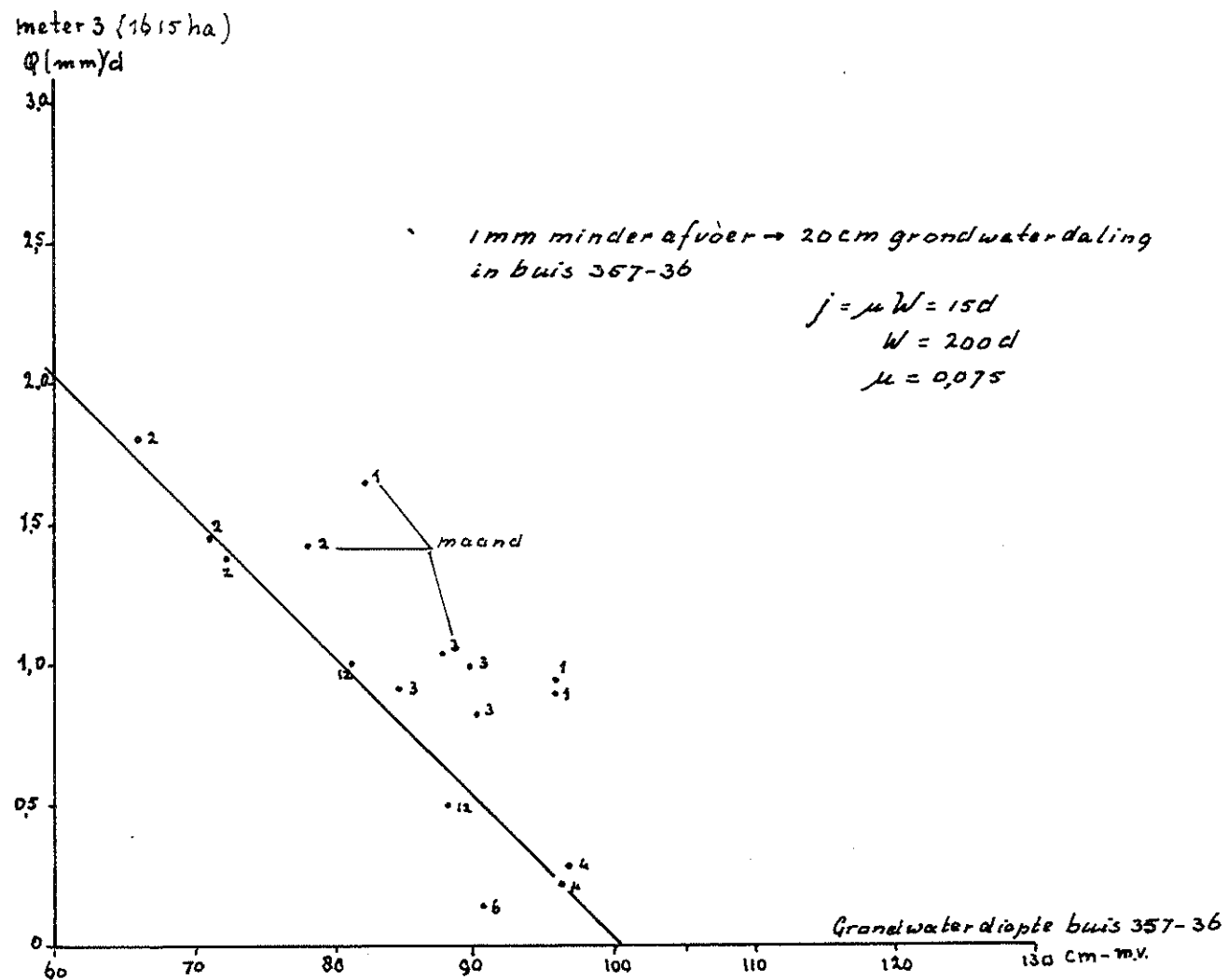


Fig. 19c. Verband grondwaterdiepte - afvoer

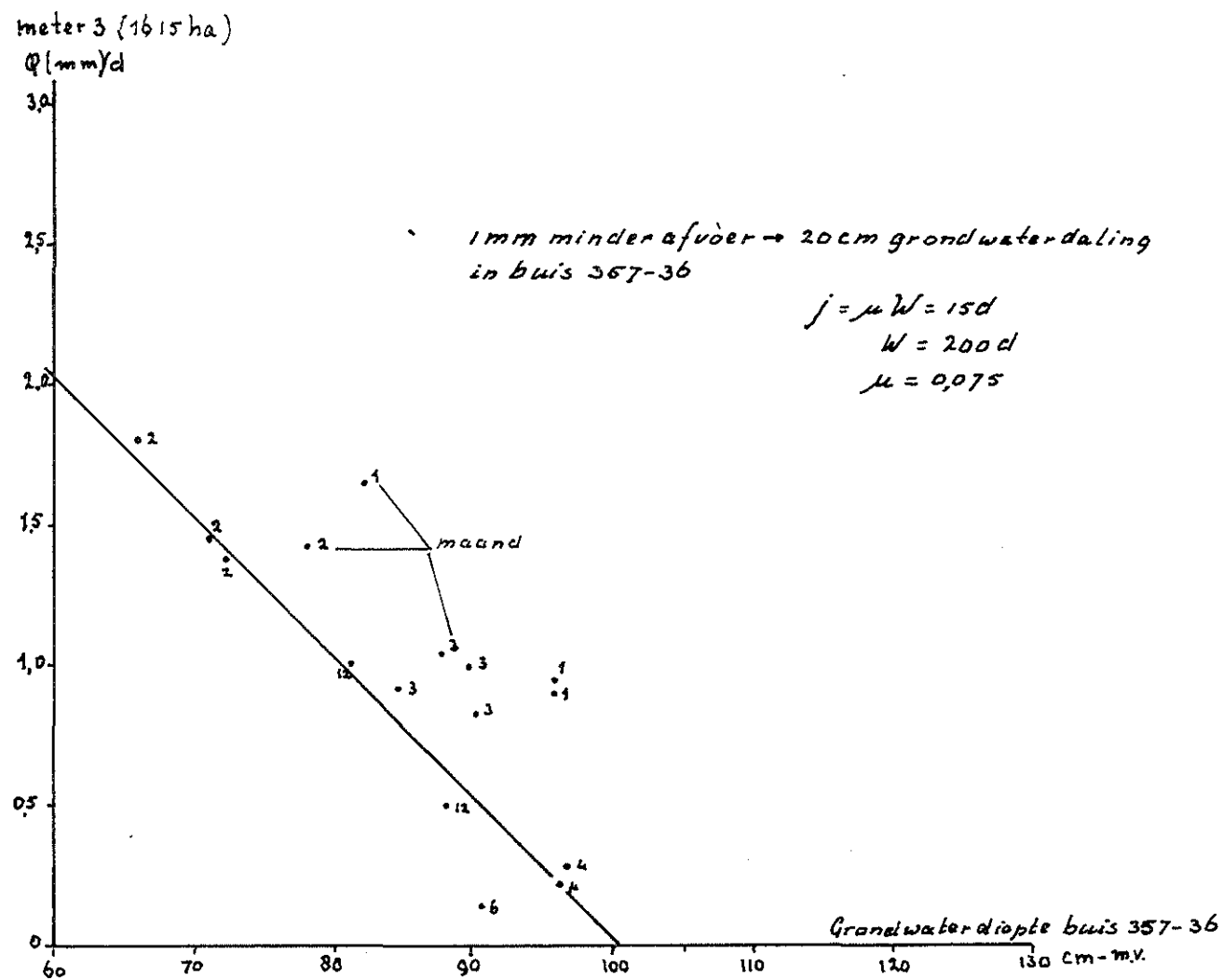


Fig. 19c. Verband grondwaterdiepte - afvoer

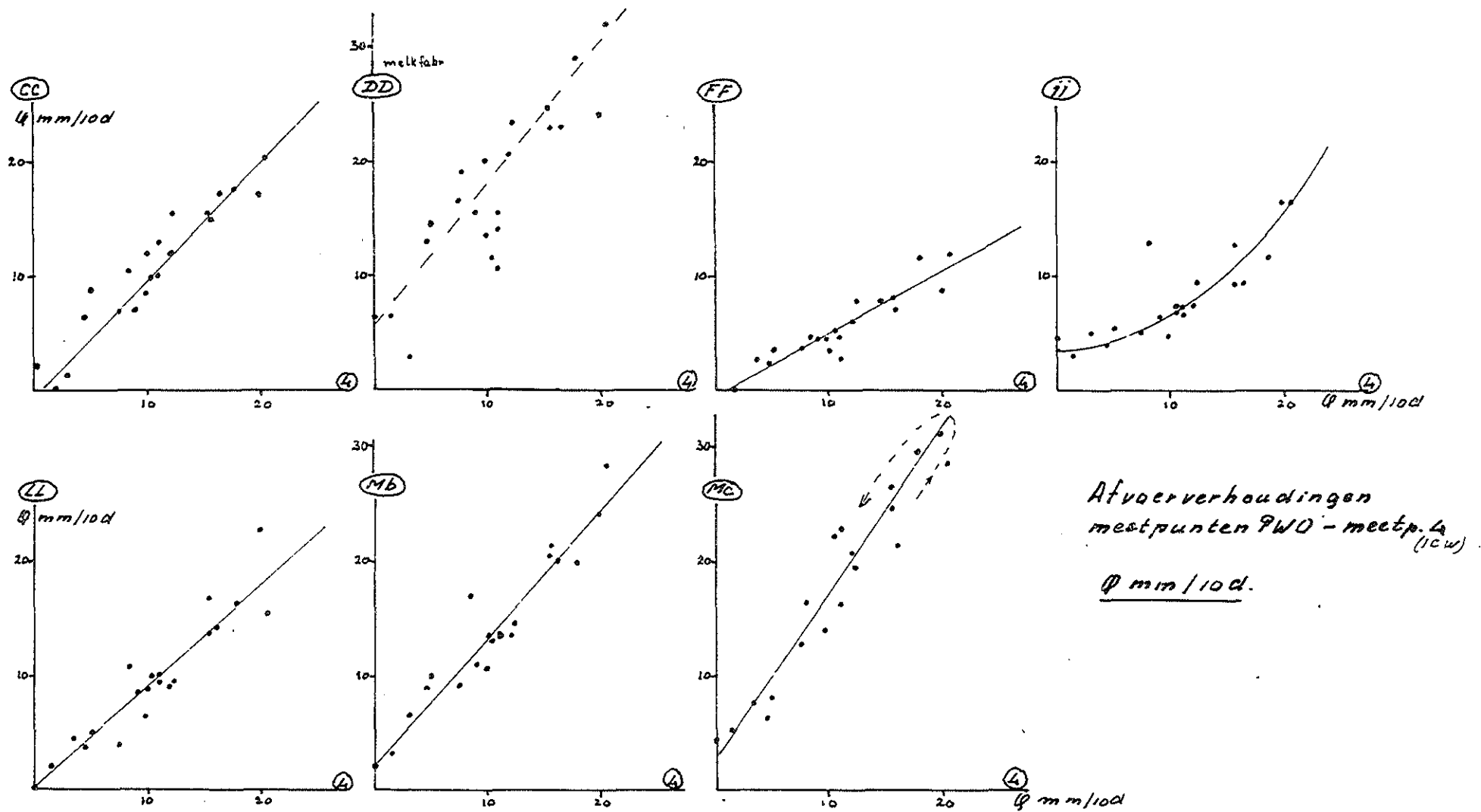


Fig. 20b. Afvoerverhoudingen

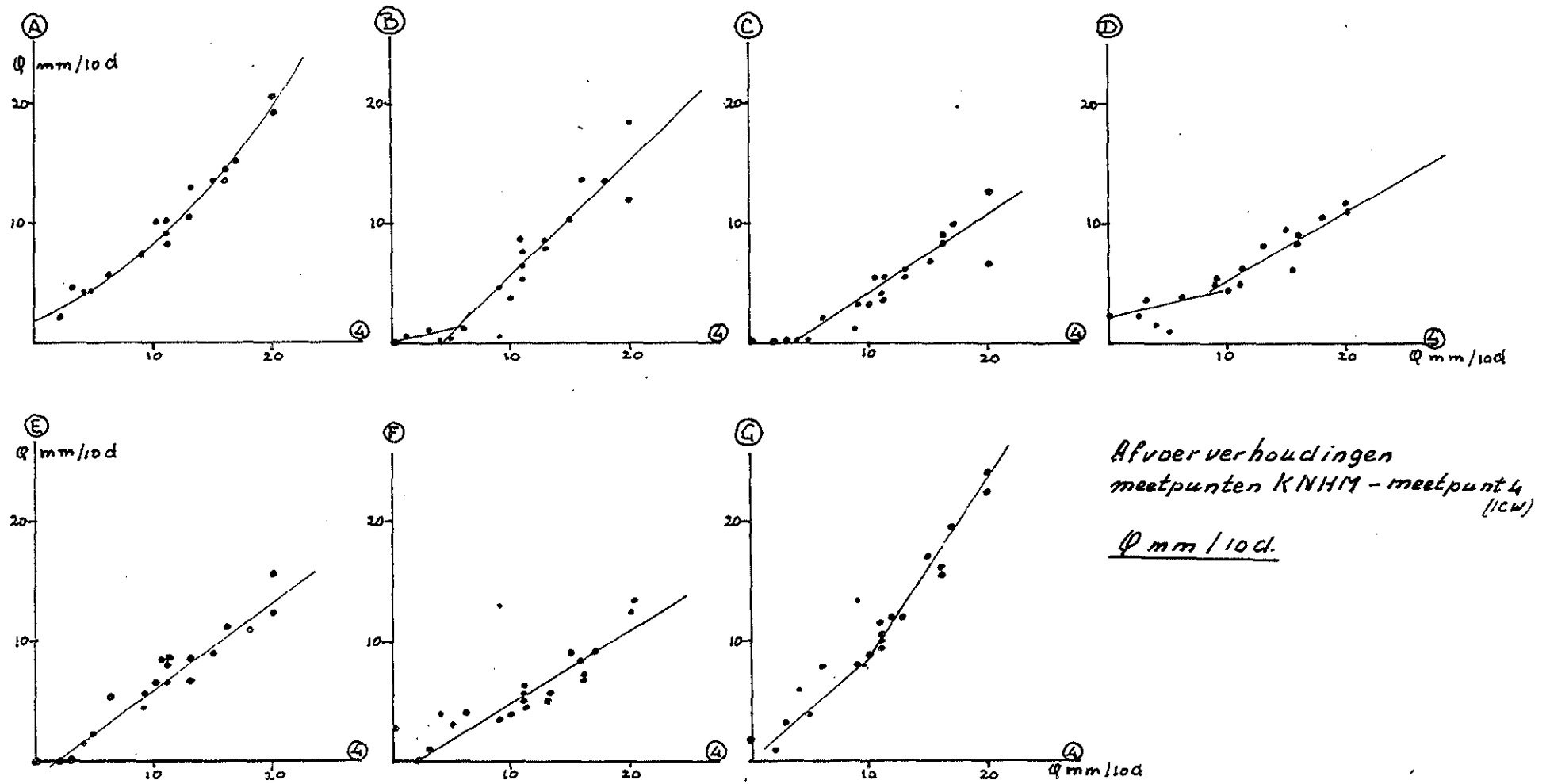


Fig. 20d. Afvoerverhoudingen

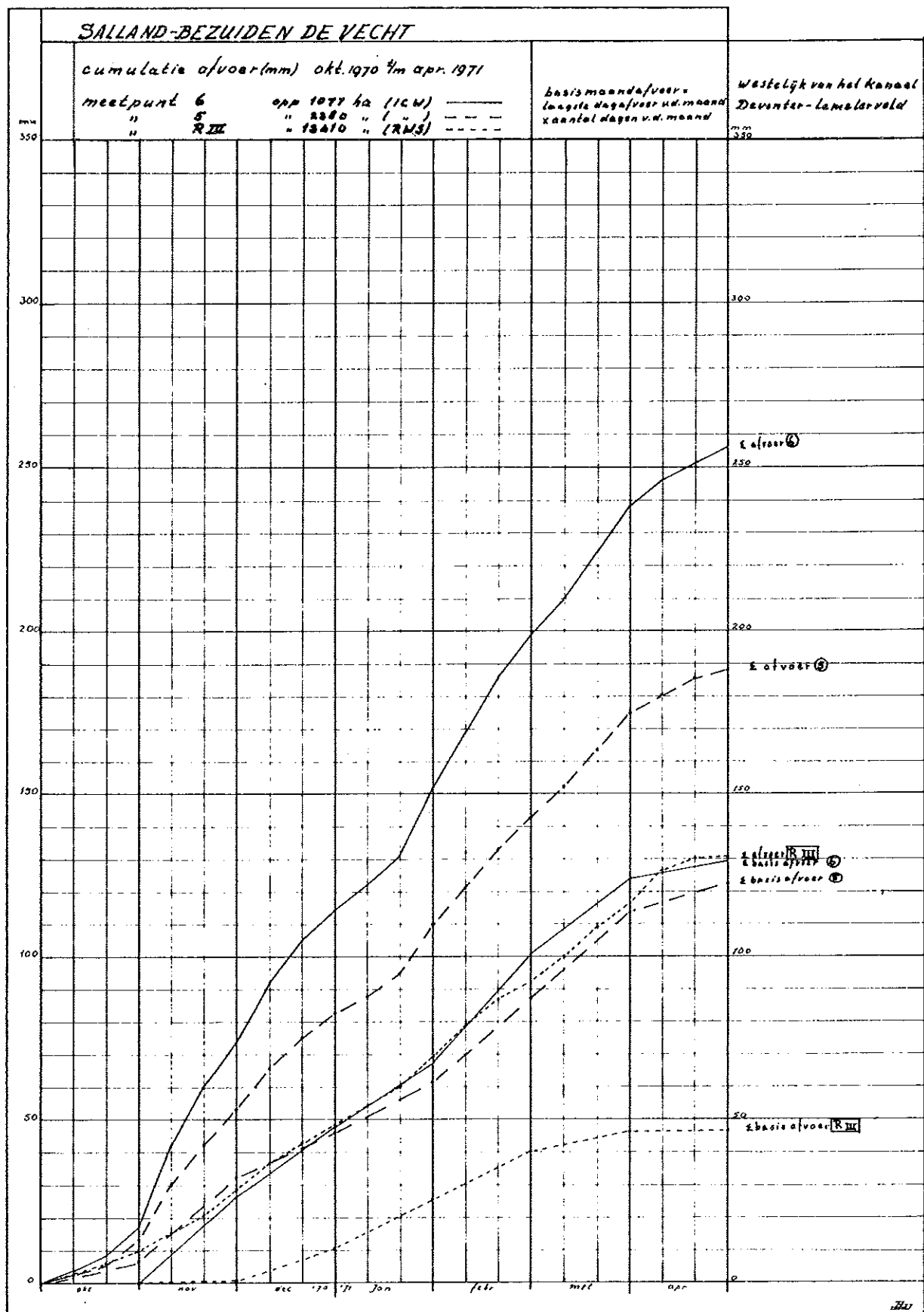


Fig. 21a. Afvoersommaties winterhalfjaar 1970-1971

afvoer verhouding tussende
gemiddelde maand-afvoer en de
gemiddelde basis-afvoer over de
maanden oktober 1970 t/m maart 1971
van meetpunten in Salland.

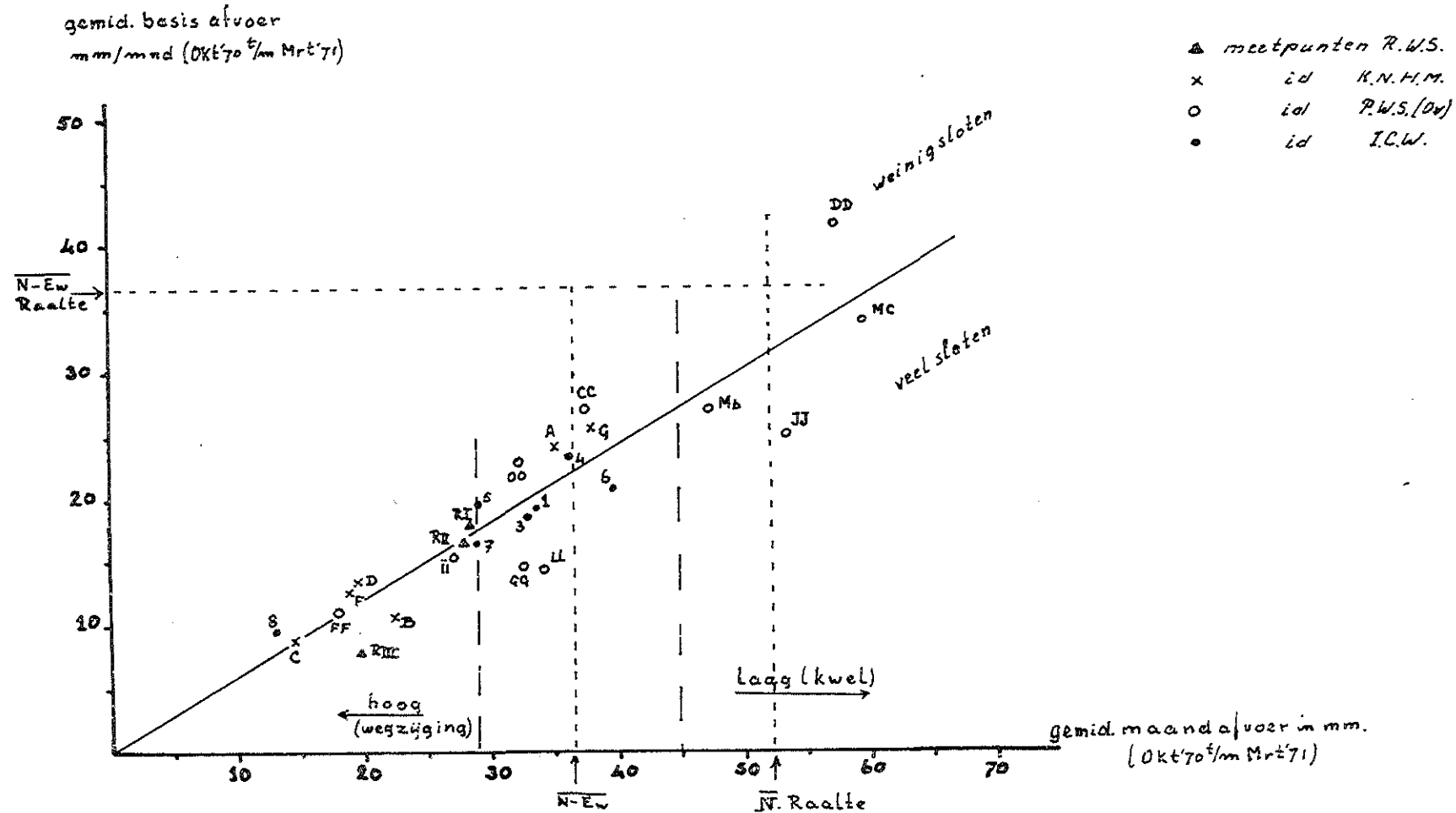


Fig. 22. Verband totale afvoer - basisafvoer

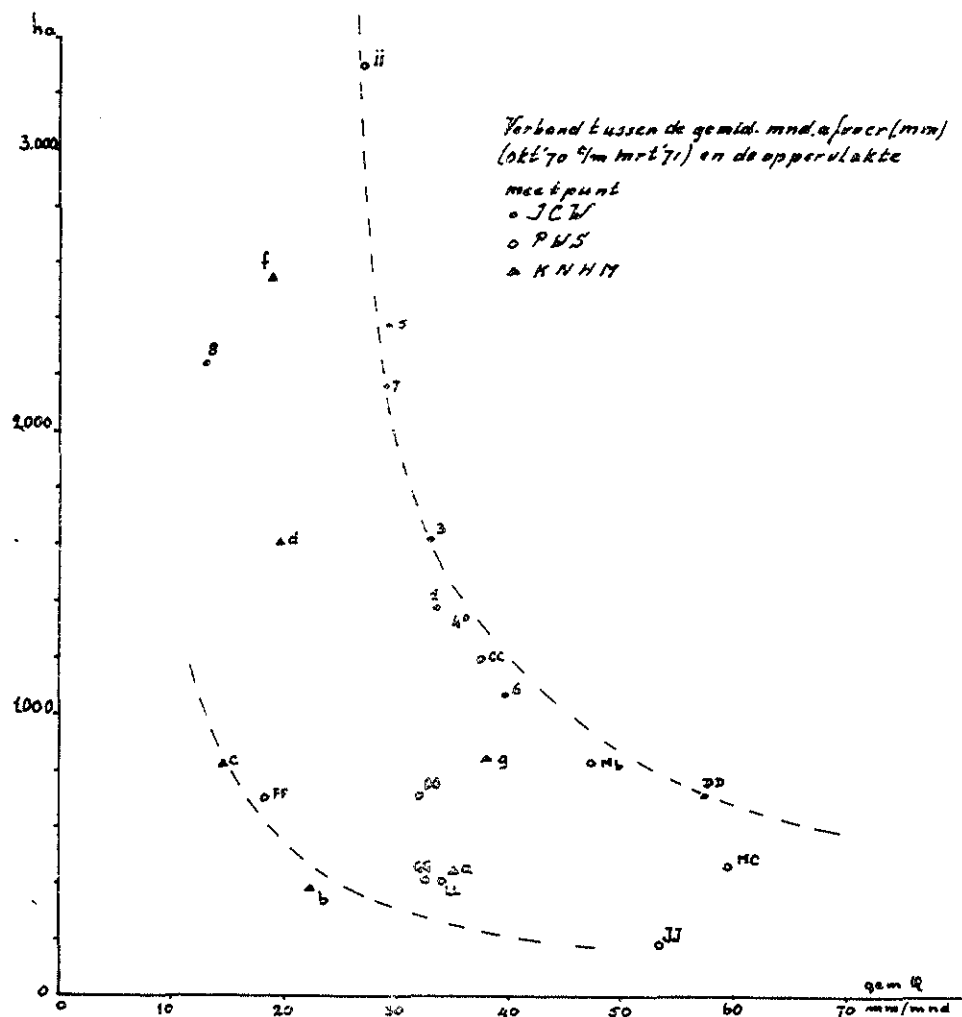


Fig. 23. Samenhang tussen oppervlakte en totale afvoer

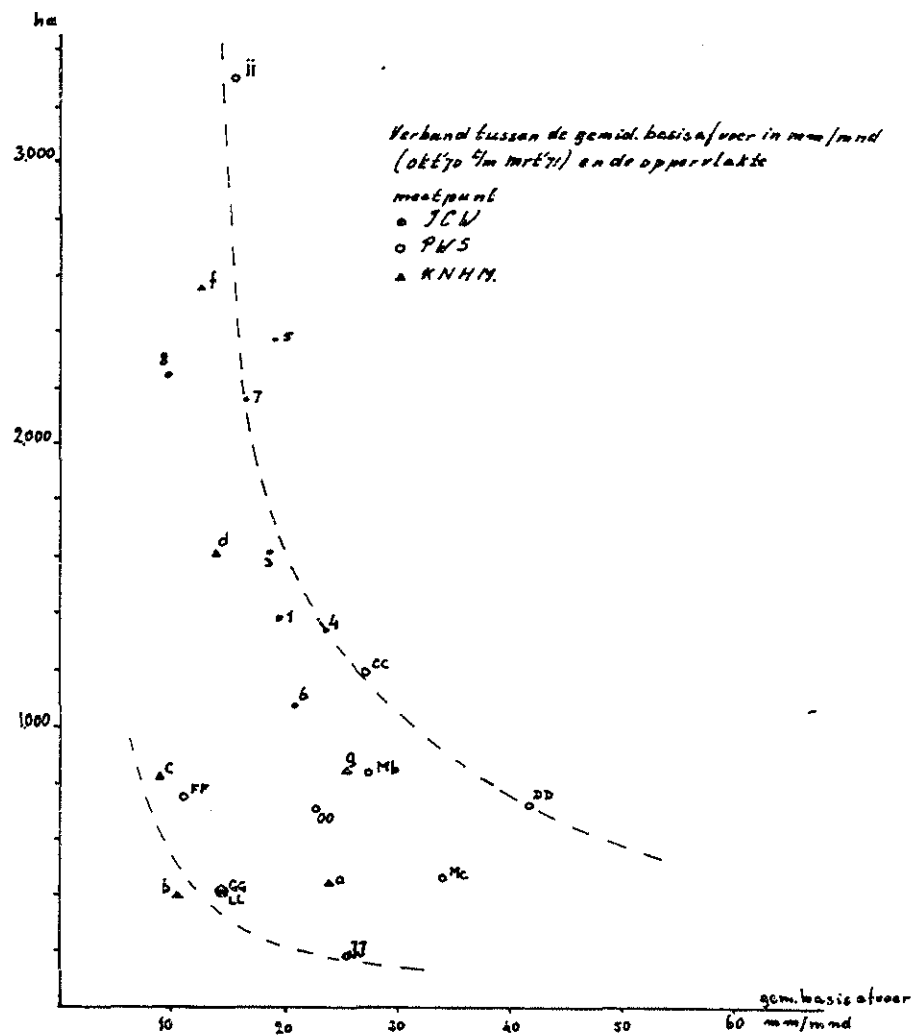


Fig. 24. Samenhang tussen oppervlakte en basisafvoer