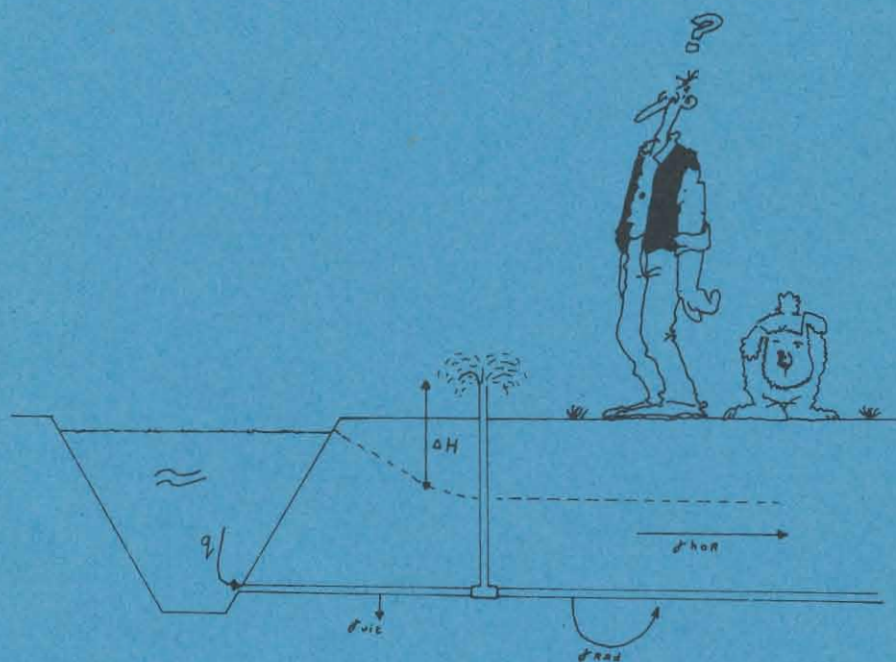


DE INVLOED VAN DRAINAGE OP DE INFILTRATIEWEERSTAND



Velp, mei 1984

Huib van den Eerenbeemt
Martin Scholten
Roelof Schuiling

DE INVLOED VAN
DRAINAGE
OP DE INFILTRATIEWEERSTAND.

Een onderzoek uitgevoerd in
opdracht van de Landinrichtingsdienst
afdeling Assen

Velp, mei 1984

Huib van den Eerenbeemt
Martin Scholten
Roelof Schuiling

VOORWOORD.

Ter afsluiting van onze studie aan de HBCS, Huize Larenstein, te Velp, hebben wij een onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van grondwateraanvulling door middel van infiltratie via drainbuizen. Het belangrijkste deel van ons werk bestond uit het verwerken en analyseren van de meetresultaten van het proefveld "De Groeve". Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Landinrichtingsdienst te Assen, afdeling Onderzoek.

Bij deze opdracht zijn wij begeleid door de afdeling Onderzoek van de Landinrichtingsdienst te Assen, door het I.C.W. te Wageningen en door de heren Couwenhoven en Hunink, leraren aan onze school. Voor hun uitstekende begeleiding willen wij hen hartelijk bedanken.

Velp, mei 1984

Huib van den Eerenbeemt
Martin Scholten
Roelof Schuiling

INHOUDSOPGAVE.

<u>INLEIDING.</u>	1
<u>1. GEBIEDSBESCHRIJVING.</u>	3
1.1 Algemeen.	3
1.2 De bodemkundige gesteldheid.	3
1.3 De opzet van het proefveld.	4
1.4 Inrichting van het proefveld.	6
<u>2. THEORIE.</u>	7
2.1 Inleiding.	7
2.2 Stationaire stroming tussen drains.	7
2.3 De inrichting van een meetopstelling.	9
2.4 De definitie van de radiale weerstand.	12
2.5 Praktische problemen bij metingen in het veld.	15
<u>3. VERWERKING VAN DE MEETRESULTATEN.</u>	17
3.1 De berekening.	17
3.2 De waterbalans.	18
3.3 De gecorrigeerde berekening.	18
3.4 Het niet gedraineerde gedeelte.	20
<u>4. CONCLUSIES "DE GROEVE".</u>	24
4.1 Algemeen.	24
4.2 De vergelijking tussen het gewoelde en het niet gewoelde gedeelte.	24
4.3 De vergelijking tussen totale, radiale en uittreeweerstand.	25
4.4 De invloed van het water.	26
4.5 Opmerkingen ten aanzien van "De Groeve".	28
4.6 Effecten van peilverandering in de infiltratiesloot.	30

<u>5. KRITISCHE AANTEKENINGEN BIJ DE OPZET VAN</u>	
<u>PROEFVELD "VALTHERMOND".</u>	32
5.1 Inleiding.	32
5.2 Te verrichten metingen.	32
5.3 Bodemkonstanten en theorie.	34
 <u>6. FACTOREN WELKE DE UITTREEWEERSTAND KUNNEN</u>	
<u>BEINVLOEDEN.</u>	35
6.1 Inleiding	35
6.2 Samenvatting van de literatuur.	35
 <u>SAMENVATTING.</u>	38
 <u>LITERATUURLIJST.</u>	40
 <u>BIJLAGE 1.</u> Ligging proefveld "De Groeve".	
 <u>BIJLAGE 2.</u> Bodemkaart "De Groeve".	
 <u>BIJLAGE 3.</u> Voorkomen beekleem.	
 <u>BIJLAGE 4.</u> Overzichtskaartje proefveld "De Groeve".	
 <u>BIJLAGE 5.</u> Programma INFIL.	
 <u>BIJLAGE 6.</u> Grafieken van de infiltratieweerstanden.	
 <u>BIJLAGE 7.</u> Inrichtingskaartje proefveld "Valthermond".	

INLEIDING.

De N.V. Waterleidingmaatschappij van de provincie Groningen (WAPROG) onttrekt sinds het einde van de jaren zestig, ten behoeve van de drinkwatervoorziening, water uit de diepe ondergrond in de nabijheid van De Groeve (Dr.).

In het voorjaar van 1972 trad in dit gebied hinderlijke droogteschade op. Deze droogteschade bestond voornamelijk uit scheurvorming in het oppervlakkige veenpakket. Deze scheurvorming is zeer waarschijnlijk het gevolg van een grondwaterstandsval, welke drie oorzaken kan hebben:

1. De toenemende grondwateronttrekking door middel van pomputten op het waterwinterrein.
2. Een algemene peilverlaging, welke in het kader van de ruilverkaveling werd toegepast.
3. De grote droogte van het voorjaar 1972.

Om de gevolgen van deze droogteschade te bestrijden en om schade in de toekomst te voorkomen, werd een gebied van 15,9 ha. aangewezen als infiltratieproefveld (zie bijlage 1).

Na dat er in de loop der jaren nogal wat onderzoek is gepleegd aan dit proefveld, werd eind 1979, in samenwerking met de Landinrichtingsdienst te Assen, besloten een klein gebied te draineren en daar verder onderzoek op te verrichten. Het proefveld werd in twee gedeelten opgesplitst (gewoeld en niet gewoeld). Deze twee gedeelten zijn ieder voor de helft gedraineerd.

In het voorjaar van 1984 kregen wij van ing. W.H. Naarding van de Landinrichtingsdienst te Assen, de opdracht om m.b.v. de inmiddels verzamelde gegevens van het proefveld te onderzoeken of infiltratie via drainbuizen een effectieve manier van grondwateraanvulling kan zijn en om een literatuurstudie te verrichten naar eerder verrichte infiltratieonderzoeken.

In hoofdstuk 1 geven wij een beschrijving van het gebied en van de inrichting van het proefveld. Alle door ons gebruikte formules en theorieën worden uitgewerkt en uitgelegd in hoofdstuk 2.

In hoofdstuk 3 en 4 worden de gegevens van "De Groeve" uitgewerkt en de conclusies getrokken. Omdat er op het proefveld nogal wat mis bleek te gaan ten aanzien van wat er gemeten werd, hebben wij gemeend om, in hoofdstuk 5, nog enkele kritische kanttekeningen te moeten plaatsen bij de opzet van het nieuw op te zetten proefveld "Valthermond".

Het laatste onderdeel van onze opdracht, de literatuurstudie, viel een beetje in het water, want over infiltratie via drainbuizen is tot op heden nog erg weinig literatuur verschenen. Het enige wat nog enigzins van belang was, waren publikaties over in- en uittreeweerstanden, waarvan een samenvatting in hoofdstuk 6 is gegeven.

1. GEBIEDSBESCHRIJVING.

1.1 Algemeen.

In De Groeve nabij Zuidlaren (Dr) ligt een waterwin-
gebied van de N.V. Waterleidingmaatschappij voor de
provincie Groningen (WAPROG). Het gebied ligt in een
oud stroomdal van de Hunze met een profielopbouw waar
zand- en veengronden een grillig patroon vormen (zie
bijlage 2). Een dergelijke opbouw van de bodem is
gevoelig voor blijvende wijziging in de waterhuis-
houding. Door de onttrekking van water uit de boven-
grond treedt verdroging op, waardoor schade voor de
landbouw ontstaat. Dit kan zich manifesteren in duidelijk
zichtbare en zeer hinderlijke scheurvorming, met name
in grasland.

1.2 De bodemkundige gesteldheid.

Het grootste gedeelte van het proefveld bestaat uit
veengronden (11,2 ha). Het veen bestaat grotendeels
uit rietzeggeveen met plaatselijk voorkomende hout-
resten (bosveen). De bovengrond wordt gevormd door
duidelijk veraard veen dat ca. 20 cm dik is en meer
dan 8% lutum bevat. Op de overgang van veen naar
zand wordt meestal een gliedelaag aangetroffen (10 à
15 cm dik) welke vaak een geringe doorlatendheid heeft
waardoor de gronden, afhankelijk van de dikte van de veen-
laag, droogtegevoelig kunnen zijn. De tweede hoofdgroep
wordt gevormd door de moerige gronden (2,9 ha). Deze
gronden worden onderverdeeld naar het al dan niet voorkomen
van een duidelijke humuspodzol-B in de zandondergrond. De
moerige gronden vormen de overgang van de veengronden naar
de zandgronden.

De zandgronden worden voornamelijk als ruggen in het terrein aangetroffen. Ze bestaan vanaf maaiveld tot minstens 120 cm diepte uit zeer fijn zand. Onder natte omstandigheden is door inspoeling een zogenaamd A-B-C profiel ontstaan met een humus houdende bovengrond van 15 à 30 cm (A1) en een donkerbruine B-laag van ca. 15 cm dikte. Het humusgehalte van de bovengrond varieëert van 5 tot 15%. Het leemgehalte varieëert van 10 tot 17,5%. (bron: Onderzoek naar de invloed van waterwinning op het infiltratieproefveld "De Groeve" H. Siebering 1974) De ondergrond is overwegend leemarm (minder dan 10% leem) met verspreid over het terrein lokale, slecht doorlatende beekleemafzettingen op een diepte van $\pm$ 3 m (zie bijlage 3).

1.3 De opzet van het proefveld.

Bij onttrekking van water aan de diepe ondergrond, zoals dit gebeurt voor de winning van industrie- en drinkwater, treden, afhankelijk van de geohydrologische omstandigheden, meestal verliezen van water uit de bovengrond op. Het gevolg hiervan is een daling van de ondiepe grondwaterstand, dikwijls gepaard gaande met schade voor de landbouw. In "De Groeve" openbaarde zich dit vooral door grote scheurvorming in de bovengrond en door droogteschade.

Om de schade te beperken en zoveel mogelijk te voorkomen zijn een aantal maatregelen getroffen. Naast maatregelen op bedrijfsniveau door betreffende gebruikers (het scheuren van grasland, afwisselend akkerbouw) moet in dit verband het peilbeheersingsplan genoemd worden. Dit plan voorziet in de aanleg en herprofilering van een aantal waterlopen met de benodigde kunstwerken en het watervoerend maken van perceelssloten voor zover mogelijk.

Inmiddels uitgevoerd beoogt deze maatregel, door peilverhoging in de open leidingen en wateraanvoer uit de Oostermoersche Vaart, het verlies te compenseren. Een relatief hoog peil in droge perioden zal infiltratie tot gevolg hebben. Het effect daarvan zal afnemen naarmate de afstand tot de open waterleiding (of randsloot) groter wordt. Om het effect te vergroten moet het gehele perceel van (infiltratie-) water worden voorzien. Door een systeem van (drainage) buizen aan te leggen zou deze voorziening optimaal kunnen worden.

In het gebied is een van de percelen (grootte ± 4 ha) eigendom van de WAPROG. Dit perceel is in 1980 door de Landinrichtingsdienst ingericht als infiltratieproefveld. De hoogteverschillen binnen het perceel en de gegeven (ongunstige) lengte/breedte verhouding (lengte 615 m, breedte 65 m) bepaalden het drainagesysteem. Om nog een enigzins aanvaardbare lengte van de drains te verkrijgen moesten de drains in de lengterichting gelegd worden. (zie bijlage 4). Er is gekozen voor geperforeerde ribbelbuis ($\varnothing$ 60 mm) met een omhulling van polystyreenkorrels in Drakafolie. De WAPROG, als eigenaresse, geeft van jaar tot jaar het graslandperceel uit aan een gebruiker die daarvoor in aanmerking komt. Zij hecht ook waarde aan een bedrijfszekere, goed vlak liggende grond en besloot in overleg en met medewerking van de Landinrichtingsdienst profielverbetering toe te passen.

Gezien de uitkomsten van de bodemkartering en de huidige stand van de (grondverbeterings-) technieken, besloot men het gedeelte ten westen van de infiltratiesloot te mengwoelen en te egaliseren. Voor zo'n bewerking kwam het gedeelte ten oosten van de infiltratiesloot niet in aanmerking, enerzijds omdat het veenpakket te dik is, anderzijds om het effect van infiltratie ook te kunnen volgen en vergelijken bij handhaven van de bestaande situatie.

1.4 Inrichting van het proefveld.

Tussen het oostelijk en het westelijk gedeelte is een drainsloot gegraven (diepte $\pm 1,50$ m). Hierop monden 10 drains uit, 5 in elk perceel met een lengte van 150 m en een onderlinge afstand van 10 m. De binnenste 3 drains aan weerszijden van de sloot worden gebruikt om de infiltratie te meten, terwijl de beide buitenste drains dienst doen als bufferdrains om de zijdelingse afstroming te compenseren. De drains liggen horizontaal. In het westelijke gedeelte op 0,50 m⁺ NAP (gem. 1,40 m beneden maaiveld) en in het oostelijke gedeelte variërend van 0,35 m⁺ NAP tot 0,65 m⁺ NAP (gem. 1,20 - 0,90 m beneden maaiveld).

In de drainsloot is aan de zuidzijde een damwand aangebracht, waarop een Vopo-pomp is geplaatst met een urenteller en een elektrode die de pomp in werking zet zodra het peil in de drainsloot 2 cm zakt. Aan de noordzijde is een dam met een afsluitbare duiker aangebracht. De verdere inrichting van het proefperceel bestaat uit het plaatsen van grondwaterstandsbuizen in een aantal raaien dwars op de drainreeksen op 1/4, 1/2 en 3/4 gedeelte van de lengte van een drainbuis (150 m). Door buizen in de drains te plaatsen kan de drukhoogte in de drains worden gemeten. In de buizen die geplaatst zijn op een afstand van resp. 1 m en 5 m uit de drain en op een diepte van resp. 1,60 m beneden maaiveld en 2,00 m beneden maaiveld, kan de grondwaterstand worden gemeten.

2. THEORIE.

2.1 Inleiding.

Voor de theoretische benadering voor de aanvulling van grondwater door middel van het ontwateringssysteem, wordt meestal gebruik gemaakt van de bestaande theorie voor ontwatering.

Wij hebben bij onze berekeningen gebruik gemaakt van de drainagetheorie van Ernst.

2.2 Stationaire stroming tussen drains.

Voor de stroming tussen evenwijdige drains definieert Ernst de drainageweerstand γ .

$$\gamma = \frac{h_m - h_o}{N}$$

waarin: γ = de drainageweerstand (dag)

h_m = de stijghoogte van het freatisch water in het midden van het perceel (m)

h_o = de hoogte van de waterspiegel in de drain (m)

N = een konstant over het gebied verdeelde effectieve neerslag (m/dag)

Is $h_m < h_o$ en N negatief, dat wil zeggen er is wateraanvoer door de drains en een konstant gelijkmatig over het gebied verdeeld waterverlies door wegzijging en/of capillaire opstijging, dan wordt γ de infiltratieweerstand genoemd.

De infiltratieweerstand kan worden onderverdeeld in een aantal componenten nl, een horizontale , een radiale , een uittree , en een verticale component.

$$\mathcal{J}_{\text{tot}} = \mathcal{J}_{\text{hor}} + \mathcal{J}_{\text{rad}} + \mathcal{J}_{\text{uit}} + \mathcal{J}_{\text{vert}}$$

Ernst leidde voor de verschillende componenten de volgende vergelijkingen af:

$$\mathcal{J}_{\text{hor}} = \frac{L^2}{8kD}$$

$$\mathcal{J}_{\text{rad}} = Lw_{\text{rad}}$$

$$\mathcal{J}_{\text{uit}} = Lw_{\text{uit}}$$

$$\mathcal{J}_{\text{vert}} = c$$

waarin: L = afstand tussen de drains (m)
 kD = doorlatendheid van het pakket (m^2/dag)
 c = verticale weerstand (dag)

Voor w_{rad} geldt de volgende formule bij een isotroop homogeen pakket (Ernst):

$$w_{\text{rad}} = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{D}{B_w}$$

k = doorlaatfaktor (m/dag)

D = laagdikte (m)

B_w = natte omtrek van de drain(sleuf) (m)

w = specifieke weerstand

Zijn de verticale en horizontale doorlaatfactoren verschillend (anisotropie) dan geldt:

$$k = \sqrt{k_x k_y}$$

Voor w_{uit} zijn, voor infiltratie, geen bruikbare formules beschikbaar.

Wanneer we te maken hebben met drains in een drainsleuf waarvan de doorlatendheid niet te sterk afwijkt van de doorlatendheid van de ongeroerde grond, dat wil zeggen, er is geen discontinuïteit in het freatisch vlak op de overgang sleuf, ongeroerde grond, dan kunnen we w_{uit} definiëren als (in infiltrerende toestand):

$$w_{uit} = \frac{h_o - h_d}{LN}$$

waarin: h_o = hoogte waterspiegel in drain (m)

h_d = hoogte freatisch vlak in drainsleuf (m)

L = afstand tussen drains (m)

N = het infiltrerende debiet (m/dag)

Is er bij de grens van de drainsleuf wel een discontinuïteit en/of is er in de sleuf geen sprake van een gelijke waterstand, dan moet voor h_d het peil van het freatisch vlak onmiddellijk naast de sleuf genomen worden.

2.3 De inrichting van een meetopstelling.

Willen wij in het veld de infiltratieweerstand bepalen en ook de verschillende componenten hierin, dan zullen we een meetopstelling moeten maken, die hiervoor voldoende informatie oplevert.

Hieronder zullen wij een meetopstelling voorstellen, waarbij we er van uitgaan dat de verticale component verwaarloosd kan worden. Bij infiltratie zal dit meestal het geval zijn, zo niet, dan is c eenvoudig te bepalen door boven en onder de storende laag de stijghoogte te meten.

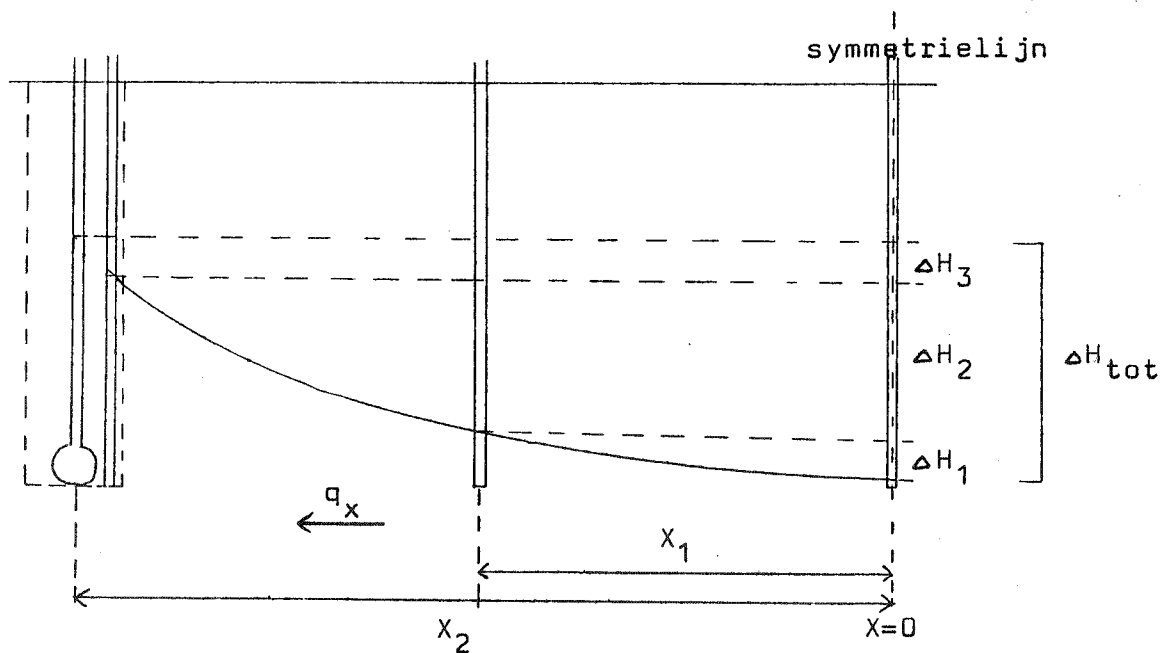


Fig. 1: De meetopstelling met de gebruikte symbolen.

Als de breedte van de drainsleuf verwaarloosbaar is ten opzichte van x_2 , wat eigenlijk altijd het geval is, en we een infiltratieflux hebben van N m/dag, dan gelden de volgende formules:

voor het debiet q op afstand X van het midden

$$q_x = -NX \quad (\text{negatief omdat het water in negatieve richting stroomt})$$

en in het gebied met horizontale stroming

$$q_x = -i_x KD \quad i = \text{verhang} = \frac{dh}{dx}$$

kiezen we x_1 zo dat tussen $x=0$ en $x=x_1$ de stroming horizontaal is, dan geldt voor het gemiddelde verhang $\bar{i}$ en het gemiddelde debiet $\bar{q}$ op dit traject

$$-\bar{i} = \frac{h_0 - h_{x_1}}{x_1} = \frac{-\Delta H_1}{x_1}$$

$$\bar{q} = -N \frac{x_1}{2} \quad \text{en} \quad \bar{q} = -\bar{i}KD \Rightarrow$$

$$KD = \frac{Nx_1^2}{2\Delta H_1}$$

opm: Bartelds e.a. (1982) gebruikten eenzelfde rekenwijze voor de stroming tussen evenwijdige wijken in "Valthermond". In plaats van $\bar{q}$ op het traject van horizontale stroming, vulden ze q_1 , zijnde het eenzijdige debiet, uit (in) een wijk, in. Dit zou alleen correct zijn als er een constante stroming is van wijk 1 naar wijk 2, zonder dat er onderweg verliezen zijn. Dit is echter niet het geval, daar het peil in beide wijken gelijk is. De wijkafstand bedraagt 170 m, terwijl de door hun gebruikte peilbuizen 10 m uit de wijk en in het midden van het perceel stonden. Op 10 m uit de wijk is $q_{10} = 0,88q_1$, in het midden is $q_m = 0$, zodat $\bar{q} = 0,44q_1$. Hieruit blijkt dat de werkelijke KD waarde slechts 44% van de door Bartelds e.a. gevonden waarde is.

Nu kunnen we de horizontale component van de infiltratie bepalen

$$\gamma_{\text{hor}} = \frac{L^2}{8KD} \quad \text{en} \quad L = 2x_2 \Rightarrow$$

$$\gamma_{\text{hor}} = \frac{x_2^2 \Delta H_1}{Nx_1^2}$$

voor de uittree component geldt:

$$\gamma_{\text{uit}} = \frac{\Delta H_3}{N}$$

omdat voor de totale infiltratieweerstand geldt

$$\delta_{\text{tot}} = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3}{N}$$

en

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_{\text{hor}} + \delta_{\text{rad}} + \delta_{\text{uit}}$$

geldt voor de radiale component:

$$\delta_{\text{rad}} = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3}{N} - \frac{x_2^2 \Delta H_1}{N x_1^2} - \frac{\Delta H_3}{N} \Rightarrow$$

$$\delta_{\text{rad}} = \frac{\Delta H_1}{N} \left(1 - \frac{x_2^2}{x_1^2} \right) + \frac{\Delta H_2}{N}$$

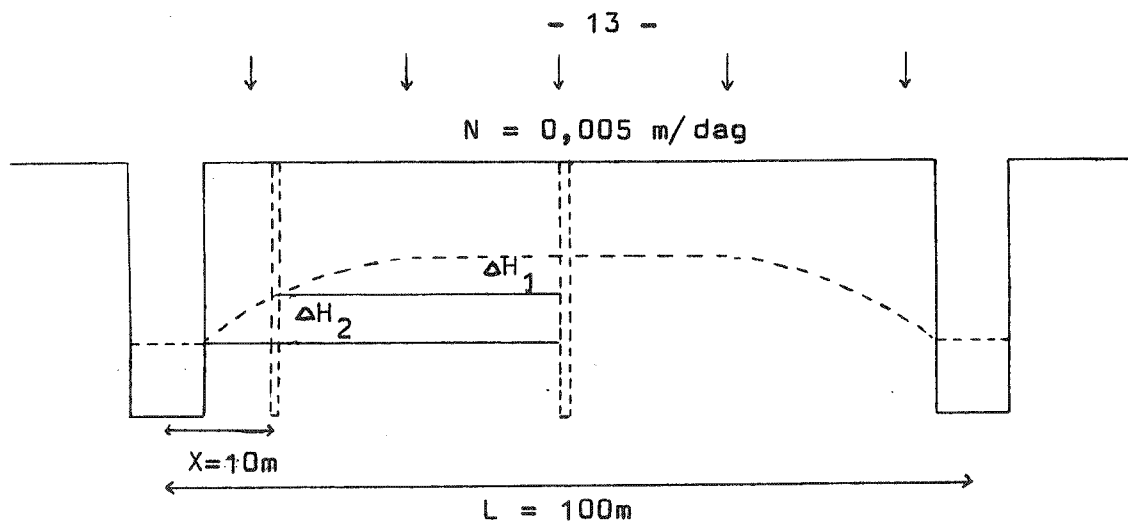
tot slot kunnen we w_{rad} en w_{uit} bepalen uit:

$$w_{\text{uit}} = \frac{\delta_{\text{uit}}}{2x_2} \Rightarrow \frac{\Delta H_3}{N 2x_2}$$

$$w_{\text{rad}} = \frac{\delta_{\text{rad}}}{2x_2} \Rightarrow \frac{\Delta H_1}{2x_2 N} \left(1 - \frac{x_2^2}{x_1^2} \right) + \frac{\Delta H_2}{N 2x_2}$$

2.4 De definitie van de radiale weerstand.

De radiale weerstand is een vrij algemeen begrip in de drainage/infiltratie problematiek. Toch wordt er in de verschillende publikaties verschillend tegenaan gekeken. Op zich zelf is dit geen bezwaar. Wel bezwaarlijk is, dat de verschillende zienswijzen, door elkaar gebruikt worden, wat dubbeltellingen op kan leveren. Wij zullen één en ander toelichten met onderstaand voorbeeld.



$$\Delta H_1 = \Delta H_2 = 0,25\text{m} \quad \text{en} \quad \gamma_{\text{tot}} = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{N} = 100 \text{ (dag)}$$

Fig. 2: Voorbeeld beschouwing radiale weerstand met gebruikte symbolen.

We beschouwen bovenstaande stationaire situatie. De verticale- en intreeweerstand zijn op 0 gesteld. $X = 10\text{m}$ vormt de (aangenomen) scheiding tussen radiale en horizontale stroming.

De totale drainageweerstand is 100 dagen.

Uit de formules van paragraaf 2.3 volgt:

$$KD = 16 \text{ m}^2/\text{dag}$$

$$\gamma_{\text{hor}} = \frac{L^2}{8KD} = 78 \text{ (dag)}$$

$$\gamma_{\text{rad}} = \gamma_{\text{tot}} - \gamma_{\text{hor}} = 22 \text{ (dag)}$$

Sommige auteurs gaan anders te werk, zij stellen:

$$\gamma_{\text{rad}} = \frac{\Delta H_{\text{rad}}}{N} \quad \text{in ons geval} \quad \frac{\Delta H_2}{N} = 50 \text{ (dag)}$$

met: H_{rad} = het totale peilverschil over het traject met radiale stroming

voor γ_{hor} stellen zij analoog:

$$\gamma_{\text{hor}} = \frac{\Delta H_{\text{hor}}}{N} \quad \text{hier} \quad \frac{\Delta H_1}{N} = 50 \text{ (dag)}$$

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_{\text{hor}} + \delta_{\text{rad}} = 100 \text{ (dag)}$$

De bovenstaande zienswijze is niet in overeenstemming met de theorie van Ernst. Immers Ernst berekent:

$$\delta_{\text{hor}} \text{ met } \frac{L^2}{8KD} = 78 \text{ (dag)}$$

In de tweede zienswijze wordt de formule:

$$\frac{(L - 2X)^2}{8kD} = 50 \text{ (dag)}$$

Anders gezegd. Ernst definieert de radiale weerstand als de extra weerstand die ondervonden wordt door de afwijking van de horizontale richting.

In de tweede zienswijze is de radiale weerstand, de enige weerstand op het traject met radiale stroming.

Beide zienswijzen zijn verdedigbaar en hebben voor- en nadelen. Men moet echter wel een keuze maken en niet zoals Bartelds e.a. (1982), de horizontale weerstand via Ernst en de radiale via de andere methode berekenen. Dit levert in ons voorbeeld de volgende dubbeltelling op.

$$\delta_{\text{hor}} = \frac{L^2}{8KD} = 78 \text{ (dag)}$$

$$\delta_{\text{rad}} = \frac{\Delta H_2}{N} = 50 \text{ (dag)}$$

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_{\text{hor}} + \delta_{\text{rad}} = 128 \text{ (dag)!!!}$$

wat niet klopt met:

$$\delta_{\text{tot}} = \frac{\Delta H_1 + \Delta H_2}{N} = 100 \text{ (dag)!!!}$$

2.5 Praktische problemen bij metingen in het veld.

De in paragraaf 2.3 omschreven theoretische proefopstelling, wordt in de praktijk zelden gerealiseerd, en wel om de volgende redenen.

Het meten in de geroerde grond van de drainsleuf, levert een grote spreiding op in de metingen. Men is alleen geïnteresseerd in de totale weerstand en niet in de afzonderlijke componenten.

Wanneer men de werking van een drainage/infiltratie systeem wil beoordelen, is de totale drainage/infiltratieweerstand een goede maat. De afzonderlijke componenten verschaffen informatie over de oorzaken van een eventuele slechte werking.

Wanneer men over een proefveld beschikt, waarvan het profiel voldoende homogeen gebleken is, kan men zo ook de werking van verschillende buistypen en omhullingsmaterialen meten.

Wil men wel de afzonderlijke componenten van de drainage/infiltratieweerstand meten, maar niet in de drainsleuf zelf, dan zal men de stijghoogte op de grens van de drainsleuf trachten te berekenen, uit minstens twee waarnemingen, in het traject met radiale stroming. Men gebruikt hiervoor de formule van Thieme:

$$|h_2 - h_1| = \frac{q_0}{\pi k} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

waarin: h_1 resp. h_2 : stijghoogte in punt 1 resp. punt 2 is

R_1 resp. R_2 : afstand van punt 1 resp. punt 2 tot het hart van de drain

$\frac{q_0}{\pi k}$ volgt dan als konstante uit de vergelijking, door het invullen van de meetwaarden.

Nu kan door voor R_1 de grens van de drainsleuf te kiezen en voor R_2 en h_2 een van de bekende punten, h_1 uitgerekend worden.

Wanneer we met deze methode werken, hebben we dus vijf peilbuizen nodig, nml.: 1 in de drain, 2 in het radiale gebied en 2 in het horizontale stromingsveld. Vaak tracht men met 1 buis minder te voldoen, door slechts 1 buis op de grens van radiale en horizontale stroming te plaatsen.

Dit heeft echter bezwaren. De grens is alleen redelijk te bepalen als er betrouwbare bodemgegevens zijn. Bovendien is er geen sprake van een scherpe grens, maar van een overgangs zône.

Een algemeen bezwaar tegen boven omschreven methode is, dat er een mengvorm tussen meetgegevens en theoretische berekeningen ontstaat, waardoor de betekenis van de uitkomsten afneemt. Het is nu immers niet meer mogelijk de theorie aan de praktijk te toetsen, wat vooral voor de radiale en uittreeweerstandens interessant zou zijn.

3. VERWERKING VAN DE MEETRESULTATEN.

3.1 De berekening.

Gedurende 4 achtereenvolgende jaren is in het groei-seizoen (van mei tot en met september) het peil in de drainsloot opgepompt tot een hoogte van 0,12 m⁺ NAP, waardoor een infiltrerende situatie ontstaat. In deze seizoenen zijn in ongeveer 14 daagse periodes de stijghoogtes in de drain, op 1 m en op 5 m opgenomen. Uit deze gemeten stijghoogtes worden nu de gemiddelde stijghoogteverschillen tussen drain en 1 m (ΔH_1) en tussen drain en 5 m (ΔH_5) bepaald.

Ter verduidelijking zal in dit hoofdstuk steeds peilbuis 32 (zie bijlage 4) in de periode van 8 juli tot 15 juli 1983 als voorbeeld worden meegenomen.

drainno.: 32		afstand: 1/4 L			
Peilen t.o.v. NAP				ΔH in cm	
opname	infiltratie	H op 1 m		H op 5 m	
datum	hoogte	L	R	L	R
8/7 1983	0,13 ⁺	0,01 ⁺	0,02 ⁺	0,03 ⁻	0,01 ⁺
15/7 1983	0,12 ⁺	0,04 ⁺	0,03 ⁻	0,10 ⁻	0,06 ⁻
				11	14
				11	20

Tabel 1.: Stijghoogten in cm.

Per periode is ook steeds het aantal draaiuren van de pomp opgenomen. Door het aantal draaiuren te vermenigvuldigen met de capaciteit van de pomp (45 m³/uur) krijgen we de totaal verpompte hoeveelheid per periode. Door deze hoeveelheid te delen door de geïnfiltreerde oppervlakte (15000 m²) en het aantal dagen per periode, krijgen we de infiltratieflex (mm/dag).

periode	dagen	draaiuren pomp	totaal m ³	totaal mm	infiltratieflux mm/dag
8/7 - 15/7	7	22,9	1029	68,6	9,8

Tabel 2.: De infiltratieflux.

Hierbij zijn we er van uitgegaan dat alle drains, dus ook de bufferdrains evenveel water infiltreren. Dit blijkt echter niet het geval te zijn, zoals blijkt uit de waterbalans.

3.2 De waterbalans.

De waterbalans voor dit gebied luidt als volgt:

Infiltratie + neerslag = verdamping + wegzijging + bergingsverandering

De bergingsverandering is, doordat het hier een stationaire toestand betreft, te verwaarlozen. De verdamping wordt gelijkgesteld aan de verdamping, zoals die is gemeten door het KNMI station Eelde, vermenigvuldigd met een gewasfactor van 0,8. De neerslag wordt dagelijks gemeten op het proefveld zelf. Omdat de infiltratieflux bekend is volgt de wegzijging als enige onbekende uit de waterbalans.

periode	infiltratie	neerslag	verdamping	wegzijging
8/7-15/7	9,8	0,0	3,4	6,4

Tabel 3.: De waterbalans in mm/dag.

3.3 De gecorrigeerde berekening.

Deze wegzijging kan onderverdeeld worden in een wegzijging naar de ondergrond en in een afstroming naar de zijsloten. De zijdelingse afstroming kan bij benadering worden berekend uit de gegevens van de peilbuizen die tussen de zijsloot en de bufferdrains staan. Probleem hierbij is dat de bodemkonstante (KD waarde) niet nauwkeurig bekend is.

Uit de rapporten van dr. R.A. Feddes en mej. M.G. van Steenberg, 1973, en van H. Siebering, 1974, kan een schatting van de KD waarde gemaakt worden. Dat dit niet meer kan zijn als een schatting, blijkt uit het feit dat de KD waarde sterk varieert over het gebied. Wij hebben gerekend met een gemiddelde KD waarde voor het gehele gebied van $10 \text{ m}^2/\text{dag}$.

De zijdelingse wegzijging moet aanzienlijk zijn, want in voornoemde rapporten wordt geconcludeerd dat de wegzijging naar de ondergrond $1,5 \text{ à } 2 \text{ mm/dag}$ is. Omdat onder het gedraineerde gedeelte een eilandje van slecht doorlatende beekleem ligt is de verwachting dat in dit gebied nog minder water naar de ondergrond wegzijgt en dan moet vrijwel alles zijdelings afstromen.

Daar de zijdelingse afstroming volledig gevoed wordt door de bufferdrains kan men concluderen dat deze bufferdrains meer water uit de sloot opnemen als de infiltratiedrains. Hiervoor hebben wij de infiltratiedrains gecorrigeerd door het gemiddelde peilverschil van de peilbuizen die op 1 m en op 5 m uit de sloot op een lengte $1/2 L$ staan, te vermenigvuldigen met de KD waarde (10) en de totale lengte van de drain (150 m) en te delen door de afstand waarover dit peilverschil voorkomt (4 m). Hieruit volgt dan het aantal m^3 dat extra in de bufferdrains verdwijnt. Door deze m^3 af te trekken van het totaal aantal m^3 krijg je de gecorrigeerde infiltratiedrains flux.

gem. peilverschil in m	KD waarde 10 m/dag	afstand 4 m	lengte 150 m	4 buffer- drains
0,035	0,35	0,0875	13,125	52,5

oorspronkelijke m^3	m^3 die in bufferdrain verdwijnen	gecor. m^3	mm	gecorrigeerde infiltratiedrains flux mm/dag
1029	52,5	976,5	65,1	9,3

Tabel 4.: De gecorrigeerde infiltratiedrains flux.

Door nu de gecorrigeerde infiltratieflux samen met ΔH_1 en ΔH_5 in het speciaal voor het infiltratieproefveld "De Groeve" geschreven computerprogramma "INFIL" (zie bijlage 5) in te voeren, volgt via de formules beschreven in hoofdstuk 2, de totale, radiale en uit-treeweerstand per peilbuis per periode in dagen. De horizontale weerstand is, doordat de drainafstand zo gering is (10m), verwaarloosbaar klein (minder dan 2 dagen). Het programma berekent onmiddellijk de gemiddelde weerstand per periode over de peilbuizen die in het beschouwde gedeelte staan (zie tabel 5).

3.4 Het niet gedraineerde gedeelte.

Doordat je nu hebt berekend wat er in het gedraineerde gedeelte naar de ondergrond verdwijnt, kun je dit transformeren naar het niet gedraineerde gedeelte. Bij het proefveld "De Groeve" is dit echter niet mogelijk, daar het gedraineerde gedeelte juist boven een eilandje van slecht doorlatende beekleem ligt (zie bijlage 3), die in het niet gedraineerde gedeelte volledig ontbreekt. Maar ook al zou deze beekleem niet in de ondergrond voorkomen, dan nog zou de transformatie problemen geven. Feddes en van Steenberg (1973) en Siebering (1974) hebben destijds metingen naar de c-waarde van de diepe ondergrond gedaan. Hiervoor hebben ze twee raaien uitgezet (zie bijlage 2), waarbij raai A in het gemengwoelde gedeelte ligt en raai B in het niet gemengwoelde gedeelte. Zij kwamen op gemiddelde c-waarden voor de diepere lagen van respectievelijk 730 dagen en 204 dagen. Hiertussen zit dus een verschil van 526 dagen, terwijl er niet bekend is of er een scheiding aanwezig is en zo ja waar die loopt. In het gebied rondom raai B zal dus veel meer water naar de ondergrond wegrijzen als in het gebied van raai A. Hoeveel de extra wegrijzing bedraagt is uit de ons bekende gegevens niet precies te

		Gewoeld			niet Gewoeld		
	periode	totaal	radiaal	uittree	totaal	radiaal	uittree
1980	13-6/ 2-7	20,3	12,9	7,3	12,7	7,4	5,3
	2-7/24-7	29,4	17,6	11,9	24,4	8,8	15,6
	24-7/ 4-9	23,8	11,6	12,2	14,8	5,5	4,3
	4-9/18-9	22,7	11,3	11,4	13,4	7,0	6,4
1981	1-5/14-5	31,6	12,3	19,3	25,7	7,1	18,6
	14-7/29-7	15,1	8,5	6,6	16,2	6,9	9,3
	29-7/ 7-8	23,9	9,5	14,4	27,4	7,0	20,4
	7-8/14-8	18,2	6,9	11,3	19,5	4,7	14,8
	14-8/28-8	26,5	8,9	17,7	25,0	5,6	19,4
	28-8/11-9	29,1	10,2	19,0	27,7	9,4	18,3
1982	19-5/ 2-6	95,6	13,8	81,8	68,0	15,7	52,3
	2-6/17-6	88,6	8,8	79,8	65,9	22,3	43,6
	17-6/ 7-7	85,1	11,1	74,0	65,7	21,5	44,2
	7-7/26-7	49,1	9,0	40,1	38,6	10,7	27,9
	26-7/11-8	48,2	9,2	39,0	35,2	9,2	26,0
	11-8/24-8	65,3	9,6	55,7	45,5	9,6	35,9
	28-9/14-9	72,3	9,4	62,9	53,6	12,9	40,8
1983	17-5/ 3-6	155,6	77,8	77,7	116,0	58,6	57,4
	4-7/ 8-7	29,2	14,6	14,5	25,3	10,4	14,9
	8-7/15-7	25,7	12,8	12,9	23,9	12,2	11,7
	15-7/22-7	26,5	14,3	12,2	28,0	10,5	17,5
	22-7/ 5-8	26,0	13,1	12,9	29,0	9,2	19,8
	5-8/18-8	33,1	11,4	21,7	37,2	13,2	24,0
	18-8/ 5-9	34,3	10,2	24,1	40,4	16,6	23,8

Tabel 5.: De gemiddelde weerstand per periode in dagen.

bepalen. Dus ook het precieze infiltratiedebiet is niet te bepalen en dan kun je ook de infiltratieweerstand niet berekenen.

We hebben echter wel een schattingsberekening kunnen maken. Hiervoor hebben we aangenomen dat de capillaire opstijging verwaarloosbaar is en de wegzijging 1,5 mm/dag bedraagt. We stellen de wegzijging gelijk aan het infiltratiedebiet. We gebruiken de formule:

$$\gamma = \frac{h_0 - h_m}{q}$$

waarin: γ = de infiltratieweerstand (dag)

h_0 = de hoogte van de waterspiegel in de sloot (m)

h_m = de stijghoogte van het freatisch water in het midden van het perceel (m)

q = het infiltratiedebiet (m/dag)

Uit de gegevens blijkt dat $h_0 - h_m = 0,60$ m ongeveer het gemiddelde is. Als we nu de waarden invullen, dan volgt

$$\gamma = \frac{0,60}{0,0015} = 400 \text{ (dag)}$$

Rekenen we echter met de formule van Ernst:

$$\gamma = \frac{L^2}{8KD} + LW \quad \text{en} \quad W = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{D}{B_w}$$

waarin: γ = de infiltratieweerstand (dag)

L = de afstand tussen de ontwateringsmiddelen (m)

K = de doorlaatfactor (m/dag)

D = de dikte van de watervoerende laag (m)

W = de radiale weerstand (dag/m)

B_w = de natte omtrek (m)

en stellen we $k = 1$ m/dag, $D = 10$ m en $B_w = 3$ m, dan volgt

$$w = \frac{1}{3,14 \cdot 1} \ln \frac{10}{3} = 0,38 \text{ dag/m}$$

en

$$J = \frac{60^2}{8 \cdot 1 \cdot 10} + 60 \cdot 0,38 = 68 \text{ dag}$$

Als je nu aanneemt dat het verschil tussen de verticale en horizontale doorlatendheid een factor 10 is (anisotropie) b.v. $K_{\text{vert}} = 0,1$ en $K_{\text{hor}} = 1,0$, dan volgt voor de $K_{\text{rad}} = \sqrt{K_{\text{vert}} \cdot K_{\text{hor}}} = 0,32$ en je vervangt de K uit bovenstaande berekening door de nieuw gevonden K_{rad} , dan volgt hieruit een w van 1,4 dag/m en een J van 129 (dag). Uit het grote verschil in uitkomsten blijkt wel dat er ergens iets mis gaat. Wat er exact misgaat valt niet precies te zeggen, maar het meest aannemelijk is dat de fout in het infiltratiedebiet zit (dit is in de praktijk niet gemeten) of in de K en D waarden.

Een andere reële mogelijkheid is dat het profiel niet homogeen is, zoals wij aangenomen hebben, zodat de formule van Ernst niet op deze manier gebruikt mag worden. Bij een niet homogeen profiel moet gerekend worden met

$$w = \frac{1}{\pi k} \ln \frac{\alpha D}{8_w}$$

waarin α een vormfactor voor de homogeniteit van het profiel is.

4. CONCLUSIES "DE GROEVE".

4.1 Algemeen.

Om een goed overzicht van de onderlinge verschillen en de onderlinge verbanden van de verschillende weerstanden te verkrijgen, hebben we de gemiddelde weerstanden in grafieken uitgezet (zie bijlage 6). In deze grafieken hebben we de weerstand op de verticale as uitgezet, tegen de data op de horizontale as.

Omdat er verscheidene perioden voorkwamen met onvolledige gegevens, hebben we de niet aaneengesloten perioden weergegeven met een onderbroken lijn. Verder hebben we onderscheid gemaakt tussen het gewoelde en het niet gewoelde gedeelte. De totale , radiale en uittreeweerstanden zijn in verschillende grafieken weergegeven.

De gemiddelde weerstanden, die door het computerprogramma zijn berekend, worden beschouwd als zijnde de gemiddelde waarde per periode.

Door te middelen worden toevallige fouten weggewerkt. Het blijkt namelijk dat er tussen de peilbuizen soms grote en onverklaarbare verschillen voorkomen, waardoor men een verkeerd beeld van de uitkomsten zou kunnen krijgen.

4.2 De vergelijking tussen het gewoelde en niet gewoelde gedeelte.

Uit een vergelijking van de totale weerstand in het gemengwoelde en het niet gemengwoelde gedeelte blijkt, dat er vrijwel geen verschil is tussen beide gedeelten. Alleen springt 1982 er in het gewoelde gedeelte bovenuit. Dit blijkt helemaal toe te schrijven te

zijn aan een verhoging van de uittreeweerstand (zie bijlage 6c).

Deze verhoging van de weerstand kan niet beïnvloed zijn door het mengwoelen, omdat er tot één meter beneden maaiveld gemengwoeld is. De drains liggen op een gemiddelde diepte van 1,40 meter beneden maaiveld. De drains liggen dus nog 0,40 meter in de ongeroerde grond. De verhoging moet dus aan andere oorzaken worden toegeschreven (zie 4.3).

Er kan dus geconcludeerd worden, dat er geen aantoonbare verschillen zijn tussen het gewoelde en het niet gewoelde gedeelte. Dit wordt natuurlijk in grote mate veroorzaakt door het feit dat, in beide percelen, de drainbuizen in de ongeroerde grond liggen.

Op grond van deze gegevens mag men niet zondermeer concluderen dat mengwoelen totaal geen effect heeft. De slecht doorlatende gliedelaag, die beschreven is in hoofdstuk 1.2, wordt door het mengwoelen natuurlijk wel doorbroken, zodat er meer en gemakkelijker capillaire opstijging plaats kan vinden. Ook wordt de doorwortelbaarheid naar de ondergrond sterk verbeterd. Of woelen al dan niet effect heeft zal dus hoofdzakelijk afhangen van eventuele storende lagen in de ondergrond.

4.3 De vergelijking tussen totale , radiale en uittreeweerstand.

Uit de uitsplitsing, van de totale weerstand en radiale en uittreeweerstand, blijkt heel duidelijk dat het grootste gedeelte van de weerstand veroorzaakt wordt door de weerstand die optreedt in de drainsleuf (uittreeweerstand).

Vooraf in 1982 openbaart zich dit heel sterk. Dit

wordt veroorzaakt door het feit, dat de drainbuizen totaal dichtgegroeid waren, met zwammen, sponsen en algen.

Begin 1983 zijn de drainbuizen voor de eerste keer op een goede manier doorgespoten. De uittreeweerstand zakte dan ook bijna naar het oude nivo terug. Op een goede manier doorspuiten wil zeggen, dat de grond eerst in een verzadigde toestand (met water) wordt gebracht, door het opzetten van het peil in de infiltratiesloot tot infiltratiehoogte. Hierna is de sloot helemaal afgelaten en zijn de drains doorgespoten. In de voorgaande jaren is de grond niet in een verzadigde toestand gebracht, met als gevolg dat het ingespoten water onmiddellijk in de grond verdween en de verontreiniging in de buis achterbleef.

De radiale weerstand blijkt in alle jaren en gedurende het hele meetseizoen vrijwel konstant te blijven. Alleen het voorjaar van 1983 schiet er in negatieve zin bovenuit. Deze uitschieter wordt veroorzaakt door één enkel waarnemingspunt. Daar het voorjaar van 1983 extreem nat is geweest, kan dit de meting ernstig beïnvloed hebben, zodat aan deze waarneming niet te veel waarde gehecht moet worden. Dit blijkt ook wel uit het feit dat de uittreeweerstand in dat voorjaar extreem hoog is.

4.4 De invloed van het water.

De grafiek van de uittreeweerstand geeft in de loop van het meetseizoen eerst een daling en daarna een stijging van de weerstand te zien. Dit kan gemakkelijk verklaard worden door het verschil in viscositeit van het water bij verschillende temperaturen.

Als we aannemen dat de temperatuur van het water binnen het meetseizoen kan variëren van 5°C tot 15°C , dan krijg je een viscositeitswaarde van respectievelijk $1,57 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ en $1,14 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$. Dit geeft een verschil in weerstand van 37%. Bij hoge temperaturen is het water minder visceus en zal dus gemakkelijker de grond in stromen. Als we deze 37% in de grafieken invoeren dan haalt dit, voor het grootste gedeelte, het dalende effect van de weerstand in de zomermaanden weg.

In hoeverre bepaalde bacteriën nog invloed hebben op de uittreeweerstand binnen één seizoen, kunnen wij aan de hand van de aan ons beschikbaar gestelde gegevens, niet zeggen. Dat bacteriën invloed kunnen hebben staat zonder meer vast. Ir. Stuyt, van het I.C.W. te Wageningen, heeft geconstateerd dat er onder bepaalde omstandigheden door bacteriën een slijmhuideje wordt gevormd, dat als een ondoorlatend laagje rondom de drainbuis gaat zitten. Dit zou dus een hogere weerstand tot gevolg hebben. Het is echter ook bekend dat er zich bepaalde bacteriën kunnen ontwikkelen, die zich gedragen als draadwieren en die door de losse structuur rondom de drainbuis, zorgen voor een verminderde weerstand.

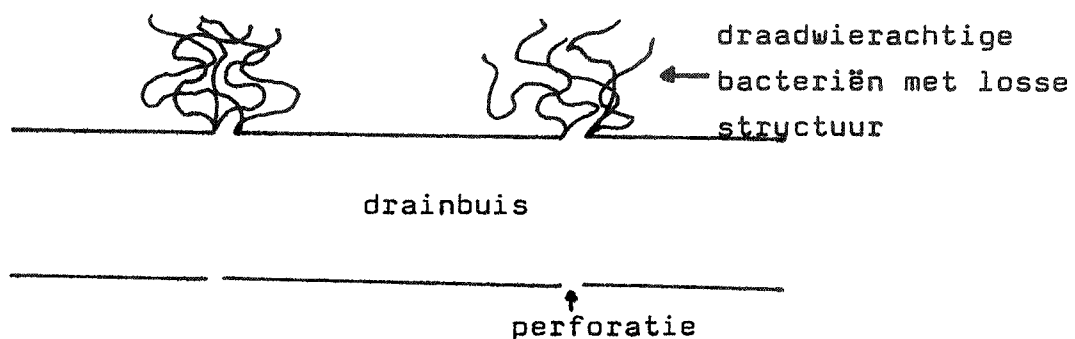


Fig. 3: Draadwierachtige structuren rond drainbuis.

Om echter precies te weten te komen wat er nou op bacteriologisch nivo rondom een drainbuis gebeurt, zal er een zeer uitgebreid en intensief onderzoek naar de chemische samenstelling van het water moeten komen. Er zal van het binnenkomende water o.a. het elektrische geleidingsvermogen (E.G.V.) en de samenstelling van het water ten aanzien van Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Fe^{2+} , Fe^{3+} en Mn^{2+} onderzocht moeten worden. Verder zal er, ten aanzien van een heleboel bacteriën de minimale groeifactor voor één of meerdere van deze stoffen of verbindingen van deze stoffen, onderzocht moeten worden.

Het zal duidelijk zijn dat een dergelijk onderzoek alleen op laboratoriumnivo uitgevoerd zal kunnen worden, ook al vanwege de steeds weer veranderende samenstelling van het aangevoerde water. Bovendien zal zo'n onderzoek dusdanig veel tijd in beslag nemen en mede daardoor zoveel gaan kosten, terwijl het effect van de bacteriën vrij klein is, dat het onderzoek ten ene male geen rendement zal opleveren.

Men moet echter ten alle tijden de kwaliteit van het geïnfiltreerde water in de gaten houden. In voedselrijk water zal snel algengroei optreden, wat een te grote weerstand tot gevolg zal hebben. Ijzzerrijk water infiltreren zou kunnen betekenen dat er extreem veel verstoppingen zouden gaan optreden in de buizen, waardoor het rendement van de infiltratie omlaag zou gaan. Chemisch verontreinigd water zou het grondwater sterk kunnen verontreinigen waardoor zelfs problemen voor de volksgezondheid kunnen ontstaan.

4.5 Opmerkingen ten aanzien van "De Groeve".

Uit de gegevens die wij hebben gebruikt en uit de uitkomsten van de berekeningen blijkt duidelijk dat op dit

proefveld infiltratie via drainbuizen zeer zeker zin heeft. In mei 1984 komt er namelijk weer scheurvorming voor in het oostelijke, niet gewoelde, gedeelte. Hieruit blijkt dat men bij een slootafstand van 60 m hier al niet genoeg water meer kan infiltreren. Dat drainbuizen wel voldoende water kunnen infiltreren blijkt uit het feit dat het freatisch vlak in het gedraineerde gedeelte rond de 0,50 m hoger ligt als in het niet gedraineerde gedeelte. Tevens kan men sneller reageren op weersinvloeden.

De slootafstand verder verkleinen is bedrijfstechnisch niet meer verantwoord, zodat drains de oplossing vormen. Bij het gebruik van drains is, in tegenstelling tot sloten, het schoon houden erg belangrijk. Hiermee kan het hele infiltratieproject slagen of falen.

Ook ten opzichte van de gegevens die wij hebben gebruikt voor onze berekeningen valt nog wel wat op te merken. Wij zijn er namelijk van uitgegaan dat de pomp precies $45 \text{ m}^3/\text{uur}$ op kan pompen. Pompen zijn echter nogal gevoelig voor verschillen in opvoerhoogte, zodat aan deze waarde getwijfeld mag worden. We weten vrijwel zeker dat de slootbodem niet waterdicht is, zodat ook daardoor nogal wat water verloren kan gaan. Er is op dit moment echter niet nauwkeurig te meten hoeveel water daaruit verloren gaat. Ook de wegzijging naar de zijsloten is door ons bij benadering uitgerekend.

Om deze problemen in de toekomst te voorkomen zou het aan te bevelen zijn om een draindebitmeter op de drains aan te sluiten (zie paragraaf 5.2). Mocht dit financieel niet haalbaar zijn, dan zou met een kleilaagje de sloot kunnen worden bekleed zodat deze waterdicht wordt. Als verder de drie binnenste drains alleen gevoed zouden worden via de pomp, dan zou ook het probleem van de zijdelingse wegstroming opgelost zijn.

Ten slotte zouden wij op willen merken dat dit proefveld door zijn heterogeniteit in profielopbouw eigenlijk

niet geschikt is als proefveld voor baanbrekend infiltratie onderzoek.

Een mooi aanvullend onderzoek zou kunnen zijn om eens uit te zoeken welke methode het meest rendabel is voor de landbouw; berekening of infiltratie.

4.6 Effecten van peilverandering in de infiltratiesloot.

We beschouwen een systeem van infiltrerende drainbuizen dat zich in een stationaire toestand bevindt. De infiltratieflex is dan gelijk aan "de vraag" van het land: capillaire opstijging + wegzijging + zijdelingse afstroming = infiltratieflex.

Infiltratieflex = totale stijghoogteverschil/infiltratieweerstand.

Veranderen we nu het infiltratiepeil dan zal zich na enige tijd een nieuwe stationaire situatie instellen. Wanneer "de vraag" van het land niet verandert, zal de infiltratieflex weer de oude waarde aannemen. Als ook de infiltratieweerstand niet verandert, dan vinden we een veranderde grondwaterspiegel die gelijk is aan de peilverandering in de sloot.

De bedoeling van een peilverhoging is een verbeterde vochtvoorziening van de wortelzone. De capillaire opstijging neemt dan toe en daarmee de infiltratieflex (N). De infiltratieweerstand zal voor "diepe profielen" zoals in "De Groeve" niet veel veranderen. De weerstand wordt immers voor een belangrijk deel bepaald door de uittree-
weerstand en omdat de buizen, zowel voor als na de peilverhoging, geheel gevuld zijn, zal deze niet veranderen. De radiale weerstand is:

$$w_{\text{rad}} = \frac{1}{\pi K} \ln \frac{D}{B_w}$$

De toename van D is verwaarloosbaar, de toename van B_w niet altijd. De radiale weerstand zal dus iets afnemen.

De horizontale weerstand $\frac{L^2}{8KD}$ blijft gelijk.

Voor ΔH geldt $\Delta H = \gamma N$: ΔH zal dus toe willen nemen door de toename van N.

v.b. oude toestand:	nieuwe toestand: 0,2 m peilverh.
infiltratieflux 3 mm/dag	3,5 mm/dag
K = 1 m/dag	1 m/dag
D = 10 m	10,2 m
$B_w = 0,8$ m (drainsleuf)	1,2 m
L = 10 m	10 m

$$\gamma = L w_{\text{rad}} + L w_{\text{uit}} + \frac{L^2}{8KD}$$

$w_{\text{rad}} = 0,8$ dag/m	0,7 dag/m
stel $w_{\text{uit}} = 2$ dag/m	2 dag/m
$\gamma = 29$ dagen	28 dagen
$\Delta H = 0,003 \cdot 29 = 0,09$ m	$\Delta H = 0,0035 \cdot 28 = 0,10$ m

We zien dat het grondwaterpeil iets achterblijft bij de verhoging van het slootpeil. Bij een verlaging van het slootpeil gebeurt hetzelfde in omgekeerde volgorde.

Om het meest effectieve infiltratiepeil te bepalen moeten we de gewenste grondwaterstand en de hierbij behorende infiltratieflux kennen. De gewenste grondwaterstand is afhankelijk van de kritieke Z-afstand. Dit is de afstand tussen het freatisch vlak en de wortelzone waarover nog een bepaalde minimale capillaire opstijging mogelijk is. Nemen we een gewenste grondwaterstand van 0,65 m⁻ m.v. en stellen we k = 1, D = 10 en $B_w = 2,10$ dan volgt via bovenstaande beschouwing een ΔH van 0,12 m. Dit betekent voor het westelijke gedraineerde gedeelte dat een slootpeil van 0,53 m⁻ m.v. (= 0,37⁺ NAP) het meest gewenst zou zijn. Dit zou betekenen dat het slootpeil 0,25 m hoger zou moeten staan als nu het geval is.

5. KRITISCHE AANTEKENINGEN BIJ DE OPZET VAN HET PROEFVELD "VALTHERMOND".

5.1 Inleiding.

Momenteel wordt in de buurt van Valthermond door de Landinrichtingsdienst in samenwerking met het waterschap "De Veenmarken" een nieuw infiltratieproefveld ingericht. Doel van het proefveld is o.a. de werking van verschillende typen omhullingsmaterialen te beoordelen. Voor de inrichting zie bijlage 7.

5.2 Te verrichten metingen.

Verschillende omhullingsmaterialen zullen een verschillende uittree-/intreeweerstand geven, maar de radiale en horizontale weerstanden behoeven niet verschillend te zijn. Omdat de profielopbouw over het gehele profiel nagenoeg gelijk is, mogen we de horizontale en radiale weerstand voor alle buizen gelijk stellen. Hieruit volgt dat de totale drainageweerstand een maat is voor de werking van het omhullingsmateriaal.

Om de totale drainageweerstand te berekenen moeten we 3 dingen meten: de stijghoogte in de drainbuizen, de grondwaterstand midden tussen 2 drains (met hetzelfde omhullingsmateriaal) en het infiltratiedebiet.

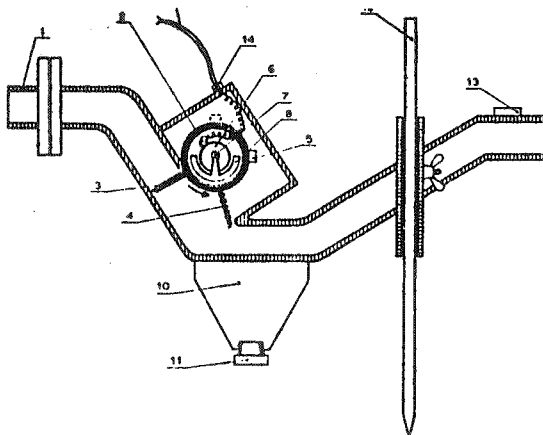
Het meten van het infiltratiedebiet is het grootste probleem. Het debiet dat in de wijk wordt gepompt, wordt gemeten. Maar omdat we voor verschillende omhullingsmaterialen verschillende infiltratieweerstanden verwachten, zal ook het debiet door verschillende drainbuizen verschillend kunnen zijn.

Omdat het infiltratiedebiet in stationaire toestand

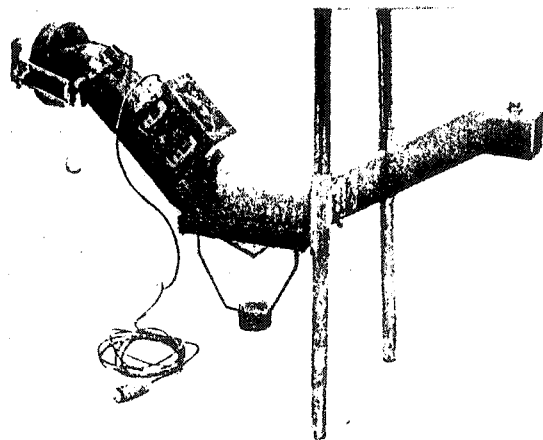
*gelijk moet zijn aan capillaire opstijging + wegzijging + zijdelingse afstroming, zou dit debiet berekend kunnen worden uit de 3 laatstgenoemde termen. Dit leidt echter tot vrij grote onnauwkeurigheden.

De beste oplossing is dus direkt aan de drains het debiet te meten. Eventueel zou men kunnen volstaan met het meten van alleen de middelste drain van iedere reeks, mits de grondwaterstanden binnen een reeks niet te zeer verschillen.

Van der Weerd (I.C.W.) ontwikkelde een debietmeter die geschikt is voor onder water uitmondende drains. Deze is gemaakt voor afvoerende drains (zie figuur 4). Door deze om te draaien is de debietmeter ook te gebruiken voor infiltrerende drains.



Schema van de drainafvoermeter.
1. verbindingsbuis, 2. cylinder, 3. klep (gesloten), 4. klep (open), 5. contragewicht, 6. potentiometer, 7. as, 8. contragewicht, 9. elektriciteitsdraad, 10. transparante bezinkbak, 11. schroefdop, 12. verstelbare steun, 13. waterpas.



Draindebietmeter met verwijderde kap van de meetkamer.

Fig. 4: De draindebietmeter van van der Weerd.

Blijkt het meten aan de drains financieel en/of organisatorisch niet haalbaar, dan zal men terug moeten vallen op de veronderstelling dat de infiltratieflex

over het gehele proefveld gelijk is. Wel moet dan rekening worden gehouden met de infiltratie rechtstreeks uit de wijk. De infiltratieweerstand van de wijk werd door Bartelds e.a. reeds in 1982 bepaald.

5.3 Bodemkonstanten en theorie.

Men kan via de theorie, beschreven in hoofdstuk 2, de radiale en horizontale weerstand berekenen. Hiervoor moeten de bodemkonstanten (K en D) zo nauwkeurig mogelijk bekend zijn. Ze zijn in het kader van het onderzoek "De Monden", uitgevoerd door het I.C.W., de Landinrichtingsdienst en waterschap "De Veenmarken", wel voor een groot gebied bekend, maar of deze voldoende nauwkeurig bepaald zijn voor het proefveld moet worden betwijfeld. Uit de berekening en de totale infiltratieweerstand volgt dan de uittreeweerstand als restterm. Het is echter wel aan te bevelen om dan enkele drainbuizen van een volledige meetopstelling, als beschreven in paragraaf 2.3, te voorzien. Men kan dan namelijk controleren of de genoemde theorie wel toepasbaar is in dit geval.

6. FAKTOREN WELKE DE UITTREEWEEERSTAND KUNNEN BEINVLOEDEN.

6.1 Inleiding.

Een onderdeel van onze opdracht was te onderzoeken wat er in de literatuur te vinden was over de infiltratieproblematiek. Dit bleek bedroevend weinig te zijn. Ook uit gesprekken met mensen van diverse instanties kwam erg weinig naar voren wat betrekking kon hebben op ons onderzoek. Wij hebben alleen iets gevonden wat betrekking heeft op de in- en uittreeweerstand waarvan hieronder een samenvatting.

6.2 Samenvatting van de literatuur.

In hoofdstuk 3 hebben wij laten zien op welke wijze de waarde van de uittreeweerstand kan worden bepaald uit proefveld gegevens, waarbij de theorie er van uitgaat dat de uittreeweerstand een constante is, waarvan de grootte in de eerste plaats afhangt van het toegepaste drainmateriaal en daarnaast van de grondsoort. In werkelijkheid zijn er evenwel nog een aantal andere oorzaken die de waarde van de uittreeweerstand, zoals die uit de proefveldresultaten wordt berekend, mede kunnen beïnvloeden.

Als factoren, welke de waarde van de uittreeweerstand bepalen, kunnen worden genoemd:

a) Drainbuistype en afdek- of omhullingsmateriaal.

Om de invloed hiervan te leren kennen zijn proefvelden ingericht als "De Groeve" en dit jaar bij Valthermond. Vooral "Valthermond" voorziet in een variatie van deze factoren.

b) Grondsoort.

De grond waarmee de drainsleuf is opgevuld kan mede de

gemeten intreedrukhoogte bepalen. Daarnaast is het mogelijk dat de doorlatendheid van het omhullingsmateriaal beïnvloed wordt door de omringende grond, als gevolg van bepaalde processen (b.v. werking van humuszuren) die zich in de grond afspelen. Deze factoren maken het mogelijk dat de infiltratieweerstand mede afhangt van de grondsoort.

c) Debiet waarbij wordt gemeten.

De formule $h_u = \gamma \cdot q$ heeft als achtergrond de veronderstelling dat γ een constante is en derhalve onafhankelijk is van de waarde van q en h_u . Uit proefveldresultaten blijkt evenwel dat dit niet het geval is. In het algemeen blijkt dat γ kleiner wordt naarmate het debiet waarbij hij berekend wordt toeneemt. Dus heeft het slechts zin om uittreewaarden, betrekking hebbend op verschillende drainagematerialen, te vergelijken indien deze afkomstig zijn van gelijke debieten.

d) Onregelmatigheden in het profiel en profielverschillen op korte afstand.

Naast de eerder genoemde bodemkundige verschillen kunnen ook binnen een zelfde proefveld, wat overigens tamelijk homogeen van samenstelling is, ongelijkmatigheden optreden, hetzij in de vorm van verstoringen in de oorspronkelijke profielopbouw, hetzij door variaties van de profielopbouw op korte afstand. Een en ander kan leiden tot een ongelijkmatige verdeling van de uitstroming van de drain. De berekende standaardafwijking blijkt te kunnen oplopen tot 60% van het gemiddelde.

e) Methode van draineren.

Naast het gebruikte omhullingsmateriaal en de soort drainbuis is het mogelijk dat de methode van draineren mede bepalend is voor de infiltrerende werking. Hierbij moet vooral gedacht worden aan het onder het juiste verhang

leggen van de drainbuizen. Hier mankeert in de praktijk nog wel eens iets aan. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat dit vooral bij sleufloos draineren moeilijk te controleren is.

f) Omstandigheden tijdens de uitvoering.

Uit praktijkervaring is bekend dat de omstandigheden tijdens de uitvoering van grote invloed kunnen zijn op het resultaat van de drainage. Zo kunnen hoge grondwaterstanden en/of minder goede weersgesteldheden tijdens het draineren een slechte werking van de drainage tot gevolg hebben.

g) Tijdstip van meten ten opzichte van het tijdstip van aanleg van het proefveld.

Het is denkbaar dat de uittreeweerstand na de aanleg van het proefveld in de loop van de jaren veranderd. Vooral als de drainage ook een drainerende functie heeft. Als mogelijke oorzaken kunnen worden genoemd:

- verandering van de structuur van de grond waarmee een drainsleuf is gevuld;
- afzetting van bepaalde bodemdeeltjes in het afdek/omhullingsmateriaal en/of in de perforaties ten gevolge van verplaatsing van deze bodemdeeltjes;
- verandering van de structuur van het afdek/omhullingsmateriaal als gevolg van bepaalde processen (bijvoorbeeld verdichting of verrotting).

In verband met het bovenstaande dient het verrichten van waarnemingen op een proefveld zich niet tot één jaar te beperken, doch dient over meerdere jaren te worden uitgestrekt.

h) Meetfouten.

Meetfouten hangen samen met het onnauwkeurig meten van debieten en stijghoogten. Ze behoren tot de toevallige fouten. De invloed ervan kan worden afgezwakt door het verrichten van meerdere bepalingen en hieruit gemiddelden af te leiden.

SAMENVATTING.

Grondwateronttrekking veroorzaakt vaak een vergrote wegzijging van water naar de ondergrond, in het wingebied, en hiermee schade voor landbouw en natuur. Men zal trachten deze schade te beperken door onder andere de aanvoer van water, om zo het grondwater weer aan te vullen.

De infiltratieweerstand blijkt, waar alleen het normale slotenpatroon beschikbaar is, vaak te groot te zijn om het grondwater effectief aan te vullen. Men kan trachten de effectiviteit te vergroten door het aanleggen van een buizendrainage. Om de werking van een dergelijk systeem te kunnen beoordelen is bij De Groeve (Dr.) door de Landinrichtingsdienst te Assen een proefveld ingericht. Hier zijn van 1980 tot en met 1983 metingen verricht, welke meetgegevens wij verwerkt en geanalyseerd hebben.

De belangrijkste conclusies uit de metingen op het proefveld zijn:

1. Een systeem van drainbuizen verhoogt het effect van de infiltratie in gunstige zin en in vrij grote mate.
2. De onderhoudstoestand van het systeem heeft grote invloed op de werking. Regelmatig en goed uitgevoerd onderhoud is dus noodzakelijk.
3. De infiltratieweerstand wordt in belangrijke mate bepaald door de uittreeweerstand.

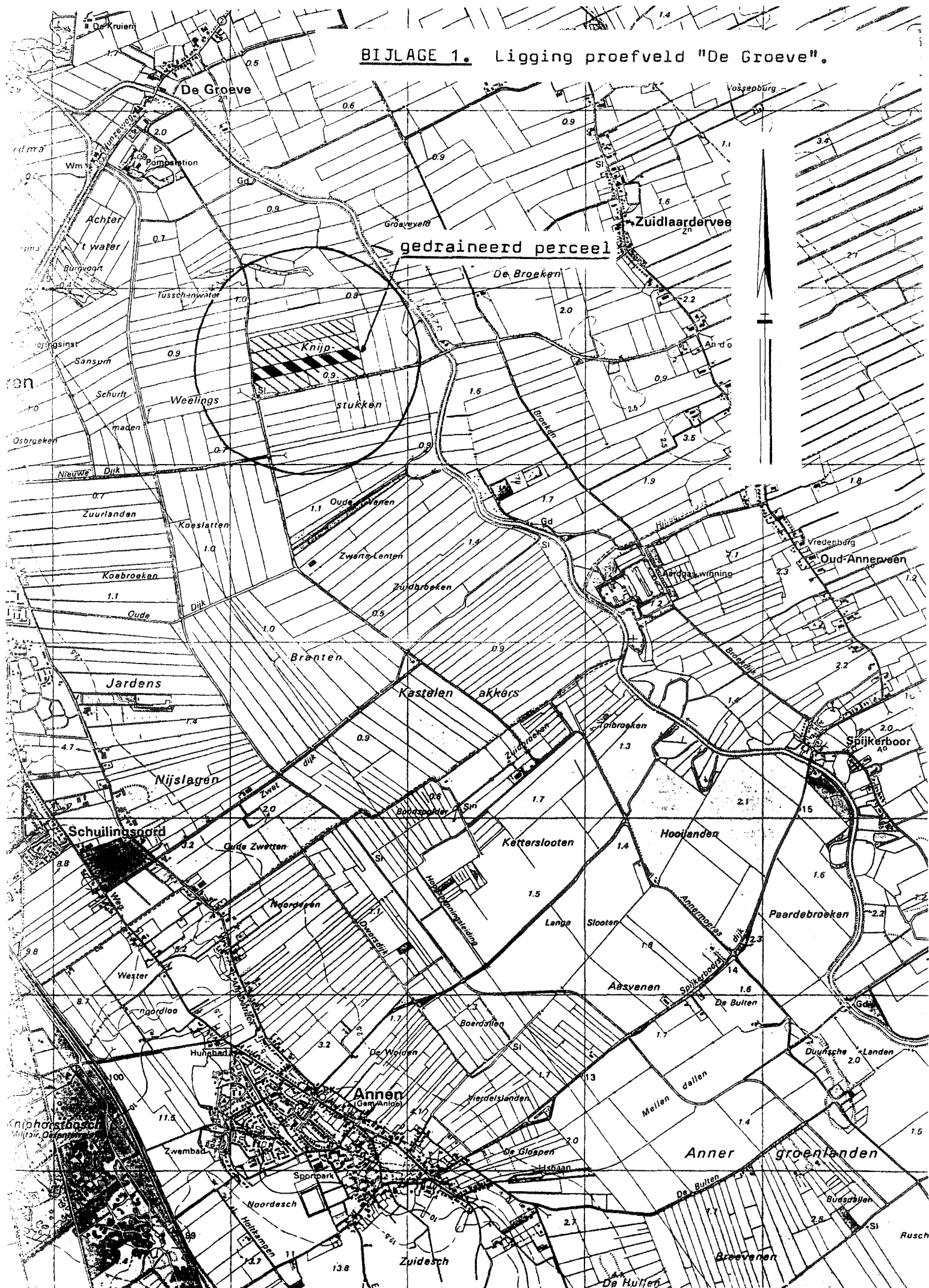
De uittreeweerstand wordt bepaald door een aantal factoren zoals grondsoort, buistype, wijze van draineren en omhullingsmateriaal. Om de invloed van het omhullingsmateriaal te kunnen beoordelen, is te Valthermond een proefveld ingericht met drains met verschillende omhullingsmaterialen. Op dit proefveld zal men in 1984 met meten beginnen.

Een van de grootste problemen, bij het aanleggen van infiltratieproefvelden, is het meten van het infiltratie-debiet. De beste oplossing is meten bij de drainmond, dit is echter vrij kostbaar.

LITERATUURLIJST.

1. Bakel, ir P.J.T. van, en Walsum, ir P.E.V. van, 1983.
Berekening van de effecten van infiltratie op de gewas-
verdamping in het herinrichtingsgebied met een aangepaste
versie van het model Swatre. Nota 1434 I.C.W. Wageningen.
2. Bartelds, A., Merkens, H., Schiltkamp, H. en Wolters, T.
1982. Drainage- en infiltratieweerstanden in het veen-
koloniale gebied. Eindverslag H.B.C.S. Velp.
3. Beers, W.F.J. van, 1976. Computing drainspacings.
Bulletin 15 I.L.R.I. Wageningen.
4. Drecht, G. van, 1983. Berekening van de stationaire
grondwaterstroming naar sloten. R.I.D. mededeling Voorburg.
5. Feddes, dr. R.A. en Steenberg, mej. M.G., 1973. Infil-
tratie proefveld "De Groeve". Nota 735 I.C.W. Wageningen.
6. Ernst, dr. L.F., 1963. De berekening van grondwaterstro-
ming tussen evenwijdige open leidingen. Bulletin 52
I.C.W. Wageningen.
7. Ernst, dr. L.F., 1971. Analysis of groundwater flow to
deep wells in areas with a non linear function for the
subsurface drainage. Bulletin 75 I.C.W. Wageningen.
8. Ernst, dr. L.F., 1978. Drainage of undulating sandy
soils with high groundwater tables. Bulletin 106 I.C.W.
Wageningen.
9. Jonkers, ir. H.J. en Miedema, ir. G., 1975. Resultaten
van het onderzoek naar de intreeweerstanden van drains
op proefvelden. L.D. Utrecht.
10. Rozendaal, H. en Scholten, J., Risico's van drainage met
turfmolmafdekking bij infiltratie in lichte gronden.
R.IJ.P. Lelystad.
11. Siebering, H., 1974. Onderzoek naar de invloed van water-
winning op het infiltratieproefveld "De Groeve". Eind-
verslag L.H. Wageningen.
12. ———, 1975. Dictaat waterbeheersing, Afdeling
Cultuurtechniek L.H. Wageningen.

BIJLAGE 1. Ligging proefveld "De Groeve".

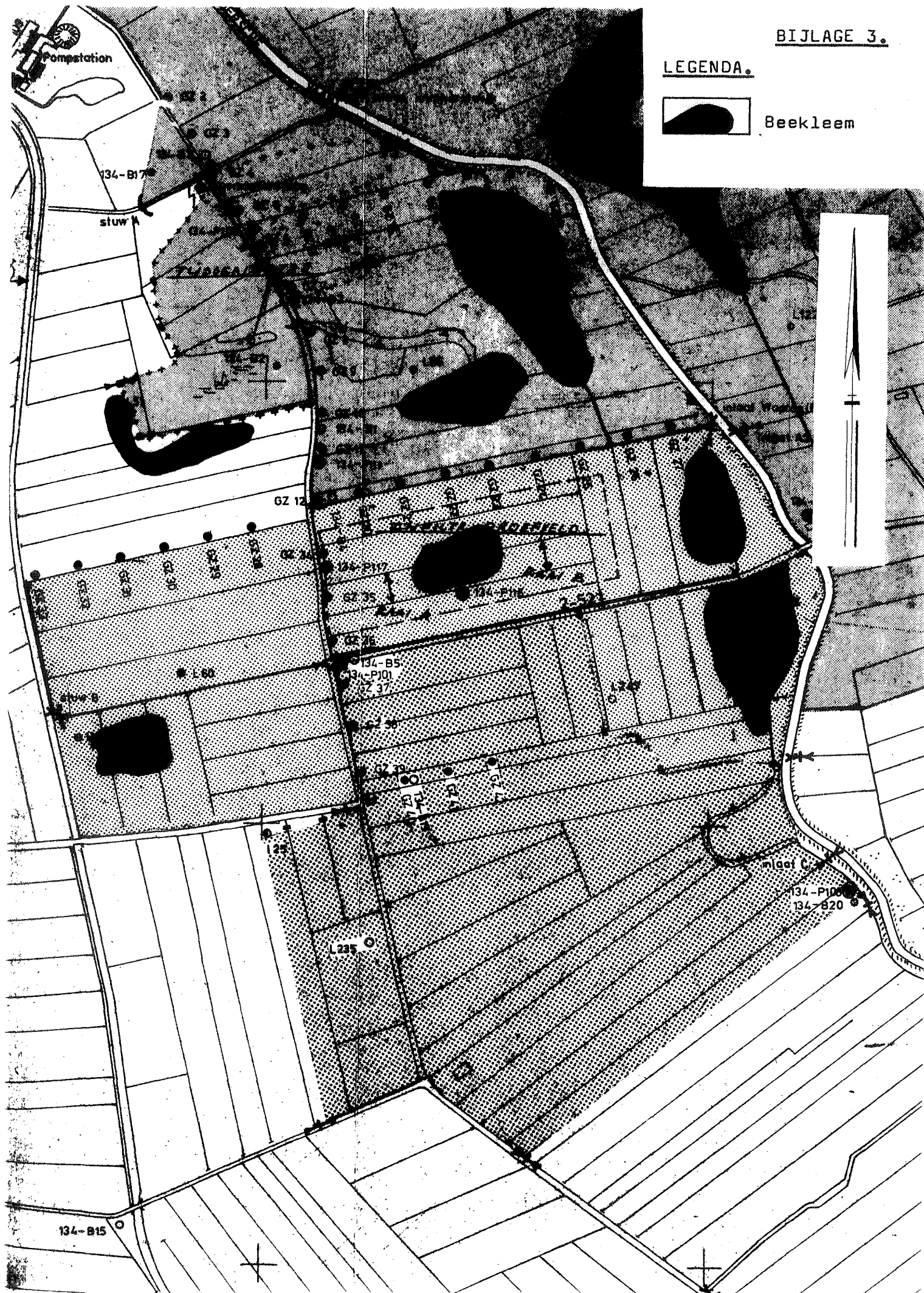


Bodemkaart van het infiltratieproefveld(ontleend aan rapport
nr 1039 STIBOKA)

LEGENDA.

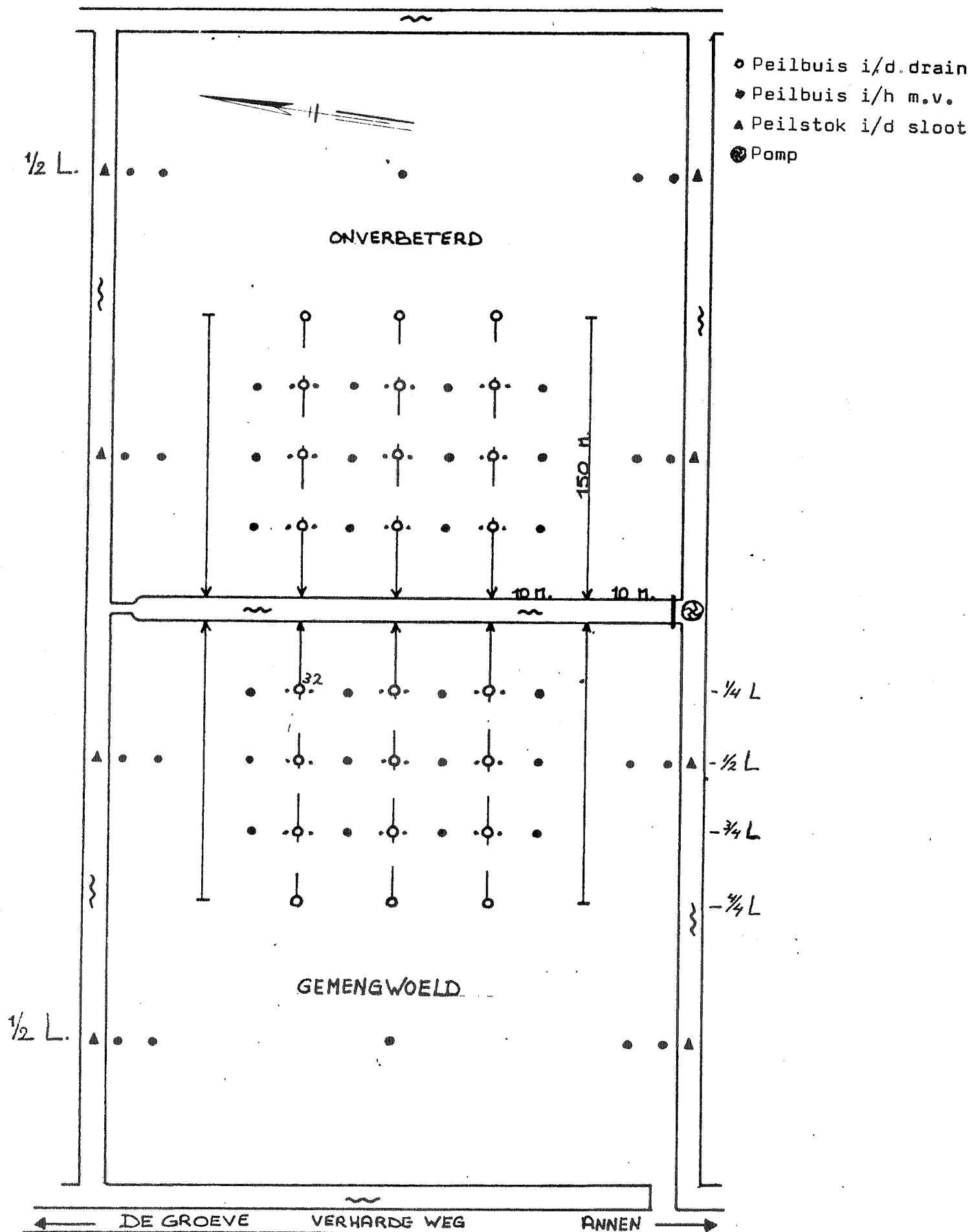


Beekleem



INFILTRATIE - PROEFVELD „DE GROEVE”

BIJLAGE 4.



```
*****PROGRAMMA INFIL*****
```

```
DECLARATIES
```

```
INTEGER I,NRS(9),NOG,JUIST,SCHIJF
REAL WS(9,2),DRW(9,3),PER(10)
INTEGER NAAM(6)
REAL FLUX,TOT1,TOT2,TOT3,GEM1,GEM2,GEM3
```

```
I = teller , NRS bevat de buisnummers.
NOG,JUIST en SCHIJF zijn hulpstrings voor ja/nee antwoorden
WS bevat per peilbuis de gemiddelde delta H1 en delta H5.
DRW bevat per peilbuis de totale ,radiale en uittree weerstand
PER bevat de periode aanduiding incl. (niet) gewoeld.
NAAM bevat de opgegeve filenaam voor de uitkomsten.
FLUX = gebieds aanvoer
TOT1,TOT2,TOT3 zijn de gecumuleerde weerstanden per periode.
GEM1,GEM2,GEM3 zijn de gemiddelde weerstanden per periode.
```

```
INVOERGEDEELTE
```

```
WRITE(3,100)
100 FORMAT(' ','DIT IS HET PROGRAMMA I N F I L ')
WRITE(3,101)
101 FORMAT(' ','DIT PROGRAMMA IS SPECIAAL VOOR HET PROEFVELD D E G R
* D E V E ')
WRITE(3,102)
102 FORMAT(' ','BEREKEND WORDT DE INFILTRATIEWEERSTAND VAN GEDRAINEERD
*LAND')
WRITE(3,103)
103 FORMAT(' ','DE DRAINAFSTAND IS 10 M DE SLEUFBREEDTE 0.2 M ')
WRITE(3,104)
104 FORMAT(' ','ER WORDEN BLOKKEN VAN 9 BUIZEN PER KEER VERWERKT')
WRITE(3,105)
105 FORMAT(' ','U MOET INVOEREN : DE INFILTRATIE FLUX (IN mm)')
WRITE(3,106)
106 FORMAT(' ','          9 X EEN BUISNR. MET DELTA H OP 1m E
*N DELTA H OP 5m')
WRITE(3,107)
107 FORMAT(' ','WILT U DE UITKOMSTEN OPSLAAN OP SCHIJF ? JA/NEE ')
READ(3,108)SCHIJF
108 FORMAT(A2)
IF (SCHIJF.NE.'JA') GO TO 1000
WRITE(3,109)
109 FORMAT(' ','HOE MOET DE FILE HETEN ? MAX 8 TEKENS GEEN EXTENSION
* ')
READ(3,110)(NAAM(I),I=1,4)
110 FORMAT(4A2)
NAAM(5)='DA'
NAAM(6)='T'
CALL OPEN (6,NAAM,0)
1000 WRITE(3,707)
707 FORMAT(' ',///' WELKE PERIODE IS DIT ? ')
READ(3,708)(PER(I),I=1,10)
708 FORMAT(10A4)
WRITE(3,709)
709 FORMAT(' ','WAT IS DE INFILTRATIE-FLUX IN mm/etm. ? ')

```

```

      READ(3,710)FLUX
710  FORMAT(F4.1)
      FLUX=FLUX/1000.
      DO 400 I=1,9
      WRITE(3,111)
111  FORMAT(' ', 'GEEF ACHTEREENVOLGENS BUISNR., H1, H5 (IN m)  ')
      READ(3,112)NRS(I), WS(I,1), WS(I,2)
112  FORMAT(I4,2F5.2)
400  CONTINUE
      WRITE(3,113)
113  FORMAT(/, ' ', 'IS DE INVOER JUIST ? JA/NEE  ')
      READ(3,114)JUIST
114  FORMAT(A2)
      IF (JUIST.NE.'JA') GO TO 1000
C
C  EINDE INVOERGEDEELTE
C
      DO 200 I=1,9
      CALL REKEN(WS(I,1), WS(I,2), DRW(I,1), DRW(I,2), DRW(I,3), FLUX)
200  CONTINUE
      TOT1=0.0
      TOT2=0.0
      TOT3=0.0
      DO 300 I=1,9
      TOT1=TOT1+DRW(I,1)
      TOT2=TOT2+DRW(I,2)
      TOT3=TOT3+DRW(I,3)
300  CONTINUE
      GEM1=TOT1/9
      GEM2=TOT2/9
      GEM3=TOT3/9
C
C  UITVOERGEDEELTE
C
      WRITE(2,201)
201  FORMAT(' ', ///, 'BEREKENDE INFILTRATIE WEERSTANDEN D E G R O E V
* E IN DAGEN')
      WRITE(2,202)(PER(I), I=1,10)
202  FORMAT(' ', /, 'PERIODE :', 10A4)
      WRITE(2,203)
203  FORMAT(' ', /, 'BUISNR. I TOTAAL I RADIAAL I UITTREE I')
      WRITE(2,204)
204  FORMAT(' ', '-----')
      DO 500 I=1,9
      WRITE(2,205)NRS(I), DRW(I,1), DRW(I,2), DRW(I,3)
205  FORMAT(' ', 3X, I2, 2X, 'I', 2X, F5.1, 1X, 'I', 2X, F5.1, 2X, 'I', 2X, F5.1, 2X, '
*I')
500  CONTINUE
      WRITE(2,204)
      WRITE(2,206)GEM1, GEM2, GEM3
206  FORMAT(' ', 'GEM. I', 2X, F5.1, 1X, 'I', 2(2X, F5.1, 2X, 'I'))
      WRITE(2,204)
      IF (SCHIJF.NE.'JA') GO TO 600
      WRITE(6,201)
      WRITE(6,202)(PER(I), I=1,10)
      WRITE(6,203)
      WRITE(6,204)

```

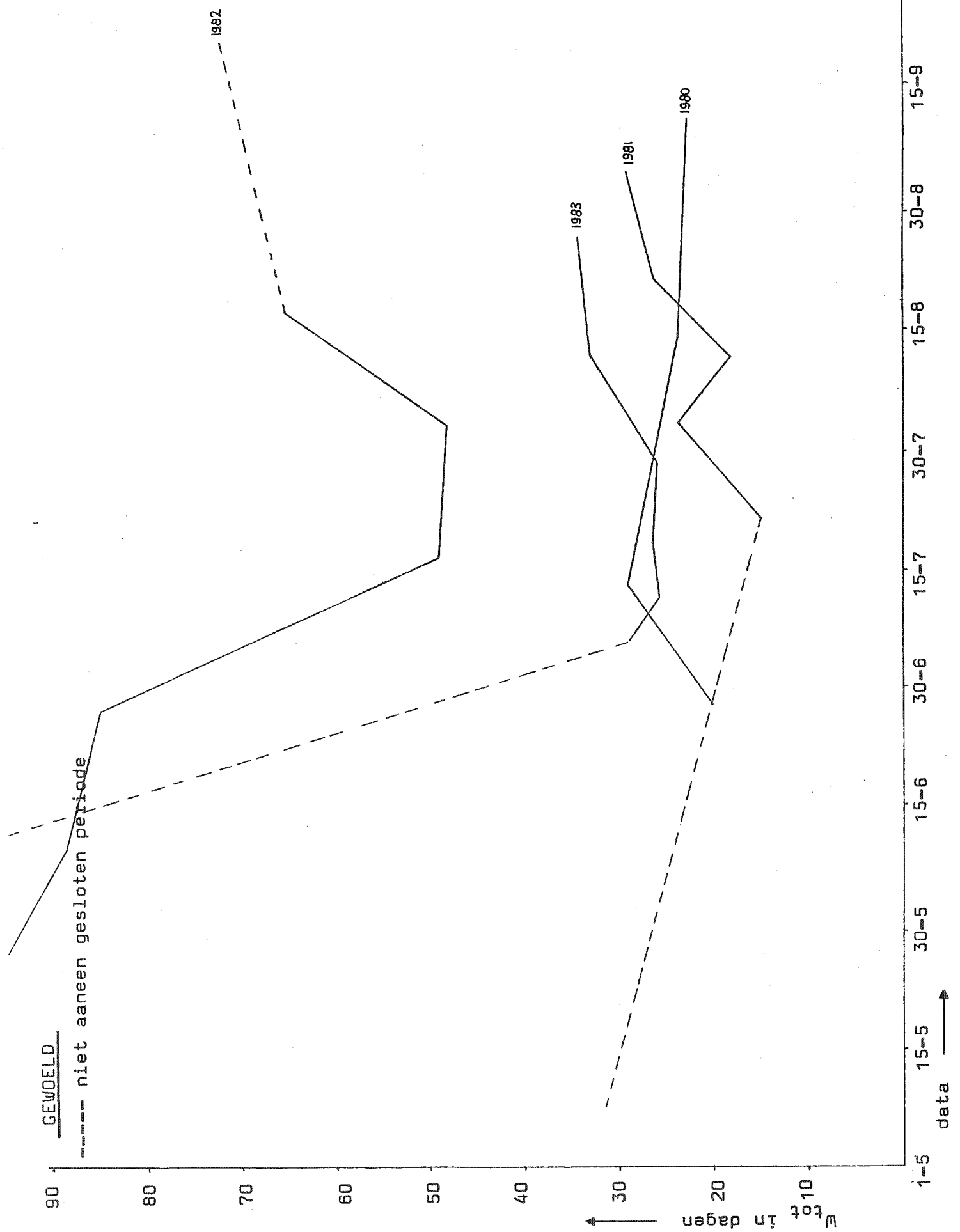
```

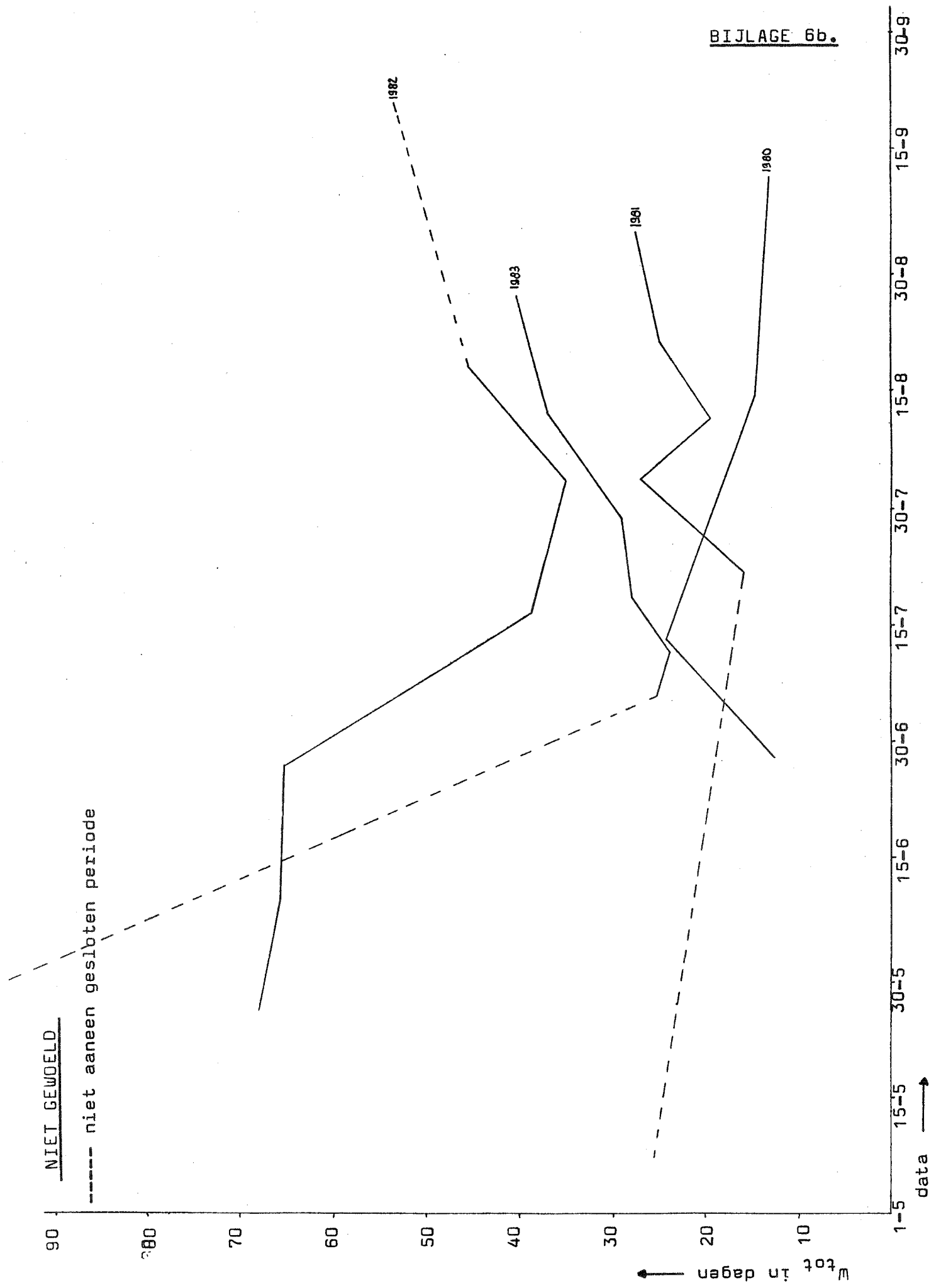
DO 505 I=1,9
WRITE(6,205)NRS(I),DRW(I,1),DRW(I,2),DRW(I,3)
505 CONTINUE
WRITE(6,204)
WRITE(6,206)GEM1,GEM2,GEM3
WRITE(6,204)
C
C EINDE UITVOER
C
600 WRITE(3,301)
301 FORMAT(' ','NOG EEN KEER ? JA/NEE ')
READ(3,302)NOG
302 FORMAT(A2)
IF (NOG.EQ.'JA') GO TO 1000
ENDFILE 6
END

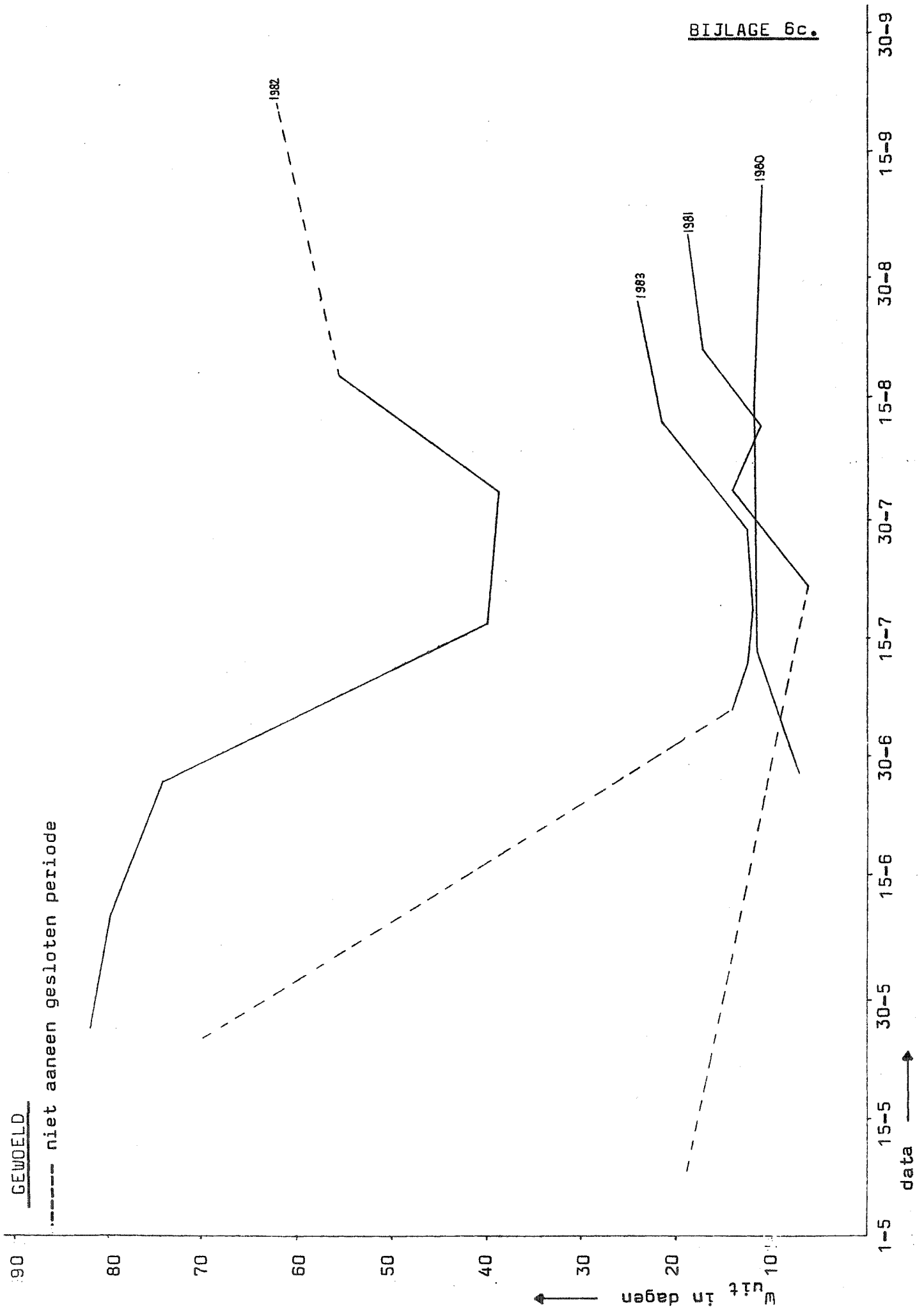
C
C Onderstaande subroutine berekent de drainageweerstand en de
C componenten hierin. Er is gebruikgemaakt van de formule van Thiem.
C
SUBROUTINE REKEN(DH1,DHT,TOTW,RADW,UITW,FLUX)
REAL DH1,DHT,TOTW,RADW,UITW,FLUX,DHR1,DHRT,DHU,C
C
C DH1 = peilverschil tussen 0 en 1 meter
C DHT = peilverschil tussen 0 en 5 meter (is midden tussen drains)
C TOTW = totale drainage-/infiltratieweerstand
C RADW = radiale component van de totale weerstand
C UITW = uittree component
C FLUX = de gebieds (an-/afvoer (in m/etm.)
TOTW=DHT/FLUX
C=(DHT-DH1)/1.609
DHR1=C*2.303
C
C 1.609 = LN(5/1) 2.303 = LN(10) IS 1m/HALVE SLEUFBREEDTE
C DHR1 = peilverschil tussen 0 en 1 meter veroorzaakt door
C radiale weerstand.
C DHRT = totale peilverschil veroorzaakt door radiale weerstand
C DHU = peilverschil veroorzaakt door uittreeweerstand.
C
DHRT=(DHT-DH1)+DHR1
DHU=DH1-DHR1
IF (DHU.LT.0) GO TO 303
GO TO 304
303 DHU=0.0
DHRT=DHT
304 RADW=TOTW*(DHRT/DHT)
UITW=TOTW*(DHU/DHT)
RETURN
END

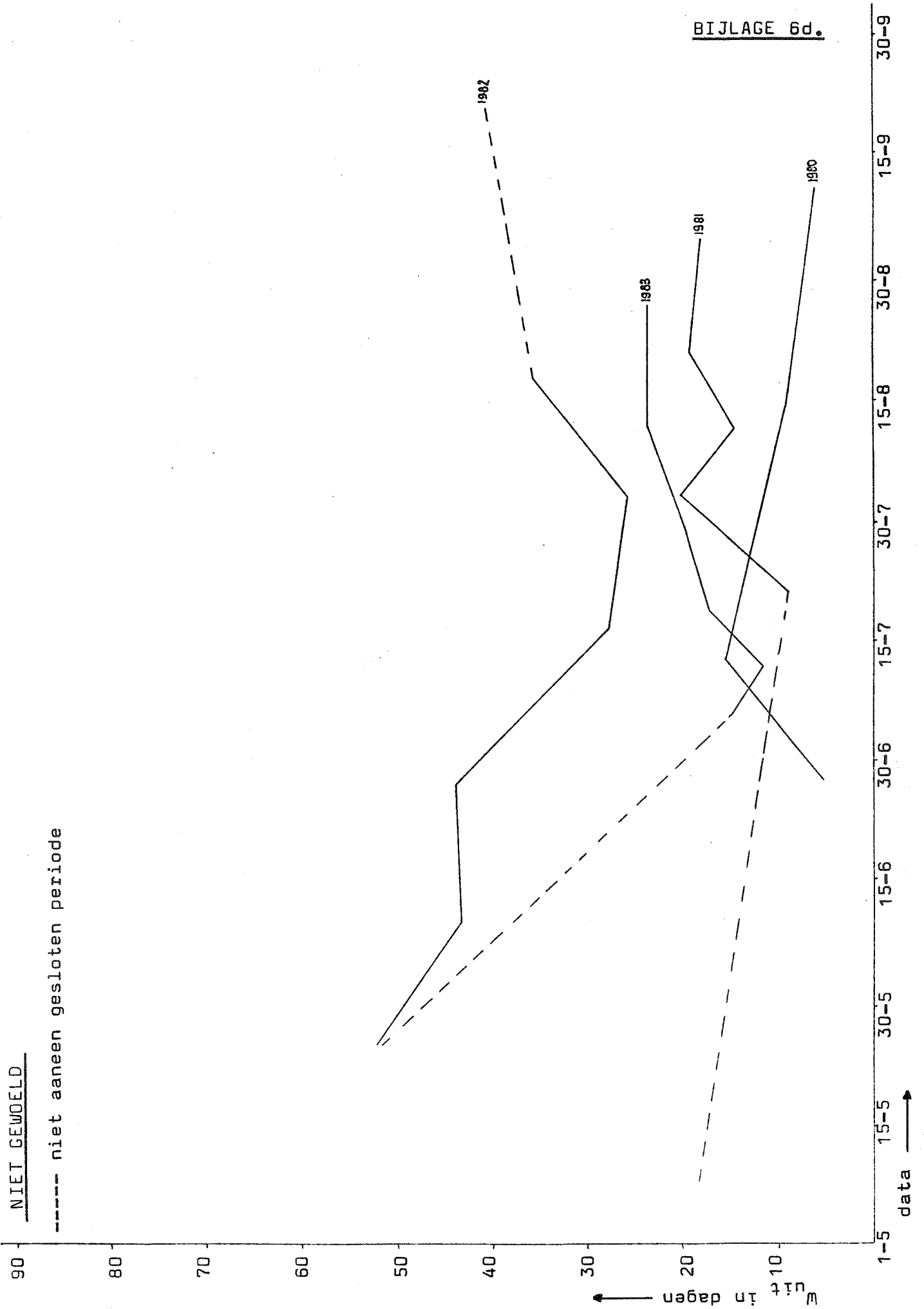
```

BIJLAGE 6a.



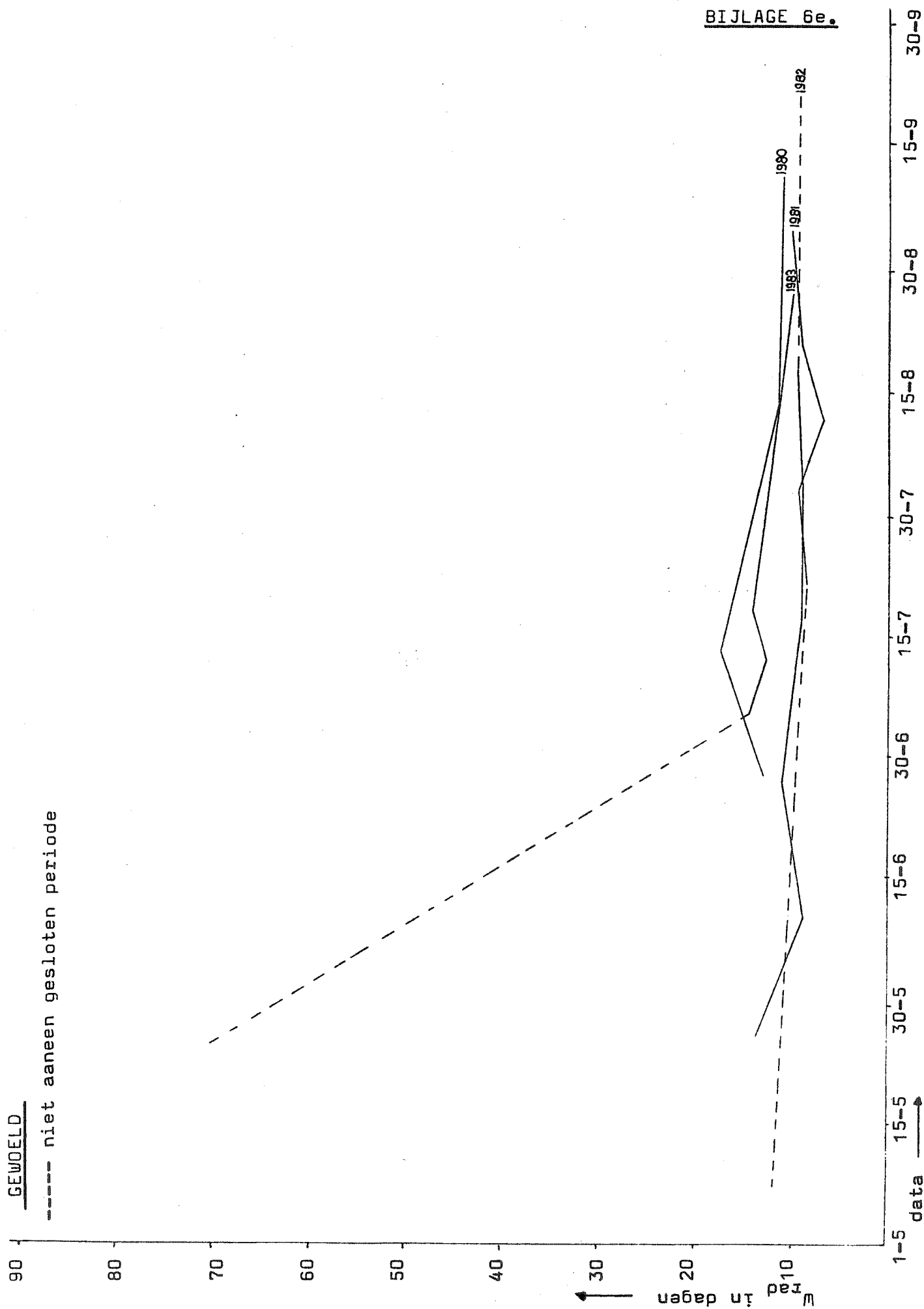






GEWOELD

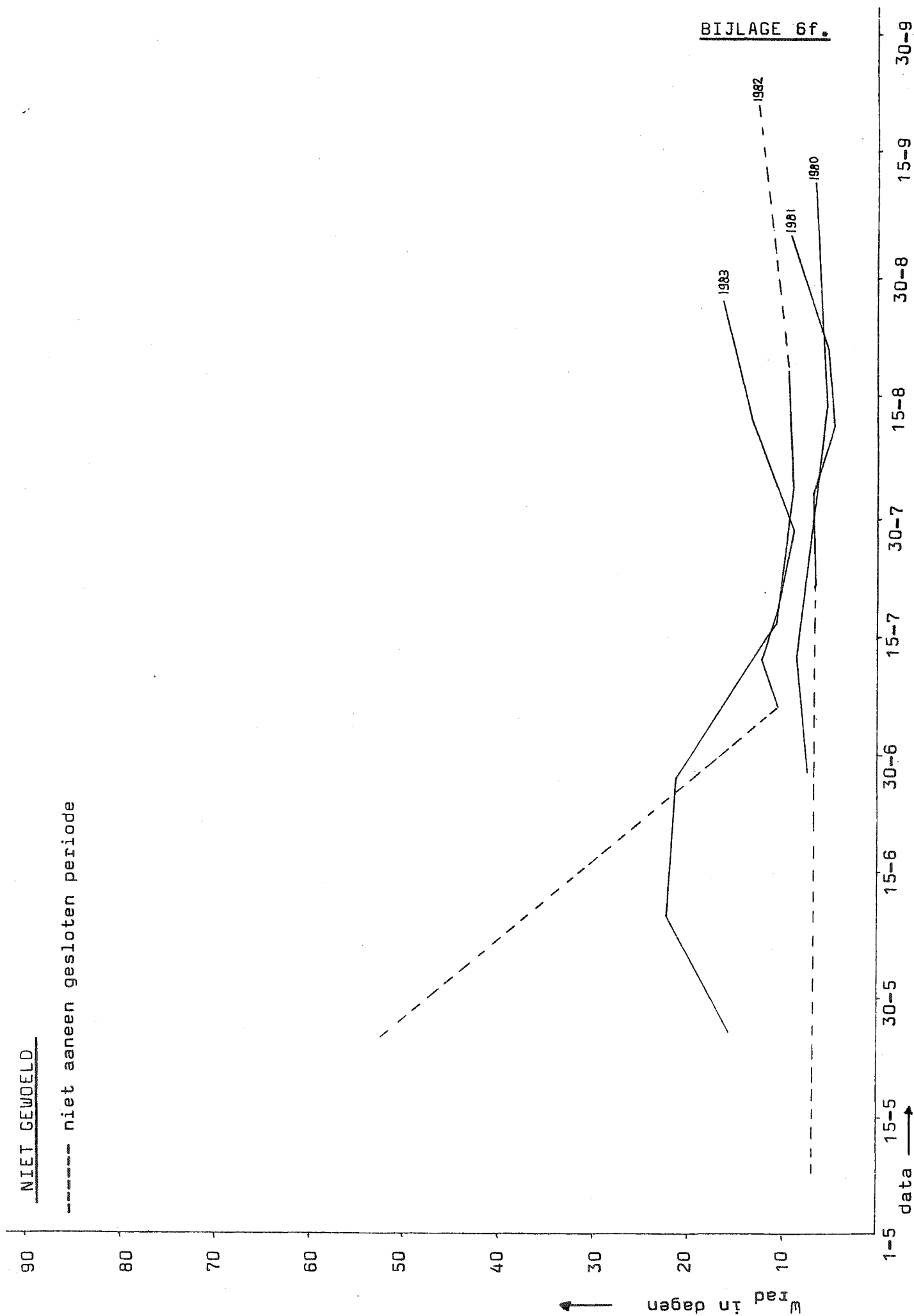
----- niet aaneen gesloten periode



BIJLAGE 6e.

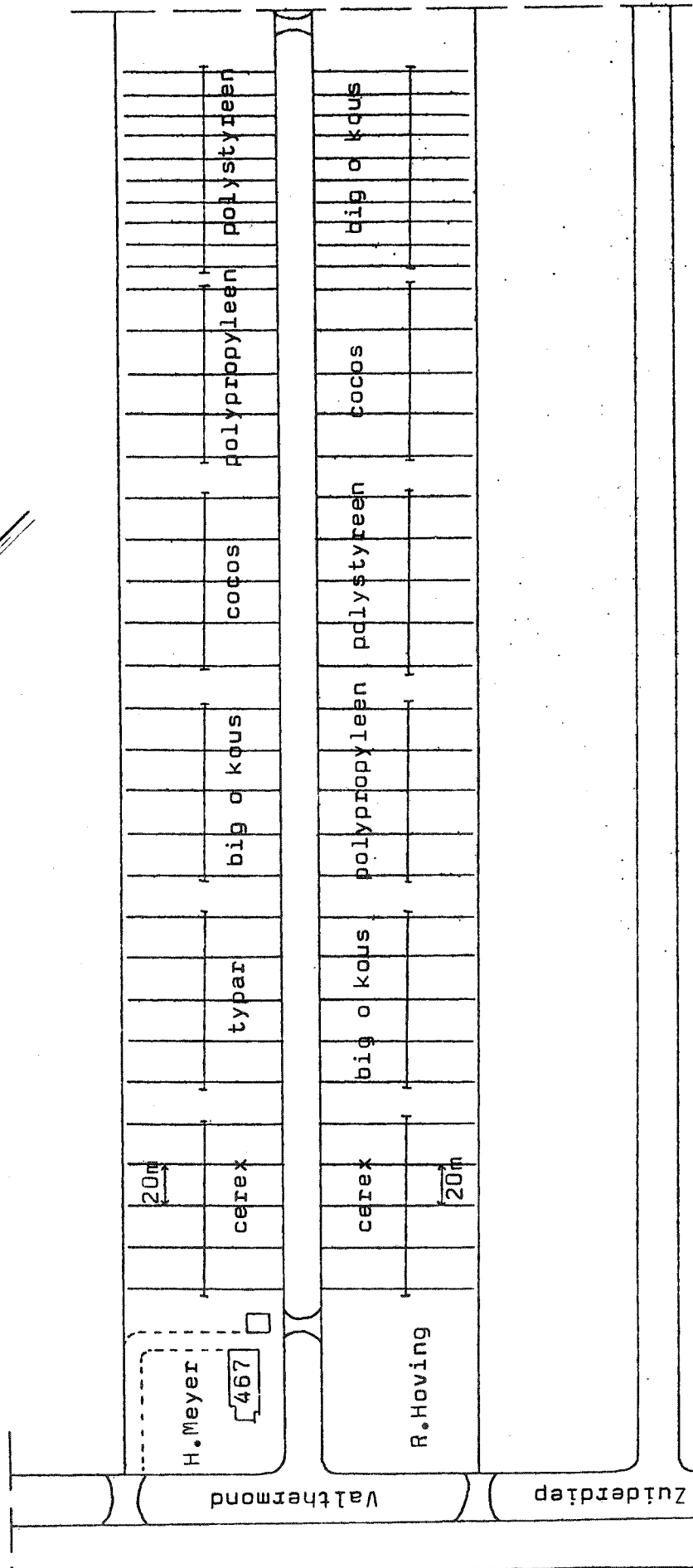
NIET GEWOELD

--- niet aaneen gesloten periode



BIJLAGE 6f.

BIJLAGE 7. Inrichtingskaartje proefveld "Valthermond".



Waterschap De Veenmarken

Infiltratieproefveld "Valthermond"

Schaal 1:33333