30 3 C 30

GRASGROEI EN GRONDWATERSTAND

ONDERZOEKINGEN OVER DE BETEKENIS VAN DE GRONDWATERSTAND
VOOR KOMKLEIGRASLAND

GROWTH OF GRASS AND GROUND-WATER LEVEL

INVESTIGATIONS INTO THE IMPORTANCE OF THE GROUND-WATER LEVEL FOR BASIN-CLAY GRASSLAND

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD
VAN DOCTOR IN DE LANDBOUWKUNDE
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS IR. W. F. EIJSVOOGEL,
HOOGLERAAR IN DE HYDRAULICA, DE BEVLOEIING,
DE WEG- EN WATERBOUWKUNDE EN DE BOSBOUWARCHITECTUUR,
TE VERDEDIGEN TEGEN DE BEDENKINGEN
VAN EEN COMMISSIE UIT DE SENAAT
VAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP VRIJDAG 14 OKTOBER 1960 TE 16 UUR

DOOR

JAN WILLEM MINDERHOUD

FIRMA PONSEN & LOOIJEN — WAGENINGEN — 1960

Cn 104434

STELLINGEN

1. Moeraspaardestaart (*Equisetum palustre* L.) dient eerder als een plant te worden beschouwd die gebonden is aan een open zode, dan als een vochtminnende plant die een meest vrij armoedige bemestingstoestand verraadt.

   SONNEVELD, F. : Overzicht van de oecologie en de bestrijding van moeraspaardestaart; Verslag van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek over 1952, p. 29—35, 1953

   KRUIJNE, A. A. en D. M. DE VRIES : Gegevens betreffende belangrijke graslandplanten; Gestencilde Mededelingen van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek, jg. 1956, nr. 23, p. 32—33

2. Op intensief gebruikt en goed verzorgd kleigrasland kan graslandvegetatiekartering in het algemeen geen kennis verschaffen omtrent de waterhuishouding van de grond.

   OTTO, W. M. : Proefschrift Wageningen, Stelling IX, 1959
   Dit proefschrift

3. Gezien de sinds enige tijd opkomende gedachten over nieuwe bedrijfssystemen in de veehouderij is het van belang, dat er op korte termijn onderzoek wordt verricht naar de invloed van jarenlang frequent maaien op de samenstelling en de produktiviteit van de grasmat.

   TJALLEMA, H. T. e.a.: Nieuwe bedrijfssystemen in de landbouw; 's-Gravenhage, 1959

4. Voor Nederland, waar de bij inzaai van grasland gebruikte zaadmengsels voor een belangrijk deel uit persistente Engels-raaigrasrassen bestaan, hebben de slechte ervaringen die KLAPP tot dusverre verkreeg met het scheuren en wederom inzaaien van blijvend grasland in de Eifel, weinig betekenis meer.

   KLAPP, E. : Wege zur Verbesserung des Grünlandes; Bonn, 1959

5. Zolang niet beschikt kan worden over een betrouwbare weersvoorspelling op langere termijn, is infiltratie in vele gevallen niet alleen een gebrekkige maar ook een riskante maatregel om in de waterbehoefte van grasland te voorzien; voor dit doel zullen beregening of bevloeiing daarom eerder de voorkeur verdienen.

   VISSER, W. C. : Grondwaterpeilregeling of kunstmatige beregening; Verslagen Technische Bijeenkomsten van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T. N. O. 11—12, p. 71—92, 1958
   Dit proefschrift

6. Om ook in de nazomer en de herfst van de grasgroei te kunnen profiteren, moet intensief gebruikt kleigrasland in de zomer enigszins uitdrogen, desnoods ten koste van enige bruto-produktie. De mening van REUTER, dat het op komgrond van belang is in een droge periode tijdig en frequent water toe te voeren, moet dan ook volstrekt afgewezen worden.

REUTER, K. N. : Ervaringen met bevloeiing van graslanden in het droge jaar 1959; Landbouwvoorlichting, jg. 17, nr. 5, p. 224—229. 1960

Dit proefschrift

7. Uit een praktisch oogpunt heeft het thans geldende gedetailleerde bemestingsadvies voor grasland voordelen; uit deze detaillering mag echter niet de conclusie worden getrokken, dat het advies ook een grote mate van nauwkeurigheid bezit.

Landelijke Adviesbasis Grondonderzoek

8. Over de juistheid van de fosfaat- en kalitoestand van een perceel grasland is nog slechts in extreme gevallen een gefundeerd oordeel te geven.

Landelijke Adviesbasis Grondonderzoek

9. Overtreding van verordeningen, welke beogen verspilling van (drink)-water tegen te gaan, dient een strafrechtelijke en niet een privaatrechtelijke, c.q. administratiefrechtelijke sanctie tot gevolg te hebben. De sancties van de verordening tot wijziging van de „Verordening, regelende de tarieven en de voorwaarden voor de levering van water door het Waterleidingbedrijf van de gemeente Wageningen", strekkende tot beperking van de besproeiing van tuinen e.d. in droge perioden, zijn bovendien weinig doelmatig.

10. Een doelmatige organisatie van het landbouwkundig onderzoek in Nederland brengt met zich mee, dat er naast instituten of proefstations die een bepaalde tak van wetenschap bestuderen, ook instellingen werkzaam dienen te zijn, die de vraagstukken betreffende een gehele cultuur tot hun werkterrein kunnen rekenen; in dit verband is het te betreuren, dat in Nederland een instituut of eventueel een objectassociatie voor graslandonderzoek ontbreekt.

Dissertatie J. W. MINDERHOUD
Wageningen 1960

Aan mijn vrouw

Dit proefschrift met stellingen van
JAN WILLEM MINDERHOUD,
landbouwkundig ingenieur,
geboren te Wageningen, 19 mei 1924,
is goedgekeurd door de promotor,
IR. M. L. 'T HART,
hoogleraar in de graslandcultuur.

De Rector Magnificus
der Landbouwhogeschool,
W. F. EIJSVOOGEL

Wageningen, 2 september 1960

WOORD VOORAF

Gaarne wil ik van de gelegenheid gebruik maken op deze plaats enige woorden van persoonlijke aard te zeggen.

Allereerst geef ik uiting aan mijn gevoelens van oprechte dankbaarheid jegens mijn ouders, die mij altijd met veel zorg hebben omringd en ook de studie mogelijk hebben gemaakt, welke aan het bewerken van dit proefschrift voorafging.

Aan de hoogleraren en oud-hoogleraren van de Landbouwhogeschool betuig ik mijn erkentelijkheid voor het genoten onderwijs in de richting Cultuurtechniek.

Hooggeleerde 'T HART, hooggeachte promotor, pas na het verlaten der hogeschool maakte ik met U en met de graslandwetenschap kennis. Veel dank ben ik verschuldigd voor de leiding die U, aanvankelijk als hoofd van de Afdeling Weide- en Voederbouw van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek en als voorzitter van de Werkgroep Onderzoek Komgronden, aan het door mij verrichte onderzoek hebt gegeven. Aan Uw kritiek is het in belangrijke mate te danken, dat dit werk een levendig karakter behield en niet tot een routine-bezigheid vervlakte. Bij het interpreteren van de verzamelde resultaten heb ik van U, die ten slotte mijn promotor werd, zeer veel steun mogen ontvangen.

De vrijheid om eigen ideeën te ontplooien, acht ik van grote betekenis voor het welslagen van een wetenschappelijk onderzoek. Zowel bij het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek als in mijn huidige werkkring aan het Proefstation voor de Akker- en Weidebouw heb ik deze vrijheid ruimschoots genoten. Aan U, ir. WIND, en aan U, ir. VELDMAN, ben ik alleen al om deze reden veel dank schuldig. Verder memoreer ik met erkentelijkheid de medewerking, die ik steeds van de zijde van mijn collega's mocht ontvangen. Het team, waartoe velen van ons destijds behoorden, is nu ontbonden, doch gelukkig leeft het saamhorigheidsgevoel nog voort.

Dit proefschrift is grotendeels voortgekomen uit een onderzoek naar de mogelijkheden ter verbetering van de komgronden in het rivierengebied. Aan het gezamenlijk overleg met de Werkgroep Onderzoek Komgronden, onder wiens verantwoording naast vele andere onderzoekingen ook dit werk werd uitgevoerd, bewaar ik verscheidene aangename herinneringen.

Proefveldresultaten vormen de grondslag van deze dissertatie. De heren WOLDRING en KRIST die, vaak onder moeilijke omstandigheden, de veldproeven steeds weer tot een goed einde wisten te brengen, ben ik zeer dankbaar. Gedegen proefveldwerk geniet in ons land helaas wel eens te weinig waardering.

Aan het tot stand komen van dit proefschrift hebben velen, medewerkers van het Proefstation voor de Akker- en Weidebouw of van andere instellingen, bewust of onbewust bijgedragen. Het zij mij vergund slechts enkelen nog afzonderlijk te noemen. Waarde ERINGA, op de destijds door U gelegde basis

heb ik vele jaren kunnen voortbouwen. Waarde DE BOER, het punt waarover ik een andere mening ben toegedaan staat in geen verhouding tot het terrein, waarover ik Uw inzichten steeds als juist heb leren aanvaarden. Waarde VERKERK, van Uw taalkundige kennis heb ik op ruime schaal mogen profiteren. Waarde KOOPMANS, van dit geschrift draagt elk hoofdstuk Uw stempel.

De dames A. H. VAN ROSSEM en E. H. ZEILER van de Afdeling Vegetatiekunde van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen ben ik zeer erkentelijk voor het door hen verrichte vertaalwerk.

Met dank vermeld ik tenslotte, dat ik bij het drukken en verspreiden van deze dissertatie aanzienlijke steun heb mogen ontvangen, zowel van het Proefstation voor de Akker- en Weidebouw als van de Stichting tot Ontwikkeling van Komgrondengebieden.

Dit proefschrift verschijnt tevens als publikatie nr. 15 van het Proefstation voor de Akker- en Weidebouw te Wageningen.

I. INLEIDING

De totale oppervlakte landbouwgrond in Nederland bedraagt ongeveer 2,3 miljoen ha. Meer dan de helft hiervan — t.w. 1,3 miljoen ha — bestaat uit blijvend grasland, dat thans meer of minder intensief wordt gebruikt. Dit grasland bevindt zich voor een belangrijk deel in laag gelegen gebieden, waar de ontwateringsdiepte betrekkelijk gering is. Vele van deze streken zijn reeds in de Middeleeuwen in cultuur gebracht. Deze ontginning ging al gepaard met het graven van sloten, waaraan soms nog de aanleg van kaden of dijken vooraf was gegaan. In latere jaren kwamen talrijke kleine en grotere waterbouwkundige werken tot stand, die enerzijds op een verhoging van de veiligheid, doch anderzijds eveneens op het voorkómen van wateroverlast gericht waren. Heden ten dage, nu de ergste excessen bedwongen zijn, worden nog steeds omvangrijke cultuurtechnische werken uitgevoerd, waarbij de ontwatering een belangrijke rol speelt. Een verhoging van de welvaart door een rationeler bodemgebruik en een vergroting van de bodemproduktie is het voornaamste doel van deze cultuurtechnische werken.

Bij de ontginning in het verleden was de ontwatering noodgedwongen dikwijls zeer gebrekkig; de gegraven sloten dienden tevens als perceelsscheidingen. Men zal zich toen weinig bekommerd hebben om de vraag, hoe diep men precies uit landbouwkundig oogpunt verschillende gronden zou moeten ontwateren. Met het voortschrijden van de techniek — windbemaling sedert de 15e eeuw, stoomgemalen sedert de 19e eeuw, motorgemalen en elektrische gemalen sinds de 20e eeuw — kreeg men steeds meer mogelijkheden. Thans meent men in vele streken al het punt genaderd te zijn, waarbij een nog diepere ontwatering meer nadelen dan voordelen zou kunnen hebben. Laag gelegen gronden zijn slechts voor de landbouw geschikt, nadat een zekere mate van ontwatering tot stand is gekomen. Ontwatert men echter te diep, dan vervult het grondwater nauwelijks meer een functie bij de watervoorziening van de gewassen. Dit laatste nu houdt voor het grasland grote gevaren in, omdat het waterverbruik hiervan reeds gedurende een normale zomer in Nederland de neerslag overtreft, waardoor in vele gebieden de grasgroei stagneert, terwijl in een extra droge zomer de grasgroei nog meer te wensen over laat (MAKKINK, 1951).

Hoewel de behoefte aan een nauwkeurig inzicht in de betekenis van de ontwateringsdiepte en met name van de grondwaterstand, voor de graslandcultuur groot is, zijn op dit gebied nog te weinig exacte gegevens beschikbaar. Deze beperkte kennis kan een gevolg zijn van de complexe aard van het probleem, maar ongetwijfeld ook van de omstandigheid, dat onderzoekingen op dit gebied uitgebreide en kostbare voorzieningen vragen en het graslandonderzoek in Nederland zich nog niet zo lang in een algemene belangstelling kan verheugen.

Nadat in 1942 het grondwaterstandsproefveld voor akkerbouwgewassen op zeeklei te Nieuw-Beerta was aangelegd (zie HOOGHOUDT, 1952 en VAN

HOORN, 1958) volgde in 1952 het grondwaterstandsproefveld voor blijvend grasland te Zegveld in het Utrechts-Hollandse veengebied. Ten slotte kwam in 1953 in de Bommelerwaard een grondwaterstandsproefveld op komgrond tot stand, dat voor het grootste deel eveneens uit grasland bestaat, terwijl daarnaast ook akkerbouw- en fruitteeltgewassen in het onderzoek zijn betrokken.

De aanleg van laatstgenoemd proefveld hield verband met de grootscheepse ruilverkavelingen, die na 1950 in het rivierkleigebied werden voorbereid en uitgevoerd en die aanzienlijke oppervlakten komkleigrasland besloegen. Bij deze verkavelingswerken nu was de mogelijkheid aanwezig voor grote gebieden een systeem van perfecte waterbeheersing te ontwerpen, doch de moeilijkheid deed zich voor, dat de ter zake verantwoordelijke instantie zich onvoldoende georiënteerd gevoelde over de eisen die grasland op komgrond aan de ontwatering stelde.

Het rivierkleiproefveld is inmiddels al niet meer het meest recente Nederlandse grondwaterstandsproefveld; in 1958 namelijk werd in het Geestmerambacht op zeeklei opnieuw een proefveld, ditmaal voor tuinbouwgewassen, aangelegd.

Algemeen geldt in Nederland de mening, dat akkerbouwgewassen op kleigrond een diepe ontwatering verlangen; de resultaten van het proefveld te Nieuw-Beerta (zie ook hoofdstuk II) hebben deze menig op overtuigende wijze bevestigd. Ten aanzien van blijvend grasland op kleigrond lopen de ideeën echter nog ver uiteen; enerzijds zijn er voorstanders te vinden van een ontwatering, even diep als voor akkerbouwgewassen, anderzijds gaan er ook stemmen op die een hogere grondwaterstand bepleiten, met name voor de zomermaanden (zie hiervoor hoofdstuk VIII: 1.2. op blz. 122).

Te verwonderen is het dan ook niet, dat toen het ontwateringsdiepteprobleem van het komkleigrasland aan de orde kwam, geraadpleegde deskundigen tot tegenstrijdige adviezen kwamen. Zo sprak PONS (1949) zich b.v. uit voor infiltratie in de zomer; dit oordeel grondde hij op waarnemingen uit de droge jaren 1947 en 1949, toen het komkleigrasland bij hoge slootwaterstanden groen bleef, terwijl het gras bij een diepe ontwatering verwelkte. VISSER (1949) daarentegen was van mening dat de weg die men zou moeten inslaan, niet in de wateraanvoer lag, doch in structuurverbetering van de diepere lagen van het komgrondprofiel. Dit meende hij te kunnen bereiken door middel van een zeer diepe ontwatering in combinatie met andere maatregelen. Aan deze vergaande verschillen in inzicht, en aan de urgentie van het probleem, dankte het grondwaterstandsproefveld op komgrond zijn ontstaan.

In het volgende zullen de resultaten, die het laatstgenoemde proefveld gedurende de eerste vier jaren heeft opgeleverd, uitvoerig worden besproken. Deze resultaten zullen worden vergeleken met de uitkomsten van het veengraslandproefveld, waarna, mede met behulp van gegevens uit de literatuur, een analyse gegeven zal worden van de betekenis van de grondwaterstand voor de groei van gras op komgrond. Op deze analyse volgt dan tot slot een syn-

these, waarin getracht zal worden te formuleren, welke grondwaterstand in het komgrondgebied in de praktijk dient te worden nagestreefd. Deze conclusie is niet alleen op het voorafgaande gebaseerd, doch — hoewel de betrokken cijfers nog niet tot in details waren uitgewerkt — ook op de gegevens van twee volgende jaren, waaronder het zeer droge jaar 1959. Over kwesties die nog niet voldoende duidelijk zijn geworden, zal een aanbeveling voor verder onderzoek worden gedaan. Aan de analyse gaat een bespreking vooraf van de reeds bestaande gegevens uit de Nederlandse, Engelse en Duitse literatuur over de betekenis van de grondwaterstand voor de grasgroei. De synthese wordt ingeleid met een bespreking van reeds eerder gepubliceerde meningen over de meest gewenste grondwaterstand voor komkleigrasland.

Daar een klein deel van de komgronden als bouwland wordt gebruikt, zal zijdelings ook aandacht worden besteed aan kwesties met betrekking tot de ontwateringsdiepte van akkerbouwgewassen op komkleigrond.

II. LITERATUUR OVER DE BETEKENIS VAN DE GRONDWATERSTAND VOOR DE GROEI VAN GRAS EN VAN AKKERBOUWGEWASSEN

Onder de grondwaterstand of grondwaterspiegel wordt het vlak verstaan, waar de druk van het grondwater gelijk is aan die van de atmosfeer. Beneden de grondwaterspiegel zijn de holten in de grond overwegend met water gevuld ; boven de grondwaterstand wordt lucht in de poriën aangetroffen, terwijl daarnaast ook water voorkomt, dat hetzij uit de neerslag afkomstig is, hetzij capillair is opgestegen. De grondwaterstand speelt bij de capillaire opstijging van bodemvocht een belangrijke rol en is voor een groot deel bepalend voor de water/luchtverhouding van het bodemprofiel.

De wortels van de meeste cultuurplanten dringen niet of nauwelijks door in een geheel met water verzadigd medium. Voor hun watervoorziening zijn deze planten derhalve geheel of voor een groot deel aangewezen op het bodemvocht dat zich te zamen met lucht in de boven de grondwaterspiegel gelegen poriën bevindt. Behalve over de watervoorziening, dient bij een beschouwing over de betekenis van de grondwaterstand voor de plantengroei dus ook over de luchtvoorziening te worden gesproken. Schade, als gevolg van een slechte luchtvoorziening, is als zodanig eveneens bekend. Naar men algemeen aanneemt (WESSELING, 1957) wordt deze schade eerder veroorzaakt door een teveel aan CO_2, gevormd als gevolg van de ademhaling van wortels en van bodemorganismen, dan door een tekort aan O_2. Koolzuurovermaat in de grond zou soms ook nog gepaard kunnen gaan met de vorming van andere, voor de plant schadelijke verbindingen. Het gevolg kan zijn een gehinderde opname van water en van mineralen en een beschadiging of zelfs een afsterving van de wortels. Een overzicht van onderzoekingen op dit gebied geeft KRAMER (1949).

Landbouwkundig gezien zijn onderzoekingen betreffende de plantengroei op met water verzadigde gronden minder interessant; als bouwland zijn deze gronden immers nauwelijks te bewerken, als grasland is de draagkracht veelal te gering om beweiding mogelijk te maken, terwijl slechts minder gewaardeerde moerasplanten er kunnen gedijen. De hierna te bespreken proefnemingen hebben dan ook geen van alle op extreem hoge grondwaterstanden betrekking.

Als eerste onderzoekingen kunnen die van PITSCH (1913) worden genoemd. Deze experimenteerde in Wageningen met bakken, gevuld met een lichte kleigrond, waarin grondwaterstanden van 40, 60 en 80 cm voorkwamen. De bakken waren bedekt met de oorspronkelijk aanwezige graszode. In het droge jaar 1911 was de reactie van de grasgroei op de grondwaterstand anders dan in het natte jaar 1910. Voor zover per object chemisch gewasonderzoek is verricht, blijkt uit de cijfers van PITSCH, dat de ruw-eiwitgehalten toenemen bij toenemende ontwateringsdiepte.

In 1924 werd een soortgelijk experiment uitgevoerd in Landsberg (Duitsland). Hier beschikte men over een aantal bakken, gevuld met een zestal grondsoorten, waarin verschillende grondwaterstanden werden gehandhaafd, en waar dat voorjaar een gras-klavermengsel was ingezaaid (FRECKMANN, 1927; KÖNEKAMP und KÖNIG, 1929). Bij deze proef werd de invloed van de grondwaterstand nagegaan aan de hand van de hooi-opbrengst (er werd drie keer per jaar gemaaid), het ruw-eiwitgehalte van het hooi en de botanische samenstelling, terwijl aan het einde van de proef, in 1928, ook de beworteling werd bestudeerd. Uit dit onderzoek, waarbij grondwaterstanden van 40, 70, 100 en 130 cm waren betrokken, bleek, dat de uit een oogpunt van hooiopbrengst optimale grondwaterstand van jaar tot jaar verschillend was, en een samenhang vertoonde met de hoeveelheid neerslag in het groeiseizoen. Voor klei- en veengrond werd soms een grondwaterstand van 40 cm optimaal bevonden, soms echter ook een grondwaterstand van 130 cm. Het hoogste ruw-eiwitgehalte in het hooi werd in de regel bij de diepste grondwaterstand aangetroffen, terwijl tevens opviel, dat dit gehalte in een droger jaar hoger was dan in een nat jaar. Deze laatste gevolgtrekking was in overeenstemming met een uitspraak van de praktijk, dat onder droge omstandigheden gegroeid hooi de beste voederwaarde zou bezitten. Het complexe karakter van het probleem kwam bij deze proef reeds duidelijk naar voren: behalve op de opbrengst en de voederwaarde bleek de grondwaterstand ook van invloed te zijn op de botanische samenstelling en het bewortelingsbeeld.

In 1929 werd de proef voortgezet met rietzwenkgras in monocultuur (SCHWARZ, 1932). De resultaten van dit onderzoek vormden een bevestiging van de voorafgaande proef, waarbij een gras-klavermengsel was gebruikt.

In Nederland werden de onderzoekingen van PITSCH pas in 1938 in Groningen herhaald door FRANKENA en GOEDEWAAGEN (1942). Zij werkten met bakken, die gevuld waren met ongeroerde klei-, veen- en zandprofielen, waarop de oorspronkelijke oude grasmat nog aanwezig was; deze laatste bestond uit vele soorten grassen en ook uit kruiden. In de twee jaren dat de proef duurde (1938 en 1939) gaf de hoogste grondwaterstand (20 cm) bij alle grondsoorten de hoogste droge-stofopbrengsten. Aan het eind van de proef werd ook weer een studie gemaakt van de beworteling, waarbij gevonden werd dat bij diepe ontwatering het percentage wortels in de diepere lagen een geringe stijging had ondergaan. Helaas worden in het verslag geen ruw-eiwitgehalten vermeld.

Na de tweede wereldoorlog en vooral onder de indruk van de zeer droge zomer van 1947, werden in Nederland de onderzoekingen over de meest gewenste grondwaterstand voor grasland, op grotere schaal voortgezet. De onderzoekers, die zich aan dit onderwerp wijdden(KALISVAART, 1949; SIEBEN en SMITS, 1951; VAN DER WOERDT, 1953; MAKKINK, 1955c) hadden geen speciale proefopstellingen, zoals bij de hiervoor genoemde onderzoekingen het geval was. Zij verzamelden gegevens betreffende grasgroei en grondwaterstand op verschillende percelen met uiteenlopende ontwateringsdiepten. Soms werden eenvoudige proefvelden aangelegd, waarbij een perceel grasland in de zomermaanden ten dele werd geïnfiltreerd, zodat zowel op het geïnfiltreerde gedeelte als op het

niet geïnfiltreerde gedeelte van het perceel de grasgroei kon worden nagegaan en in verband kon worden gebracht met de gemeten grondwaterstand.

KALISVAART (1949) onderzocht de invloed van het infiltratiepeil (slootwaterstand in de zomer) op de hooi-opbrengst van kunstweiden op grove zandgrond in de Noordoostpolder; het hoogste peil (40 cm) gaf in de jaren 1946, 1947 en 1948 de hoogste opbrengst. SIEBEN en SMITS (1951) daarentegen vonden bij hun onderzoek op zand-, veen- en kleigrasland een bevestiging van de conclusies van KÖNEKAMP en KÖNIG (1929) en SCHWARZ (1932), dat de reactie van de droge-stofopbrengst op de grondwaterstand bepaald werd door de regenval in het groeiseizoen. Voorts toonden zij aan, dat de grondwaterstand in een bepaald jaar niet alleen de jaaropbrengst aan droge stof beïnvloedt, maar eveneens het verloop van de groei gedurende het seizoen.

VAN DER WOERDT (1953), de resultaten van verschillende onderzoekingen samenvattende, komt tot meer concrete uitspraken en geeft enige cijfers voor de naar zijn mening meest gewenste grondwaterstand in natte en in droge zomers voor grasland op zand- en veengrond. Voor veengrond variëren deze cijfers, al naar de omstandigheden, van 20 tot ca. 60 cm en voor zandgrond van 40 tot ca. 70 cm. Hij wijst er voorts op, dat in het voor- en najaar een lagere grondwaterstand wenselijk is, niet alleen uit een oogpunt van groei, maar ook in verband met het gevaar voor vertrapping en in verband met de botanische samenstelling van de zode. Bij een te lang aangehouden hoog grondwaterpeil kunnen namelijk ongewenste, vochtminnende soorten een te grote plaats gaan innemen in het grasbestand. Daar de grondwaterstand van grote betekenis is voor het vochtgehalte van de grond, is het zonder meer duidelijk, dat men in beschouwingen over het meest gewenste niveau de botanische samenstelling van de zode niet uit het oog zal mogen verliezen (KLAPP, 1954).

MAKKINK (1955c), die zijn gegevens betrok van een serie graslandpercelen met uiteenlopende grondwaterstand, veronderstelt dat de dikwijls minder duidelijke uitkomsten van het grondwaterstandsonderzoek op verspreide percelen worden veroorzaakt door het feit dat het capillaire geleidingsvermogen van de grond van perceel tot perceel verschillend kan zijn. Om deze reden zou het nooit mogelijk zijn, met behulp van een onderzoek op een serie percelen met verschillende grondwaterstand, het optimale niveau te leren kennen. Wel zou men een nauwkeurige opbrengstcurve kunnen verkrijgen, indien men als maatstaf voor de vochthoudendheid van de grond de pF-waarde zou nemen, een grootheid, die zowel van de grondwaterstand als van het capillaire geleidingsvermogen afhankelijk is. Aldus te werk gaande en de opbrengsten van een serie percelen grasland op klei-, veen- en zandgrond tegen de pF uitzettend, vindt MAKKINK in een bepaalde periode een duidelijk optimum. Hij wijst er echter op, dat van een dergelijke curve alleen het aan de droge kant van het optimum gelegen gedeelte, dat de reactie van de droge-stofopbrengst op de grondwaterstand weergeeft, reëel is. Het gedeelte van de curve dat aan de natte kant van het optium is gelegen, zou de reactie op de aëratietoestand weergeven en daar de aëratie onder andere wordt bepaald door het poriënvolume, dat van grondsoort tot grondsoort zeer uiteen kan lopen, zal men dit gedeelte van de curve al-

leen mogen construeren met behulp van gegevens, die van één grondsoort afkomstig zijn.

Resultaten, verkregen in de jaren 1939—1954 met één- of tweejarige maaikunstweiden op een Fins waterstandsproefveld op klei en veen, worden beschreven door WÄRE (1955). Door verhoging van de waterstand in de zomermaanden werd hier bijna altijd een grotere hooi-opbrengst verkregen. Een met behulp van hetzelfde proefveld ingesteld onderzoek naar de betekenis van grondwaterstanden van 60, 35 en 20 cm voor de graslandopbrengsten, leverde echter geen duidelijke resultaten op.

De Engelse onderzoekingen hebben betrekking op een grondwaterstandsproefveld, dat gelegen was bij Burwell Fen (EDEN et al., 1951 ; NICHOLSON and FIRTH, 1953 ; NICHOLSON and FIRTH, 1958). Hier werden in de jaren 1949—1953 éénjarige kunstweiden, bestaande uit Italiaans raaigras in monocultuur, aangelegd op een slibarme, kalkrijke veengrond. In tegenstelling tot de meeste andere hiervoor genoemde experimenten bleek op dit proefveld, dat zowel in een droog als in een nat seizoen de diepste grondwaterstand (80 à 100 cm) de beste groei, afgemeten naar droge-stofopbrengst, tot gevolg had. Zowel de kleur als het eiwitgehalte van het gras wezen erop, dat op de één of andere wijze de stikstofhuishouding door de grondwaterstand werd beïnvloed. Ook de bewortelingsdiepte van het Italiaans raaigras bleek duidelijk onder invloed van de grondwaterstand te staan ; met een diepere waterstand ging een dieper wortelstelsel gepaard.

Dertig jaar na het begin van de Landsberger proeven komt KLAPP (1954), in zijn bekende standaardwerk, nog tot een uitspraak die geheel in overeenstemming is met de uitkomsten van de hiervoor besproken onderzoekingen : „Es gibt keinen allgemeingültigen besten Grundwasserstand; seine günstigste Lage hängt von den verschiedensten Einflüssen ab, sie ist selbst für eine bestimmte Fläche nie für längere Zeit dieselbe".

Deze uitspraak is in overeenstemming met de mening van WESSELING (1957); laatstgenoemde auteur formuleert in een overzicht betreffende de waterbeheersing van landbouwgronden zijn opvatting aldus : „Er bestaat geen algemene opbrengst — grondwaterstandscurve, die geldt voor elk jaar. De optimale grondwaterstand hangt af van de mate, waarin een vochttekort gedurende het groeiseizoen voorkomt". Bij een onderzoek op verspreid liggende percelen naar de factoren, die de opbrengst van komkleigrasland bepalen, vonden ook MINDERHOUD et al. (1960), dat de reactie van de grasgroei op de grondwaterstand van periode tot periode sterk uiteenliep en samenhing met het neerslagtekort van de desbetreffende periode.

De hierboven genoemde gegevens hebben alle betrekking op oud grasland of op kunstweide ; deze kunstweiden zou men tot de bouwlandgewassen kunnen rekenen. Over de betekenis van de grondwaterstand voor andere akkerbouwgewassen zijn in de literatuur echter ook enige interessante gegevens te vinden.

Op het eerder genoemde Engelse proefveld te Burwell Fen (NICHOLSON, 1952; NICHOLSON and FIRTH, 1953; NICHOLSON and FIRTH, 1958) was de reactie van de vele verbouwde akkerbouwgewassen van jaar tot jaar niet gelijk; in droge zomers was dikwijls een hoge grondwaterstand gunstig voor de groei en in natte jaren een lage grondwaterstand. De slechte groei van bepaalde gewassen in natte jaren bij hoge grondwaterstanden ging, evenals bij het op dit proefveld verbouwde Italiaans raaigras waar men van stikstofgebrek sprak, gepaard met een geelachtige kleur in het gewas.

Ook in sommige Amerikaanse staten (Minnesota, Florida, Indiana) heeft men zich beziggehouden met grondwaterstandsproefvelden op veengrond (ROE, 1936; CLAYTON et al., 1942; ELLIS and MORRIS, 1946). De resultaten van deze onderzoekingen, waarbij naast groenten of suikerriet ook wel enige akkerbouwgewassen waren betrokken, zijn niet steeds even duidelijk en sluiten, o.a. als gevolg van het optreden van nachtvorstschade, niet erg bij de andere hier besproken proeven aan. Wel blijkt uit deze Amerikaanse onderzoekingen, dat op veengrond bij toenemende ontwateringsdiepte de inklinking van de grond sterk toeneemt.

Op het Nederlandse grondwaterstandsproefveld op zeeklei te Nieuw-Beerta (VAN HOORN, 1958) bleken akkerbouwgewassen echter zowel in droge als in natte jaren de hoogste opbrengst te geven bij diepe grondwaterstanden. Ook hier werd een beïnvloeding van de stikstofvoorziening door de grondwaterstand geconstateerd.

Bij een regionaal streekonderzoek op jonge zeekleigrond vond FERRARI (1949) eveneens een verband tussen de grondwaterstand en de hoeveelheid stikstofkunstmest die nodig is om een maximale aardappelopbrengst te leveren; voor de verklaring van dit verschijnsel worden verschillende mogelijkheden geopperd.

III. BESCHRIJVING VAN DE PROEFVELDEN

In dit hoofdstuk zal een beschrijving worden gegeven van het grondwaterstandsproefveld op rivierkleigrond, terwijl ook een aantal gegevens vermeld zal worden van het grondwaterstandsproefveld op veengrond. Van het eerstgenoemde proefveld zullen in de hierna volgende hoofdstukken IV, V, VI en VII, resultaten worden besproken uit de jaren 1954 t/m 1957 (grasland) en 1954 t/m 1958 (bouwland), waarna in de hoofdstukken VIII en IX ook nog enige gemiddelde cijfers van de jaren 1954 t/m 1959 zullen worden behandeld wat betreft het graslandgedeelte. Van het veenproefveld komen de resultaten uit de jaren 1954 t/m 1957 ter sprake. Daar, zoals in hoofdstuk IV bij de bespreking van het rivierkleigrasland zal blijken, het weer — met name de regenval en de evapotranspiratie — een belangrijke rol speelt bij het verklaren van de waargenomen feiten, zal begonnen worden met een overzicht en een bespreking van deze weerkundige gegevens.

1. Regenval en verdamping in de jaren van onderzoek

Van beide proefvelden zijn neerslaggegevens beschikbaar; op het rivierkleiproefveld was een regenmeter opgesteld, terwijl de neerslagcijfers van het veenproefveld bepaald werden met behulp van een regenmeter, die op 1300 m van het proefveld geplaatst was. Deze meetcijfers zijn weergegeven in tabel 1.

Om de regenval in de jaren van onderzoek te kunnen karakteriseren is een vergelijking met veeljarige gemiddelden gewenst. Daar op de proefvelden zelf pas metingen werden verricht vanaf het begin van het onderzoek, zal de vergelijking moeten worden uitgevoerd met behulp van gegevens van nabijgelegen regenstations. Als zodanig komen echter het meest in aanmerking de stations, waarvan ook verdampingscijfers bekend zijn. Voor het rivierkleiproefveld werd in dit verband Gemert gekozen (afstand tot het proefveld 38 km), voor het veenproefveld De Bilt (afstand tot het proefveld 24 km). Weliswaar ligt het rivierkleiproefveld iets dichter bij De Bilt dan bij Gemert, doch de regenval van Gemert komt beter met die van het centrale rivierkleigebied overeen dan de regenval van De Bilt (BRAAK, 1933). De neerslagcijfers van deze stations en de cijfers van de in het rivierkleigebied gelegen plaatsen Herwijnen en Megen waren nl. in de periode 1891 t/m 1930 als volgt:

	De Bilt	Gemert	Herwijnen	Megen
Gehele jaar	760	683	643	666
Zomerhalfjaar	393	349	340	342

Naast de neerslagcijfers van de jaren van onderzoek zijn nu in tabel 1 ook de over 26 jaren (1933 t/m 1959, met uitzondering van 1940) gemiddelde cijfers van Gemert en De Bilt vermeld; dat juist deze reeks werd uitgekozen houdt eveneens verband met de beschikbaarheid van de hier na te noemen verdampingscijfers.

In tabel 2 zijn de op de proefvelden gemeten neerslagsommen van de maanden april t/m september verminderd met verdampingscijfers volgens PENMAN (1950) van het station Gemert (rivierkleiproefveld), resp. van De Bilt (veen-

Tabel 1. Maandsommen van de neerslag in de jaren van onderzoek (mm)
Table 1. Monthly precipitation (in mm) in the years of investigation

Maand *Month*	1954	1955	1956	1957	1954t/m'57 *1954until'58*	1958	1959	1954t/m'59 *1954until'60*	1933t/m'59 *1933until'60*
					Rivierkleiproefveld *Experimental field on river clay*				
1	57	52	92	30	58	76	80	64	
2	43	47	12	79	45	73	6	43	
3	32	36	34	62	41	29	58	42	
4	22	19	40	7	22	49	69	34	
5	31	84	43	44	51	48	5	43	
6	71	46	64	29	52	53	23	48	
7	149	30	121	82	95	93	59	89	
8	78	47	98	141	91	114	34	85	
9	104	79	46	103	83	64	5	67	
10	84	77	83	63	77	77	46	72	
11	52	18	50	31	38	35	35	37	
12	69	65	38	40	53	70	47	55	
4—9	455	305	412	406	394	421	195	366	
1—12	792	600	721	711	706	781	467	679	
					Veenproefveld *Experimental field on peat soil*				
1	45	42	87	41	54				
2	32	27	5	79	36				
3	28	29	25	61	36				
4	14	18	37	19	22				
5	30	55	26	52	41				
6	74	62	35	34	51				
7	125	152	66	148	123				
8	88	42	153	161	111				
9	87	76	45	197	101				
10	74	124	72	59	82				
11	56	19	55	39	42				
12	48	53	50	57	52				
4—9	418	405	362	611	449				
1—12	701	699	656	947	751				

Maand *Month*	1954	1955	1956	1957	1954t/m'57 *1954until'58*	1958	1959	1954t/m'59 *1954until'60*	1933t/m'59 *1933until'60*
					Gemert				
1	63	58	93	34	62	85	89	70	63
2	39	68	25	115	62	90	4	57	55
3	45	37	43	56	45	19	67	44	43
4	23	21	28	5	19	60	45	30	40
5	48	82	42	47	55	74	9	50	54
6	82	44	83	34	61	41	19	50	59
7	115	14	96	75	75	89	28	70	67
8	133	78	109	98	104	48	38	84	72
9	48	64	57	170	85	58	4	67	61
10	86	62	68	38	63	57	41	59	50
11	58	22	51	35	42	32	28	38	59
12	66	60	46	36	52	80	54	57	58
4—9	449	303	415	429	399	370	143	351	353
1—12	806	610	741	743	725	733	426	676	681
					De Bilt				
1	55	57	108	45	66	111	101	79	69
2	46	43	23	91	51	73	5	47	54
3	39	32	31	59	40	33	61	42	45
4	16	26	35	17	23	53	78	38	47
5	28	81	31	65	51	66	16	48	52
6	92	50	62	35	60	64	28	55	57
7	120	40	127	107	99	80	43	86	73
8	116	45	129	150	110	87	33	93	89
9	93	67	39	79	69	82	3	61	67
10	89	125	79	51	86	72	62	81	66
11	60	15	43	41	40	30	45	43	68
12	64	80	44	55	61	78	65	65	64
4—9	465	309	423	453	412	432	201	381	385
1—12	818	661	751	795	756	829	540	738	751

Tabel 2. Maandsommen van neerslag minus verdamping in de jaren van onderzoek (mm)
Table 2. Monthly precipitation minus evaporation (in mm) in the years of investigation

Maand *Month*	1954	1955	1956	1957	1954 t/m 1957 *1954 until 1958*	1958	1959	1954 t/m 1959 *1954 until 1960*	1933 t/m 1959 *1933 until 1960*
				Rivierkleiproefveld *Experimental field on river clay*					
4	−38	− 38	− 7	−52	−34	− 5	+11	−22	
5	−72	+ 2	−43	−48	−40	−35	−104	−50	
6	−22	− 54	−13	−87	−44	−38	− 97	−52	
7	+72	− 70	+44	−12	+ 8	+ 2	− 67	− 5	
8	+12	− 34	+31	+64	+18	+39	− 51	+10	
9	+62	+38	+ 8	+66	+43	+15	− 60	+22	
4−9	+14	−156	+20	−69	−49	−22	−368	−97	
				Veenproefveld *Experimental field on peat soil*					
4	−46	−38	−10	−39	−33				
5	−69	−28	−61	−31	−47				
6	−17	−36	−45	−83	−45				
7	+46	+53	−13	+ 53	+35				
8	+20	−40	+85	+ 88	+38				
9	+47	+34	+ 6	+162	+62				
4−9	−19	−55	−38	+150	+10				
				Gemert					
4	−37	− 36	−19	−54	−36	+ 6	− 13	− 25	− 15
5	−55	0	−44	−45	−36	− 9	−100	− 42	− 33
6	−11	− 56	+ 6	−82	−36	−50	−101	− 49	− 40
7	+38	− 86	+19	−19	−12	− 2	− 98	− 25	− 27
8	+67	− 3	+42	+ 21	+32	−27	− 47	+ 9	− 5
9	+ 6	+23	+19	+133	+45	+ 9	− 61	+21	+18
4−9	+ 8	−158	+23	−46	−43	−73	−420	−111	−102
				De Bilt					
4	−44	− 30	−12	−41	−32	+ 2	+24	−18	− 8
5	−71	− 2	−56	−18	−37	−12	− 90	−41	−36
6	+ 1	− 48	−18	−82	−37	−24	− 94	−44	−44
7	+41	− 59	+48	+12	+11	−12	− 53	− 4	−22
8	+48	− 37	+61	+77	+37	+16	− 51	+19	+12
9	+53	+25	0	+44	+31	+36	− 57	+17	+24
4−9	+28	−151	+23	− 8	−27	+ 6	−321	−71	−74

proefveld). Deze verdampingscijfers stellen de potentiële evapotranspiratie van een korte, gesloten grasmat voor; zij berusten op gegevens van het K.N.M.I., ten dele gepubliceerd door KRAMER (1957) of vermeld in de Maandelijkse Overzichten van het K.N.M.I. en zijn hiervan afgeleid door vermenigvuldiging met een factor 0,7 (april en september) of 0,8 (mei t/m augustus). Het veeljarig gemiddelde heeft betrekking op dezelfde periode als die waarover een gemiddelde neerslagsom werd berekend. De op deze wijze berekende verschillen van neerslag en verdamping geven uiteraard slechts een benadering van de werkelijkheid; zij hebben echter illustratieve waarde.

Uit de cijfers van de tabellen 1 en 2 blijkt, dat op het rivierkleiproefveld in het voorjaar van 1954 een periode van droogte optrad, evenals in de zomer van 1955 en in de voorzomer van 1957; het groeiseizoen van 1959 was in zijn geheel uitzonderlijk droog. Uitgesproken nat waren daarentegen de zomers van de jaren 1954, 1956 en 1958 en vooral die van 1957. Op het veenproefveld was de zomer van 1954 iets minder nat en de zomer van 1955 minder droog, maar de zomer van 1957 was hier nog natter dan op het rivierkleiproefveld.

In de hoofdstukken VIII en IX moet op de vraag worden ingegaan, welke reeks van onderzoekjaren op het rivierkleiproefveld representatief is voor een langere periode. Deze kwestie zal hier alvast worden onderzocht met behulp van de gemiddelde neerslag- en verdampingscijfers en van de frequentieverdeling.

De gemiddelde neerslagsom van het zomerhalfjaar en van het gehele jaar voor de periode 1954 t/m 1959 blijkt zowel in Gemert als in De Bilt de overeenkomstige veeljarige gemiddelden dicht te benaderen (tabel 1); dit zelfde is in beide stations het geval met de gemiddelde som van neerslag minus verdamping in het groeiseizoen (tabel 2). De periode 1954 t/m 1957 daarentegen past in het algemeen minder goed bij de veeljarige gemiddelden; zowel uit tabel 1 als uit tabel 2 blijkt, dat in deze vierjarige periode het groeiseizoen gemiddeld belangrijk te nat was.

Naast de gemiddelde cijfers is echter de frequentie van het optreden van vochtige en van droge groeiseizoenen van belang. Deze veelvuldigheid kon voor het station De Bilt, waarvan het K.N.M.I. een langere reeks gegevens beschikbaar heeft dan van Gemert, worden nagegaan voor een 48-jarige periode (1911 t/m 1959, met uitzondering van 1940). Men zie hiervoor tabel 3. Als maatstaf werd genomen de som van de negatieve verschillen tussen neerslag en verdamping in het zomerhalfjaar; deze som stemt overeen met het neerslagtekort bij een bodemvoorraad 0.

Voor Gemert was slechts een 26-jarige reeks van neerslagtekorten beschikbaar. Deze reeks is voor het onderhavige doel minder goed bruikbaar dan de 48-jarige reeks van De Bilt. Na een verschuiving van de klassegrenzen van het neerslagtekort met 10 mm is evenwel gebleken, dat Gemert in genoemde 26-jarige periode nagenoeg hetzelfde patroon vertoont als De Bilt.

Uit de cijfers van tabel 3 blijkt nu, dat op grond van de frequentie van de neerslagtekorten in de maanden april t/m september, de periode 1954 t/m 1959 bij benadering eveneens een veeljarige periode weerspiegelt. Dit zelfde is tenslotte ook te concluderen uit de — hier niet weergegeven — frequentie van de

Tabel 3. Frequentie van het vóórkomen in de periode april t/m september van bepaalde neerslagtekorten (De Bilt)
Table 3. Frequence of occurrence of certain precipitation-deficit ranges at De Bilt in the period April until October

Neerslagtekort (bij een bodemvoorraad 0) *Precipitation deficit (neglecting the water capacity of the soil)*	-370 — -311	-310 — -251	-250 — -191	-190 — -131	-130 — -71	-70 — -11
Jaren met een bepaald neerslagtekort in het groeiseizoen; de jaren van onderzoek zijn onderstreept *Years with a given precipitation deficit in the growing season (the years of investigation have been underlined)*	1921 1959	1911	1929 1933 1941 1947 1949	1914 1917 1918 1919 1922 1925 1932 1934 1936 1937 1939 1943 1944 1945 1946 1951 1952 1955 1957	1912 1913 1915 1920 1923 1924 1926 1927 1928 1930 1935 1938 1942 1948 1953 1954 1956	1916 1931 1950 1958

neerslagsommen in de maanden april t/m september. Het tijdvak 1954 t/m 1957 bevat voor dit doel te weinig droge seizoenen.

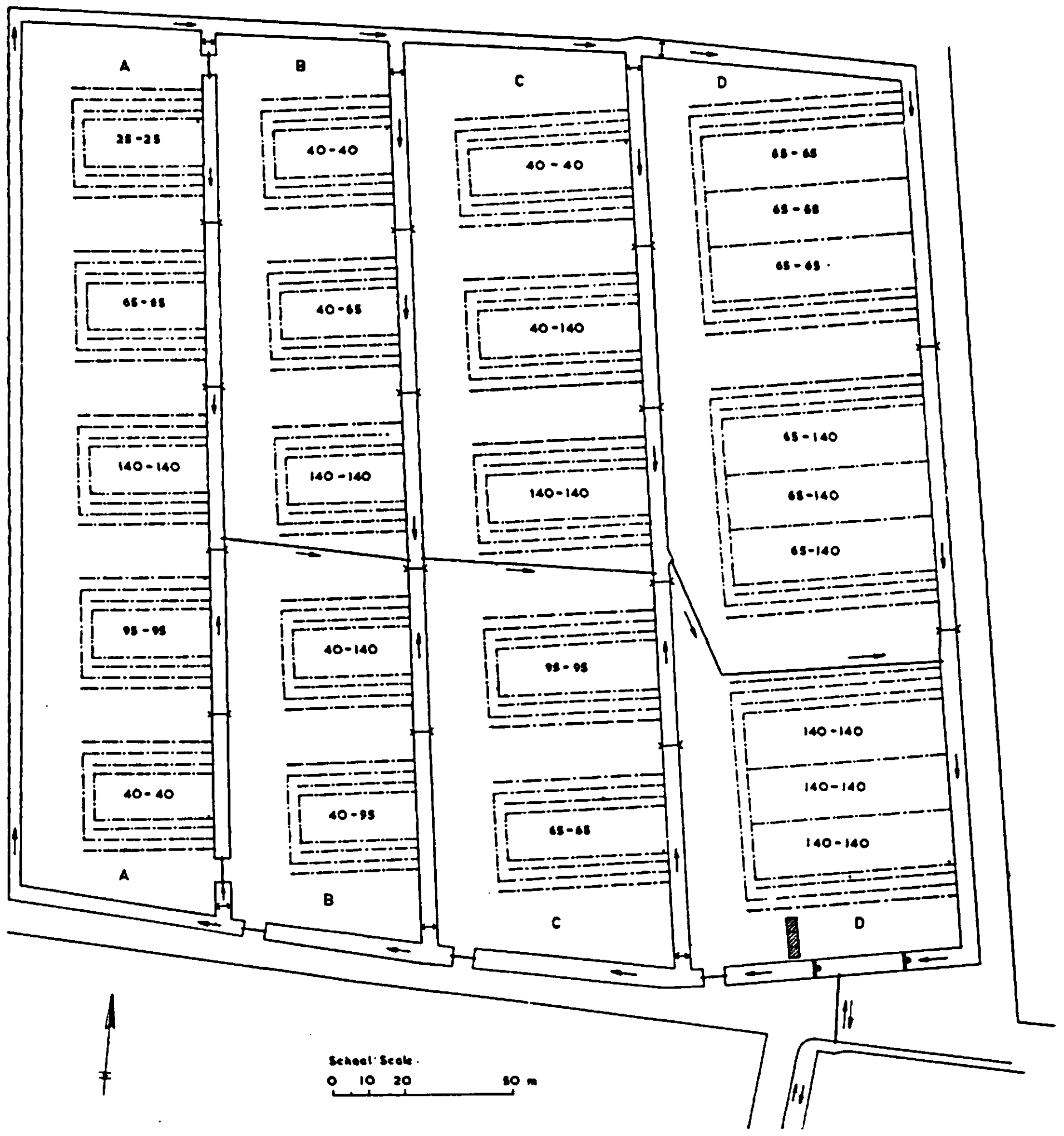
Strikt genomen geldt de conclusie, dat de jaren 1954 t/m 1959 uit een oogpunt van neerslag en van neerslag minus verdamping voor een langer tijdvak een redelijke representativiteit bezitten, alleen voor het station De Bilt, dat aan de rand van het rivierkleigebied is gelegen, en voor Gemert, dat buiten het rivierkleigebied ligt. Er is echter geen reden om te veronderstellen, dat er voor het tussen beide stations in gelegen gebied een andere verdeling van natte en droge groeiseizoenen zou gelden.

2. Het grondwaterstandsproefveld op rivierklei

Het rivierkleiproefveld ligt in de Bommelerwaard in de gemeente Kerkwijk. Het werd aangelegd[1]) in de loop van het jaar 1953; 1954 was het eerste jaar van onderzoek; eind maart van dat jaar kwamen de waterstanden op peil (zie de bijlagen 1 en 2). Het proefveld, waarvan de plattegrond is opgenomen in figuur 1, is in zijn geheel 6,25 ha groot. Het bestaat uit vier afzonderlijke per-

[1]) De aanleg van dit proefveld werd voor een belangrijk deel bekostigd uit de fondsen van de Mutual Security Agency (M.S.A.).

FIG. 1. Plattegrond van het rivierkleiproefveld
Map of the experimental field on river clay



A	Grasland	*Grassland*
B	Grasland	*Grassland*
C	Bouwland	*Arable land*
D	Boomgaard	*Orchard*
	Muur met schroefpomp	*Wall with propeller pump*
	Pendam met schuif	*Concrete dam with sliding valve*
	Schotbalkstuw	*Spill-over dam*
	Betonnen buisleiding	*Concrete pipes*
	Stroomrichting	*Direction of current*
	Drainreeks	*Tile-drains*
	Gebouwtje	*Building*
40-140	Netto veldje met zomerwaterstand van 40 cm en winterwaterstand van 140 cm	*Small plot with summer water level of 40 cm and winter water level of 140 cm*

celen: twee percelen oud grasland, één perceel bouwland en één perceel boomgaard. Dit laatste perceel, dat beplant is met appels en peren, zal hier verder niet ter sprake komen.

Zowel op de beide graslandpercelen als op het bouwlandperceel komen vijf proefvakken voor, bestaande uit een netto-veldje met een vrij nauwkeurig te beheersen, op zekere diepte ingestelde grondwaterstand en daaromheen een U-vormig patroon van drainreeksen (figuur 1). Deze proefvakken zijn onderling gescheiden door bufferstroken, waarin zich geen drainreeksen bevinden. Op de graslandpercelen hebben de netto-veldjes een oppervlakte van 12 x 31,50 m^2, op het bouwlandperceel een oppervlakte van 12 x 43,50 m^2.

Ieder proefvak grenst aan een slootpand, waarin door middel van wateraanvoer, opstuwing en waterafvoer een bepaald vastgesteld peil wordt gehandhaafd. Het systeem van drainreeksen, dat om het netto-veldje heen is gelegd, brengt dit peil over op de grondwaterstand van het netto-veldje; de aanleg ervan heeft dus het bodemprofiel van het netto-veldje niet verstoord. De proefvakken grenzen aan één zijde aan een bepaald slootpand; zij zijn door middel van een niet-gedraineerde bufferzone ook gescheiden van de aan de andere zijde van het perceel gelegen sloot.

2. 1. *De kringloop van het water op het rivierkleiproefveld*

De kringloop, die het water op het proefveld beschrijft, is mogelijk gemaakt met behulp van de volgende voorzieningen (zie ook figuur 1):

a) de aan- en afvoersloot, die met de maalkolk in verbinding staat
b) de inmaalpomp
c) de door pendammen met schuiven begrensde hoge boezem
d) de door schotbalkstuwen begrensde slootpanden met aangrenzende, erin uitmondende drainreeksen
e) de lage boezem
f) de uitmaalpomp.

Het proefveld is aan drie zijden omringd door de hoge boezem, een sloot met een voortdurend hoog peil. Dit peil wordt binnen nauwe grenzen constant gehouden met behulp van de inmaalpomp; dit is een op een betonnen muur geplaatste elektrisch aangedreven schroefpomp, die het water uit een in vrije verbinding met de aan- en afvoersloot staande maalkolk betrekt. De schroefpomp is voorzien van een vlotterinstallatie en werkt geheel automatisch.

De hoge boezem van het proefveld is van de aangrenzende slootpanden gescheiden door een aantal betonnen pendammen, voorzien van een kleine aluminium schuif, die zo is afgesteld, dat er voortdurend een kleine stroom water passeert. Zodra als gevolg hiervan het waterpeil in de hoge boezem 1 à 2 dm is gezakt, wordt het oorspronkelijke peil door de inmaalpomp hersteld.

Het waterpeil in de verschillende slootpanden wordt beheerst door de desbetreffende schotbalkstuwen; dit zijn betonnen stuwen voorzien van sponningen, waarin tot een bepaalde hoogte houten schotbalkjes zijn gestapeld. De schuiven in de pendammen, die de hoge boezem afsluiten, zijn nu zo gesteld, dat er voortdurend een beetje water over het bovenste schotbalkje loopt. Hierdoor is het peil van het betrokken slootpand gefixeerd.

Het over de schotbalkjes lopende water komt vervolgens in een ander, lager of soms ook even hoog gelegen, slootpand terecht, waarin het peil door de volgende schotbalkstuw wordt

bepaald. Ten slotte komt het water in de lage boezem van het proefveld; dit is een systeem van slootpanden, verbonden door betonnen buisleidingen, dat direct bemalen wordt door de uitmaalpomp, die op korte afstand van de inmaalpomp aan het andere eind van de maalkolk staat opgesteld. Deze uitmaalpomp is van dezelfde constructie als de inmaalpomp en ook hier draagt een vlotterinstallatie er zorg voor, dat het niveau van de lage boezem op een laag peil blijft en slechts tussen vrij nauwe grenzen (ca. 1 à 2 dm) schommelt.

Het door het proefveld heen gestroomde water, dat door de uitmaalpomp in de maalkolk is teruggebracht, wordt óf onmiddellijk weer ingemalen, óf het stroomt door de aan- en afvoersloot weg.

Bij strenge vorst moeten de pompen van het proefveld worden uitgeschakeld; enkele dagen nadien heeft zich dan in alle slootpanden eenzelfde peil ingesteld. Bij lichte tot matige vorst daarentegen gelukt het nog wel, zij het met moeite en minder nauwkeurig, om de kringloop van het water aan de gang te houden.

De overbrenging van het peil van het slootpand op de grondwaterstand binnen het aangrenzende proefvak geschiedt door middel van drainreeksen, die aan drie zijden om het netto veldje heenlopen en in het slootpand uitmonden. Deze drainreeksen bestaan uit gebakken kraagloze buizen Ø 6 cm, die op een diepte van 1,65 m horizontaal in de grond zijn gelegd; de afstand tussen de reeksen bedraagt 3 m. De diepte is zo gekozen, dat de buizen in een zeer goed doorlatende laag van het profiel liggen.

Het water, dat door evapotranspiratie aan het proefvak wordt onttrokken of door regenval aan het proefvak wordt toegevoegd, wordt door dit drainagesysteem snel aan- resp. afgevoerd, zodat de grondwaterstand binnen het proefvak in het algemeen maar weinig schommelt. Om de werkelijke ligging van de grondwaterspiegel vast te kunnen stellen, zijn op ieder proefvak enige buizen geplaatst, waarin de grondwaterstanden periodiek worden gemeten (zie hoofdstuk III: 2.5.).

Ondanks brede bufferstroken is er een waterstroming aanwezig van proefvakken en slootpanden met hoog peil naar vakken en panden met laag peil. Ten einde deze kwel en afzijging binnen de netto-veldjes beter te kunnen elimineren, werden in de twee buitenste sleuven van ieder drainage-systeem dat een netto-veldje omgeeft, naast elkaar twee rijen buizen gelegd, zodat de capaciteit hier is verdubbeld.

2.2. *De bodemgesteldheid van het rivierkleiproefveld*

Het bodemprofiel van het rivierkleiproefveld vertoont in grote lijnen gemiddeld het hieronder weergegeven beeld; de op het gehele terrein voorkomende bodemverschillen zijn klein en min of meer toevallig van karakter.

0— 20 cm: bewortelingszone (grasland: 0—20 cm) of bouwvoor (bouwland: 0—25 cm) bestaande uit bruin-grijze komgrond; onder grasland neemt in deze laag de beworteling van boven naar beneden duidelijk af

20— 80 cm: grijze komgrond met roestvlekken; in deze laag komt op een diepte van 50 à 60 cm een zeer zwaar, grijs, lakachtig laagje voor

80— 110 cm: donker gekleurde klei met veenresten, iets lichter van samenstelling, brokkelig van aard en soms ook kalkhoudend; in tegenstelling tot de bovenliggende laag is deze laag zeer goed doorlatend

De diepere ondergrond is als volgt:

110— 300 cm: humeuze tot veenachtige zware klei, brokkelig van aard, met sporen van vivianiet; ook van deze laag is de doorlatendheid groot

300— 400 cm: klei, welke naar beneden toe lichter van samenstelling wordt (50 à 60% afslibbaar)

400— 500 cm: matig fijn zand (U-cijfer = 116)

500— 550 cm: lichte klei (12 à 40% afslibbaar)

550—1000 cm: grof zand (U-cijfer = 45) met grind

Op de bodemkundige detailkaart van een gedeelte van de Bommelerwaard (zie EDELMAN et al., 1950) is het terrein ingedeeld in de bodemtypen Rk3 en Rk6, resp. grijze komgrond met en zonder dunne laklaag; het bodemprofiel van het proefveld is representatief voor een grote oppervlakte komgrond.

Vóór de aanleg van het proefveld werd het profiel op verschillende plaatsen bemonsterd voor granulair en chemisch onderzoek. Het resultaat van een dergelijk onderzoek in de bovenste 100 cm van een graslandprofiel is weergegeven in tabel 4.

Tabel 4. Resultaten van het grondonderzoek van een karakteristiek graslandprofiel van het rivierkleiproefveld
Table 4. Results of the soil analysis of a characteristic grassland profile of the river-clay experimental field

Laag (cm) *Layer (cm)*	pH-water	Hoofdbestanddelen van de grond in % *Main soil components in %*				Granulaire samenstelling in % van de minerale delen *Texture fractions in % of total soil minerals*							
		$CaCO_3$	humus	afslibbaar *particles* < 16 μ	zand *sand*	<16 μ	<2 μ	2–4 μ	4–8 μ	8–16 μ	16–25 μ	25–37 μ	>37 μ
0 – 20	6,1	—	11,5	80	9	91	57	12	11	11	0,2	8	1
20– 50	7,5	0,06	2,1	93	5	95	60	14	12	9	0,5	4	1
50– 60	7,3	0,04	2,1	93	5	95	70	14	7	4	1	3,5	0,5
60– 80	7,8	0,10	1,4	90	9	91	61	3	14	13	2	5	1,5
80– 95	7,7	0,90	1,3	82	16	84	47	8	14	15	8	7	1
95–100	7,6	0,42	3,5	89	7	93	59	8	14	12	2,5	4	0,2

Tabel 5. Resultaten van het grondonderzoek in november 1953 op de percelen A en B (blijvend grasland) en C (bouwland) van het rivierkleiproefveld
Table 5. Results of the soil analysis of the parcels A and B (permanent grassland) and C (arable land) of the river-clay experimental field in November 1953

Perceel *Parcel*	Laag (cm) *Layer (cm)*	pH-KCl	Humus %	$CaCO_3$ %	Zand *Sand*		Slib *Silt*	P-citroenzuurcijfer *P-citric acid number*	% K-HCl	K-getal *K-number*
					16–90 μ %	> 90 μ %	< 16 μ %			
A	0– 5	5,10	25,1	0,08	15	0	60	31	0,028	14
	5–10	4,70	12,4		12	1	75	9	0,013	10
	10–20	4,80	6,2		13	1	80	6	0,012	16
B	0– 5	5,30	25,5	0,08	14	0	61	35	0,027	14
	5–10	4,70	12,2		12	1	75	9	0,013	10
	10–20	4,85	5,4		13	0	82	6	0,012	16
C	0–25	5,35	5,3	0,04	12	1	82	8	0,012	—

Uit tabel 4 blijkt, dat de bovengrond van het proefveld uit zeer zware klei bestaat.

Resultaten van het grondonderzoek, vóór het begin van de proef uitgevoerd in monsters uit de zodelaag en de bouwvoor van de drie hier te bespreken percelen van het rivierkleiproefveld, zijn samengevat in tabel 5.

Uit de cijfers van tabel 5 blijkt, dat de bemestingstoestand van de beide graslandpercelen bij de aanleg van de proef matig was, terwijl de bemestingstoestand van het bouwlandperceel ronduit slecht genoemd moest worden.

Gegevens, die van belang zijn voor de water- en luchthuishouding van de rivierkleigrond, zijn opgenomen in de tabellen 6 en 7. Bij gebrek aan betrouwbare cijfers van het bouwlandperceel zijn in plaats hiervan in tabel 6 gegevens opgenomen van het, met het bouwlandperceel veel overeenstemming vertonende, boomgaardperceel van het rivierkleiproefveld (perceel D, zie figuur 1).

Tabel 6. Enige gegevens over het vocht- en luchthoudend vermogen van de bovengrond van het rivierkleiproefveld in volumeprocenten (de cijfers zijn afkomstig van ir. J. W. VAN HOORN (grasland) en ir. N. M DE VOS (boomgaard))

Table 6. Some data on the water and air holding capacity (% by volume) of the top-soil of the river-clay experimental field (the figures on grassland have been supplied by ir. J. W. VAN HOORN and those on the orchard by ir. N. M. DE VOS)

Perceel *Parcel*	Laag of diepte in cm *Layer or depth in cm*	Poriënvolume *Pore space*	Lucht (pF-traject — ∽ —2,0) *Air (pF range — ∽ —2.0)*	Vocht bij pF = 2,0 *Water at pF = 2.0*	Vocht bij pF = 4,2 *Water at pF = 4.2*	Beschikbaar vocht (pF-traject 2,0—4,2) *Available water (pF range 2.0—4.2)*	Bemonsteringsdatum *Sampling date*
Grasland *Grassland*	0—10	68,0	7,3	60,7	28,2	32,5	september 1957
	10—20	59,3	2,4	56,9	33,8	23,1	
	20—30	57,0	1,9	55,1	34,5	20,6	
	30—40	54,8	2,2	52,6	35,9	16,7	
	40—50	55,2	2,8	52,4	36,0	16,4	
Boomgaard *Orchard*	10	61,4	6,1	55,3	31,8	23,5	november 1956
	15	59,5	3,6	55,9	33,7	22,2	
	30	58,6	6,0	52,6	34,2	18,4	
	50	61,2	5,7	55,5	33,9	21,6	

Opvallend zijn in tabel 6 de lage luchtgehalten en de hoge vochtgehalten van de grond. De bij verschillende spanningen behorende vochtgehalten zijn bepaald met behulp van afzuigapparaat en drukmembraanapparaat. De percentages beschikbaar vocht van het graslandprofiel stemmen goed overeen met hier niet vermelde cijfers, bepaald door WIND (1955 c) met behulp van nylonelementen; de percentages zijn in doorsnee echter wat lager dan overeenkomstige cijfers

van een komkleiprofiel, die door HAANS (1960) zijn verzameld. Nochtans kan men, afgaande op het door laatstgenoemde auteur verzamelde materiaal, de komgrond rangschikken tot de gronden met een zeer hoog vochthoudend vermogen.

Tabel 7. Volumegewicht en poriënvolume van de bovengrond van het rivierkleiproefveld (grasland) in afhankelijkheid van de grondwaterstand; bemonsterd werd in april 1958 (de cijfers zijn afkomstig van ir. J. W. VAN HOORN)

Table 7. Apparent density and pore space of the top-soil of the river-clay experimental field (grassland) depending on the ground-water level (the samples were taken in April 1958 and the figures have been supplied by ir. J. W. VAN HOORN)

	Volumegewicht (kg/l) *Apparent density (kg per litre)*						Poriënvolume (vol. %) *Pore space (% by volume)*					
Waterstand (cm) *Water level (cm)*	25	40	65	95	140	gem. *mean*	25	40	65	95	140	gem. *mean*
laag (cm) *layer (cm)*												
0—10	0,81	0,84	0,88	0,94	0,94	0,88	65,9	63,8	62,4	60,8	60,1	62,6
10—20	1,09	1,06	1,09	1,11	1,10	1,09	57,9	58,5	56,6	55,8	57,1	57,2
20—30	1,14	1,14	1,19	1,18	1,16	1,16	57,8	57,8	55,8	56,5	57,1	57,0
30—40	1,24	1,23	1,24	1,25	1,23	1,24	54,9	55,2	54,9	54,5	55,2	54,9
40—50	1,25	1,25	1,24	1,24	1,23	1,24	54,7	54,6	54,9	55,1	55,1	54,9

Uit de cijfers van tabel 7 krijgt men de indruk, dat het volumegewicht en het poriënvolume, die dikwijls onder de z.g. bodemconstanten gerangschikt worden, in de laag 0—10 cm afhankelijk zijn van de grondwaterstand. Niet duidelijk is, of de in de tabel tot uitdrukking komende verschillen reëel zijn, of een gevolg zijn van een systematische bemonsteringsfout (verschil in samendrukking van de monsters) als gevolg van de verschillen in vochtgehalte van de grond (vergelijk tabel 17 op blz. 46).

2.3. *Het graslandgebruik, de bruto-opbrengstbepaling en de grasmat van het rivierkleiproefveld*

De beide graslandpercelen van het rivierkleiproefveld werden in de jaren 1954 t/m 1957 met rundvee beweid. Daarnaast werd in de genoemde jaren, na voorweiden, in de voorzomer ook steeds een snede hooi gewonnen. Het grasland ontving ieder voorjaar een bemesting met superfosfaat en kalizout 40% naar een hoeveelheid van 60 kg P_2O_5/ha en 120 kg K_2O/ha. De eerste stikstofgift werd steeds in de maand maart verstrekt; de totale stikstofbemesting, waarvoor kalkammonsalpeter werd gebruikt, varieerde van jaar tot jaar van 110 tot 170 kg N/ha.

Op de tien netto-veldjes (vijf per perceel) van de beide graslandpercelen waren per veldje acht z.g. opbrengstkooien geplaatst, ieder met een oppervlakte van 5 m^2 (vgl. figuur 2). Het gras onder deze kooien ontving de hierboven genoemde fosfaat- en kalibemesting, maar kreeg andere hoeveelheden stikstof. Het door de kooien tegen afgrazen beschermde gras werd in de regel vijf keer per jaar om de vijf weken met de zeis gemaaid en gewogen, waarna per kooi monsters werden genomen voor droge-stofbepalingen en chemisch onderzoek. Dit laatste vond echter meestal plaats in mengmonsters, samengesteld uit de tot één waterstand en één stikstofbemesting behorende monsters van de afzonderlijke kooien. Voor botanisch onderzoek werden bij het maaien van de kooien soms speciale monsters genomen; in andere gevallen werden voor dit doel grasmonsters genomen uit het gedeelte van het netto-veldje, dat niet door opbrengstkooien was ingenomen. Ieder voorjaar werden de kooien verplaatst; zij komen één maal in de drie jaren op dezelfde plaats terug.

De stikstofbemesting van het grasland onder de kooien week af van het praktijkgedeelte van het proefveld. In de loop der jaren werden onder de kooien de volgende hoeveelheden (kg/ha) gestrooid:

a. 0 N
b. 70 N (30 N in het voorjaar en na het maaien van de eerste, tweede, derde en vierde snede steeds 10 N)
c. 220 N (60 N in het voorjaar en na het maaien van de eerste, tweede, derde en vierde snede steeds 40 N)
d. 360 N (60 N in het voorjaar en na het maaien van de eerste snede; na de tweede, derde en vierde snede 80 N)

Hierbij werden geen verschillen in maaitijd aangehouden. Mede gezien dit starre oogstschema moeten de met behulp van de opbrengstkooien verkregen gegevens als gestandaardiseerde bruto-opbrengsten worden beschouwd; zij geven inzicht in de grasgroei, die onder bepaalde omstandigheden optreedt. Als maatstaf voor de bruto-opbrengsten van de netto-veldjes buiten de opbrengstkooien zijn zij niet erg geschikt.

Tegen het gebruik van opbrengstkooien voor de bepaling van de werkelijke graslandproduktie zijn door JAGTENBERG en DE BOER (1958) bezwaren geuit, omdat de kooien door een beïnvloeding van het microklimaat de vochttoestand zouden verhogen. Door dit zogenaamde kooi-effect, dat het sterkst is op kleigrasland met een laag produktie-niveau en een hoog drogestofpercentage in het gras, kan onder kooien een jaaropbrengst aan droge stof worden gevonden die tot 15% hoger ligt dan die in het vrije veld. Op het grondwaterstandsproefveld werden slechts kooi-opbrengsten met kooi-opbrengsten vergeleken; omdat bovendien nooit werd waargenomen, dat het grasbestand onder de kooien anders op de grondwaterstand reageerde dan het bestand buiten de kooien, is het niet waarschijnlijk dat de uitkomsten van het onderzoek tot foutieve conclusies hebben geleid. De mogelijkheid, dat in droge perioden de situatie ten aanzien van de vochtvoorziening onder de opbrengstkooien wel eens gunstiger was dan in het vrije veld, blijft echter aanwezig.

Genoemde wijze van opbrengstbepaling heeft daarnaast het nadeel, dat de grasmat onder de opbrengstkooien door het herhaaldelijk maaien onnatuurlijk wordt behandeld en in de loop van het seizoen wordt beschadigd. Een enigszins open zode is hiervan het gevolg. Dit bezwaar is annex aan vele wijzen van opbrengstbepaling op grasland; ook wat dit punt betreft zijn er evenwel geen aanwijzingen, dat de verkregen uitkomsten van het onderzoek tot verkeerde conclusies zouden hebben geleid.

FIG. 2. Overzicht van het grondwaterstandsproefveld op rivierklei
(de foto geeft een beeld van perceel A; zie figuur 1)
Survey of the ground-water-level experimental field on river clay
(parcel A; see figure 1)

De kwaliteit van de aanwezige grasmat is goed; de voornaamste grassoort is Engels raaigras. Dit grasbestand is in enkele jaren door goede verzorging en bemesting ontstaan uit de oorspronkelijk aanwezige grasmat, die een hoedanigheidsgraad van 5,4 tot 6,2 had. Ingezaaid zijn bij de aanleg van het proefveld alleen de stroken boven de drains, benevens enige andere plekken buiten de netto-veldjes. Teneinde de invloed van de grondwaterstand op de botanische samenstelling van de grasmat beter te kunnen bestuderen, werden op het grasland, ondanks de aanwezigheid van een lastig onkruid als moeraspaardestaart, geen chemische onkruidbestrijdingsmiddelen toegepast.

Een beeld van de botanische samenstelling van de beide graslandpercelen vóór het instellen van de grondwaterstanden geeft tabel 8; soorten, waarvan het gewichtspercentage minder dan 1% bedroeg, zijn hierin in het algemeen niet opgenomen.

Aan het begin van de proef wees de vegetatie op normaal vochthoudende omstandigheden; tevens was er een zwakke tendens in de richting van wisselend vochtige omstandigheden aanwezig.

Tabel 8. Beknopt weergegeven botanische analyse (drooggewichtsprocenten) van de beide graslandpercelen van het rivierkleiproefveld in september 1953
Table 8. Concise survey of the botanical composition (dry weight %) of both grassland parcels of the river-clay experimental field in September 1953

Perceel — *Parcel*	A		B	
Hoedanigheidsgraad — *Grade of quality*	7,5		7,7	
Goede grassen — *Good grasses*		50		55
Engels raaigras — *Lolium perenne L.*		36		45
Beemdlangbloem — *Festuca pratensis Huds.*		9		4
Timothee — *Phleum pratense L.*		1		1
Veldbeemdgras — *Poa pratensis L.*		1		2
Ruw beemdgras — *Poa trivialis L.*		3		3
Vlinderbloemigen — *Legumes*	4		4	
Witte klaver — *Trifolium repens L.*		3		3
Matige grassen — *Medium-value grasses*	30		29	
Beemdvossestaart — *Alopecurus pratensis L.*		9		7
Gerstgras — *Hordeum secalinum Schreb.*		1		2
Goudhaver — *Trisetum flavescens P.B.*		1		1
Kamgras — *Cynosurus cristatus L.*		5		5
Kropaar — *Dactylis glomerata L.*		0		1
Fiorien — *Agrostis stolonifera L.*		3		5
Kweek — *Agropyron repens P.B.*		+		+
Witbol — *Holcus lanatus L.*		10		9
Minderwaardige grassen — *Inferior grasses*	8		3	
Rood zwenkgras — *Festuca rubra L.*		6		1
Schijngrassen — *Grasslike weeds*	+		+	
Overige kruiden — *Other herbs*	8		9	

2.4. *Het bouwland op het rivierkleiproefveld*

Op het akkerbouwperceel van het rivierkleiproefveld werden in 1954 één, in 1955 twee, in 1956, 1957 en 1958 telkens drie gewassen geteeld. Hiertoe is het gedeelte van het perceel, waarop de netto-veldjes liggen, verdeeld in drie gewasstroken van 14 m breedte, waarin per grondwaterstand per gewas een nettooppervlak van 12 x 12 m^2 beschikbaar was. Tabel 9 bevat enige teeltgegevens van deze gewassen.

De op het proefveld bij verschillende waterstanden geteelde gewassen werden steeds in de loop van één dag gezaaid (resp. gepoot), geschoffeld, gespo-

Tabel 9. Enige teeltgegevens van de akkerbouwgewassen op het rivierkleiproefveld
Table 9. Some data on arable crop-growing on the river-clay experimental field

Jaar *Year*	Gewas *Crop*	Nr. *No.*	Ras *Variety*	Voor- of dekvrucht *Preceding or cover crop*	Zaai- of pootdat. *Sowing or planting date*	Bemesting in kg/ha *Fertilization in kg/ha*		Oogst-datum *Date of harvest*
						P_2O_5	K_2O	
1954	Haver *Oats*	1	Marne	Zomergerst *Spring barley*	18/3/54	150	200	9/8/54
1954	Haver *Oats*	2	Marne	Erwten *Peas*	18/3/54	150	200	9/8/54
1955	Erwten *Peas*	3	Rondo	Haver *Oats*	5/4/55	200	260	26–28/7/55
1955	Aardappelen *Potatoes*	4	Meerlander 35/45 mm	Haver *Oats*	16/4/55	200	500	28/8–3/9/55
1956	Suikerbieten *Sugar beet*	5	Hilleshög Standaard	Erwten *Peas*	9/4/56	160	200	3/10/56
1956	Wintertarwe *Winter wheat*	6	Carsten's VI	Aardappelen *Potatoes*	12/10/55	150	200	10/8/56
1956	Zomergerst *Spring barley*	7	Herta	Aardappelen *Potatoes*	27/3/56	160	200	31/7–1/8/56
1956	Rode klaver *Red clover*	8	Rode Maasklaver	Wintertarwe *Winter wheat*	26/4/56	–	–	9/10/56
1957	Idem	8	Idem	Idem	Idem	150	200	17/6/57
1957	Idem	8	Idem	Idem	Idem	–	–	23/7/57
1957	Idem	8	Idem	Idem	Idem	–	200	2/10/57
1957	Engels raaigras *Perennial ryegrass*	9	Mommersteeg's hooitype	Zomergerst *Spring barley*	11/9/56	100 60	80 120	zie bijlage 8 *see bijlage 8*
1957	Haver *Oats*	10	Marne	Suikerbieten *Sugar beet*	14/3/57	150	200	25/7/57
1958	Wintergerst *Winter barley*	11	Vinesco	Haver *Oats*	8/10/57	150	200	14/7/58
1958	Aardappelen *Potatoes*	12	Doré 35/50 mm	Rode klaver *Red clover*	16/4/58	200	500	3–4/7/58
1958	Erwten *Peas*	13	Vares	Engels raaigras *Perennial ryegrass*	21/3/58	200	350	23/7/58

ten, enz. Daarentegen was voor enkele gewassen de oogstdatum niet steeds bij alle grondwaterstanden gelijk. Dit was een gevolg van kleine verschillen in afrijping, of van het feit dat de oogstwerkzaamheden niet op één dag konden worden voltooid.

De vijf netto-veldjes waren bij sommige gewassen weer onderverdeeld in telkens negen subveldjes, waarop — in de vorm van een latijns vierkant — drie stikstoftrappen in drievoud aangelegd waren. Van ieder veldje werd het gewas afzonderlijk geoogst, eventueel gedorst, gewogen en bemonsterd. Bij aanwezigheid van subveldjes werden deze niet apart behandeld, doch werd bij de

opbrengstbepaling het gewas, behorende bij één stikstoftrap en één waterstand, samengevoegd.

Het in 1957 op het akkerbouwperceel verbouwde Engelse raaigras (nr. 9, vgl. tabel 9) werd, evenals het hiervoor behandelde blijvend grasland, om de vijf weken gemaaid. Het land werd echter niet beweid, zodat geen opbrengstkooien behoefden te worden gebruikt en de beschikbare oppervlakte in zijn geheel kon worden geoogst.

Het akkerbouwperceel van het rivierkleiproefveld werd omstreeks het jaar 1954 gescheurd; te voren werd het altijd als grasland gebruikt. Nadien is het, afgezien van een éénjarige kunstweideperiode op een deel van het veld in 1957, steeds als grasland in gebruik geweest.

2.5. *De grondwaterstanden van het rivierkleiproefveld*

Op één van de beide graslandpercelen van het rivierkleiproefveld (perceel A, zie figuur 1) komen vijf proefvakken voor, waar getracht wordt de grondwaterstand het gehele jaar op resp. 25, 40, 65, 95 en 140 cm beneden het maaiveld te houden. Op het andere perceel (B) zijn in twee proefvakken de waterstanden van 40 en 140 cm gedurende het gehele jaar herhaald, terwijl er tevens drie proefvakken liggen waar in de "zomer" (globaal van mei tot en met half augustus, zie hoofdstuk VII) een grondwaterstand van 40 cm wordt nagestreefd en gedurende de rest van het jaar grondwaterstanden van resp. 65, 65 en 140 cm beneden maaiveld. Vanaf 16/8/1956 waren laatstgenoemde standen resp. 65, 95 en 140 cm. Gedurende het jaar 1955 week de proefopzet op één proefvak van perceel B enigzins af van die in de andere jaren. Op deze kwestie zal in hoofdstuk VII: 1. nader worden ingegaan.

Op het akkerbouwperceel van het rivierkleiproefveld (perceel C) komen eveneens vijf proefvakken voor; op vier hiervan wordt getracht gedurende het gehele jaar de grondwaterstand op resp. 40, 65, 95 en 140 cm beneden maaiveld te houden. Op het vijfde proefvak wordt in de hierboven reeds aangeduide "zomer"-periode een grondwaterstand van 40 cm nagestreefd en gedurende de rest van het jaar een grondwaterstand van 140 cm beneden maaiveld.

Ten einde de werkelijke waterstanden in de grond te kunnen bepalen, waren zowel op het grasland als op het bouwland in ieder netto-veldje drie grondwaterstandsbuizen ter lengte van 2 m geplaatst (in het jaar 1957 bedroeg dit aantal op de percelen A en B zes in plaats van drie), waarin de waterstand wekelijks werd opgenomen. Gebruikt werden ijzeren buizen met een inwendige diameter van 2½ cm, in de onderste helft geperforeerd en omwonden met jute, die geplaatst waren in boorgaten met een diameter van 8 cm. Deze laatste werden na het plaatsen van de buizen opgevuld met grof zand.

De mate, waarin het op de beide graslandpercelen is gelukt de nagestreefde grondwaterstanden te realiseren, kan worden afgeleid uit bijlage 1, waarvan in tabel 10 een vereenvoudigde samenvatting wordt gegeven. In bijlage 1 zijn over bepaalde perioden gemiddelde grondwaterstanden opgenomen; wat de zomermaanden betreft stemmen deze perioden overeen met de vegetatieperi-

Tabel 10. Beknopt overzicht van de gemeten grondwaterstanden per „zomer"- en „winter"periode in cm beneden maaiveld in de beide graslandpercelen van het rivierkleiproefveld (de cijfers zijn gemiddelden van drie waterstandsbuizen (zes in 1957) die wekelijks werden opgenomen)

Table 10. Concise survey of the ground-water levels (in cm below the surface) as observed in both grassland parcels of the river-clay experimental field in "summer" and "winter" periods (mean figures from three (six in 1957) observation wells read every week)

„Zomer" periode *"Summer" period*						„Winter" periode *"Winter" period*					
Tijdvak *Lapse of time*	Waterstanden in perceel A *Water levels of parcel A*					Tijdvak *Lapse of time*	Waterstanden in perceel A *Water levels of parcel A*				
	25	40	65	95	140		25	40	65	95	140
						apr. '54 *April*	31	42	66	94	137
mei '54-aug. '54 *May Aug.*	26	39	63	92	131	sept.'54-apr. '55 *Sept. April*	11	29	51	85	128
mei '55-sept. '55 *May Sept.*	35	44	67	92	129	sept. '55- apr. '56 *Sept. April*	18	34	52	88	129
mei '56-aug. '56 *May Aug.*	19	38	66	92	137	aug. '56-apr. '57 *Aug. April*	21	36	60	90	134
mei '57-aug. '57 *May Aug.*	34	44	69	95	141	aug. '57-nov. '57 *Aug. Nov.*	26	36	62	91	135

Tijdvak *Lapse of time*	Waterstanden in perceel B *Water levels of parcel B*					Tijdvak *Lapse of time*	Waterstanden in perceel B *Water levels of parcel B*				
	40–40	40–65	40–95 *)	40–140	140–140		40–40	40–65	40–95 *)	40–140	140–140
						apr. '54 *April*	51	65	64	131	150
mei '54-aug. '54 *May Aug.*	47	40	40	40	144	sept. '54-apr. '55 *Sept. April*	37	61	51	117	144
mei '55-sept. '55 *May Sept.*	49	43	37	42	139	sept. '55-apr. '56 *Sept. April*	39	57	51	124	140
mei '56-aug. '56 *May Aug.*	39	38	33	41	140	aug. '56-apr. '57 *Aug. April*	41	62	74	115	136
mei '57-aug. '57 *May Aug.*	51	47	44	42	149	aug. '57-nov. '57 *Aug. Nov.*	39	59	63	106	143

*) 40–65 vóór 16/8/'56 *) *40–65 before 16/8/'56*

Tabel 11. Beknopt overzicht van de gemeten grondwaterstanden per „zomer"- en „winter" periode in cm beneden maaiveld in het bouwlandperceel van het rivierkleiproefveld (de cijfers zijn gemiddelden van drie waterstandsbuizen, die wekelijks werden opgenomen)

Table 11. Concise survey of the ground-water levels (in cm below the surface) as observed in the parcel of the river-clay experimental field used for arable crops in "summer" and "winter" periods (the figures are averages from three observation wells read weekly)

„Zomer" periode *"Summer" period*						„Winter" periode *"Winter" period*					
Tijdvak *Lapse of time*	Waterstanden in perceel C *Water levels of parcel C*					Tijdvak *Lapse of time*	Waterstanden in perceel C *Water levels of parcel C*				
	40–40	65–65	95–95	140–140	40–140		40–40	65–65	95–95	140–140	40–140
mei '54-aug. '54 *May Aug.*	40	66	94	136	41	mrt. '54-apr. '54 *March April*	41	69	97	138	139
mei '55-aug. '55 *May Aug.*	40	66	90	129	42	sept. '54-apr. '55 *Sept. April*	40	61	91	135	131
mei '56-aug. '56 *May Aug.*	48	64	91	132	47	sept. '55-apr. '56 *Sept. April*	37	58	87	137	128
mei '57-aug. '57 *May Aug.*	41	69	95	139	47	aug. '56-apr. '57 *Aug. April*	43	65	93	140	131
mei '58-aug. '58 *May Aug.*	36	64	92	139	43	aug. '57-mei '58 *Aug. May*	36	62	89	139	125

oden van de verschillende sneden gras. De overeenkomstige cijfers van het bouwland zijn opgenomen in bijlage 2, waarvan in tabel 11 een vereenvoudigde samenvatting is gemaakt. De in bijlage 2 weergegeven cijfers zijn in de regel maandgemiddelden.

Uit de cijfers van bijlage 1 en 2 of tabel 10 en 11 komt niet tot uiting het verschijnsel, dat in natte perioden soms plassen op het land ontstonden bij (in de buizen) gemeten waterstanden, die beneden maaiveld lagen. Dit verschijnsel, dat op het grasland wel eens tot ernstige moeilijkheden bij de beweiding aanleiding gaf, wordt in hoofdstuk VI : 1.2. op blz. 95 beschreven. Op het bouwland werd het alleen waargenomen op het veldje met een nagestreefde grondwaterstand van 40 cm gedurende het gehele jaar.

Overigens blijkt uit de cijfers van de bijlagen 1 en 2 en de tabellen 10 en 11 wel, dat ook in de perioden dat strenge vorst of reparatiewerkzaamheden geen spelbreker waren, de gemeten grondwaterstanden soms vrij belangrijk afweken van de nagestreefde standen. Hoewel de verschillen in grondwaterstand in het algemeen wel gehandhaafd bleven, waren de gemeten waterstanden in de regel in natte perioden te hoog en in droge perioden te laag. Bij de veldjes, waar beurtelings grondwaterstanden van 40 en 140 cm werden nagestreefd, vallen de afwijkingen het meest op; blijkbaar werkt de grondwaterstand in de voorafgaande periode hier nog na.

Bij het beoordelen van de resultaten van het proefveld in de volgende hoofdstukken zal men er dus rekening mee moeten houden, dat de aldaar vermelde „waterstanden" slechts de nagestreefde grondwaterstanden voorstellen, die soms belangrijk afweken van de gemeten grondwaterstanden.

Vóór de aanleg van het proefveld werden geen grondwaterstanden gemeten; op basis van de slootwaterstanden mag echter worden aangenomen, dat in de laatste jaren de grondwaterstand in de wintermaanden 30 tot 50 cm heeft bedragen en in de zomermaanden 50—70 cm.

3. Het grondwaterstandsproefveld op veengrasland

Het veengraslandproefveld ligt in het Hollands-Utrechtse veengebied in de gemeente Zegveld (ten noorden van Woerden). Het proefveld werd aangelegd in het begin van het jaar 1952. Daar het enige tijd duurde, voor het onderzoek goed op gang kwam, zullen in deze verhandeling slechts de resultaten worden besproken, die betrekking hebben op de jaren 1954 tot en met 1957.

Het proefveld bestaat uit drie afzonderlijke percelen grasland, op elk waarvan drie proefvakken voorkomen; slechts één van deze percelen zal hier in beschouwing worden genomen.

De inrichting van het proefveld vertoont enige overeenkomst met het hiervoor besproken rivierkleiproefveld. Eén van de proefveldsloten wordt aan het ene einde van water voorzien door inlaat uit een polderboezem, terwijl het water aan het andere einde van de sloot door het proefveldgemaal weer wordt verwijderd. De sloot zelf is door stuwen in drie panden verdeeld, waaraan de proefvakken grenzen. Evenals op het rivierkleiproefveld zorgen drainreeksen ervoor, dat de grondwaterstand in de proefvakken overeenstemt met het door stuwen geregelde peil in de aangrenzende slootpanden. De proefvakken zijn gescheiden door niet gedraineerde bufferstroken.

3. 1. *De bodemgesteldheid van het veengraslandproefveld*

De grond van het proefveldperceel, waarop de in de volgende hoofdstukken te bespreken gegevens zijn verzameld, is te omschrijven als een bosveengrond met een dunne veraarde bovengrond. Het is een zeer lichte veengrond, waarvan de oppervlakte in West-Nederland gering is. Het veenpakket is ter plaatse van het grondwaterstandsproefveld 8 à 10 m dik.

Resultaten van grondonderzoek, uitgevoerd in monsters die in december 1956 werden genomen, zijn samengevat in tabel 12.

Tabel 12. Resultaten van het grondonderzoek in december 1956 op het veengraslandproefveld
Table 12. Results of the soil analysis of the peat-grassland experimental field in December 1956

Laag (cm) *Layer (cm)*	pH-KCl	Humus %	$CaCO_3$ %	Zand *Sand* 16–90 μ %	Zand *Sand* >90 μ %	Slib *Silt* <16 μ %	P-citroenzuurcijfer *P-citric acid number*	K-HCl %	K-getal *K-number*	N-totaal % *Total N*
0–5	4,9	51,2	–	6	5	38	60	0,033	8	2,10
5–10	4,5	45,3	–	16	5	34	22	0,020	6	1,91
10–20	4,1	53,5	–	15	1	31	8	0,012	2	2,19

Uit de cijfers van tabel 12 blijkt, dat het perceel een ruime fosfaattoestand heeft. Zoals bij grasland met een hoog percentage organische stof veel voorkomt heeft het perceel een zeer laag kaligetal.

Het fysisch bodemonderzoek op het proefveld was hoofdzakelijk gericht op bepalingen van de z.g. reversibiliteitsgraad. Dit onderzoek valt buiten het bestek van deze verhandeling en zal hier niet worden besproken. Er zij echter nog vermeld, dat een vochtkarakteristiek van de veenbovengrond van het proefveld gemaakt en gepubliceerd is door WIND (1955 c, aldaar op blz. 548, figuur 4).

3. 2. *Het graslandgebruik, de bruto-opbrengstbepaling en de grasmat van het veengraslandproefveld*

Het veengraslandproefveld werd in de jaren van onderzoek met rundvee beweid, terwijl ieder jaar ook een snede hooi werd gewonnen. Daarnaast werd soms ook nog kuilgras gemaaid. Voor de oppervlakte van het proefveld, waarop de opbrengst werd bepaald, was een fosfaat- en kalibemesting voorgeschreven naar hoeveelheden van 60 kg/ha P_2O_5 en 120 kg/ha K_2O. De stikstof werd gegeven in de vorm van kalkammonsalpeter; per jaar en per ha werd 70 tot 140 kg N in de vorm van deze meststof gestrooid, terwijl daarnaast om het andere jaar 30 ton/ha toemaak (stalmest, gemengd met bagger) werd gegeven. Het gedeelte van het proefveld waar bruto-opbrengsten werden bepaald, had een afwijkende stikstofbemesting.

Op de drie proefvakken, die een oppervlakte hebben van 15 x 25 m², waren in de jaren 1954 t/m 1956 per proefvak drie z.g. opbrengstkooien geplaatst, ieder met een oppervlakte van 5 m². Het door de kooien tegen afgrazen beschermde gras werd vijf keer per jaar, in de regel om de vijf weken, gemaaid en gewogen, waarna monsters werden genomen voor droge-stofbepalingen en chemisch onderzoek. Botanisch onderzoek werd in aparte monsters verricht. De opbrengstkooien werden ieder voorjaar verplaatst.

De stikstofbemesting onder de kooien beliep in de jaren 1954 tot en met 1957 een hoeveelheid van 70 kg N/ha (30 kg N/ha in het vroege voorjaar en 10 kg N/ha telkens na het maaien van de eerste, tweede, derde en vierde snede). In 1957 waren per proefvak zes opbrengstkooien aanwezig; drie kooien ontvingen de hierboven genoemde hoeveelheid van 70 kg N/ha/jaar, terwijl de drie overige kooien per keer 30 kg N/ha meer ontvingen, zodat hier de totale stikstofbemesting 220 kg N/ha/jaar bedroeg.

De kwaliteit van de grasmat op het proefveld is goed; ook hier is Engels raaigras de voornaamste soort. De grasmat is oud; bij de aanleg zijn de drainreeksen met zoden bedekt; er is dus niet ingezaaid. Chemische onkruidbestrijding is op het proefveld niet toegepast.

Tabel 13. Beknopt weergegeven botanische samenstelling (drooggewichtsprocenten) van het veenproefveld in september 1951

Table 13. Concise survey of the botanical composition (dry weight %) of the peat-soil experimental field in September 1951

Hoedanigheidsgraad — *Grade of quality*		7,8
Goede grassen — *Good grasses*	72	
Engels raaigras — *Lolium perenne L.*		45
Beemdlangbloem — *Festuca pratensis Huds.*		2
Veldbeemdgras — *Poa pratensis L.*		2
Ruw beemdgras — *Poa trivialis L.*		23
Vlinderbloemigen — *Legumes*	+	
Witte klaver — *Trifolium repens L.*		+
Matige grassen — *Medium-value grasses*	15	
Fiorien — *Agrostis stolonifera L.*		5
Witbol — *Holcus lanatus L.*		10
Minderwaardige grassen — *Inferior grasses*	9	
Mannagras — *Glyceria fluitans R.Br.*		2
Rood zwenkgras — *Festuca rubra L.*		2
Geknikte vossestaart — *Alopecurus geniculatus L.*		5
Schijngrassen — *Grasslike weeds*	+	
Overige kruiden — *Other herbs*	4	
Kruipende boterbloem — *Ranunculus repens L.*		2

Een beeld van de botanische samenstelling van het veengraslandproefveld vóór het begin van het experiment geeft tabel 13; ook in deze tabel zijn soorten, waarvan het gewichtspercentage minder dan 1% bedroeg, in het algemeen niet opgenomen.

Aan het begin van de proef wees de vegetatie op vochtige omstandigheden.

3. 3. *De grondwaterstanden van het veengraslandproefveld*

Op het hier besproken perceel van het veenproefveld komen drie proefvakken voor, waar getracht werd de grondwaterstand in de periode 1 september — 1 april op 70 cm beneden maaiveld te houden, terwijl in de periode van 1 april-1 september grondwaterstanden van resp. 30, 45 en 60 cm werden nagestreefd. Aangenomen mag worden dat de grondwaterstanden vóór de aanleg van het proefveld in het winterhalfjaar omstreeks 30 cm bedroegen en in droge zomermaanden tot 60 cm daalden.

In ieder veldje waren bij de aanleg van het proefveld drie grondwaterstandsbuizen (van het type, als hiervoor bij het rivierkleiproefveld is besproken) geplaatst, die periodiek werden opgenomen. De mate, waarin het gelukt is de nagestreefde grondwaterstanden te realiseren, kan worden afgeleid uit bijlage 3. Hierin zijn de gemeten, over bepaalde perioden gemiddelde, grondwaterstanden opgenomen; wat de zomermaanden betreft stemmen deze perioden overeen met de groeiperioden van de verschillende sneden gras.

De in bijlage 3 vermelde gegevens zijn kort samengevat in tabel 14.

Tabel 14. Beknopt overzicht van de gemeten grondwaterstanden per „zomer"- en „winter"-periode in cm beneden maaiveld in het veengraslandproefveld

Table 14. Concise survey of the ground-water levels (in cm below the surface) as observed in the peat-soil experimental field in "summer" and "winter" periods

„Winter" periode *"Winter" period*				„Zomer"periode *"Summer" period*			
Tijdvak *Lapse of time*	Waterstand *Water level*			Tijdvak *Lapse of time*	Waterstand *Water level*		
	30–70	45–70	60–70		30–70	45–70	60–70
nov. 1953 – april 1954 *Nov. April*	66	65	63	mei – aug. 1954 *May Aug.*	27	43	57
sept. 1954 – april 1955 *Sept. – April*	66	62	62	mei – aug. 1955 *May Aug.*	32	48	62
sept. 1955 – april 1956 *Sept. April*	68	66	62	mei – aug. 1956 *May Aug.*	32	57	59
sept. 1956 – april 1957 *Sept. April*	62	58	63	mei – aug. 1957 *May Aug.*	29	52	61
sept. 1957 – dec. 1957 *Sept. Dec.*	54	33	54				

Zowel uit de gegevens van bijlage 3 als uit die van tabel 14 valt op te maken, dat de grondwaterstanden in de winterperioden veelal hoger waren dan werd nagestreefd; de afwijkingen waren het grootst in de op een zeer natte zomer volgende herfst van 1957. Gemiddeld zijn de afwijkingen in de „zomer" perioden minder groot; in de jaren 1956 en 1957 was echter op het tweede proefvak de grondwaterstand meestal aanmerkelijk lager dan het nagestreefde peil van 45 cm. Hoewel de nagestreefde grondwaterstanden dus in het algemeen maar zeer ten dele werden verwerkelijkt, waren er in de regel wel duidelijke verschillen in waterstand tussen de proefvakken onderling aanwezig. Bij de interpretatie van de resultaten van het proefveld in de volgende hoofdstukken IV, V en VI zal men er rekening mee dienen te houden, dat de aldaar vermelde „waterstanden" slechts de nagestreefde grondwaterstanden voorstellen, die van de gemeten grondwaterstanden in niet onbelangrijke mate kunnen afwijken.

Uit de cijfers van tabel 14 en bijlage 3 komt niet tot uiting het verschijnsel, dat in natte perioden op het veldje met de hoogste zomergrondwaterstand soms plassen op het land ontstonden, waardoor moeilijkheden met de beweiding niet uitbleven.

IV. OP DE PROEFVELDEN WAARGENOMEN INVLOEDEN VAN DE GRONDWATERSTAND OP DE GROEI DER GEWASSEN

Bij de waarnemingen, die op de hiervoor beschreven proefvelden werden verricht, namen de opbrengstbepalingen een zeer belangrijke plaats in. In het volgende zullen daarom eerst de resultaten van déze bepalingen worden medegedeeld; andere, soms even belangrijke grondwaterstandsinvloeden, zullen later worden besproken.

1. Het grondwaterstandsproefveld op rivierkleigrond

Op het rivierkleiproefveld werden zowel van blijvend grasland als van verschillende akkerbouwgewassen resultaten verkregen, die hierna zullen worden medegedeeld. Wat het grasland betreft zijn dit uitsluitend de resultaten, die betrekking hebben op het perceel met per object constante grondwaterstanden (perceel A, figuur 1). De resultaten, verkregen op het perceel met per object wisselende grondwaterstanden (perceel B, figuur 1) zullen pas in hoofdstuk VII worden behandeld. Op het bouwlandperceel van het rivierkleiproefveld (perceel C, figuur 1) was één object aanwezig met wisselende waterstanden; de verkregen opbrengstresultaten van dit object zullen hier wel worden vermeld, doch de bespreking ervan volgt eveneens in hoofdstuk VII.

1.*1*. *Blijvend grasland*

Te zamen met de bruto-opbrengsten aan droge stof en ruw-eiwit zullen in het volgende ook de droge-stofgehalten en ruw-eiwitgehalten worden besproken. Het droge-stofgehalte, dat bij vele andere graslandproeven slechts een hulpcijfer is, komt hier ook voor een bespreking in aanmerking, omdat de volgorde van opbrengstbepaling op het proefveld zodanig was, dat de invloed van het tijdstip van bemonsteren op de gemiddelde droge-stofgehalten in belangrijke mate was geëlimineerd.

Tabel 15 bevat gegevens, die op de bruto-jaaropbrengst betrekking hebben. Bij deze cijfers kan in eerste instantie reeds het volgende worden opgemerkt:

a. In sommige jaren is een duidelijke invloed op het droge-stofgehalte merkbaar: des te dieper de grondwaterstand, des te hoger is in deze jaren het droge-stofgehalte. Bij een verhoging van de stikstofbemesting daalt het droge-stofgehalte.
b. Ook het ruw-eiwitgehalte stijgt in de meeste gevallen bij toenemende waterdiepte. Stikstofbemesting verhoogt eveneens het ruw-eiwitgehalte.
c. In alle jaren reageert de droge-stofopbrengst zeer duidelijk, maar niet steeds in dezelfde richting. In sommige jaren komt de hoogste droge-stofopbrengst voor bij hoge grondwaterstanden, in andere jaren echter juist bij diepe waterstanden.
d. De ruw-eiwitopbrengst vertoont uiteraard de duidelijkste reactie op de grondwaterstand, wanneer de invloeden van de waterstand op ruw-eiwitgehalte en droge-stofopbrengst parallel lopen.

Tabel 15. De invloed van de grondwaterstand en de hoeveelheid stikstof op de droge-stof- en ruw-eiwitgehalten en op de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van rivierkleigras in de jaren 1954, 1955, 1956 en 1957

Table 15. The effect of the ground-water level and the amount of nitrogen on the dry-matter and crude-protein contents and on the dry-matter and crude-protein yields of grass grown on river clay in the years 1954, 1955, 1956 and 1957

	Waterstand (cm) *Water level (cm)*	1954	1955		1956		1957		
		Stikstofbemesting in kg N/ha *Nitrogen dressing in kg N/ha*							
		70	70	220	70	220	0	70	220
% ds *% dry matter*	25	16,9	17,6	15,9	16,6	15,5	18,1	18,1	16,4
	40	15,5	17,3	16,5	16,6	15,2	19,4	18,0	17,1
	65	17,5	18,0	17,5	16,5	15,1	21,1	19,9	18,3
	95	16,2	18,1	17,6	16,6	16,1	22,5	20,4	18,7
	140	16,6	18,6	17,9	16,6	15,6	21,8	21,5	19,5
% re[1] *% crude protein[1]*	25	16,0	16,4	18,6	14,8	15,3	16,1	15,5	16,9
	40	16,0	16,4	17,2	14,6	16,0	15,9	16,1	17,2
	65	17,1	16,5	16,8	15,3	17,6	16,3	16,5	18,2
	95	17,2	16,7	17,6	16,9	17,7	16,9	17,4	19,1
	140	17,2	16,1	17,8	16,7	18,5	16,4	17,2	19,2
kg ds/a *kg dry matter/are*	25	93,6	104,5	119,7	78,6	98,4	84,5	97,9	109,7
	40	92,3	104,1	118,3	83,1	102,8	73,6	85,3	102,6
	65	98,4	98,2	112,9	94,1	116,8	59,5	75,9	95,8
	95	98,4	88,0	110,4	103,4	128,6	62,1	67,2	92,6
	140	109,6	93,6	109,3	102,7	114,0	54,2	73,3	94,2
kg re/a *kg crude protein/are*	25	15,0	17,1	22,3	11,6	15,1	13,6	15,2	18,5
	40	14,8	17,1	20,4	12,1	16,5	11,7	13,7	17,7
	65	16,8	16,2	19,0	14,4	20,5	9,7	12,5	17,4
	95	16,9	14,7	19,4	17,5	22,8	10,5	11,7	17,7
	140	18,8	15,1	19,5	17,2	21,1	8,9	12,6	18,1

[1] gewogen gemiddelde (quotiënt van jaaropbrengst aan ruw eiwit en jaaropbrengst aan droge stof)

[1] *weighted mean (annual crude-protein yield divided by annual dry-matter yield)*

De in tabel 15 weergegeven cijfers zijn al dan niet gewogen gemiddelden resp. sommen van de desbetreffende gehalten en opbrengsten van de afzonderlijke opeenvolgende sneden. Deze gehalten en opbrengsten lenen zich in het algemeen beter voor een discussie dan de overeenkomstige jaarcijfers en zijn in de bijlagen 4, 5, 6 en 7 volledig vermeld. Tevens zijn in de bijlagen nog twee andere grootheden opgenomen, die aldaar als "m" en "V + N — E" zijn aangeduid. "m" is de met 1000 vermenigvuldigde lineaire regressie-coëfficiënt van

de droge-stofopbrengst t.o.v. de waterstand. Hoewel het verband tussen grondwaterstand en opbrengst wellicht niet steeds rechtlijnig is, werd deze factor toch uitgerekend, ten einde de verschillende sneden van de diverse jaren onderling te kunnen vergelijken. „V + N — E" is een benadering voor de in het doorwortelde profiel aanwezige hoeveelheid beschikbaar vocht op de oogstdatum.

De factor „V + N — E" werd als volgt berekend. Aan het begin van het groeiseizoen werd uitgegaan van een aanwezige bodemvoorraad (V) beschikbaar vocht van 50 mm (20 cm à 25 vol.%, zie hoofdstuk V: 1.*1*. op blz. 66). Hierbij werd opgeteld de neerslagsom (N) van de daaropvolgende vijf weken (er werd om de vijf weken gemaaid), berekend uit de cijfers van de op het proefveld aanwezige regenmeter. Van deze som werd de over dezelfde periode berekende totale evapotranspiratie (E) weer afgetrokken. De evapotranspiratiegegevens waren afkomstig van een lysimeter uit het Wageningse station (zie MAKKINK, 1954/55, 1956b, 1957b en RIJTEMA, 1958). Deze lysimeter was gevuld met een zandgrond, waarop de oude grasmat aanwezig was en waarin constant een grondwaterstand van 50 cm werd aangehouden. Aangenomen werd dat de evapotranspiratie van deze lysimetercilinder de potentiële benaderde.
Bij de volgende 5-weekse groeiperioden werd van een beginvoorraad van 0 mm uitgegaan, indien de vorige periode een negatief eindsaldo had en van het werkelijke berekende eindsaldo van de vorige periode, tot een maximum van 50 mm, indien de voorafgaande periode een positief saldo had.

Bij de hierna volgende afzonderlijke bespreking van de droge-stofgehalten, ruw-eiwitgehalten, droge-stofopbrengsten en ruw-eiwitopbrengsten zal af en toe naar de omvangrijke hiervoor genoemde bijlagen moeten worden verwezen, doch overigens zal zoveel mogelijk gebruik worden gemaakt van tabel 15 en van kleinere, overzichtelijke tabellen en figuren, die aan het in de bijlagen 4, 5, 6 en 7 opgenomen cijfermateriaal zijn ontleend.

1.*1*.1. Het droge-stofgehalte van het gras

Het droge-stofgehalte van het gras is de complementaire waarde van het watergehalte; dit laatste gehalte heeft zowel betrekking op het vocht dat zich in de geoogste plantedelen bevindt, als op het aan het gras hangende vocht dat afkomstig is van regen, dauw of guttatie. Gezien dit aanhangende water speelt de weersgesteldheid op het moment van oogsten wel een grote rol bij het niveau waarop zich deze gehalten bewegen; bij eenzelfde grondwaterstand en stikstofbemesting b.v. varieerde het droge-stofgehalte van het geoogste gras in 1957 van ongeveer 30% op een droge dag in juli tot ongeveer 10% op een regenachtige dag in september. In beide gevallen waren hier echter ook droge resp. vochtige dagen aan de oogstdatum voorafgegaan.

Behalve de weersgesteldheid zijn, blijkens de in de bijlagen 4, 5, 6 en 7 opgenomen gegevens, de waterstand en de stikstofbemesting eveneens van belang voor de droge-stofgehalten van het gras. Bij de bespreking van tabel 15 werd hierop reeds gewezen. Een bestudering van de afzonderlijke gegevens voert nog tot de volgende conclusies:

a. Met toenemende diepte van de waterstand treedt soms een sterke stijging van het droge-stofgehalte op. In enkele gevallen echter blijkt het droge-stofgehalte enigszins te stijgen met afnemende waterdiepte.

b. Naarmate minder stikstof is gegeven vindt men in nagenoeg alle gevallen een hoger droge-stofgehalte. Deze conclusie staat niet op zichzelf; ook MULDER (1949) vond bij zijn stikstofproeven een dergelijke reactie.

c. De stijging van het droge-stofgehalte van het gras gaat in het eerste geval soms en in het tweede geval steeds gepaard met een verlaging van de droge-stofopbrengst en omgekeerd. Het ligt dus voor de hand hier het gedrag van het droge-stofgehalte te beschouwen als een reactie op de droge-stofopbrengst: snel en welig gegroeid gras met een dichte stand heeft een lager droge-stofgehalte dan gras dat in dezelfde periode minder snel gegroeid is of een minder dichte stand heeft. Bij een aantal opbrengstgegevens is het evenwel niet mogelijk om de variaties in de bij verschillende grondwaterstanden gevonden droge-stofgehalten te verklaren aan de hand van de droge-stofopbrengsten. Hier laat het beschikbare materiaal niet toe tot een definitieve conclusie over de onderlinge betrekkingen tussen droge-stofgehalte, droge-stofopbrengst en waterstand te komen.

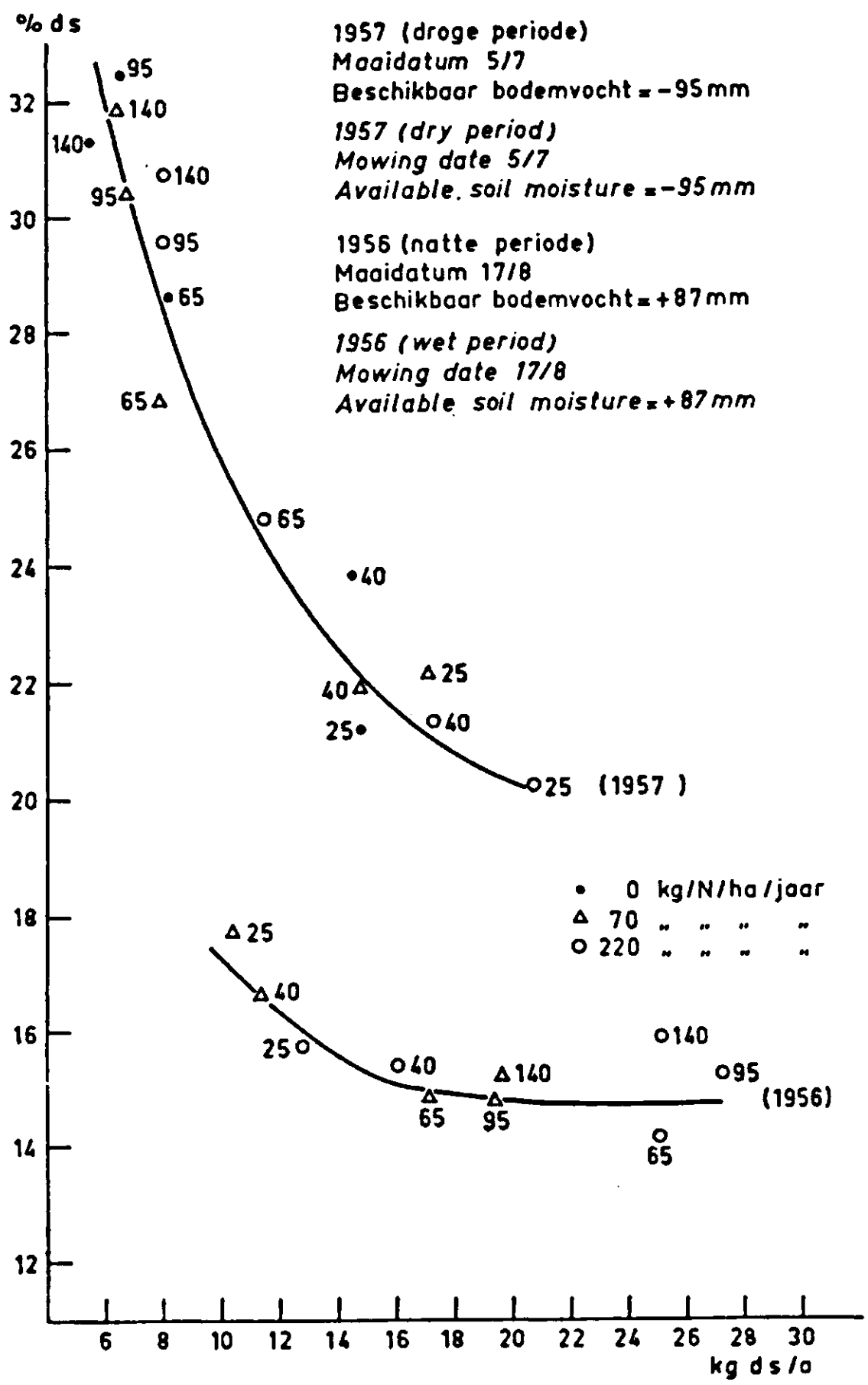


FIG. 3. Het verband tussen droge-stofopbrengst en droge-stofgehalte van kleigras in een vochtige en in een droge periode (de cijfers geven de waterstanden aan)
Relation between dry-matter yield (kg ds/a) and dry-matter content (% ds) of clay grass in a wet and in a dry period (the figures denote the water levels)

Een nadere illustratie van hetgeen hierboven (sub 3) is besproken, wordt in figuur 3 gegeven. In deze figuur zijn de droge-stofgehalten, verkregen bij verschillende grondwaterstanden en stikstofbemestingen, uitgezet tegen de bijbehorende droge-stofopbrengsten. Weergegeven is het materiaal van twee sneden, waarin een duidelijke reactie van droge-stofgehalte op droge-stofopbrengst werd gevonden.

De ene in figuur 3 afgebeelde snede heeft betrekking op een periode, eindigende op 17/8/1956, die zeer vochtig was (V + N — E = + 87 mm), de andere snede op een zeer droog tijdvak, eindigende op 5/7/1957 (V + N — E = — 95 mm). In de droge periode stijgt het percentage droge stof met afnemende droge-stofopbrengst veel meer dan in de vochtige periode. Waarschijnlijk hangt dit verschil in reactie samen met, bij diepe grondwaterstanden optredend, vochtgebrek.

Lage droge-stofgehalten in het gras worden dikwijls als ongunstig beschouwd. Met een normale hoeveelheid weidegras zou het vee in dit geval te weinig droge stof kunnen opnemen. Blijkens het bovenstaande is het echter noch met behulp van waterstandsregeling noch met stikstofbemesting mogelijk hoge droge-stofopbrengsten met hoge droge-stofgehalten te combineren.

1.1.2. Het ruw-eiwitgehalte van het gras

Het ruw-eiwitgehalte is het met de factor 6,25 vermenigvuldigde stikstofpercentage, bepaald volgens de methode van Kjeldahl. Zoals reeds uit tabel 15 bleek, worden de ruw-eiwitgehalten van het gras op weinig uitzonderingen na

Tabel 16. De invloed van de grondwaterstand en de hoeveelheid stikstof op de ruw-eiwitgehalten van rivierkleigras gedurende het groeiseizoen (weergegeven zijn de gemiddelde cijfers van de jaren 1955, 1956 en 1957)

Table 16. The effect of the ground-water level and the amount of nitrogen on the crude-protein contents of river-clay grass during the growing season (the mean figures of the years 1955, 1956 and 1957 have been given)

Waterstand (cm) *Water level (cm)*	Stikstofbemesting 70 kg N/ha *Nitrogen dressing 70 kg N/ha*					Stikstofbemesting 220 kg N/ha *Nitrogen dressing 220 kg N/ha*				
	snede *cut*					snede *cut*				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	17,9	13,2	15,2	16,1	16,5	20,3	15,1	16,0	17,8	18,3
40	17,5	13,4	15,7	17,0	16,9	20,4	14,6	16,0	17,3	18,6
65	17,7	13,6	15,7	17,4	18,5	19,3	15,1	16,9	18,1	20,8
95	18,1	14,0	16,6	18,8	20,3	19,8	14,5	17,8	20,1	22,0
140	17,7	13,9	16,5	18,8	19,4	19,4	15,2	17,6	19,8	23,1
$\frac{95+140}{2} - \frac{25+40}{2}$	+0,2	+0,65	+1,1	+2,25	+3,15	−0,75	0	+1,7	+2,4	+4,1

door stikstofbemesting verhoogd, terwijl daarnaast soms ook een verhoging bij toenemende ontwateringsdiepte merkbaar is. Over de reactie van het ruw-eiwitgehalte kan het volgende worden opgemerkt:

a. De beïnvloeding treedt voornamelijk sterk op in de nazomer en wordt door meer stikstof versterkt. Men zie hiervoor tabel 16; beide conclusies zijn af te leiden uit de cijfers die in de laatste regel van deze tabel zijn vermeld.
b. De in de desbetreffende groeiperiode hoeveelheid beschikbaar water schijnt geen invloed te hebben (bijlagen 4, 5, 6 en 7).

De beïnvloeding van het percentage ruw eiwit door de grondwaterstand berust niet op het bekende verschijnsel, dat het gehalte daalt bij stijgende droge-stofopbrengst, zoals bij maaitijdenproeven wordt gevonden. In het jaar 1956 b.v. nam de droge-stofopbrengst van het in de nazomer gegroeide gras toe bij toenemende ontwateringsdiepte, terwijl ook de ruw-eiwitgehalten duidelijk stegen. Op het proefveld in kwestie werd het bij verschillende grondwaterstanden en stikstofniveaus gegroeide gras overigens steeds op dezelfde dag gemaaid.

Veeleer zal het waargenomen effect, dat ook uit de literatuur wel bekend is (zie hoofdstuk II) verklaard moeten worden door aan te nemen, dat op de een of andere wijze de stikstofhuishouding van het gras door de grondwaterstand beïnvloed wordt. Deze kwestie zal hierna verder behandeld worden.

1.1.3. De droge-stofopbrengsten

Uit tabel 15 bleek reeds, dat de jaaropbrengsten aan droge stof zeer ongelijk op de grondwaterstand reageren. Ditzelfde verschijnsel doet zich bij de

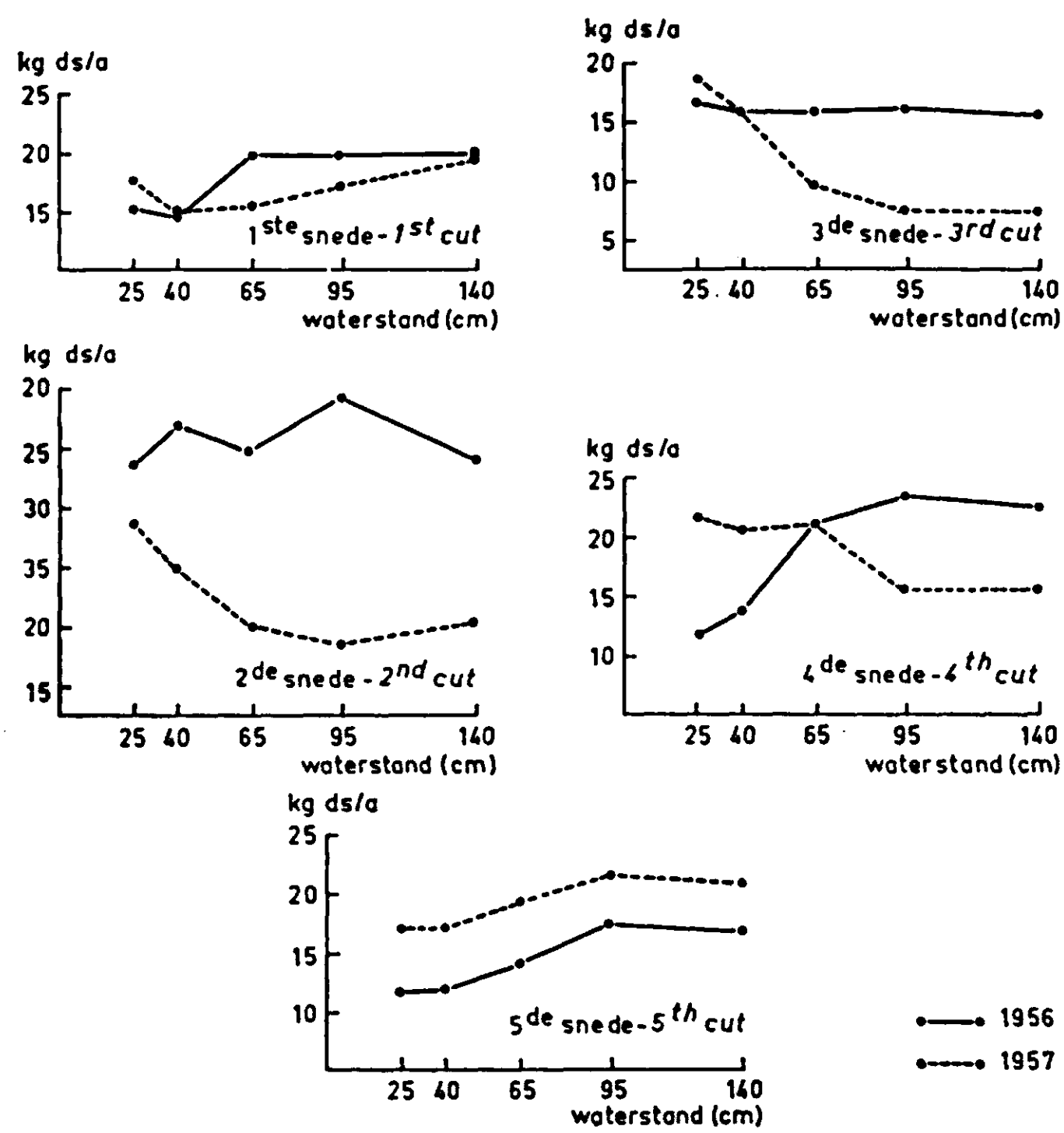


FIG. 4. Het verband tussen grondwaterstand en droge-stofopbrengst van rivierkleigrasland in het natte jaar 1956 en in het droge jaar 1957 (de droge-stofopbrengsten zijn de gemiddelden van de bij 70 en 220 kg N/ha/jaar verkregen opbrengsten)

Relation between ground-water level (waterstand) and dry-matter yield (kg ds/a) of river-clay grassland in the wet year 1956 and in the dry year 1957 (the dry-matter yields are averages of the yields obtained with 70 and 220 kg N/ha/annum)

droge-stofopbrengsten van de afzonderlijke sneden voor (bijlagen 4, 5, 6 en 7). Soms neemt de opbrengst bij toenemende ontwateringsdiepte af, soms ook toe, terwijl in andere gevallen de reactie niet duidelijk is. Figuur 4, waarin de over twee stikstofbemestingen gemiddelde droge-stofopbrengsten van het tamelijk natte groeiseizoen 1956 en het tamelijk droge groeiseizoen van 1957 zijn uitgezet, geeft van deze uiteenlopende reacties een duidelijk beeld.

Dat de reactie van de opbrengst aan droge stof op de grondwaterstand verband houdt met de in de groeiperiode opgetreden neerslag en verdamping, illustreert figuur 5, waar de lineaire regressie-coëfficiënt van de bij een bemesting van 70 kg N/ha verkregen droge-stofopbrengsten t.o.v. de waterstand is uitgezet tegen de grootheid V + N — E. Uit de figuur blijkt duidelijk, dat een sterk positieve reactie van de opbrengst speciaal voorkomt bij een overschot aan bodemvocht en een sterk negatieve reactie bij vochtgebrek. Dat de punten in figuur 5, die de eerste en tweede snede van het (eerste) proefjaar 1954 uitbeelden, enigzins afwijken, kan verklaard worden door aan te nemen, dat ten gevolge van het kort tevoren instellen van de grondwaterstanden op het proefveld, de beginvoorraad van de grond bij diepe waterstanden groter was dan in de daaropvolgende jaren.

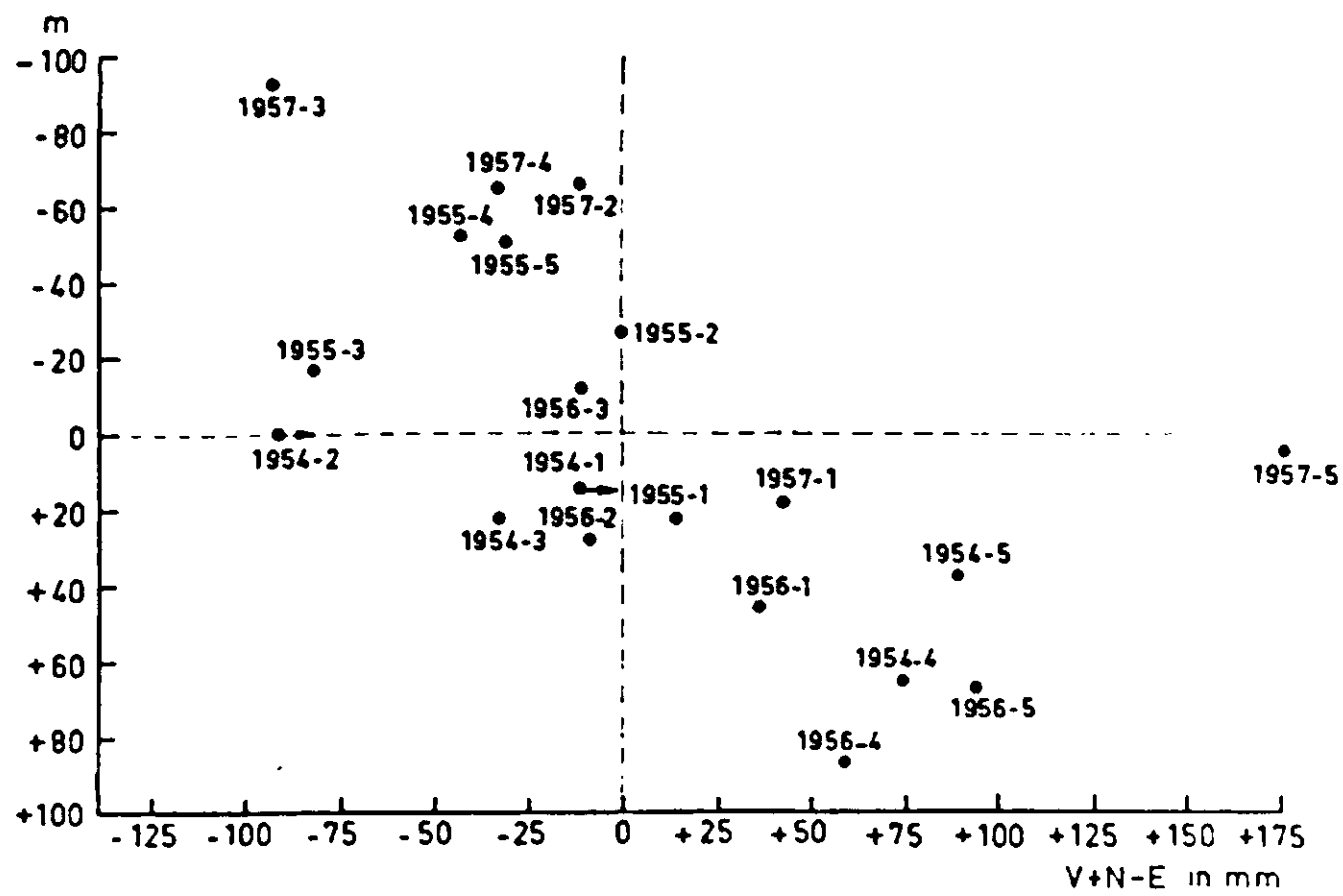


FIG. 5. Het verband tussen de berekende hoeveelheid beschikbaar bodemvocht (V+N—E) aan het einde van de groeiperiode en de regressiecoëfficiënt (m) van de droge-stofopbrengsten ten opzichte van de waterstand (de getallen geven het oogstjaar en het nummer van de snede weer; de stikstofbemesting bedroeg 70 kg N/ha/jaar)

Relation between the calculated quantity of available soil moisture (V + N — E) at the end of the growing season and the regression coefficient (m) of the dry-matter yield on the water level (the figures denote the cuts and their harvest years; 70 kg N/ha/annum has been given)

In droge perioden is een lage grondwaterstand dus ongunstig voor de opbrengst aan droge stof, in vochtige perioden daarentegen gunstig. Klaarblijkelijk is het eerste verschijnsel terug te voeren op de watervoorziening, die in droge perioden slechter is naarmate het grondwater lager staat. Ook bij de bespreking van de droge-stofgehalten van het gras werd reeds een dergelijke conclusie getrokken.

Een beeld van de beïnvloeding van het bodemvocht wordt gegeven in tabel 17.

Tabel 17. Vochtgehalten van de bovengrond van het blijvend grasland op het rivierkleiproefveld op 10 juli 1957
Table 17. Moisture contents of the top-soil of the permanent grassland of the river-clay experimental field on the 10th of July 1957

	Laag (cm) *Layer (cm)*	Vol. gew. *Apparent density*	Waterstand (cm) *Water level (cm)*				
			25	40	65	95	140
Gew. % water	5–10	—	29,5	25,6	23,8	21,6	21,7
Weight % moisture	10–15	—	27,5	23,9	22,4	20,5	20,4
Vol. % water	5–10	0,98	28,9	25,1	23,3	21,2	21,3
Volume % moisture	10–15	1,04	28,6	24,9	23,3	21,3	21,2
Vol. % beschikbaar water	5–10	—	−1,3	−5,1	−6,9	− 9,0	− 8,9
Volume % available moisture	10–15	—	−4,7	−8,4	−10,0	−12,0	−12,1

Uit de cijfers van tabel 17 blijkt, dat op de desbetreffende datum het vochtgehalte van de zodelaag nauw met de grondwaterstand samenhangt: des te hoger de waterstand, des te hoger het vochtgehalte in de zodelaag. Hoewel bij alle grondwaterstanden de spanning van het bodemvocht tot boven het verwelkingspunt is gestegen, gaat met de verschillen in vochtgehalte een belangrijk verschil in droge-stofopbrengst gepaard (figuur 4, derde snede van het jaar 1957). Op de negatieve gehalten aan beschikbaar vocht wordt in hoofdstuk V : 1.2. op blz. 69 nog teruggekomen.

Wat de gunstige invloed op de droge-stofopbrengst van een lage grondwaterstand in een natte periode betreft, ligt het voor de hand, gezien de conclusies ten aanzien van de ruw-eiwitgehalten, aan een beïnvloeding van de stikstofhuishouding te denken. In deze richting wijzen ook verschillende waarnemingen, hoofdzakelijk in de nazomer gedaan, dat de kleur van het gras uiteenliep van fris groen bij de diepste grondwaterstand tot geelachtig groen bij de hoogste grondwaterstand, terwijl op dit laatste object het gras (Engels raaigras) tevens het ernstigst door gele roest (*Puccinia coronata* (Kleb.) var. *lolii)* was aangetast.

De beïnvloeding van de stikstofhuishouding zou voort kunnen vloeien uit de invloed van de grondwaterstand op het luchtgehalte van de grond, waarvan tabel 18 een beeld geeft.

De in tabel 18 weergegeven cijfers, die betrekking hebben op een datum uit het begin van het groeiseizoen, zijn enigzins onregelmatig, maar wijzen toch duidelijk op een beïnvloeding van het luchtgehalte van de grond door de waterstand. Ditzelfde deden overigens in nog sterkere mate de op een datum in de

Tabel 18. Volumeprocenten lucht van de bovenste vijf dm van het blijvend graslandprofiel op het rivierkleiproefveld in april 1958 (monsters afkomstig van ir. J. W. VAN HOORN)

Table 18. Percentages by volume of air in the upper five dm profile of the permanent grassland of the river-clay experimental field in April 1958 (samples provided by ir. J. W. VAN HOORN)

Laag (cm) *Layer (cm)*	Waterstand (cm) *Water level (cm)*				
	25	40	65	95	140
0–10	3,5	2,2	9,1	9,0	10,8
10–20	0,0	1,8	4,3	5,5	7,4
20–30	3,5	3,1	3,3	4,0	5,4
30–40	2,6	3,2	4,8	4,5	5,7
40–50	2,1	2,6	3,4	4,8	5,2

zomer betrekking hebbende cijfers uit tabel 17; de in deze tabel vermelde volumeprocenten bodemvocht zijn immers bij benadering als de complementaire waarden van de luchtgehalten op deze datum te beschouwen.

Over de beïnvloeding van de watervoorziening en de stikstofhuishouding door de grondwaterstand zal in hoofdstuk V nog uitvoerig gesproken worden. Op deze plaats zal nog even worden ingegaan op de invloed van de stikstofbemesting op de opbrengsten aan droge stof bij verschillende grondwaterstanden. Deze invloed wordt geïllustreerd in figuur 6, waarin gegevens uit het tamelijk droge groeiseizoen van 1955 en het tamelijk natte groeiseizoen van 1956 zijn uitgezet.

Stikstofbemesting doet de droge-stofopbrengst in nagenoeg alle gevallen en bij alle voorkomende waterstanden stijgen. Aan de hand van het beschikbare materiaal van de afzonderlijke sneden werd nagegaan of er, wat de opbrengstverhogende werking van de stikstof bij uiteenlopende waterstanden betreft, verschillen geconstateerd konden worden tussen natte en droge perioden.

Dit onderzoek leidde tot de conclusie, dat de opbrengstverhogende werking van de stikstof zowel bij hoge als bij lage waterstanden weinig of niet afhankelijk was van de aan het einde van de groeiperiode aanwezige hoeveelheid beschikbaar bodemvocht. Binnen een groot traject van waterstanden was er dus bij uiteenlopende weersgesteldheid geen aantoonbaar verschil in stikstofwerking. Men dient hierbij in aanmerking te nemen, dat de opbrengstcijfers steeds betrekking hadden op een periode die vijf weken duurde, terwijl in het meest droge tijdvak van de desbetreffende jaren in totaal nog altijd 29 mm neerslag werd geregistreerd. In de zomer van 1959 werd het vochttekort echter dusdanig groot, dat stikstofbemesting alleen bij hoge grondwaterstanden de drogestofopbrengst verhoogde; pas onder deze extreme omstandigheden treedt dus

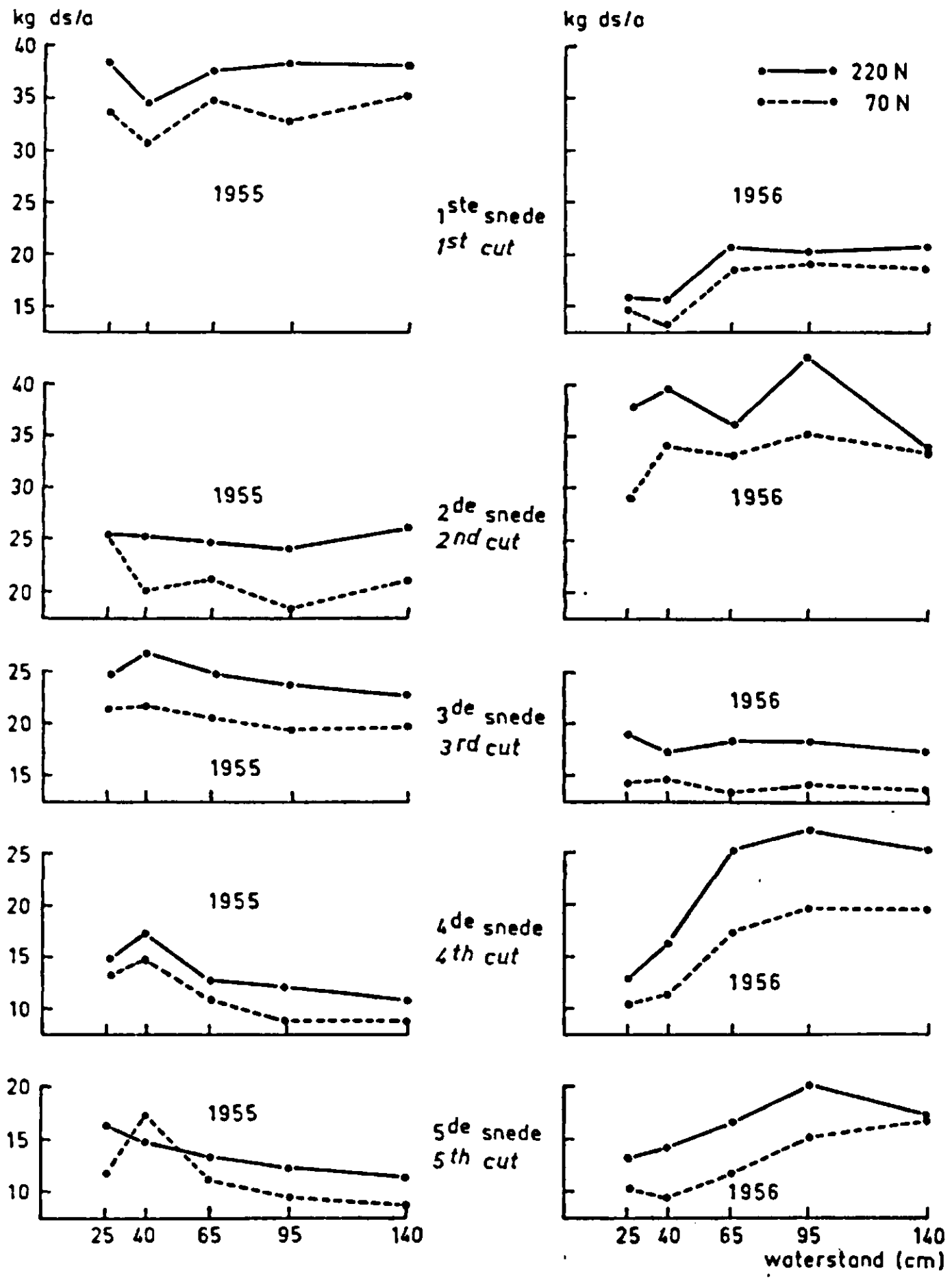


FIG. 6 Het verband tussen grondwaterstand en droge-stofopbrengst op rivierkleigrasland in de jaren 1955 (droog) en 1956 (nat) bij 70 zowel als 220 kg N/ha/jaar

Relation between ground-water level (waterstand) and dry-matter yield (kg ds/a) of river-clay grassland in the years 1955 (dry) and 1956 (wet) with 70 as well as with 220 kg N/ha/annum

een interactie op tussen grondwaterstand en stikstofbemesting ten aanzien van de opbrengst.

Hoewel er dus in het algemeen geen verschil in stikstofwerking werd geconstateerd bij verschillende waterstanden en weersgesteldheden (dit laatste afgemeten aan de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht aan het einde van de groeiperiode) werd in de hier besproken jaren van onderzoek dikwijls wel een invloed van de tijd van het jaar op het stikstofeffect gevonden. In de nazomer (vierde en vijfde sneden) van de jaren 1955, 1956 en 1957 namelijk was de stikstofwerking bij diepe grondwaterstand gemiddeld aanmerkelijk beter dan bij ondiepe grondwaterstanden. Dit effect was in de jaren 1955 en 1956 slechts zwak (vgl. figuur 6), doch in 1957 kwam het zeer sterk tot uiting; men zie hiervoor de later te bespreken figuur 7. In het eerste gedeelte van het groeiseizoen daarentegen werden geen opvallende verschillen opgemerkt. Genoemd effect,

dat ook bij het ruw-eiwitgehalte werd waargenomen (hoofdstuk IV : 1.*1*.2.), is er verantwoordelijk voor, dat er bij de jaaropbrengsten aan droge stof in het algemeen wel een duidelijke interactie tussen stikstofbemesting en grondwaterstand aanwezig is (tabel 15); naarmate meer stikstof is gegeven komt de bruto-jaaropbrengst, verkregen bij diepe waterstanden, hier veelal gunstiger naar voren. Aan de hand van de regressiecoëfficiënten van de jaaropbrengsten aan droge stof t.o.v. de waterstand laat zich dit verschijnsel ook demonstreren. In het jaar 1957 (bijlage 7) waren deze coëfficiënten bij een stikstofbemesting van 0, 70 en 220 kg resp. —0,233, —0,205 en —0,127. In dit overwegend droge jaar nam het ongunstige effect van diepe grondwaterstanden op de jaaropbrengst aan droge stof dus bij toenemende stikstofbemesting af.

1.*1*.4. De ruw-eiwitopbrengsten

Bij de bespreking van tabel 15 werd reeds vastgesteld, dat de jaaropbrensten aan ruw eiwit speciaal sterk op de grondwaterstand reageren, wanneer de reacties van ruw-eiwitpercentage en droge-stofopbrengst gelijk gericht zijn. Dit is, zoals uit het voorafgaande voortvloeit, het geval in overwegend natte jaren; de hoogste ruw-eiwitopbrengsten komen dan in het algemeen bij de diepste waterstand voor. Omdat in de nazomermaanden het ruw-eiwitgehalte meestal het sterkst door de grondwaterstand wordt beïnvloed (tabel 16) wordt bovengenoemd effect speciaal in deze periode (vierde en vijfde snede) aangetroffen.

In de betrekkelijk droge groeiseizoenen van 1955 en 1957, toen de hoogste jaaropbrengst aan droge stof bij de hoogste grondwaterstand voorkwam, werd echter de hoogste jaaropbrengst aan ruw eiwit eveneens bij deze hoge waterstand gevonden. De reactie is nu echter minder duidelijk. Men zie hiervoor tabel

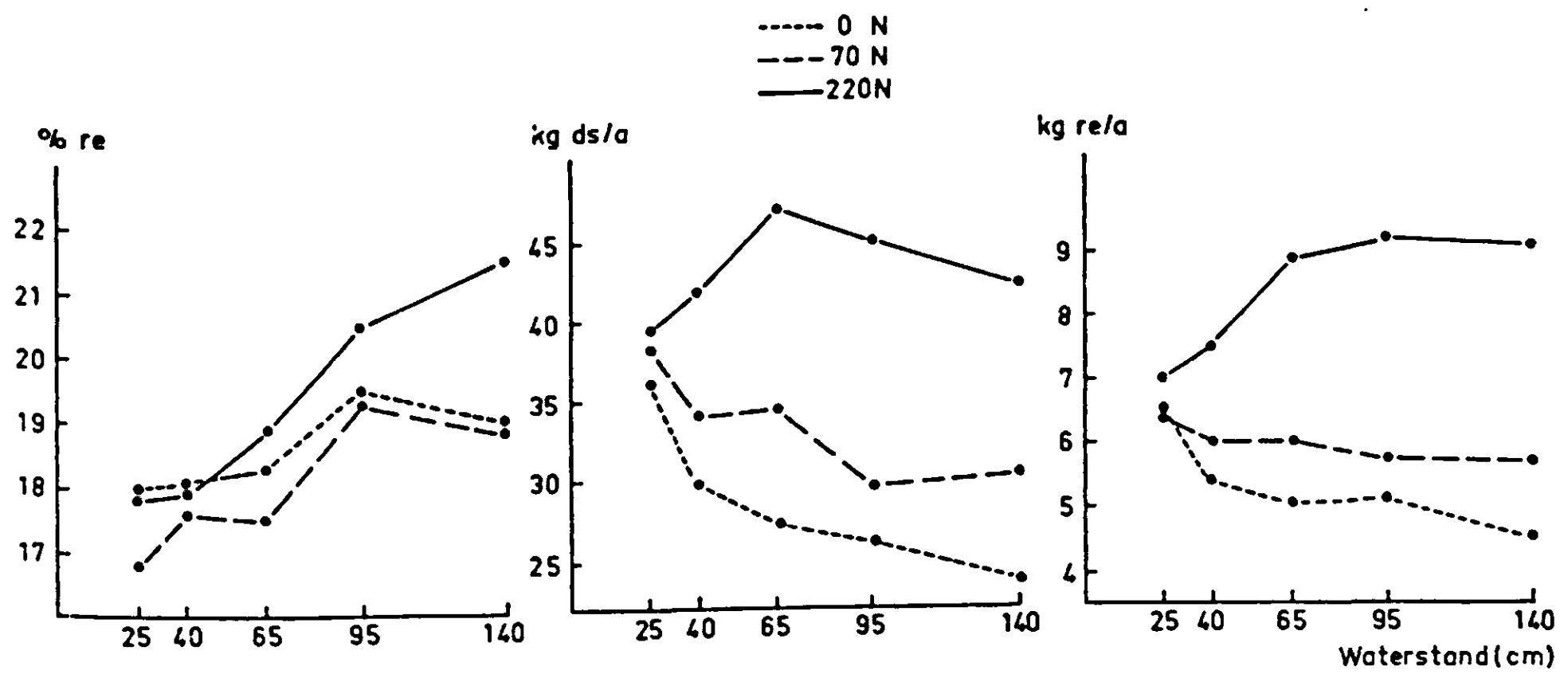


FIG. 7. Ruw-eiwitgehalte, droge-stofopbrengst en ruw-eiwitopbrengst van rivierkleigras bij verschillende grondwaterstanden en hoeveelheden stikstof (de figuur heeft betrekking op de vierde en vijfde snede van het jaar 1957)

Crude-protein content (% re), dry-matter yield (kg ds/a) and crude-protein yield (kg re/a) of river-clay grass with different ground-water levels (waterstand) and amounts of nitrogen (the figure is for the fourth and fifth cut in 1957)

15. Voor de nazomerperioden van deze jaren geldt in principe hetzelfde (bijlagen 5 en 7); in het jaar 1957 komt echter een reeds eerder gesignaleerd effect tot uiting, waarvan figuur 7 een beeld geeft.

In de nazomer van 1957 vertoont het ruw-eiwitgehalte bij een stikstofbemesting = 0 maar een zwakke reactie op de grondwaterstand; bij een stikstofbemesting van 220 kg N/ha wordt de reactie veel duidelijker positief. De opbrengsten aan droge stof daarentegen reageren tegengesteld, het sterkst bij een stikstofbemesting = 0 en minder sterk bij hogere stikstofgiften. Het gevolg hiervan is dat het produkt van deze beide grootheden bij geen stikstof in andere zin op de grondwaterstand reageert dan bij de stikstofgift van 220 kg N/ha/jaar.

Tot slot zij nog vermeld, dat de ruw-eiwitopbrengsten van de afzonderlijke sneden in het algemeen door stikstof in belangrijke mate worden verhoogd, evenals de droge-stofopbrengsten (bijlagen 4, 5, 6 en 7).

1.2. *Akkerbouwgewassen*

De resultaten van de in de jaren 1954 t/m 1958 op het akkerbouwgedeelte van het grondwaterstandsproefveld op rivierklei verkregen gegevens zijn samengevat in de tabellen 19, 20 en 21, waaraan hierna een bespreking zal worden gewijd. Daar het jaar 1958 op het akkerbouwgedeelte nog geheel nieuwe gegevens heeft opgeleverd, die vroegtijdig beschikbaar waren, is hier één jaar meer in beschouwing genomen dan op het graslandgedeelte van het proefveld. De in de tabellen 19, 20 en 21 eveneens opgenomen resultaten, verkregen bij wisselende grondwaterstanden, blijven voorlopig nog buiten beschouwing; hierop zal in hoofdstuk VII : 2 nader worden ingegaan. Wellicht is het goed nog even te verwijzen naar tabel 9 op blz. 30, waarin enige teeltgegevens van de thans te behandelen gewassen zijn opgenomen.

De opbrengsten in de tabellen 19, 20 en 21 zijn weergegeven als kg produkt per are, behalve bij rode klaver (gewas nr. 8), waarvan de opbrengst is weergegeven als kg droge stof per are.

Van sommige gewassen zijn de ruw-eiwitgehalten in de droge stof weergegeven, terwijl in de tabel ook nog enige suikergehalten zijn vermeld. Aangezien de droge-stofgehalten van de gewassen in de regel alleen bij het binnenhalen van de oogst werden bepaald en deze gehalten, op één uitzondering na, geen reactie op de grondwaterstand vertoonden, zijn deze gehalten op dit ene geval na niet vermeld.

Wat de reactie van de opbrengst op de grondwaterstand betreft kunnen de gewassen in drie groepen worden verdeeld :

1. De gewassen waarvan de opbrengst toeneemt bij toenemende ontwateringsdiepte (zie tabel 19, de gewassen 5, 6, 7, 8d, 10a, 10b, 10c, 11a en 11b)
2. De gewassen waarvan de opbrengst afneemt bij toenemende ontwateringsdiepte (zie tabel 20, de gewassen 3, 8a, 8c en 13)
3. De gewassen die geen duidelijke reactie vertonen (zie tabel 21, de gewassen 1, 2, 4, 8b, 11c en 12).

Deze groepen zullen hierna afzonderlijk worden besproken.

1.2.1. De gewassen waarvan de opbrengst toeneemt bij toenemende ontwateringsdiepte

Het beeld van een toenemende opbrengst bij een toenemende ontwateringsdiepte, dat ook van een proefveld met akkerbouwgewassen op zeeklei bekend is (VAN HOORN, 1958), vertonen de meeste verbouwde graangewassen, alsmede het in 1956 geteelde gewas suikerbieten (gewas nr. 5). Ten dele, voor zover het de lage opbrengst op het veldje met een waterstand van 40 cm betreft, kan dit effect worden toegeschreven aan het optreden van plassen tijdens natte perioden. Dit verschijnsel wordt in hoofdstuk VI: 1.2. op blz. 98 nader beschreven. Vooral de tarwe (nr. 6) in het voorjaar van 1956 en de haver (nr. 10a, 10b en 10c) in het voorjaar van 1957 hadden van dit euvel te lijden; het gevolg was, dat plaatselijk planten afstierven (tarwe), of dat het zaad niet opkwam (haver) en het gewas, ondanks extra uitstoeling, een holle stand behield. De lage opbrengst van de derde snede rode klaver (nr. 8d) in 1957 op het veldje met een waterstand van 40 cm kan aan dit zelfde effect worden toegeschreven; in de nazomer van 1957 was de wateroverlast hier zo ernstig, dat de klaver plaatselijk te gronde ging. Met dit verschijnsel is echter de reactie van de opbrengst bij de andere gewassen en bij de andere grondwaterstanden niet verklaard.

Mede gezien de tijdens de groei waargenomen kleur- en standverschillen ligt het hier weer voor de hand in dit effect een stikstofreactie te zien. Van de gewassen suikerbieten, wintertarwe en zomergerst in 1956 (nr.'s 5, 6 en 7) wijzen ook de ruw-eiwitgehalten in deze richting, evenzo het suikergehalte van het eerstgenoemde gewas. In tegenstelling hiermee staan de eiwitgehalten van het in 1957 bij verschillende stikstofgiften verbouwde gewas haver (10a, 10b en 10c). Om verschillende redenen (o.a. ongunstige bodemstructuur na het zaaien) is deze haver bij geen der stikstofgiften een volwaardig gewas geworden, hetgeen ook uit de opbrengstcijfers blijkt. Ook bij de in 1957 geoogste kunstweide (tabel 22 en bijlage 8), een bij de lage stikstofgiften eveneens armelijk gewas, steeg het ruw-eiwitgehalte niet bij toenemende ontwateringsdiepte.

Legering van het gewas kan als de reden worden beschouwd, waarom bij sommige andere gewassen de maximale opbrengst niet steeds bij de diepste grondwaterstand voorkomt.

Neemt men de loofopbrengsten en de eiwitgehalten van het gewas suikerbieten in 1956 (nr. 5) als maatstaf, dan blijkt dat dit gewas sterker heeft gereageerd dan de genoemde graangewassen. Naar analogie van de waarnemingen op het blijvend grasland zou de verklaring van deze sterkere reactie van suikerbieten óf bij de hogere stikstofbemesting (zie tabel 19) óf bij de langere groeiperiode (zie tabel 9 op blz. 30) gezocht kunnen worden.

De toenemende zaadopbrengst van het gewas erwten (nr. 3) in 1955 zal hierna worden besproken.

Tabel 19. De invloed van de grondwaterstand op de opbrengst en op de ruw-eiwit- en suikergehalten van akkerbouwgewassen op rivierkleigrond bij verschillende hoeveelheden stikstof

Table 19. The effect of the ground-water level on the yields and on the crude-protein and sugar contents of arable crops from river-clay soil with different amounts of nitrogen

Gewas nr. *Crop No.*	Jaar – *Year* kg N/ha *kg N/ha*	Gewas *Crop*		Opbrengst in kg/a *Yield in kg/are*					Ruw-eiwitgehalte *Crude-protein content*				
				Waterstand (cm) *Water level (cm)*									
				40	65	95	140	40-140	40	65	95	140	40-140
									16,5[1]	16,0[1]	15,5[1]	15,1[1]	16,0[1]
5	1956	Suikerbieten *Sugar beet*	wortel *roots*	380	444	449	446	441	3,3	3,7	4,3	4,7	3,6
	140		loof *leaves*	376	501	625	659	503	8,6	9,9	12,1	13,6	9,6
6	1956	Wintertarwe *Winter wheat*	zaad *grain*	45,0	53,1	55,7	54,3	52,6	10,3	11,6	12,4	13,4	11,0
	50		stro *straw*	80,0	89,0	97,0	112,0	78,0	—	—	—	—	—
7	1956	Zomergerst *Spring barley*	zaad *grain*	36,1	47,8	51,6	49,4	43,0	9,2	10,8	12,1	11,6	9,8
	30		stro *straw*	53,0	61,0	70,0	74,0	59,1	—	—	—	—	—
8d	1957	Rode klaver *Red clover*		4,4	15,4	16,3	19,8	14,4	17,6	19,6	19,8	19,6	20,5
	0	derde snede *third cut*	2 okt. *Oct.2*										

10a	1957	Haver *Oats*	*zaad grain*	16,4	26,2	32,2	32,5	22,9	12,0	11,1	11,0	11,3	11,0
	25		stro *straw*	26,0	33,7	44,2	42,9	29,8	3,8	2,7	2,7	4,4	3,3
10b	1957	Haver *Oats*	zaad *grain*	20,5	29,8	34,9	36,1	28,1	11,9	11,0	11,4	11,7	10,8
	40		stro *straw*	30,2	39,4	47,9	48,5	36,5	4,4	2,7	3,0	3,3	2,9
10c	1957	Haver *Oats*	zaad *grain*	25,0	34,3	38,6	39,1	30,7	11,7	12,2	11,6	11,7	11.1
	55		stro *straw*	35,2	46,5	52,1	52,9	38,6	3,8	2.9	2,9	3,1	2,5
11a	1958	Wintergerst *Winter barley*	zaad *grain*	33,5	37,7	43,5	45,0	38,7	10,3	9,5	9,4	9,8	9,2
	50		stro *straw*	46,4	49,4	54,8	55,8	56,7	1,9	1,9	1,8	2,0	1,6
11b	1958	Wintergerst *Winter barley*	zaad *grain*	43,5	48,5	53,3	54,2	52,5	9,7	9,3	9,8	11.0	9,6
	90		stro *straw*	59,8	61,0	65,2	64,6	63,1	2,0	2,0	2,2	3,2	1,9

[1] Suikergehalte — *Sugar content*

Tabel 20. De invloed van de grondwaterstand op de opbrengst en op de ruw-eiwitgehalten van akkerbouwgewassen op rivierkleigrond

Table 20. The effect of the ground-water level on the yields and on the contents of crude protein of arable crops on river clay

Gewas nr. *Crop No.*	Jaar – *Year* kg N/ha *kg N/ha*	Gewas *Crop*		Opbrengst in kg/a *Yield in kg/are*					Ruw-eiwitgehalte *Crude-protein content*				
				Waterstand (cm) *Water level (cm)*									
				40	65	95	140	40-140	40	65	95	140	40-140
3	1955	Erwten *Peas*	zaad *seed*	28,5	35,5	36,2	40,8	34,9	—	—	—	—	—
	20		stro *straw*	44,9	47,0	42,3	38,7	47,1	—	—	—	—	—
8a	1956	Rode klaver *Red clover*	9 okt. *Oct. 9*	34,8	25,1	18,8	14,9	31,5	20,8	22,5	21,2	21,5	19,1
	0	(stoppelgewas) *(stubble crop)*											
8c	1957	Rode klaver *Red clover*		40,1	38,3	39,2	36,2	34,4	19,5	20,7	18,1	19,7	19,0
	0	tweede snede *second cut*	23 juli *July 23*										
13	1958	Erwten *Peas*	zaad *seed*	48,5	47,0	44,8	42,9	43,7	24,7	24,3	24,1	24,3	24,0
	0		stro *straw*	33,5	31,3	28,7	28,3	28,3	—	—	—	—	—

1.2.2. De gewassen waarvan de opbrengst afneemt bij toenemende ontwateringsdiepte

Van de gewassen waarvan de opbrengst bij toenemende ontwateringsdiepte afneemt, moeten in de eerste plaats de erwten in het jaar 1958 (nr. 13) worden genoemd. Zowel zaad- als stro-opbrengsten van deze erwten daalden bij dieper wordende grondwaterstand. Zij vertonen dus dezelfde reactie als het blijvend grasland in perioden van droogte. Bij de erwten in 1955 (gewas nr. 3) reageerde de stro-opbrengst op dezelfde wijze, de zaadopbrengst echter tegengesteld. De stro-opbrengst van dit gewas was echter zo hoog, dat hieruit de omgekeerde reactie van de zaadopbrengst wel verklaard kan worden. In 1958 werden dan ook maatregelen genomen (geringere zaaizaadhoeveelheid) om te hoge stro-opbrengsten te voorkomen.

Ook de tweede snede van de in 1957 geteelde klaver (gewas 8c), eveneens een vlinderbloemige, reageert op overeenkomstige wijze. Dat de klaveropbrengst in 1956 (gewas nr. 8a) eenzelfde reactie vertoont, heeft daarentegen een geheel andere oorzaak. Hiervoor moet uitsluitend de invloed van de dekvrucht (tarwe, gewas nr. 6) aansprakelijk worden gesteld; de stand van de klaver was aanvankelijk dichter, naarmate de tarwe minder zwaar was geweest.

1.2.3. De gewassen die geen duidelijke reactie vertonen op de diepte van de grondwaterstand

Als globale regel werd dus in het voorafgaande gevonden, dat granen en suikerbieten in het algemeen de reactie op de stikstofhuishouding vertonen (toenemende opbrengst bij toenemende ontwateringsdiepte) en vlinderbloemigen, die zelf in hun stikstofbehoefte kunnen voorzien, de reactie op de watervoorziening (afnemende opbrengst bij toenemende ontwateringsdiepte).

Zoals er bij het blijvend grasland perioden waren, waarin geen van beide reacties duidelijk naar voren kwam, is er bij de akkerbouw een aantal gewassen, die eveneens geen duidelijke reacties vertonen. Als zodanig moeten speciaal de in 1955 en 1958 verbouwde aardappelen worden genoemd (nr.'s 4 en 12). Deze werden beide malen geteeld in ruggen, waarin als gevolg van scheurvorming bij droogte en als gevolg van oppervlakte-afvoer van water langs de voren in regenrijke perioden, mogelijk andere lucht- en watertoestanden voorkwamen dan in vlak liggend land. Ook FERRARI (1952) concludeerde uit een onderzoek in de Bommelerwaard, dat aardappelen enerzijds, uit een oogpunt van watervoorziening, gunstig op een hoge grondwaterstand reageren, doch dat anderzijds met een verhoogde grondwaterstand verschillende ongunstige nevenverschijnselen optreden.

Onder de niet-reagerende gewassen moet vervolgens nog de eerste snede van de rode klaver in 1959 (gewas nr. 8b) worden gerangschikt. Hoewel van deze snede het droge-stofgehalte bij het oogsten op de watervoorziening lijkt te reageren, doet de droge-stofopbrengst dit niet. Mogelijk speelt de nawerking van de dekvrucht hier nog steeds een rol.

Tabel 21. De invloed van de grondwaterstand op de opbrengst en op de ruw-eiwit- en droge-stofgehalten van akkerbouwgewassen op rivierkleigrond bij verschillende hoeveelheden stikstof

Table 21. The effect of the ground-water level on the yields and on the contents of crude protein and dry matter of arable crops from river-clay soil with different amounts of nitrogen

Gewas nr. *Crop No.*	Jaar – *Year* kg N/ha *kg N/ha*	Gewas *Crop*		Opbrengst in kg/a *Yield in kg/are*					Ruw-eiwitgehalte *Crude-protein content*				
				Waterstand (cm) *Water level (cm)*									
				40	65	95	140	40-140	40	65	95	140	40-140
1	1954	Haver *Oats*	zaad *grain*	48,5	50,3	55,3	51,8	48,5	—	—	—	—	—
	40		stro *straw*	53,3	51,9	57,1	57,5	49,5	—	—	—	—	—
2	1954	Haver *Oats*	zaad *grain*	58,5	61,6	58,0	58,6	59,3	—	—	—	—	—
	40		stro *straw*	66,2	61,2	68,8	67,8	64,7	—	—	—	—	—
4	1955 100	Aardappelen *Potatoes*	knol *tubers*	315	317	301	309	317	—	—	—	—	—
8b	1957	Rode klaver *Red clover*		60,6	65,1	66,3	66,4	62,3	16,5[1]	17,7[1]	18,7[1]	21,1[1]	19,5[1]
	0	eerste snede *first cut*	17 juni *June 17*						17,4	17,6	15,9	15,5	16,8
11c	1958	Wintergerst *Winter barley*	zaad *grain*	53,5	54,0	52,5	52,0	54,0	10,9	10,5	10,1	10,7	11,1
	variabel		stro *straw*	70,4	64,0	62,5	63,7	70,0	2,7	2,3	2,3	2,0	2,3
12	1958 90	Aardappelen *Potatoes*	knol *tubers*	243	235	219	229	244	8,7	9,4	9,2	8,7	8,1

[1] droge-stofgehalte — *dry-matter content*

Het in 1954 na twee verschillende voorvruchten verbouwde gewas haver (nr.'s 1 en 2) vertoont de voor granen kenmerkende reactie niet of in minder duidelijke mate. Twee oorzaken kunnen voor dit afwijkende gedrag verantwoordelijk zijn:

a. Het feit, dat de grondwaterstand op dit proefveld pas definitief op peil werd gebracht toen de haver reeds was gezaaid, terwijl dit een gewas is waarvan de opbrengst door stikstofgebrek, optredend in een laat stadium, maar weinig verlaagd wordt (VAN DOBBEN, 1960).
b. Het hoge opbrengstniveau en de bij de diepste grondwaterstand opgetreden legering, waardoor de opbrengsten aldaar geschaad kunnen zijn.

In hoofdstuk VII : 3. op blz. 118 wordt op deze kwestie nog even teruggekomen.

Het in 1957 bij variabele stikstofgiften verbouwde gewas wintergerst (nr. 11c) heeft niet noemenswaard op de grondwaterstand gereageerd; dit verschijnsel, dat in hoofdstuk V:2.*1*.2.4. op blz. 87 nader ter sprake zal komen, werd teweeggebracht door op het gewas bij de hoge grondwaterstanden in gedeelde giften meer stikstof te strooien dan bij de lage grondwaterstanden.

De groep akkerbouwgewassen als geheel blijkt dus overeenkomstige verschijnselen te vertonen als het reeds besproken grasland.

1.*3*. *Kunstweide*

Op het akkerbouwgedeelte van het grondwaterstandsproefveld op rivierklei kwam in het jaar 1957 een kunstweide voor, die in 1956 was ingezaaid (vergelijk tabel 9 op blz. 30). Deze kunstweide bestond uit Engels raaigras hooitype, waarin, verschillende pogingen met chemische bestrijdingsmiddelen ten spijt, nog enige procenten rode klaver, restant van een vroegere groenbemesting, voorkwamen. De in bijlage 8 opgenomen resultaten van dit proefgewas kunnen worden vergeleken met de hiervoor besproken resultaten van het blijvend grasland, voor zover zij op constante grondwaterstanden per object betrekking hebben. De resultaten zijn samengevat in tabel 22. Over de wisselende grondwaterstanden zal in hoofdstuk VII: 1.*1*. op blz. 115 nog iets gezegd worden.

Ook bij het als maaikunstweide gebruikte Engels raaigras was de volgorde van oogsten zodanig gekozen, dat de daginvloed op het droge-stofgehalte werd genivelleerd, waardoor aan de verschillen in droge-stofgehalte onder invloed van de grondwaterstand betekenis kan worden gehecht. Eveneens is dit het geval met de verschillen in droge-stofgehalte per grondwaterstand onder invloed van de stikstofbemesting. Het blijkt nu dat hier het droge-stofgehalte in de meeste gevallen stijgt, wanneer de opbrengst aan droge stof afneemt (bijlage 8). Deze reactie van het droge-stofgehalte op de droge-stofopbrengst werd reeds in hoofdstuk IV: 1.*1*.1. besproken. Bij de kunstweide neemt in enige sneden de droge-stofopbrengst bij toenemende ontwateringsdiepte af, waarbij het droge-stofgehalte stijgt. Deze conclusie geldt vooral, wanneer geen stikstof is verstrekt. Bij hogere stikstofgehalten dalen de droge-

Tabel 22. De invloed van de grondwaterstand en de hoeveelheid stikstof op de droge-stof- en ruw-eiwitgehalten en op de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van een éénjarige kunstweide op rivierkleigrond in het jaar 1957

Table 22. The effect of the ground-water level and the amount of nitrogen on the contents and yields of dry matter and crude protein of a one-year-old ley on river-clay soil in 1957

	Waterstand (cm) *Water level (cm)*	Stikstofbemesting in kg N/ha *Nitrogen dressing in kg N/ha*		
		0	70	220
% ds % *dry matter*	40	20,3	20,1	19,0
	65	22,9	21,6	19,6
	95	22,8	22,8	19,7
	140	23,3	22,1	20,0
% re[1] % *crude protein*[1]	40	13,5	11,8	11,1
	65	12,4	11,4	11,2
	95	12,5	11,1	11,4
	140	11,5	10,8	11,4
kg ds/a *kg dry matter/are*	40	48,2	69,0	116,9
	65	36,4	61,3	111,9
	95	37,4	59,8	112,3
	140	34,1	59,6	112,9
kg re/a *kg crude protein/are*	40	6,5	8,1	13,0
	65	4,5	7,0	12,6
	95	4,7	6,6	12,8
	140	3,9	6,4	12,9

[1] Gewogen gemiddelde

[1] *Weighted mean*

stofpercentages en vervaagt tevens de invloed van de grondwaterstand op deze gehalten.

Wat de ruw-eiwitgehalten betreft valt in de eerste plaats het lage niveau op ten opzichte van de gehalten van omstreeks dezelfde data geoogst blijvend grasland (tabel 15 en bijlage 7). In de praktijk is trouwens bekend, dat kunstweiden op deze gronden pas bij hoge stikstofgiften een eiwitrijk produkt leveren. Voorts is het opvallend, dat bij de stikstofbemestingen van 0 en 70 kg N/ha/jaar bij de kunstweide geen enkele maal het bij het blijvend grasland waargenomen verschijnsel optreedt, dat het ruw-eiwitgehalte bij toenemende ontwateringsdiepte stijgt. Bij de genoemde stikstofbemestingen is het omgekeerde het geval. Alleen bij de stikstofbemesting van 220 kg N/ha/jaar komt in de vierde en vijfde snede de bekende reactie van het ruw-eiwitpercentage naar voren. Ook bij het blijvend grasland (bijlage 7) deed zich het verschijnsel voor, dat de reactie van het ruw-eitwitgehalte op de grondwaterstand sterker werd naarmate meer stikstof werd gegeven of naarmate de ruw-eitwitgehalten

op een hoger niveau lagen. Dat bij de kunstweide de ruw-eiwitgehalten in het algemeen door stikstofbemesting verlaagd worden, is, het lage stikstofniveau en de stimulering van de groei door deze bemesting in aanmerking genomen, wel verklaarbaar. Men zie hiervoor ook DIJKSHOORN (1958). Op het blijvend grasland werd een dergelijk effect slechts een enkele maal waargenomen (b.v. in figuur 7).

De droge-stofopbrengsten van de kunstweide (zie bijlage 8) zijn midden in het groeiseizoen veelal het hoogst bij de hoogste grondwaterstand; in de laatste groeiperiode, die zeer nat was, is de reactie op de grondwaterstand tegengesteld. Wat de jaaropbrengst in 1957 betreft (zie tabel 22), neemt de opbrengstverhogende werking van de grondwaterstand af, naarmate meer stikstof is gegeven. Ditzelfde verschijnsel deed zich in hetzelfde jaar op het blijvend grasland voor (hoofdstuk IV: 1.*1*.3.).

Wat de droge-stofopbrengst betreft heeft de kunstweide gereageerd als het blijvend grasland: de hoogste jaaropbrengst werd verkregen bij de hoogste grondwaterstand. Het in 1957 verbouwde gewas haver daarentegen leverde de hoogste opbrengst op bij de diepste grondwaterstand (vgl. hoofdstuk IV: 1.2.1. op blz. 51).

De ruw-eitwitopbrengsten van de kunstweide reageren tamelijk duidelijk op de grondwaterstand, omdat de reacties van ruw-eiwitgehalte en droge-stofopbrengst meestal parallel lopen. Bij de stikstofniveaus 0 en 70 kg N/ha/jaar komen de hoogste jaaropbrengsten voor bij de hoogste waterstanden. Bij een stikstofniveau van 220 kg N/ha/jaar is in de jaaropbrengst aan ruw eiwit geen waterstandsinvloed meer te bespeuren. Bij een vergelijking met het blijvend grasland is het voorts opvallend, dat de ruw-eitwitopbrengsten weliswaar door stikstofbemesting worden verhoogd, maar dat het opbrengstniveau veel lager ligt dan dat van oud grasland met eenzelfde stikstofgift.

In het voorafgaande werd de conclusie getrokken, dat de watervoorziening van blijvend grasland in droge perioden meer te wensen overlaat, naarmate de grondwaterstand lager is. Gezien de reactie van de droge-stofopbrengst van de kunstweide op de grondwaterstand ligt het voor de hand aan te nemen, dat zich ook hier een dergelijk effect voordoet. Een beïnvloeding van de stikstofhuishouding, die zich op het blijvend grasland vooral in de ruw-eiwitgehalten uitte en voorts in de droge-stofopbrengsten aan het licht kwam, komt bij de kunstweide veel minder duidelijk tot uiting; alleen bij de hoogste stikstofgift is een beïnvloeding van het ruw-eitwitpercentage merkbaar. Te verwonderen is dit echter niet, daar ook bij het blijvend grasland soms — en met name in het jaar 1957 — de tendens aanwezig was dat het ruw-eiwitgehalte zwakker reageerde naarmate minder stikstof was gegeven. Men dient hierbij nog in aanmerking te nemen dat de kunstweide bij alle stikstofbemestingen een produkt met lagere stikstofgehalten leverde dan het blijvend grasland.

Neemt men het lagere stikstofniveau in aanmerking, dan kan geconstateerd worden dat de reacties van de kunstweide in het algemeen die van het blijvend grasland bevestigen. In hoofdstuk V zullen ook van de kunstweide de watervoorziening en de stikstofhuishouding worden behandeld en zal de beïnvloeding van deze factoren door de grondwaterstand nog nader worden besproken.

2. Het grondwaterstandsproefveld op veengrasland

De in de jaren 1954 t/m 1957 verkregen resultaten van het grondwaterstandsproefveld op veengrasland, die vergeleken kunnen worden met de cijfers van het rivierkleigrasland, zijn opgenomen in bijlage 9. Bijlage 9 (waarvan tabel 23 een samenvatting geeft) bevat, evenals de bijlagen 4, 5, 6 en 7, een overzicht van de ruw-eitwitgehalten, de droge-stofopbrengsten en de ruw-eitwitopbrengsten. De droge-stofgehalten zijn hier niet vermeld, aangezien op dit proefveld de wijze van oogsten niet zodanig was, dat de droge-stofgehalten op zich zelf van veel betekenis konden zijn.

Tabel 23. De invloed van de grondwaterstand op de ruw-eiwitgehalten en op de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van veengras in de jaren 1954, 1955, 1956 en 1957 (in het laatste jaar bij twee hoeveelheden stikstof)

Table 23. The effect of the ground-water level on the crude-protein contents and the yields of dry matter and crude protein of grass grown on peat soil in the years 1954, 1955, 1956 and 1957 (in 1957 with two amounts of nitrogen)

Jaar *Year*	Stikstofbemesting in kg N/ha *Nitrogen dressing in kg N/ha*	% re[1] *% crude protein*[1]			kg ds/a *kg dry matter/are*			kg re/a *kg crude protein/are*		
		Zomerwaterstand (cm) *Summer water level (cm)*								
		30	45	60	30	45	60	30	45	60
1954	70	18,4	20,6	21,3	112,4	147,4	134,0	20,7	30,3	28,7
1955	70	16,6	17,7	19,4	102,4	102,6	103,9	17,0	18,1	20,1
1956	70	17,3	19,1	21,8	89,9	92,3	111,6	15,5	17,7	24,2
1957	70	15,9	17,8	18,1	82,4	89,5	95,9	13,1	15,9	17,4
1957	220	16,9	19,3	20,1	100,0	107,0	114,3	16,9	20,7	23,0

[1] Gewogen gemiddelde *[1] Weighted mean*

Uit de ruw-eiwitpercentages van tabel 23 en van bijlage 9 blijkt, dat ook op dit proefveld de samenhang grondwaterstand — ruw-eiwitgehalte, waarin een of ander stikstofeffect gezien kan worden, onmiskenbaar aanwezig is, duidelijker zelfs dan op het blijvend grasland van het rivierkleiproefveld. Of ook hier de reactie op de grondwaterstand door meer stikstof versterkt wordt, is niet goed na te gaan, daar in het enige jaar dat er twee stikstofniveaus voorkwamen (1957), de cijfers enigszins onregelmatig waren. De jaargemiddelden van dit jaar wijzen echter wel in de richting van een sterkere reactie op de grondwaterstand bij hogere stikstofgift. Een verschil met het rivierkleigrasland is, dat op het veengrasland de reactie van het ruw-eiwitpercentage op de grondwaterstand het gehele jaar door merkbaar is en niet is beperkt tot de nazomer.

Tijdens de proefjaren was de regenval op het rivierklei- en op het veen-

proefveld niet helemaal dezelfde; de nazomer van 1955 was op het rivierkleiproefveld wat droger en de voorzomer van 1956 wat natter dan op het veenproefveld (zie tabel 1 op blz. 16). Op beide proefvelden kwamen evenwel in het groeiseizoen van de jaren 1954, 1955, 1956 en 1957 droogteperioden voor. Het is dan ook opvallend, dat op het veenproefveld de hoogste jaaropbrengsten aan droge stof nooit bij de hoogste grondwaterstand aangetroffen werden maar bij de middelste of de diepste waterstand. In enkele afzonderlijke perioden (oogstdata 23/9/1955 en 7/8/1957) gaf de hoogste grondwaterstand nog wel eens de hoogste droge-stofopbrengst, doch dit zijn uitzonderingen. Het traject van grondwaterstanden ligt op dit proefveld echter anders dan op het rivierkleiproefveld, terwijl het vochthoudend vermogen van de grond wat hoger is dan dat van het rivierkleigrasland. Ook is op het veenproefveld de botanische samenstelling onder invloed van de grondwaterstand veranderd, zoals in hoofdstuk VI: 2.2. zal blijken. Gezien al deze feiten is het niet meer te verwonderen, dat op het veengrasland in een tijdvak van vier jaar de hoogste droge-stofopbrengsten per periode bijna steeds bij de middelste of laagste grondwaterstand voorkwamen en symptomen van een falende watervoorziening, zo aanwezig, maar zwak waren en slechts met moeite van de proeffouten onderscheiden konden worden.

Daar de ruw-eiwitgehalten zeer duidelijk stijgen met toenemende ontwateringsdiepte en de droge-stofopbrengsten in vele gevallen dezelfde tendens vertonen, reageren de ruw-eiwitopbrengsten in het algemeen per 10 cm verschil in grondwaterstand duidelijker dan op het rivierkleigrasland, waar de tegengestelde reactie van de opbrengsten aan droge stof soms de reactie van de ruw-eiwitpercentages compenseert. In het jaar 1957, toen twee stikstofniveaus aanwezig waren, is de reactie van de jaaropbrengst aan ruw eiwit bij de hoge stikstofgift sterker dan bij de lage stikstofgift. Dit verschijnsel wordt overwegend veroorzaakt door de sterkere reactie op de grondwaterstand, bij hoge stikstofbemesting, van het ruw-eiwitgehalte.

V. DE BETEKENIS VAN DE GRONDWATERSTAND VOOR DE GROEI VAN GRAS EN VAN AKKERBOUWGEWASSEN

De interpretatie van de proefveldresultaten in hoofdstuk IV leidde tot de conclusie, dat de grondwaterstand van belang was voor de watervoorziening en tevens een invloed uitoefende op de stikstofhuishouding van rivierkleigrasland, terwijl bij een kunstweide en andere akkerbouwgewassen op rivierkleigrond en bij veengrasland dezelfde effecten merkbaar waren. In het volgende zullen de diepere oorzaken van deze beide invloeden aan een beschouwing worden onderworpen.

1. De betekenis van de grondwaterstand voor de watervoorziening van rivierkleigrasland, rivierkleibouwland en van veengrasland

Besproken zullen worden de bewortelingsdiepte van rivierkleigrasland, de capillaire opstijging, de vochtvoorraad in de bewortelde laag, de invloed van de grondwaterstand op deze factoren en het neerslagtekort in het groeiseizoen. Ook akkerbouwgewassen op rivierkleigrond en veengrasland zullen hier en daar nog ter sprake worden gebracht.

Tabel 24 laat zien, hoe het op het rivierklei- en veenproefveld gesteld was met de beworteling van grasland en akkerbouwgewassen; in de tabel zijn opgenomen de in de loop der jaren bij de diepste waterstanden bepaalde wortelgewichten, uitgedrukt in kg/ha en in procenten van de totale hoeveelheid wortels. In bijlage 10 zijn ook wortelgewichten vermeld, verkregen bij andere grondwaterstanden; alle cijfers zijn gemiddelden van de uitkomsten van 8—25 boringen.[1])

Uit tabel 24 blijkt het volgende:

a. Op het rivierkleiproefveld is de totale wortelmassa bij het blijvend grasland aanmerkelijk groter dan bij de kunstweide, de haver en de rode klaver, terwijl de wortelmassa van de erwten het geringst is. Daar bij de methode van onderzoek (schoonspoelen, drogen en wegen van boormonsters) geen scherp onderscheid mogelijk was tussen dood en levend materiaal, bestaat de aldus gevonden wortelmassa van het blijvend grasland echter maar ten dele uit levende wortels. Dat de wortelmassa van het veengrasland zo ver bij die van het blijvend rivierkleigrasland achterblijft, kan veroorzaakt worden door moeilijkheden bij de analyse; het was op de veengrond namelijk

[1]) Dit onderzoek werd uitgevoerd door dr. M. A. J. GOEDEWAAGEN en dr. J. J. SCHUURMAN (Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen); men zie ook GOEDEWAAGEN and SCHUURMAN, (1956).

Tabel 24. Wortelgewichten van grasland en akkerbouwgewassen op rivierklei en van veengrasland bij diepe waterstanden (140, 140 resp. 60 cm)

Table 24. Root-weight of grassland herbage and arable crops on river clay and on peat (grassland only) with low water levels (140, 140 and 60 cm respectively)

Grondsoort *Soil*	Rivierklei *River clay*					Veen *Peat*
Gewas *Crop*	Blijvend grasland *Permanent grassland*	Kunstweide *Ley*	Haver *Oats*	Erwten *Peas*	Rode klaver *Red clover*	Blijvend grasland *Permanent grassland*
Jaar *Year*	1955	1957	1954	1955	1957	1953
Waterstand (cm) *Water level (cm)*	140	140	140	140	140	60[1]
Laag (cm) *Layer (cm)*	Wortelgewicht in kg/ha *Root-weight in kg/ha*					
0– 10	3686	1713	575	312	1783	1534
10– 20	597	185	94	97	163	138
20– 30	263	145	78	43	114	44
30– 40	151	93	62	33	67	23
40– 50	104	62	47	24	35	21
50– 60	80	62	41	15	50	5
60– 70	72	49	33	8	40	5
70– 80	48	49	31	7	48	—
80– 90	—	57	38	4	44	—
90–100	—	39	29	+	32	—
0–100	5001	2454	1028	543	2376	1770
Laag (cm) *Layer (cm)*	Wortelgewichten per laag in % van de totale wortelhoeveelheid *Root-weight per layer in % of total root-weight*					
0– 10	74	70	56	57	75	87
10– 20	12	7	9	18	7	8
20– 30	5	6	8	8	5	3
30– 40	3	4	6	6	3	1
40– 50	2	3	4	4	1	1
50– 60	2	3	4	3	2	+
60– 70	1	2	3	2	2	+
70– 80	1	2	3	2	2	—
80– 90	—	2	4	+	2	—
90–100	—	1	3	+	1	—
0–100	100	100	100	100	100	100

[1] Zomerwaterstand — *Summer water level.*

buitengewoon moeilijk om door spoelen de wortels en de grond van elkaar te scheiden.

b. Bij een ontwateringsdiepte van 140 cm werd (in 1955) 86% van de wortels van het blijvend grasland aangetroffen in de laag 0—20 cm; voor het gewas rode klaver (in 1957) was het overeenkomstige cijfer 82%, voor de kunstweide in hetzelfde jaar 77%, voor de erwten (in 1955) 75% en voor de haver (in 1954) 65%. Hoewel deze cijfers dus op verschillende jaren betrekking hebben en — gezien hetgeen hierboven onder a is gezegd — ook om andere redenen wellicht niet geheel gelijkwaardig zijn, is het toch wel opvallend dat de haver, een graangewas, relatief de minst ondiepe bewortelingheeft. Zoals hiervoor in hoofdstuk IV: 1.2.3. op blz. 55 is medegedeeld, hebben de graangewassen op het rivierkleiproefveld in de jaren van onderzoek nooit enige tekenen van vochtgebrek vertoond, in tegenstelling tot de erwten, de rode klaver en het blijvend en tijdelijk grasland. Wat de verdeling van de wortelmassa over de verschillende lagen van het profiel betreft, staat de kunstweide tussen het blijvend grasland en de haver in.

1.1. *Bewortelingsdiepte en ontwateringsdiepte*

Tabel 25 geeft een indruk over de invloed van de ontwateringsdiepte op de bewortelingsdiepte van blijvend grasland. Van het rivierkleiproefveld waren cijfers beschikbaar, verkregen in het jaar vóór het begin van het experiment (juli 1953) en in het tweede jaar van de proef (juli 1955); van het veengrasland cijfers, vóór het begin van de proef vastgesteld (mei 1952) en na het eerste proefjaar (april 1953). Het zijn de verschillen in wortelgewicht tussen deze data, die in tabel 25 zijn weergegeven.

Op beide proefvelden werden tijdens de tweede bemonstering bij alle waterstanden meer wortels aangetroffen dan tijdens de eerste bemonstering. Op het veenproefveld is de invloed van de waterstand op deze toename nihil. Op het rivierkleiproefveld blijkt daarentegen duidelijk, dat er in de bovenste lagen van het profiel bij hoge grondwaterstand een toename heeft plaatsgevonden en bij lage grondwaterstand een afname. Misschien kan dit worden toegeschreven aan een vertraagde of versnelde vertering van afgestorven wortels (GOEDEWAAGEN en SCHUURMAN, 1950). De afname van het wortelgewicht in de bovengrond wordt bij diepe grondwaterstand ten dele weer gecompenseerd door een grotere hoeveelheid wortels in de ondergrond[1]).

De verzamelde gegevens op het gebied van de beworteling zijn in bijlage 10 volledig opgenomen. Uit dit overzicht blijkt nog, dat bij toenemende ontwateringsdiepte van alle gewassen de bewortelingsdiepte toeneemt, bij de éénjarige gewassen het sterkst, bij het blijvend grasland het zwakst. In enkele gevallen gaat de toename van de bewortelingsdiepte gepaard met een afname

---

[1]) In 1959 werd het proefveld opnieuw bemonsterd. Bij dit onderzoek werd eenzelfde tendens gevonden als in 1955: bij diepere waterstand een afname van wortels in de bovengrond en een toename in de ondergrond (ten opzichte van 1953). Beide invloeden waren nu ongeveer even groot, zodat de verandering in wortelmassa voor het gehele profiel niet door de grondwaterstand werd beïnvloed.

Tabel 25. Veranderingen in wortelgewicht van blijvend grasland op rivierklei en veen bij verschillende grondwaterstanden (weergegeven zijn de verschillen in wortelgewicht tussen de jaren 1955 en 1953 resp. 1953 en 1952)

Table 25. Changes in the weight of roots of permanent grassland herbage on river clay and peat with different ground-water levels (the differences in root-weight between the years 1955 and 1953, 1953 and 1952 respectively have been reflected)

Grondsoort *Soil*	Rivierklei *River clay*			Veen *Peat*		
Jaren *Years*	1955–1953			1953–1952		
Waterstand (cm) *Water level (cm)*	25	65	140	30[1]	45[1]	60[1]
Laag (cm) *Layer (cm)*	Wortelgewicht in kg/ha *Root-weight in kg/ha*					
0–10	+ 712	+ 371	− 509	+ 544	+ 512	+ 538
10–20	+ 249	+ 348	+ 301	+ 125	+ 75	+ 78
20–80	+ 74	+ 235	+ 416	+ 30	+ 59	+ 53
0–80	+ 1035	+ 954	+ 208	+ 699	+ 646	+ 669

[1] Zomerwaterstand — *Summer water level*

van de totale hoeveelheid wortels en tevens met de hoeveelheid wortels in de laag 0—10 cm.

Opvallend is verder, dat er zowel bij de éénjarige gewassen als bij het blijvend grasland beworteling optreedt beneden de grondwaterstand. Mogelijk hangt dit samen met het feit, dat er, zoals ook tabel 18 aangeeft, beneden de grondwaterspiegel nog enige lucht in het profiel voorkomt.

De in bijlage 10 en tabel 24 weergegeven cijfers passen goed bij andere in Nederland verkregen gegevens. Zo vonden GOEDEWAAGEN en SCHUURMAN (1950) bij 11 onderzochte akkerbouwgewassen, dat 55—93 (gemiddeld 74) % van de wortelmassa in de laag 0—20 cm geconcentreerd was; bij 15 onderzochte percelen blijvend grasland waren de overeenkomstige cijfers 72—98 (gemiddeld 87) %.

Ook wat de invloed van de grondwaterstand op de beworteling betreft, staan de cijfers van bijlage 10 niet op zichzelf. In het in hoofdstuk II genoemde experiment van FRANKENA en GOEDEWAAGEN (1942), dat betrekking had op oud grasland met een gevarieerd grasbestand, werd bij het afsluiten van de proef evenmin een belangrijke verandering in bewortelingsbeeld onder invloed van de waterstand gevonden. Bij het éénjarige Italiaans raaigras op het Engelse grondwaterstandsproefveld nabij Burwell Fen (EDEN et al., 1951) daarentegen

werd weer wèl een sterk verband tussen bewortelingsdiepte en grondwaterstand aangetroffen. Ook van andere ingezaaide grassen (BAUMANN und KLAUSS, 1955) is de gevoeligheid van de wortels voor hoge grondwaterstanden beschreven.

Op het grondwaterstandsproefveld voor akkerbouwgewassen te Nieuw-Beerta (GOEDEWAAGEN and SCHUURMAN, 1956) werd in een gewas wintertarwe ook een toename van de bewortelingsdiepte gevonden bij toenemende ontwateringsdiepte. In tegenstelling tot het gewas haver op het rivierkleiproefveld (bijlage 10) ging de toename van de bewortelingsdiepte van de tarwe echter gepaard met een afname van het totale wortelgewicht.

Terugkerend tot het blijvend rivierkleigrasland is dus reeds geconstateerd, dat hier van een ondiepe beworteling kan worden gesproken. Uit de (hier niet weergegeven) cijfers per laag van 5 cm dikte blijkt, dat beneden een diepte van 20 cm de beworteling snel afneemt. Deze 20 cm is dan ook uiteindelijk als factor gebruikt bij de berekening van de aan het einde van een groeiperiode voor het blijvend grasland beschikbare hoeveelheid bodemvocht (vgl. hoofdstuk IV: 1.*1*. op blz. 41). Tijdens het in 1955 verrichte onderzoek bevond zich bij de diepste waterstand 86% van de beworteling in de laag 0—20 cm (tabel 24). Na twee jaar (van 1953 tot 1955) diepe ontwatering is de beworteling in de diepere lagen van het profiel weliswaar toegenomen (tabel 25), doch deze verandering is relatief slechts van geringe omvang[1]). Gezien het feit, dat op rivierkleigrasland, dat door natuurlijke omstandigheden al vele jaren lang diep of wel ondiep ontwaterd was, bij diepe ontwatering nagenoeg een even groot deel van het totale wortelsysteem in de laag 0—20 cm werd aangetroffen als bij diepe ontwatering (GOEDEWAAGEN and SCHUURMAN, 1956) is het niet erg waarschijnlijk, dat er na een langere periode op het rivierkleigrasland nog belangrijke wijzigingen in de wortelverdeling zullen ontstaan. Blijvend, oud grasland wortelt nu eenmaal ondiep, zoals algemeen bekend mag worden verondersteld (KMOCH, 1952).

De wortelcijfers van het veengraslandproefveld (tabel 24) geven de indruk, dat de beworteling hier nog ondieper is dan op het rivierkleigrasland; één jaar na het begin van de proef was bij de diepste grondwaterstand 86% van de beworteling in de laag 0—10 cm geconcentreerd. Gezien de bij de analyse van de wortelmonsters ondervonden moeilijkheden mag aan dit cijfer echter geen grote waarde worden gehecht.

Dat de relatief geringe hoeveelheid graswortels in diepere lagen voor de watervoorziening van grasland geen belangrijke rol speelt, werd op een rivierkleigrond aangetoond door WIND (1955 b). Bij de verklaring van de reactie van de droge-stofopbrengst op de grondwaterstand (zie hoofdstuk IV:1.*1*.3.) werd dan ook het bodemvocht, dat zich in diepere lagen bevindt, verwaarloosd. WIND (1955 a) vond in een ander experiment op rivierkleigrasland (zie sub 1.2.) zelfs, dat er daar op 10 cm diepte al geen waarneembare wateronttrekking door de graswortels meer zou plaatsvinden.

---

[1]) In 1959 was dit percentage weer opgelopen tot 92; ook de resultaten van dit onderzoek wijzen er dus op, dat de invloed van de grondwaterstand op de verdeling van de wortelmassa in het profiel maar uiterst klein is.

1.2. *Capillaire opstijging in rivierkleigrasland, vochtvoorraad, neerslag en verdamping*

Wat de capillaire opstijging — de belangrijkste vorm van vochttransport door de grond — betreft, blijft deze beschouwing beperkt tot rivierkleigrasland. Van de andere gronden, waarover gesproken is, zijn namelijk geen exacte gegevens voorhanden.

Op een rivierkleigraslandprofiel, dat veel overeenstemming vertoonde met dat van het grondwaterstandsproefveld, werd het verband tussen de spanning van het bodemvocht, de diepte van het grondwater en de hoeveelheid water, die capillair naar de graswortels opstijgt, bestudeerd door WIND (1955a). Uit zijn onderzoek blijkt, dat alleen op korte afstand van de grondwaterspiegel, en zonder dat de spanning van het bodemvocht tot hoge waarden behoeft op te lopen, een stationair watertransport naar de wortels zou kunnen plaatsvinden, dat van dezelfde orde van grootte is als het waterverbruik van grasland op een dag in de zomer. Op grotere afstand van de grondwaterspiegel daarentegen is het capillaire watertransport in zware rivierkleigrond van geringere omvang, terwijl nu een hogere spanning in het bodemvocht op moet treden. De oorzaak van dit verschijnsel kan worden gezocht in de snelle afname van het capillair geleidingsvermogen van de grond bij verlies van vocht; de grote capillaire stijghoogte van deze rivierkleigronden is daarom praktisch van weinig belang. Zoals hiervoor sub **1.*1.*** is gesteld, bezit oud grasland een betrekkelijk ondiep wortelstelsel. Dit impliceert, dat een watertransport van aanzienlijke omvang naar de planten alleen mogelijk is bij een grondwaterstand, die zich dicht onder de intensief bewortelde laag bevindt.

Bij de interpretatie van de reactie van de droge-stofopbrengst op de grondwaterstand (vgl. hoofdstuk IV: **1.*1.3.)*** werd bij de berekening van de aan het einde van een groeiperiode aanwezige hoeveelheid beschikbaar bodemvocht, de capillaire opstijging niet in rekening gebracht; deze factor bleef als variabele restfactor over, nadat de invloed van de weersomstandigheden zo goed mogelijk was gecorrigeerd.

Op het grondwaterstandsproefveld zelf werden geen metingen over de stroming in onverzadigde grond verricht; wel werden op verschillende data grondmonsters genomen voor vochtbepalingen. Enige cijfers werden reeds in tabel 17 op blz. 46 vermeld; uit deze cijfers bleek, dat de grond op de desbetreffende datum, die in het groeiseizoen viel, vochtiger was, naarmate het grondwater hoger stond. Daar de opbrengst van het grasland in deze periode in dezelfde zin toenam (bijlage 7), is het in dit geval wel zeer aannemelijk dat de waargenomen verschillen in vochtgehalte door verschil in capillaire opstijging zijn veroorzaakt en niet b.v. door een bij hoge grondwaterstanden geringere evapotranspiratie.

Tabel 26 bevat eveneens gegevens over vochtgehalten van rivierkleigrasland op hetzelfde proefveld. De opgenomen cijfers werden weliswaar in 1958 verzameld, doch hebben nu ook betrekking op de laag 0 — 5 cm, die in tabel 17 ontbrak.

Tabel 26. Volumeprocenten vocht in de bovengrond van het blijvend grasland op het rivierkleiproefveld op drie data in 1958

Table 26. Percentages by volume of water in the top-soil of the permanent grassland of the river-clay experimental field on three dates in 1958

Datum *Date*	Laag (cm) *Layer (cm)*	Waterstand (cm) *Water level (cm)*				
		25	40	65	95	140
11/3/58	0– 5	46,6	44,1	41,8	42,0	39,9
	5–10	42,7	38,5	38,7	39,0	39,2
	10–15	37,6	35,7	36,5	35,8	37,0
6/6/58	0– 5	34,6	31,7	28,0	26,4	27,3
	5–10	37,3	34,7	30,5	26,6	29,8
	10–15	35,9	34,7	30,5	27,0	29,6
6/9/58	0– 5	36,6	33,6	28,7	27,0	25,1
	5–10	39,1	37,2	32,2	28,3	29,0
	10–15	—	—	—	—	—

Op 11 maart 1958, vóór het gras merkbaar begon te groeien, waren de verschillen in vochtgehalte voornamelijk tot de laag 0—5 cm beperkt; op 6 juni en 6 september, tijdens twee in het groeiseizoen vallende droogteperioden, waren op enige onregelmatigheden na, dezelfde verschillen aanwezig als op 10 juli 1957 (vgl. tabel 17). Uit tabel 26 blijkt echter, dat de verschillen in vochtgehalte op verschillende data bij één waterstand van dezelfde orde van grootte of zelfs nog groter zijn, dan de verschillen in vochtgehalte bij verschillende waterstanden op één datum. In zeer regenarme perioden droogt de grond blijkbaar — zelfs bij de hoogste op het proefveld voorkomende grondwaterstand — nog aanmerkelijk uit. Opvallend is voorts dat reeds vroeg in het voorjaar de vochtgehalten beneden de waarde bij veldcapaciteit (pF = 2,0, vergelijk ook tabel 6 op blz. 25) liggen of, daar het begrip veldcapaciteit op een grondwaterstandsproefveld niet reëel is, niet meer in evenwicht zijn met de desbetreffende grondwaterstanden.

De in tabel 26 weergegeven cijfers werden verkregen met behulp van grondmonsters, waaruit door wegen, drogen en andermaal wegen het gewichtspercentage water werd bepaald. Om dit laatste tot het volumepercentage om te kunnen rekenen, moest vermenigvuldigd worden met het volumegewicht. Dit werd door interpolatie verkregen uit de in tabel 7 (blz. 26) vermelde gegevens; een mogelijke invloed van de grondwaterstand en van het tijdstip van het jaar op de volumegewichten werd hierbij verwaarloosd.

De cijfers uit tabel 26 werden omgerekend tot volumeprocenten beschikbaar water door er het volumepercentage vocht bij pF = 4,2 van af te

trekken; dit laatste werd, eveneens door interpolatie, verkregen uit de cijfers van tabel 6. De volumepercentages beschikbaar water, in afhankelijkheid van de waterstand, zijn in figuur 8 uitgebeeld. Opvallend is hier, dat in juni en september bij diepe grondwaterstanden negatieve gehalten aan beschikbaar vocht voorkomen. Dit zelfde valt uit de in tabel 17 weergegeven cijfers te concluderen, alsmede uit andere, hier niet vermelde, in het groeiseizoen verzamelde meetcijfers. Voorlopig kan niet uitgemaakt worden, of dit lage niveau werkelijkheid is, of voortvloeit uit fouten in de bepalingsmethodiek (b.v. in de volumegewichtsbepaling, waarover in hoofdstuk III: 2.2. op blz. 26 werd gesproken, of in de bepaling van het vochtpercentage bij pF = 4,2).

In de intensief bewortelde bovenlaag, die bij rivierkleigrasland globaal op 20 cm kan worden gesteld (zie ook sub 1.*1.*), bevindt zich de vochtreserve; enerzijds wordt door de plantenwortels hieraan water onttrokken, anderzijds veroorzaakt deze onttrekking spanningsverschillen, waardoor een capillaire aanvoer van water, afkomstig uit diepere lagen, in het leven wordt geroepen. In de bovenlaag wordt bovendien water, uit de neerslag afkomstig, geborgen. Afgezien van deze uitgaven en inkomsten is ook de grootte van het vochtreservoir als zodanig van belang. Gebruikelijk is om in dit verband twee grenzen te onderscheiden: de maximale hoeveelheid die de grond, in afhankelijkheid van de grondwaterstand, kan vasthouden en de hoeveelheid die bij het zoge-

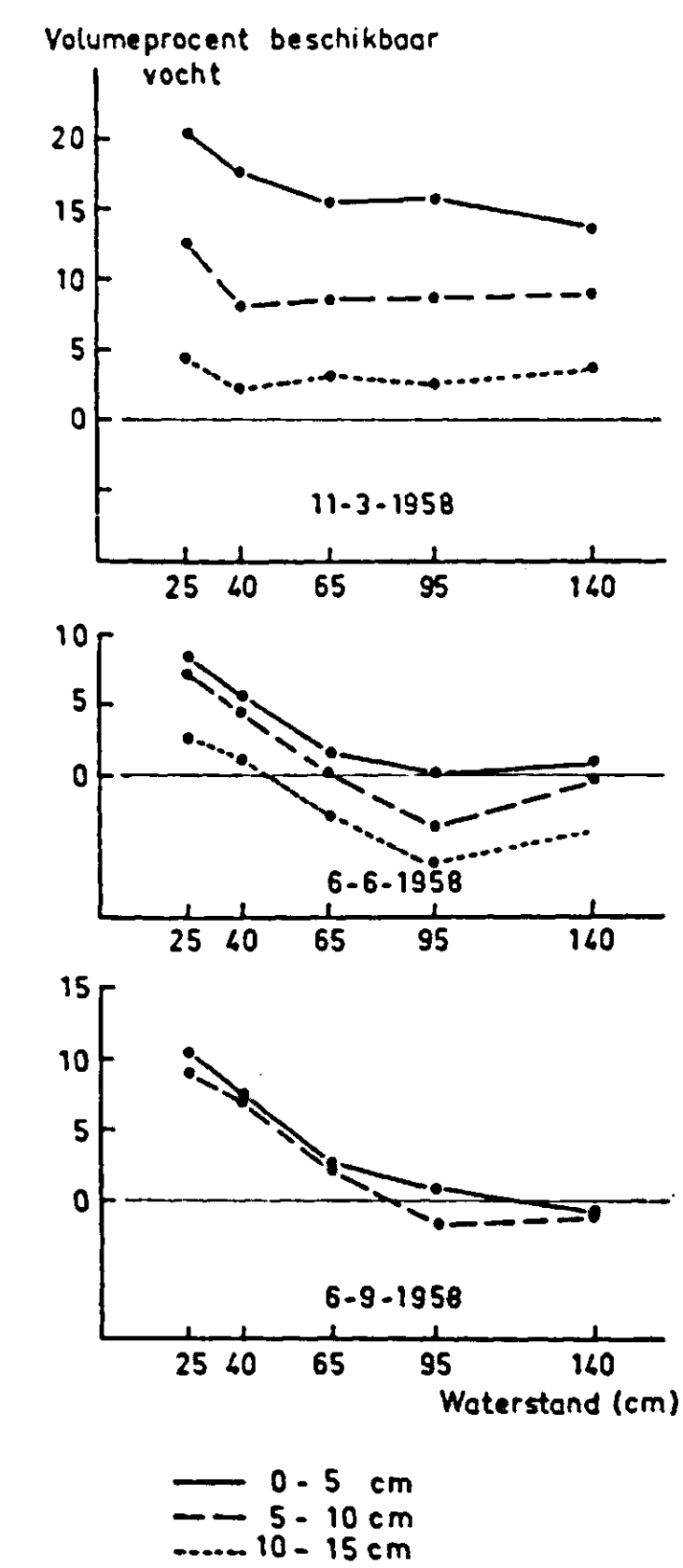


FIG. 8. Volumeprocenten beschikbaar vocht in de bovengrond van rivierkleigrasland bij verschillende grondwaterstanden op drie data in 1958

Percentages by volume of available moisture (volumeprocent beschikbaar vocht) in the top-soil of river-clay grassland with different ground-water levels (waterstand) on three dates in 1958

naamde verwelkingspunt nog in de grond aanwezig is. Bij de bespreking van tabel 6 werden deze grenzen reeds gebruikt, terwijl het vochtgehalte bij het verwelkingspunt benut werd voor de constructie van figuur 8.

Vele onderzoekers (zie VEIHMEYER and HENDRICKSON, 1955) nemen aan, dat het in de grond aanwezige water tot een spanning van 15 of 16 atmosfeer (pF = 4,2) in gelijke mate voor alle planten beschikbaar is, terwijl bij hogere spanning de beschikbaarheid gering of zelfs nihil is. Van andere zijde (zie b.v. KRAMER, 1949; STANHILL, 1957) wordt dit standpunt echter wel zeer in twijfel getrokken.

Het uiteenlopen van de meningen ten aanzien van de beschikbaarheid van het bodemvocht kan wellicht voor een deel verklaard worden uit vocht- en spanningsverschillen, die als gevolg van een gering capillair geleidingsvermogen op korte afstand in de grond kunnen optreden, wanneer deze niet intensief en gelijkmatig is beworteld. Het gevolg hiervan zou zijn, dat bij vochtonttrekking de gemiddelde vochtspanning van een groter volume grond nog betrekkelijk laag kan zijn, terwijl de spanning van de bodemvocht in de zones die de wortels omringen, al tot hoge waarden is opgelopen. Voorts is het niveau van de evapotranspiratie van belang gebleken voor de kwestie van de beschikbaarheid van het bodemvocht (BIERHUIZEN, 1958).

MAKKINK (1952; 1955b), die in Nederland onderzoekingen verrichtte op blijvend grasland, vindt hierbij, dat lang voordat de spanning van het bodemvocht in de intensief bewortelde bovenlaag het verwelkingspunt bereikt, de beschikbaarheid van het bodemvocht afneemt, waardoor de grasgroei geremd wordt. Op het rivierkleigraslandproefveld werden te weinig betrouwbare waarnemingen verricht om op dit punt zekerheid te kunnen verschaffen; de beschikbare gegevens vormen echter veeleer een bevestiging dan een tegenspraak van de zienswijze van MAKKINK. Tevens werd de indruk verkregen dat, ook wanneer de spanning van het bodemvocht in de gehele intensief bewortelde laag tot boven het verwelkingspunt is gestegen, er toch nog een geringe grasgroei plaats vindt.

Bij de verklaring van de reactie van de droge-stofopbrengst op de grondwaterstand in hoofdstuk IV: 1.*1*.3. was het noodzakelijk voor de bepaling van de aan het einde van een groeiperiode aanwezige hoeveelheid water, de vochtvoorraad in het profiel in rekening te brengen. Hiertoe werd uitgegaan van een volumepercentage „beschikbaar" vocht van 25. Zoals uit tabel 6 blijkt, ligt op rivierklei het percentage vocht, dat zich bevindt tussen de pF-waarden 2,0 en 4,2 (spanning, in evenwicht met een grondwaterstand van 100 cm en verwelkingspunt), gemiddeld voor een laag van 0—20 cm beneden maaiveld wat hoger dan 25. Gezien de onzekerheid ten aanzien van de bovengrens (mate van beschikbaarheid) en de willekeur ten aanzien van de benedengrens (verschillende grondwaterstanden), werd het echter wel verantwoord geacht, een zekere afronding toe te passen.

Uitgaande van 25 volumeprocent beschikbaar water en een intensief bewortelde laag van 20 cm, kan de vochtvoorraad van het rivierkleigrasland dus zeer globaal op 50 mm worden gesteld. Van het profiel van het veengraslandproefveld is het percentage beschikbaar vocht bijna dubbel zo hoog (een vochtkarakteristiek van deze grond is gepubliceerd door WIND (1955c)); gezien de geringe bewortelingsdiepte (zie tabel 24) is de totale vochtvoorraad misschien toch niet zoveel groter. Wel mag verondersteld worden dat dit het geval is voor een gewas als haver op rivierkleigrond, waar 87% van de wortelmassa over de laag 0 — 60 cm is verdeeld, tegen 86% in de laag 0 — 20 cm bij het grasland

(tabel 24). De laag met een relatief dichte beworteling is hier dus aanmerkelijk dikker dan bij het blijvend grasland op deze grond, terwijl het percentage beschikbaar water nog geen 25% lager ligt (tabel 6). Merkwaardig blijft echter, dat de absolute wortelgewichten van akkerbouwgewassen zoveel lager liggen dan die van blijvend grasland (tabel 24).

Het hier uiteengezette begrip vochtvoorraad heeft, zoals reeds werd gesteld, een dynamisch karakter omdat er, zodra door de planten water wordt onttrokken, door middel van capillair transport ook weer enige aanvulling kan plaats vinden. Afgezien hiervan kan een totale voorraad van 50 mm, zoals voor blijvend grasland op rivierkleigrond werd berekend, in verhouding tot het waterverbruik en de neerslag in het groeiseizoen laag worden genoemd, getuige de vele negatieve waarden van V + N — E in de bijlagen 4, 5, 6 en 7.

Neerslagtekorten kunnen ook op andere wijze worden benaderd. In tabel 1 op blz. 16 is een overzicht opgenomen van de maandsommen van de neerslag, zoals deze in de jaren 1954 t/m 1957 op of nabij de beide grondwaterstandsproefvelden werd gemeten. In tabel 2 op blz. 18 zijn deze neerslagsommen verminderd met de verdampingscijfers per maand van de stations Gemert en De Bilt. De verdampingscijfers, die de potentiële verdamping van een korte, gesloten vegetatie voorstellen, werden berekend met behulp van de methode van PENMAN (1950).

Men ziet in tabel 2 andermaal, dat in de genoemde groeiseizoenen maanden voorkwamen met een neerslagtekort groter dan 50 mm. Dat tabel 2 voor de neerslagtekorten van het rivierkleigrasland een gunstiger beeld geeft dan de bijlagen 4, 5, 6 en 7, wordt veroorzaakt door het feit, dat bij de methode van PENMAN uitgegaan wordt van empirisch bepaalde verhoudingscijfers in het groeiseizoen van 0,7 en 0,8 voor de verdamping van een korte grasvegetatie en een vrij wateroppervlak, terwijl uit de gegevens van het Wageningse lysimeterstation (MAKKINK, 1955a; 1956a; 1957a) hogere verhoudingscijfers berekend kunnen worden, namelijk 0,8 tot 1,5. Op deze lysimeter komt echter soms wat langer gras voor, evenals in de praktijk van de Nederlandse graslandcultuur, zodat wat dit punt betreft aan de met behulp van de lysimeterinstallatie verkregen cijfers de voorkeur moet worden gegeven.

1.3. *Conclusies over de betekenis van de grondwaterstand uit een oogpunt van watervoorziening*

De betekenis van de grondwaterstand voor de watervoorziening van blijvend grasland in perioden met een neerslagtekort, is voor een belangrijk deel terug te voeren op de capillaire opstijging van het bodemvocht. Hierbij is de omstandigheid van belang, dat blijvend grasland slechts een ondiepe beworteling heeft, terwijl er geen duidelijke aanwijzingen bestaan dat deze bewortelingsdiepte door ontwateringsmaatregelen wezenlijk kan worden vergroot. Ondanks een gunstig vochthoudend vermogen van de grond is de hoeveelheid beschikbaar bodemvocht voor rivierkleigrasland dus beperkt.

Dat het blijvend grasland op rivierklei veel duidelijker op de watervoorziening uit de grondwaterstand reageert dan de op dezelfde grond verbouwde akkerbouwgewassen, kan voor een groter of kleiner deel verklaard worden uit het diepere wortelstelsel van de laatstgenoemde gewassen. Wat sommige akkerbouwgewassen betreft, kan de kortere groeiperiode en de eventueel hieruit resulterende geringere totale waterbehoefte ook nog een rol spelen.

Dat op het kleigrasland vaker een reactie van de groei van het gras op de watervoorziening werd waargenomen dan op het veengrasland, kan verschillende oorzaken hebben. Enerzijds is op het kleigraslandproefveld het waterstandentraject anders dan op het veengraslandproefveld, anderzijds heeft de veengrond een hoger vochthoudend vermogen, waartegenover echter een ge-

ringere bewortelingsdiepte staat. Of verschil in capillair geleidingsvermogen hierbij nog een rol speelt, is niet bekend.

Zoals in hoofdstuk IX: 2.2.3. (figuur 13) zal blijken, treden onder het Nederlandse klimaat in de zomer herhaaldelijk perioden op, waarin de neerslag onvoldoende is om het waterverbruik van grasland te dekken en een hoge grondwaterstand dus gunstig is voor de watervoorziening van het gras en daarmede voor de bruto-opbrengst. Hierna zal sub 2. en in hoofdstuk VI: 1.3. evenwel worden uiteengezet, dat dit nog niet betekent, dat een grondwaterstand, dicht onder de laag waarin de meeste graswortels geconcentreerd zijn, voor de groei van het gras of uit algemeen weidebouwkundig oogpunt bekeken alleen maar voordelen zou hebben.

2. De betekenis van de grondwaterstand voor de stikstofhuishouding van rivierkleigrasland, rivierkleibouwland en veengrasland

Uit de in hoofstuk IV weergegeven proefveldresultaten viel tevens te concluderen, dat de grondwaterstand eveneens op een of andere wijze een invloed uitoefende op de stikstofhuishouding der gewassen. Ook de in hoofstuk II aangehaalde resultaten van andere grondwaterstandsexperimenten wezen reeds in deze richting. In de oudere publikaties wordt over stikstofgebrek als oorzaak van de slechte plantengroei bij gebrekkige ontwatering desondanks niet gerept. In de recente literatuur wordt aan stikstofgebrek meer aandacht besteed, doch men zoekt, zoals eveneens in hoofdstuk II besproken werd, de oorzaak ook nog wel bij luchtgebrek of koolzuurovermaat (zie b.v. WESSELING, 1957). In hoofdstuk IV: 1.1.3. werd er reeds op gewezen, dat het zeer wel aannemelijk is, dat luchtgebrek de oorzaak van storingen in de stikstofhuishouding is; met luchtgebrek of koolzuurovermaat alleen laten de waargenomen verschijnselen zich echter moeilijk verklaren. Ook aan een invloed via de bodemtemperatuur (b.v. het langer koudblijven van de grond in het voorjaar) kan in dit verband geen belangrijke rol worden toegekend.

Uit de gehalten aan mineralen van de verschillende gewassen (zie hoofdstuk VI: 3. op blz. 109 krijgt men niet direct de indruk, dat hoge grondwaterstanden naast de stikstofvoorziening tevens de fosfaat- en kalivoorziening zouden belemmeren. Een dergelijke veronderstelling wordt overigens ook niet gesteund door waarnemingen betreffende kali- of fosfaatgebreksverschijnselen bij de geteelde gewassen; de rivierklei, en met name het bouwland, was allerminst rijk aan fosfaat en kali en een verstoring van de kali- of fosfaatvoorziening had hier dus wel tot uiting moeten komen.

Wegens het feit, dat een beïnvloeding van de stikstofhuishouding door de grondwaterstand zowel bij grasland als bij akkerbouwgewassen werd opgemerkt en ook niet tot één grondsoort beperkt was, ligt het voor de hand hierin een algemene wetmatigheid te veronderstellen, evenals bij de watervoorziening. Deze gedachtengang zal hieronder nader worden vervolgd.

2.1. *De stikstofhuishouding van gras- en bouwland*

De stikstofhuishouding van gras- en bouwland is een zeer ingewikkeld sy-

steem; hierbij zijn vooral de volgende factoren van belang (zie RUSSELL, 1950 en WALKER, 1956):

a. De toevoer van organische en anorganische stikstofhoudende meststoffen
b. De aanvoer van stikstofverbindingen als verontreinigingen in het regenwater
c. De binding van luchtstikstof door bacteriën *(Rhizobium)* die in symbiose met vlinderbloemigen leven
d. De vaststelling van luchtstikstof door vrij levende bacteriën (*Azotobacter* e.a.)
e. Het voor de planten beschikbaar komen van stikstofverbindingen bij de mineralisatie van organische stikstof in de grond en het vastleggen van stikstofverbindingen in organische stof
f. Het verlies van stikstofverbindingen uit de grond als gevolg van uitspoeling en van denitrificatie.

Voor de op de proefvelden waargenomen reacties kunnen de punten a en b niet verantwoordelijk gesteld worden. Ook punt c, de stikstofbinding door vlinderbloemigen, kan buiten beschouwing worden gelaten; op beide graslandproefvelden komen namelijk maar zeer weinig vlinderbloemigen voor (0—4%), terwijl er geen aanwijzingen zijn, dat dit percentage (hoofdzakelijk witte klaver) beïnvloed wordt door de grondwaterstand. Bij de in hoofdstuk II genoemde, in de literatuur beschreven, onderzoekingen waren overigens verschillende gevallen aanwezig, waar helemaal geen vlinderbloemigen in het bestand voorkwamen. De reactie van de meeste akkerbouwgewassen op de grondwaterstand laat zich uiteraard evenmin langs deze weg verklaren.

Onderdeel d, de stikstofbinding door vrij levende bacteriën, kan op zichzelf geen verklaring leveren. Zoals hierna sub 2.*1*.2.2. zal blijken, komt het waargenomen effect soms overeen met een hoeveelheid van ca. 100 kg N/ha, een hoeveelheid die veel en veel groter is, dan vrij levende bacteriën zelfs onder optimale omstandigheden kunnen vastleggen (GERRETSEN, 1939; RUSSELL, 1950). Gemiddeld kan deze hoeveelheid op 5—10 kg N/ha worden geschat.

Er resteren dus nog de punten e en f, die hierna sub 2.*1*.1. en 2.*1*.2. zullen worden besproken.

2.*1*.1. Mineralisatie van organische stof in de grond

Het grootste deel van de totale hoeveelheid stikstof in de grond is in de regel aanwezig in organisch gebonden vorm: als bestanddeel van microben-protoplasma, van min of meer vergane planten- en dierenresten en van de echte „bestendige" humus. De hoeveelheid voor de planten opneembare minerale stikstof verdwijnt hierbij meestal in het niet.

De mineralisatie van in de grond voorkomende, stikstof bevattende organische stof, kan met het volgende, vereenvoudigde schema worden aangeduid (VAN SCHREVEN, 1956):

organische stof → ammoniak → nitriet → nitraat
(ammonificatie) (nitrificatie)

De organische stof wordt door verscheidene microben aangetast; bij deze afbraak ontstaat ammoniak. De gevormde ammoniak kan op zijn beurt door bepaalde bacteriën worden omgezet

in nitriet, terwijl andere bacteriën de gevormde nitriet gewoonlijk zeer snel in nitraat omzetten. In werkelijkheid is de mineralisatie een minder eenvoudig proces; een deel van de bij de mineralisatie gevormde ammoniak wordt namelijk direct in bacteriënprotoplasma geassimileerd. Ook minerale stikstof, als kunstmest toegevoerd, kan op deze wijze voor een groter of kleiner gedeelte worden geïmmobiliseerd (zie JANSSON, 1958). De in de grond aanwezige minerale stikstof blijft dus alleen al om deze reden niet steeds voor de hogere planten beschikbaar.

De hoeveelheid organische stof of humus, die zich in de grond handhaaft, wordt enerzijds bepaald door de aanvoer van organisch materiaal, maar daarnaast wellicht nog in veel sterkere mate door de afbraak. Voor de afbraak zijn verschillende factoren als aëratietoestand, vochtgehalte en temperatuur van belang (zie HARMSEN en VAN SCHREVEN, 1955). Wanneer een grond in grasland wordt gelegd, overtreft de aanvoer van organische stof in de regel de afbraak; er vindt een ophoping van stikstofhoudende organische stof plaats, totdat op de lange duur een zeker evenwicht is bereikt (zie RICHARDSON, 1938 en 'T HART, 1950). HARMSEN (1951) heeft hierbij de gedachtengang ontwikkeld, dat bij grasland de afbraak van plantaardige resten in de grond vertraagd wordt en gepaard gaat met een opbouw van stabiele humus in de bovenste millimeters van het profiel, waardoor dus stikstof wordt vastgelegd. Deze humussynthese moet welbewust worden onderscheiden van de ophoping van onverteerde plantenresten, die aan de veenvorming ten grondslag ligt, en eveneens onder extreme omstandigheden plaats vindt.

De grondwaterstand is één van de factoren, die bepalend is voor het organische-stofniveau van de grond. Verschillende onderzoekers vermelden althans een verband tussen ontwateringsdiepte en organische-stofgehalte (JENNY, 1941; RUSSELL and RHOADES, 1956; HARLAN, 1956; BOEKER, 1957). In een Nederlandse publikatie van WIGGERS (1950) zijn figuren weergegeven, die op bouwland en op grasland betrekking hebben, en waaruit een dalend organische-stofgehalte van de grond met toenemende ontwateringsdiepte blijkt. Niet altijd behoeft dit verband echter causaal te zijn; diep ontwaterde percelen grasland zijn in het verleden soms wel eens gescheurd geweest en kunnen uit dien hoofde nog een lager organische-stofgehalte hebben.

Bij het in dit hoofdstuk sub 1.*1*. reeds genoemde onderzoek op percelen oud rivierkleigrasland, die door natuurlijke omstandigheden al vele jaren lang tot verschillende diepten waren ontwaterd (MINDERHOUD et al., 1960), werd in 1954 tussen grondwaterstand en organische-stofgehalte in de laag 0—5 cm een correlatiecoëfficiënt —0,62 gevonden. In dit geval luidde de regressievergelijking: organische-stofgehalte = 25 — 0,10 × zomergrondwaterstand (in cm); hieruit volgt, dat een 10 cm lagere waterstand gepaard ging met een 1% lager gehalte.

Ook bij een uitgebreid onderzoek in Nederland op verspreid liggende percelen grasland (C.I.L.O., 1952) werd een samenhang gevonden tussen het organische-stofgehalte van de zodelaag en de grondwaterstand; bij dit onderzoek waren verschillende grondsoorten betrokken, terwijl het aantal percelen per grondsoort 250 à 300 bedroeg. Op rivierkleigrasland was de gevonden correla-

tiecoëfficiënt —0,87, op zeekleigrasland eveneens —0,87, op zandgrasland —0,47 en op veengrasland —0,39.

Van grote praktische betekenis is het verband tussen ontwateringsdiepte en organische-stofafbraak op veengronden, waar een sterke mineralisatie kan plaats vinden. Volgens BENNEMA (1954) lag het West-Nederlandse veengebied, dat thans grotendeels als blijvend grasland in gebruik is, doch waar vroeger op niet onbelangrijke schaal akkerbouw werd bedreven (VAN DER LINDEN, 1955), bij de ontginning in de Middeleeuwen ongeveer op N.A.P. Met het voortschrijden van de techniek (windmolens, stoomkracht, elektrisch aangedreven gemalen) en de steeds strenger wordende eisen van de landbouw, is vooral in de afgelopen eeuw de ontwatering hier krachtig ter hand genomen. Inklinking (compactie van veenlagen t.g.v. wateronttrekking) en vertering (oxydatieve omzetting van organische stof) waren hiervan het gevolg, zodat het maaiveld thans plaatselijk op 2 m — N.A.P. ligt. DUYVERMAN (1948) bestudeerde in verschillende polders van dit gebied de bodemdaling; de snelheid, waarmede dit verschijnsel zich voltrekt, blijkt, afhankelijk van de omstandigheden, 3—25 mm per jaar te bedragen. EDELMAN (1947) noemt als globaal gemiddelde een cijfer van 1 cm per jaar. Voor de omgeving van het grondwaterstandsproefveld op veengrond voert een berekening van HUDIG (zie DUYVERMAN, 1948) tot een bodemdaling tussen ±1900 en ±1940 van 40 cm of eveneens 1 cm per jaar.

In de praktijk is het moeilijk de inklinking (een mechanisch proces) en de vertering (een biochemisch proces) van elkaar te scheiden, zodat deze begrippen ook dikwijls verward worden. Dat de oxydatieve omzetting van het in cultuur zijnde West-Nederlandse veengebied behalve nadelen (zie DUYVERMAN, 1948) ook nog wel enige voordelen oplevert, wordt gesteund door verschillende, reeds lang bekende feiten. Als tuingrond staan deze gronden immers bekend om hun goede stikstoflevering (EDELMAN, 1947), terwijl het grasland er zeer hoge, stikstofrijke oogsten kan leveren (DE BOER en JAGTENBERG, 1956). De ruw-eiwitopbrengsten van het veengraslandproefveld (zie tabel 23 op blz. 60 wijzen ook in deze richting.

Ook in de Engelse Fenlands, waar het in hoofdstuk II besproken grondwaterstandsexperiment werd genomen, is een sterke bodemdaling aan de gang; de snelheid hiervan bedraagt bijna 4 m per eeuw (NICHOLSON, 1952) of gemiddeld 4 cm per jaar. Daar deze grond onder bepaalde omstandigheden een flinke stikstofwerking blijkt te vertonen, moet ook hier worden aangenomen, dat de door ontwateringsmaatregelen ingezette bodemdaling althans voor een deel op mineralisatie van organische stof berust.

Wat betreft de mineralisatie van de organische stikstof in de grond, die hiervoor als een geschematiseerde, aflopende reactie is weergegeven, heerst er in de literatuur (zie HARMSEN and VAN SCHREVEN, 1955) geen eenstemmigheid over de kwestie, of alleen het eerste gedeelte van de mineralisatiereactie (de ammonificatie) of de gehele reactie (inclusief de nitrificatie) door de ontwateringsdiepte zou kunnen worden beïnvloed. Het is, met name bij grasland, echter nog de vraag, of men de in één richting verlopende mineralisatiereactie wel op zichzelf mag beschouwen en niet tevens, naast de reeds genoemde immobilisatie in bacterie-eiwit, een in

Tabel 27. Organische-stof- en stikstofgehalten van het blijvend grasland op het rivierkleiproefveld in verschillende jaren (vóór de aanvang van de proef en na drie en vijf proefjaren; monsters genomen in de maand november)

Table 27. Organic-matter and nitrogen contents in the permanent grassland of the river-clay experimental field in different years (before the beginning of the experiment and after three and five experimental years; the samples have been taken in November)

Diepte *Depth*	Waterstand *Water level*	Organische stof *Organic matter*				N-totaal *Total N*			
cm *cm*		in % van de droge grond *in % of the dry soil*							
		1953	1956	1958	1958-'53	1953	1956	1958	1958-'53
0– 5	25	26,2	25,2	24,5	– 1,7	1,05	0,99	0,95	– 0,10
	40	24,3	22,0	23,3	– 1,0	0,93	0,86	0,91	– 0,02
	65	25,5	23,3	23,4	– 2,1	0,96	0,89	0,91	– 0,05
	95	25,2	23,1	22,6	– 2,6	0,96	0,87	0,90	– 0,06
	140	24,2	22,1	21,5	– 2,7	0,92	0,87	0,86	– 0,06
5–10	25	12,3	17,2	16,0	+ 3,7	0,57	0,59	0,51	– 0,06
	40	11,9	15,8	15,6	+ 3,7	0,53	0,57	0,53	0
	65	13,2	16,4	16,3	+ 3,1	0,55	0,57	0,56	+ 0,01
	95	12,2	15,5	15,2	+ 3,0	0,54	0,52	0,46	– 0,08
	140	12,5	16,0	14,7	+ 2,2	0,53	0,58	0,45	– 0,08
10–20	25	5,8	5,6	5,6	– 0,2	0,31	0,31	0,29	– 0,02
	40	6,0	6,0	5,6	– 0,4	0,27	0,33	0,29	+ 0,02
	65	6,7	5,8	5,5	– 1,2	0,33	0,33	0,27	– 0,06
	95	5,8	5,6	5,3	– 0,5	0,28	0,27	0,25	– 0,03
	140	6,5	5,7	5,1	– 1,4	0,31	0,33	0,26	– 0,05
0–20	25	11,3	12,2	11,7	+ 0,4	0,51	0,51	0,47	– 0,04
	40	10,9	11,4	11,4	+ 0,5	0,46	0,49	0,47	+ 0,01
	65	11,9	11,7	11,6	– 0,3	0,50	0,49	0,46	– 0,04
	95	11,0	11,4	11,0	0	0.48	0,44	0,43	– 0,05
	140	11,3	11,3	10,6	– 0,7	0,48	0,49	0,42	– 0,06

tegengestelde richting verlopende reactie, die het ontstaan van humus weergeeft, in beschouwing dient te nemen.

Hierna zal sub. 2.*1*.1.1., 2.*1*.1.2. en 2.*1*.1.3. worden nagegaan, in hoeverre de resultaten van het op de proefvelden uitgevoerde grondonderzoek aanwijzingen bevatten, dat het organische-stofgehalte van de grond door de waterstand is beïnvloed. De algemene conclusies van deze naspeuringen zijn vervolgens sub 2.*1*.4. opgenomen.

2.*1*.1.1. Het organische-stofniveau van het rivierkleigrasland

Gezien de op praktijkpercelen rivierkleigrasland gevonden samenhang tussen grondwaterstand en organische-stofgehalte (zie sub 2.*1*.1.), ligt het

voor de hand ook eens kritisch te kijken naar deze gehalten van het blijvend grasland op het rivierkleiproefveld. In tabel 27 zijn enige van de in de loop der jaren verzamelde gegevens weergegeven.

De in tabel 27 weergegeven organische-stofgehalten, die men in de praktijk veelal humusgehalten noemt, zijn voor de lagen 0—5 en 5—10 cm bepaald met behulp van de gloeiverliesmethode, terwijl de gehalten in de laag 10—20 cm zijn berekend uit de koolstofgehalten van de grond door vermenigvuldiging met de factor 1,742 (De Vries en Dechering, 1948).

De veranderingen in het organische-stofgehalte van de bovengrond (0—20 cm) in een periode van vijf jaar wijzen in de richting van een vertraagde afbraak bij hoge grondwaterstand en van een versnelde afbraak bij lage grondwaterstand. De stikstofgehalten van de grond — en om stikstof is het hier uiteindelijk te doen — laten tengevolge van het afwijkende gehalte in 1953 van het veldje waar later een waterstand van 25 cm werd ingesteld, in eerste instantie weinig conclusies toe. Laat men de waterstand van 25 cm buiten beschouwing, dan is hier eenzelfde tendens bemerkbaar als bij de humusgehalten. Overigens illustreren de cijfers slechts de onregelmatigheid van de grond en de bemonsterings- en analysefouten; wat de bemonsteringsfouten betreft, dient opgemerkt te worden, dat op een profiel van blijvend grasland, met van boven naar beneden sterk afnemende organische-stofgehalten, een fout in de bemonsteringsdiepte van enkele millimeters al merkbare afwijkingen in de gehalten kan veroorzaken.

Ten einde een eventueel versnelde of vertraagde afbraak van organische stof te kunnen vaststellen, zou het in feite noodzakelijk zijn voor het gehele profiel per waterstand de gehalten met behulp van de volumegewichten om te rekenen tot kg/ha. Gezien de moeilijkheden bij de bepaling van het volumegewicht (zie hoofdstuk III: 2.2. en tabel 7 op blz. 26) is dit hier nagelaten. Vermeld wordt slechts, dat bij gemiddelde volumegewichten van de lagen 0—5, 5—10 en 10—20 cm van resp. 0,78, 0,98 en 1,09 en gemiddelde stikstofgehalten van resp. 0,90, 0,56 en 0,31, de laag 0—20 cm in totaal ongeveer 9600 kg N per ha bevat.

Ten slotte kan nog worden opgemerkt dat op het rivierkleigrasland de totale stikstofonttrekking in natte jaren het grootst is bij de diepe grondwaterstanden, terwijl in droge jaren bij de ondiepe grondwaterstanden de meeste stikstof aan de grond onttrokken wordt (tabel 15, blz. 40). Een verandering van de totale stikstofvoorraad van de grond als gevolg van een verschil in onttrekking is hier dus zonder meer niet te verwachten.

2.*1*.1.2. Het organische-stofniveau van het rivierkleibouwland

Enige organische-stof- en stikstofgehalten van het rivierkleibouwlandprofiel zijn in tabel 28 vermeld.

De in tabel 28 weergegeven humusgehalten zijn berekend uit de koolstofgehalten van de grond (De Vries en Dechering, 1948).

Tabel 28. Organische-stof- en stikstofgehalten van het bouwland op het rivierkleiproefveld in verschillende jaren (vóór het begin en na vier proefjaren)

Table 28. Organic-matter and nitrogen contents in the arable land of the river-clay experimental field in different years (before the beginning and after four experimental years)

Diepte *Depth*	Waterstand *Water level*	Organische stof *Organic matter*			N-totaal *Total N*		
		in % van de droge grond *in % of the dry soil*					
cm *cm*	cm *cm*	53/54	57/58	Verschil *Difference*	53/54	57/58	Verschil *Difference*
0—25	40	5,6	5,3	— 0,3	0,29	0,27	— 0,02
	65	4,8	5,3	+ 0,5	0,25	0,28	+ 0,03
	95	6,2	5,0	— 1,2	0,28	0,28	0
	140	5,0	4,9	— 0,1	0,25	0,27	+ 0,02
	40—140	5,3	4,9	— 0,4	0,27	0,27	0

Hier is noch in de humusgehalten noch in de stikstofgehalten van de grond een duidelijke waterstandsinvloed te bespeuren. Ook in de ondergrond (hier niet weergegeven) is dit niet het geval.

Bij een volumegewicht van gemiddeld 1,07 en een stikstofgehalte van 0,27 bedraagt hier de stikstofvoorraad in de bovenste 20 cm 5800 kg N/ha, hetgeen belangrijk minder is dan in dezelfde laag van het hiervoor besproken blijvend rivierkleigrasland.

In tegenstelling tot het blijvend grasland is op het bouwland van het rivierkleiproefveld de stikstofonttrekking van het merendeel der gewassen bij diepe grondwaterstanden groter geweest dan bij ondiepe waterstanden (tabel 19, blz. 52 en 53). Voor graangewassen kan dit verschil gesteld worden op 25—40 kg N/ha/jaar, een hoeveelheid die alleen al gezien de in de bouwvoor aanwezige voorraad organisch gebonden stikstof, betrekkelijk gering is. De vraag, of beïnvloeding van de mineralisatie van de organische stof door de grondwaterstand, verantwoordelijk gesteld kan worden voor het op het rivierkleibouwland waargenomen stikstofeffect (zie hoofdstuk IV. 1.2.1., blz. 51), wordt door de grondanalysecijfers niet bevestigd; de beschikbare gegevens zijn echter ook niet betrouwbaar genoeg om genoemde mogelijkheid bij voorbaat geheel te kunnen uitsluiten.

2.1.1.3. Het organische-stofniveau van het veengrasland

In tabel 12 werden reeds enige grondanalysecijfers van het veengraslandproefveld gegeven. Het organische-stofgehalte en het stikstofgehalte van de zodelaag zijn hier ongeveer dubbel zo hoog als op het rivierkleigrasland, terwijl

deze gehalten naar de diepte niet afnemen.

Het profiel bestaat hier uit een 8 à 10 m dikke veenlaag, waarin aan de oppervlakte kleibanen voorkomen; de bodemgesteldheid van het proefveld is daarom weinig geschikt om aan de hand van nauwkeurig grondonderzoek een invloed van de ontwateringsdiepte op organische-stof- en stikstofgehalte van de grond te kunnen bestuderen.

Tijdens de duur van de proef werd het maaiveld van de afzonderlijke veldjes verscheidene keren gewaterpast. Uit deze cijfers komt wel een bodemdaling naar voren, van dezelfde orde van grootte, als hiervoor sub 2.*1*.1. is vermeld, maar een verschil in bodemdaling bij de verschillende waterstanden werd tijdens de betrekkelijk korte duur van de proef niet vastgesteld.

2.*1*.2. Uitspoeling en vervluchtiging van stikstof en stikstofverbindingen

Verschillende onderzoekers hebben reeds geconstateerd, dat gewassen, groeiende op een onvoldoend ontwaterde en daardoor slecht geaëreerde grond, symptomen van stikstofgebrek vertonen. Overeenstemming over de vraag, of slechte aëratie resulteert in een uitspoeling of in een vervluchtiging van stikstof of stikstofverbindingen, bestaat bij hen echter niet (SHALTEVET en ZWERMAN, 1958). Gezien het feit, dat stikstof haast alom tegenwoordig is, zijn experimenten over dit probleem zeer moeilijk uit te voeren.

De beide grondwaterstandsproefvelden zijn uiteraard helemaal niet geschikt om problemen, als hiervoor genoemd, kwantitatief te kunnen bestuderen. Toch kunnen een aantal berekeningen worden uitgevoerd, die enig licht werpen op de kwestie hoe de waargenomen stikstofeffecten moeten worden verklaard.

2.*1*.2.1. Het effect van de grondwaterstand op het z.g. stikstofrendement

Op het grasland van de beide grondwaterstandsproefvelden waren in enige jaren stikstoftrappen aanwezig. Aan de hand van de bij de verschillende stikstofgiften in de geoogste plantendelen opgenomen hoeveelheden stikstof kan nu worden nagegaan, hoeveel van de extra gegeven stikstof is teruggevonden (tabel 29).

Op het blijvend rivierkleigrasland is in het jaar 1955, wanneer de grootste opgenomen hoeveelheid stikstof bij de hoogste waterstand voorkomt, geen duidelijk verband tussen stikstofrendement en grondwaterstand te bemerken, evenmin als in het jaar 1956, waarin de hoogste stikstofopbrengsten bij de diepe grondwaterstanden worden aangetroffen. De rendementspercentages lopen in deze jaren nogal sterk uiteen, namelijk van 29 tot 65.

In het jaar 1957, waarin de grootste opgenomen hoeveelheid stikstof weer bij de hoogste grondwaterstand voorkomt, is het beeld echter minder onduidelijk; het stikstofrendement is nu bij de diepe grondwaterstanden aanmerkelijk hoger dan bij de ondiepe grondwaterstanden. Hetzelfde valt op te merken bij de rendementscijfers van de kunstweide op rivierkleigrasland, waar de stikstofopbrengst in dezelfde zin op de grondwaterstand reageert als bij het blijvend grasland en ook bij het veengrasland, waar de stikstofopbrengsten in tegengestelde zin op de grondwaterstand reageren.

Tabel 29. Hoeveelheden stikstof, opgenomen door gras uit verschillende hoeveelheden kunstmest-stikstof bij verschillende grondwaterstanden (het rendement van de stikstofbemesting, uitgedrukt in %, is ook vermeld)

Table 29. Amounts of nitrogen taken up by the grass with different ground-water levels from the quantities of fertilizer nitrogen supplied (also the recovery in terms of percentages of the nitrogen applied has been mentioned)

Proefveld *Experimental field*	Jaar *Year*	Kunstmest-N in kg/ha *Fertilizer-N in kg/ha*	Opgenomen N in kg/ha *N-uptake in kg/ha*					N-rendement in % *N-recovery in %*				
			Waterstand (cm) *Water level (cm)*									
			25	40	65	95	140	25	40	65	95	140
		220	357	326	304	310	312					
	1955	70	274	274	259	235	242					
		220—70	83	52	45	75	70	55	35	29	50	47
Rivierklei, blijvend grasland		220	242	264	328	365	338					
	1956	70	185	194	230	280	275					
		220—70	57	70	98	85	63	38	47	65	57	41
River clay, permanent grassland	1957	220	296	283	278	283	290					
		70	243	219	200	187	202					
		0	218	187	155	168	142					
		220—70	53	64	78	96	88	35	43	53	65	59
		220— 0	78	96	123	115	148	35	44	56	53	67
		70— 0	25	32	45	19	60	37	47	64	27	86
		220	—	208	201	205	207					
Rivierklei, kunstweide		70	—	130	112	106	103					
		0	—	104	72	75	63					
River clay, ley	1957	220—70	—	78	89	99	104	—	52	60	65	70
		220— 0	—	104	129	130	144	—	47	59	59	65
		70— 0	—	26	40	31	40	—	37	57	44	57
			Zomerwaterstand (cm) *Summer water level (cm)*									
			30	45	60			30	45	60		
Veen, blijvend grasland	1957	220	270	330	368							
		70	210	253	277							
Peat, permanent grassland		220—70	60	77	91			40	51	61		

Klaarblijkelijk treedt in het jaar 1957 bij alle drie genoemde proefgewassen een interactie op tussen grondwaterstand en stikstofbemesting met betrekking tot hun invloed op de opgenomen hoeveelheid stikstof. Bij de bespreking van de ruw-eiwitopbrengsten van de afzonderlijke sneden in de hoofdstukken IV: 1.*1*.4., IV: 1.*3*. en IV: 2. werd deze interactie ook reeds opgemerkt.

Het verschil in stikstofrendement doet vermoeden, dat in het desbetreffende jaar bij hoge grondwaterstand een deel van de stikstof (die op alle proefvelden aan alle gewassen in de vorm van ammoniumnitraat werd gegeven) onwerkzaam is geworden als gevolg van vastlegging in organische stof, als gevolg van uitspoeling, als gevolg van vervluchtiging na voorafgaande denitrificatie, hetzij eenvoudigweg niet door de plantenwortels is opgenomen. Een andere, nog niet eerder genoemde mogelijkheid: vervluchtiging als ammoniak, komt gezien de betrekkelijk lage pH van de grond als verklaring niet in aanmerking.

Ook van de akkerbouwgewassen haver en wintergerst (nrs. 10a, 10b, 10c, 11a, en 11b in tabel 19), die in de jaren 1957 en 1958 bij verschillende stikstofbemestingen werden geteeld, zijn rendementscijfers berekend, die op de totale hoeveelheid geoogst produkt (zaad + stro) betrekking hebben. Tabel 30, waaruit de opgenomen hoeveelheden stikstof zelf zijn weggelaten en waarin alleen de rendementscijfers zijn opgenomen, geeft de resultaten van de berekeningen weer.

Tabel 30. Opgenomen hoeveelheid stikstof, uitgedrukt in procenten van de extra gegeven stikstof, bij verschillende hoeveelheden kunstmeststikstof en verschillende grondwaterstanden (akkerbouwgewassen op rivierkleigrond)

Table 30. Percentage of nitrogen taken up by arable crops from the extra amount of fertilizer nitrogen applied on river-clay soil comparing different ground-water levels

Gewas *Crop*	Jaar *Year*	Verschil in hoeveelheid kunstmest-N (kg/ha) *Differences in amount of fertilizer-N (kg/ha)*	N-rendement in % *N-recovery in %*				
			Waterstand (cm) *Water level (cm)*				
			40	65	95	140	40–140
Haver *Oats*	1957	55–40	36	94	54	39	28
		55–25	52	68	56	35	37
		40–25	69	42	58	32	48
Wintergerst *Winter barley*	1958	90–50	34	37	53	82	59

De in tabel 30 weergegeven rendementscijfers van het gewas haver vertonen geen duidelijke reactie op de grondwaterstand. Hierbij moet worden aangetekend, dat in hoofdstuk IV:1.2.1. reeds werd opgemerkt, dat zelfs bij het hoog-

ste stikstofniveau deze haver geen zwaar gewas is geworden. Wel was dit het geval bij de wintergerst, waarvan de in tabel 30 weergegeven rendementspercentages zeer duidelijk met de grondwaterstand blijken samen te hangen.

Daar men ervan uit zal moeten gaan, dat in het bouwland geen belangrijke ophoping van organische stof plaats vindt, kan het bij het gewas wintergerst waargenomen verschijnsel alleen worden toegeschreven aan primaire of secundaire stikstofverliezen. Het niet reageren van de rendementscijfers van de haver wordt hieronder nog nader toegelicht.

2.1.2.2. Het effect van de grondwaterstand op de stikstofopname bij verschillende niveaus van stikstofvoorziening

In het voorafgaande werd in verschillende gevallen waargenomen, dat het stikstofgehalte, en soms ook de in het gras opgenomen hoeveelheid stikstof en de jaaropbrengst aan droge stof, scherper op de grondwaterstand reageerden, naarmate er meer stikstof was gegeven. Ook deze waarnemingen wijzen op

Tabel 31. De invloed van verschillende stikstofvoorzieningen op de opgenomen hoeveelheden stikstof en op de stikstofgehalten van gras bij diepe en ondiepe ontwatering (de cijfers hebben alle betrekking op het jaar 1957)

Table 31. The effect of different amounts of nitrogen present in soil and fertilizer on the quantities of the nitrogen taken up and on the nitrogen contents of the grass crop with high and with low water levels in 1957

Gewas en grondsoort *Crop and soil*	N-gehalte grond (0–20 cm) % *N in soil (0–20 cm)*	Kunstmest-N in kg/ha *Fertilizer-N in kg/ha*	kg N/ha (jaaropbrengst) bij *kg N/ha (total yield) with*		% N (in de jaaropbrengst) bij *% N (in the total yield) with*		
			ondiepe[1] waterst. *high[1] water level*	diepe[1] waterst. *low[1] water level*	ondiepe[1] waterst. *high[1] water level*	diepe[1] waterst. *low[1] water level*	verschil *difference*
Blijvend grasland op veengrond *Permanent grassland on peat soil*	2,10	220	270	368	2,70	3,22	+0,52
	2,10	70	210	277	2,54	2,90	+0,36
Blijvend grasland op rivierklei *Permanent grassland on river clay*	0,45	220	296	290	2,70	3,07	+0,37
	0,45	70	243	202	2,48	2,75	+0,27
	0,45	0	218	142	2,58	2,64	+0,06
Kunstweide op rivierklei *Ley on river clay*	0,27	220	208	206	1,78	1,82	+0,04
	0,27	70	130	102	1,89	1,73	−0,16
	0,27	0	104	62	2,16	1,84	−0,32

[1] De in de tabel weergegeven cijfers hebben steeds betrekking op de ondiepst en op de diepst ontwaterde veldjes van het proefveld

[1] *The figures concern the plots with the highest and lowest water levels respectively*

stikstofverliezen, in welke vorm dan ook. In tabel 31 zijn de verschillende gegevens nog eens gezamenlijk weergegeven. De proefvelden waarop zij betrekking hebben werden zo goed mogelijk — op de volgorde is kritiek te geven — gerangschikt naar afnemende stikstofrijkdom van de grond.

Uit tabel 31 blijkt het volgende:

a. De stikstofopname stijgt, overeenkomstig de verwachting, met toenemende stikstofbemesting en met toenemende stikstofrijkdom van de grond.
b. Bij een hoog stikstofniveau is er bij diepe grondwaterstand meer stikstof opgenomen dan bij ondiepe waterstand, bij een laag stikstofniveau is het tegenovergestelde het geval. Dit feit voert tot de conclusie, dat grasland met een ruime stikstofvoorziening uit een oogpunt van stikstofhuishouding een diepere grondwaterstand verlangt dan grasland met een krappe stikstofvoorziening. (In hoofdstuk VIII zal op deze kwestie nog nader worden ingegaan.)
c. Hoe ruimer de stikstofvoorziening, des te hoger is bij diepe waterstand het stikstofgehalte en des te groter is tevens het verschil in stikstofgehalte dat bij diepe en ondiepe ontwatering gevonden wordt.

Bij akkerbouwgewassen kan de overeenkomstige vergelijking worden uitgevoerd. Tabel 32 geeft hiervan een beeld.

Tabel 32. Opgenomen hoeveelheden stikstof en stikstofgehalten van verschillende akkerbouwgewassen op rivierkleigrond bij diepe en ondiepe ontwatering
Table 32. Amounts of nitrogen taken up and nitrogen contents of arable crops on river-clay soil with low and with high water levels

Gewas *Crop*	Oogstjaar *Year of harvest*	Kunstmest-N in kg/ha *Fertilizer-N in kg/ha*	kg N/ha – *kg N/ha*		% N – % N		
			waterst. *water level* 40 cm	waterst. *water level* 140 cm	waterst. *water level* 40 cm	waterst. *water level* 140 cm	verschil *difference*
Suikerbieten (loof) *Sugar beet (leaves)*	1956	140	82	179	1,38	2,18	+0,80
Wintertarwe (zaad) *Winter wheat (grain)*	1956	50	59	94	1,65	2,14	+0,49
Zomergerst (zaad) *Spring barley (grain)*	1956	30	43	75	1,47	1,86	+0,39
Haver (zaad) *Oats (grain)*	1957	55	37	59	1,87	1,87	0
Idem	1957	40	32	54	1,90	1,87	−0,03
Idem	1957	25	26	46	1,92	1,81	−0,11
Wintergerst (zaad) *Winter barley (grain)*	1958	90	54	77	1,55	1,76	+0,21
Idem	1958	50	45	56	1,65	1,57	−0,08

Tabel 32 vertoont veel overeenstemming met tabel 31. Het volgende kan namelijk worden opgemerkt:

a. De stikstofopname stijgt met toenemende stikstofbemesting; men dient echter wel te bedenken, dat de analysecijfers slechts op een deel van de oogst betrekking hebben.
b. De stikstofopname is over de gehele lijn het grootst bij diepe grondwaterstand; er is evenwel een tendens bemerkbaar, dat bij lage stikstofbemesting de verschillen in stikstofopname bij diepe en ondiepe waterstand geringer worden.
c. Hoe zwaarder de stikstofbemesting, des te hoger is bij diepe grondwaterstand het stikstofgehalte en des te groter is tevens het verschil in stikstofgehalte, dat bij diepe en ondiepe waterstand wordt gevonden.

Uit de waarnemingen bij gras en akkerbouwgewassen valt te concluderen, dat bij ondiepe waterstand het gewas soms minder stikstof tot zijn beschikking krijgt dan bij diepe waterstand, terwijl deze waterstandsinvloed sterker wordt, naarmate de stikstofvoorziening royaler is. De juiste oorzaak van dit verschijnsel kan uiteraard nog niet met zekerheid worden vastgesteld. Gezien de invloed van de stikstofbemesting lijkt één en ander echter moeilijk in overeenstemming te brengen met veranderingen van het organische-stofniveau van de grond. Overigens wijst het feit, dat bij zo uiteenlopende gewassen gelijksoortige waarnemingen zijn gedaan er wel op, dat hier een factor in het spel is, die eerder met de grond te maken heeft dan met de plant.

2.1.2.3. Het effect van de grondwaterstand op de groei van vlinderbloemige gewassen op rivierkleigrond.

In hoofdstuk IV: 1.2.3. (blz. 55) werd reeds opgemerkt, dat de op het rivierkleiproefveld verbouwde vlinderbloemigen in het algemeen anders op de grondwaterstand reageerden dan de meeste niet-vlinderbloemige gewassen (zie de tabellen 20 en 19). Een verklaring voor dit verschijnsel kan worden gevonden in het feit, dat deze vlinderbloemigen via de Rhizobiumsymbiose een eigen stikstofvoorziening hebben en dus niet afhankelijk behoeven te zijn van in de grond optredende, tot verlies van bodemstikstof aanleiding gevende processen (binding in organische stof, vervluchtiging of uitspoeling). Van de lage luchtgehalten in de grond, die een gevolg kunnen zijn van hoge waterstanden, hebben de bij de stikstofbinding betrokken bacteriën klaarblijkelijk weinig hinder, terwijl het bij hoge grondwaterstanden enigszins ondiepere wortelstelsel (bijlage 10) ook geen belemmering voor de stikstofbinding schijnt te vormen.

De door de vlinderbloemige akkerbouwgewassen opgenomen hoeveelheden stikstof zijn, voor zover bekend, in tabel 33 vermeld. De derde snede van het gewas rode klaver in 1957, die ten gevolge van plasvorming na overvloedige regenval bij hoge grondwaterstanden door plaatselijke afsterving van het gewas voor het onderhavige doel niet bruikbaar was, is hierin niet opgenomen, evenmin als de opbrengsten in 1956, die door de dekvrucht waren beïnvloed.

Tabel 33. Opgenomen hoeveelheden stikstof in kg/ha van erwten en rode klaver op rivierklei bij verschillende grondwaterstanden
Table 33. Kg/ha nitrogen taken up by peas and red clover on river clay with different groundwater levels

Gewas *Crop*	Jaar *Year*	Waterstand (cm) *Water level (cm)*				
		40	65	95	140	40–140
Erwten (zaad) *Peas (seed)*	1958	154	126	139	136	136
Rode klaver (eerste + tweede snede) *Red clover (first + second cut)*	1957	293	310	282	278	272

Uit tabel 33 blijkt, dat de door de weergegeven vlinderbloemige akkerbouwgewassen opgenomen hoeveelheden stikstof niet dalen met afnemende ontwateringsdiepte. Hetzelfde blijkt ten aanzien van de stikstofgehalten (ruw-eiwitgehalten), vermeld in de tabellen 20 en 21. Bij vele niet-vlinderbloemige akkerbouwgewassen was daarentegen wel van een daling sprake (vgl. tabel 32).

2.1.2.4. Het compenseren van een nadelige invloed van hoge grondwaterstanden door extra stikstofbemesting

De nadelige invloed van hoge grondwaterstanden op de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten, is bij grasland beperkt tot perioden met voldoende of meer dan voldoende neerslag; deze invloed laat zich blijkens de in de tabellen 15, 19, 21, 22 en 23 en de bijlagen 5, 6, 7, 8 en 9 weergegeven cijfers in het algemeen door extra stikstofbemesting voor een groter of kleiner deel compenseren. Ten gevolge van het bij hoge grondwaterstanden dikwijls geringere stikstofrendement (tabel 29 en 30) is de compensatie van de ruw-eiwitopbrengst meestal onvollediger dan die van de droge-stofopbrengst. Dank zij dit zelfde verschil in stikstofrendement is op grasland de in droge perioden nadelige invloed van een diepe grondwaterstand naderhand eveneens met stikstof te verhelpen; de grasgroei wordt evenwel onder deze omstandigheden pas van belang, wanneer er weer enige regen is gevallen. Uit de vijfweekse opbrengstcijfers van de jaren 1954 t/m 1957, waarin langdurige droogteperioden niet voorkwamen, komt deze beperking niet goed tot uiting.

Op het rivierkleiproefveld werd in 1957 ook geprobeerd met extra stikstof de nadelige invloed van ondiepe ontwatering op de opbrengst van het gewas haver te compenseren. Er werden in het voorjaar drie stikstofgiften verstrekt nl. 25, 40 en 55 kg N/ha. Achteraf bekeken lag — gezien het vrij matige gewas — het niveau van deze giften te laag, zodat een optimale opbrengst niet werd bereikt (zie tabel 19). Een proef in 1958, waarbij aan een gewas wintergerst op

Tabel 34. Opbrengst (kg produkt/a en kg re/a) van wintergerst op rivierklei bij verschillende hoeveelheden stikstof en verschillende grondwaterstanden

Table 34. Yield (kg product/are and kg crude protein/are) of winter barley on river clay with different ground-water levels and amounts of nitrogen

Kg N/ha gestrooid op (datum): *Kg N/ha applied (date):*			kg zaad/a *kg grain/are*					kg stro/a *kg straw/are*					kg re(zaad en stro)/a *kg crude protein (grain and straw) /are*				
			waterstand (cm) *water level (cm)*														
25/3	22/4	21/5	40	65	95	140	40–140	40	65	95	140	40–140	40	65	95	140	40–140
50	—	—	33,5	37,7	43,5	45,0	38,7	46,5	49,4	54,8	55,8	56,7	3,4	3,5	4,0	4,3	3,5
50	40	—	43,5	48,5	53,3	54,2	52,5	59,8	61,0	65,2	64,6	63,1	4,3	4,5	5,3	6,3	5,0
50	40	40	53,5	—	—	—	54,0	70,4	—	—	—	70,0	6,1	—	—	—	6,1
50	25	25	—	54,0	—	—	—	—	64,0	—	—	—	—	5,7	—	—	—
50	15	15	—	—	52,5	—	—	—	—	62,5	—	—	—	—	5,4	—	—
50	10	10	—	—	—	52,0	—	—	—	—	63,7	—	—	—	—	5,5	—

verschillende tijden verschillende hoeveelheden stikstof werden gegeven, had meer succes. Tabel 34 geeft hiervan een beeld.

Uit tabel 34 blijkt, dat bij een stikstofbemesting van 50 kg/N/ha de optimale opbrengst nog niet wordt bereikt; wel was dit het geval bij een bemesting van 50 + 40 = 90 kg N/ha. De optimale zaadopbrengst ligt in dit laatste geval bij ca. 5400 kg/ha en wordt bij waterstanden van 95 en 140 cm bereikt. Dit zelfde opbrengstniveau is met een late aanvullende overbemesting ook bij een waterstand van 40 cm te verkrijgen. Voor de ruw-eiwitopbrengsten van zaad en stro geldt in grote lijnen dezelfde conclusie.

2.*1*.3. De beïnvloeding van de beworteling door de grondwaterstand als oorzaak van de waargenomen verschillen in stikstofopname

De invloed van de grondwaterstand op het bewortelingsbeeld van grasland en van akkerbouwgewassen werd hiervoor sub. 1.*1*. besproken. Bij sommige gewassen was een duidelijke reactie merkbaar; bij andere gewassen daarentegen was de beïnvloeding van de bewortelingsdiepte door de grondwaterstand wel zeer klein. Ook kwam het voor, dat een — bij ondiepe ontwatering — geringere bewortelingsdiepte werd gecompenseerd door een grotere hoeveelheid wortels in de bovenlaag van het profiel. De waargenomen verschillen in stikstofopname kunnen dus in het algemeen op deze wijze slechts moeilijk worden verklaard.

Bij de interpretatie van de resultaten van het grondwaterstandsproefveld voor akkerbouwgewassen op zeekleigrond te Nieuw-Beerta (VAN HOORN, 1958), waar een sterke reactie van de bewortelingsdiepte op de grondwaterstand werd waargenomen, werd dit argument evenwel als een verklaring voor een deel der waargenomen reacties genoemd.

Het is echter moeilijk aannemelijk te maken, dat het in dit hoofdstuk sub 2.*1*.2.1. besproken rendement van de (oppervlakkig gegeven) kunstmeststikstof met deze bewortelingsdiepte zou samenhangen, terwijl hetgeen hiervoor sub 2.*1*.2.2. over het niveau van de stikstofvoorziening is gezegd, evenmin goed met de bewortelingsdiepte in verband te brengen is.

2.*1*.4. Verklaringen voor de waargenomen beïnvloeding van de stikstofhuishouding der gewassen door de grondwaterstand

Zoals in hoofdstuk IV:1.*1*.3. werd opgemerkt, zal men de verklaring van de beïnvloeding van de stikstofhuishouding der gewassen door de grondwaterstand in eerste instantie moeten zoeken bij de hoeveelheid in de grond aanwezige lucht (zuurstof), welke hoeveelheid, voor zover bekend is, bij een gegeven grondsoort in belangrijke mate door de ontwateringsdiepte wordt bepaald. De beïnvloeding van de bewortelingsdiepte door de grondwaterstand hangt wellicht geheel en al met deze hoeveelheid lucht samen. De hier besproken proefveldresultaten kunnen echter maar zeer ten dele worden verklaard uit de bewortelingsdiepte.

Ophoping van levende of dode, stikstofhoudende organische stof bij ondiepe

waterstand of versnelde afbraak bij diepe grondwaterstand komt, blijkens de resultaten van het grondonderzoek op het rivierkleiproefveld en ook gezien hetgeen hiervoor sub 2.1.2.1. en 2.1.2.2. is vermeld, als alles verklarende oorzaak evenmin in aanmerking. Wel zou het verschijnsel van de rijkelijke stikstofvoorziening van veengrasland in het algemeen toegeschreven kunnen worden aan een éénzijdig gerichte afbraak van organische stof, die blijkbaar zelfs bij een voor cultuurgrond minimale ontwateringsdiepte op gang wordt gebracht. Of bij een diepere ontwatering de afbraak nog versneld wordt en bij een nog grotere ontwateringsdiepte soms weer wordt geremd, zijn vragen, die op grond van het ter beschikking staande materiaal niet kunnen worden beantwoord. Uit diverse regionale onderzoekingen zijn echter correlaties tussen organische-stofgehalte van grasland en grondwaterstand bekend. Mede gezien een na een periode van vijf jaren waargenomen tendens op het rivierkleiproefveld moet er dus ook met de mogelijkheid rekening worden gehouden, dat ook op minerale gronden de ontwateringsdiepte op de lange duur mede bepalend is voor het organische-stofgehalte van de grond. Ook op het grondwaterstandsproefveld te Nieuw-Beerta, waar gevonden is dat bij diepe ontwatering het gehalte aan oplosbare stikstof in de bouwvoor is toegenomen, wordt aan een bevordering van de mineralisatie van de organische stof gedacht. De op de hier besproken proefvelden waargenomen verschijnselen kunnen, aangenomen dat de veronderstelling juist is, hiermede echter niet worden verklaard.

De beschikbare resultaten wijzen erop, dat de belangrijkste oorzaak van de waargenomen beïnvloeding van de stikstofhuishouding door de grondwaterstand moet worden gezocht bij een beïnvloeding van de stikstofopneming, waarbij eerder gedacht moet worden aan in de grond optredende stikstofverliezen dan aan het vermogen van de plantenwortels om stikstof op te nemen. De in de grond aanwezige in water oplosbare stikstof was namelijk — voor zover bepaald — op grasland bij alle grondwaterstanden steeds minimaal, terwijl nooit geconstateerd werd, dat hiervan een ophoping plaats vond. Van beide bovengenoemde mogelijkheden (beïnvloeding van de stikstofopneming) is overigens bekend, dat de aëratietoestand van de grond er invloed op kan uitoefenen.

In het algemeen wordt van de stikstofmeststof die aan landbouwgewassen is verstrekt, maar een gedeelte in de geoogste produkten teruggevonden, terwijl het overige deel op onnaspeurbare wijze verdwijnt (ALLISON, 1955). Op grasland, waar dit probleem goed is bestudeerd, is het rendement van de stikstofbemesting veelal niet hoger dan 50 à 60 % (MULDER, 1949). Ook onder normale omstandigheden is er dus altijd al een „lek" in de stikstofhuishouding; de meest voor de hand liggende verklaring voor het verschijnsel, dat de stikstofhuishouding door de grondwaterstand wordt beïnvloed, moet derhalve bij dit zelfde „lek" worden gezocht en niet bij een beïnvloeding van de opnamecapaciteit van de wortels.

Behalve door vastlegging in organische stof kan stikstof globaal gesproken nog op twee andere manieren voor de planten verloren geraken en wel door

uitspoeling en door vervluchtiging. De eerste mogelijkheid is niet geschikt om er de proefveldresultaten mee te kunnen verklaren, daar beïnvloeding van de stikstofhuishouding ook werd waargenomen in droge perioden, waarin geen naar beneden gerichte waterbeweging in de grond aanwezig kon zijn. In vochtige perioden zou het bij lage waterstanden soms wat diepere wortelstelsel wellicht stikstofuitspoeling, zo aanwezig, enigszins kunnen voorkomen. Men moet er echter rekening mee houden, dat de stikstofuitspoeling onder grasland in het algemeen niet van grote omvang is (ALLISON, 1955).

Na alle andere mogelijkheden voor een groter of kleiner deel te hebben verworpen, resteert er dus als belangrijkste verklaring voor de bij grasland en bouwland op rivierkleigrond en bij grasland op veengrond waargenomen beïnvloeding van de stikstofhuishouding door de grondwaterstand, alleen het stikstofverlies uit de grond door vervluchtiging.

Van de wijze waarop en de vorm waarin de stikstof zou vervluchtigen, kan men zich de volgende voorstelling maken. Zowel de bij de ontleding van de organische stof vrijkomende ammoniak als de als kunstmest gegeven ammoniak worden, voor zover niet onmiddellijke opname door bacteriën of door de plantenwortels plaats vindt, omgezet in nitraat; door bacteriologische denitrificatie kunnen hieruit vervolgens weer vrije stikstof en stikstofoxyduul worden gevormd. Potproeven van BROADBENT and STOJANOVIC (1952) met N^{15} hebben uitgewezen, dat in verschillende gronden zelfs bij een hoge zuurstofspanning nog aanmerkelijke stikstofverliezen ten gevolge van denitrificatie kunnen optreden en dat bij een dalende zuurstofspanning in de grond de denitrificatie nog een grotere omvang aanneemt. De aanwezigheid van lachgas in de atmosfeer wordt door deze onderzoekers dan ook toegeschreven aan het zeer verbreid voorkomen van denitrificatieverschijnselen in de grond.

MULDER (1957) acht het waarschijnlijk, dat de slechte werking van nitraat in vergelijking met die van ammoniakstikstof, die men vooral in natte jaren op vochtige graslanden zou kunnen waarnemen, een gevolg is van de door denitrificatie veroorzaakte stikstofverliezen. Deze uitspraak is niet in strijd met hetgeen hierboven is gesteld; in de ontvouwde gedachtengang wordt er echter van uit gegaan, dat ook ammoniak na omzetting in nitraat door denitrificatie verloren kan gaan, zij het dat grassen, waarvan reeds lang bekend is dat zij ammoniak als zodanig kunnen opnemen, (BLACKMAN, 1936; LEWIS, 1936) wellicht reeds een deel van de als ammoniak gegeven stikstof benutten, vóór er vervluchtiging kan gaan optreden. Ook zonder dat een stikstofbemesting wordt toegepast, kan het door de grondwaterstand teweeggebrachte effect op de stikstofhuishouding echter nog zeer groot zijn, getuige de uitkomsten van het Engelse grondwaterstandsproefveld te Burwell Fen (EDEN et al., 1951; NICHOLSON et al., 1953), dat in hoofdstuk II werd genoemd.

2.2. *Conclusies over de betekenis van de grondwaterstand uit een oogpunt van stikstofhuishouding*

Op grond van de hiervoor uiteengezette hypothese, dat de denitrificatie van bodem- en kunstmeststikstof wordt bevorderd door hoge grondwaterstanden,

kan de betekenis van de grondwaterstand voor de stikstofhuishouding als volgt worden geschetst. De grondwaterstand is van belang voor de aëratietoestand van de grond; op zijn beurt kan deze laatste in verschillende opzichten van betekenis zijn voor de plantengroei, doch het belangrijkste facet hiervan is wel de invloed die deze aëratietoestand heeft op de denitrificatie, een zich in de grond afspelend bacteriologisch proces, dat aanleiding geeft tot stikstofverliezen, in het bijzonder tot vervluchtiging van stikstof. Hierbij is het feit van belang, dat stikstofverliezen niet alleen optreden bij hoge grondwaterstand, doch ook bij lage grondwaterstanden niet te verwaarlozen zijn. Mocht deze veronderstelling houdbaar blijken dan betekent dit, dat uit een oogpunt van stikstofhuishouding iedere verbetering van de aëratietoestand van de grond, door middel van ontwateringsmaatregelen of anderszins, nuttig zou zijn.

Gebrekkige aëratie is wel vaker als oorzaak genoemd voor de slechte grasgroei bij hoge grondwaterstand (MAKKINK, 1955c). De benaming is echter niet zeer gelukkig gekozen, daar ook bij diepe waterstand de aëratietoestand nog onvoldoende is om stikstofverliezen te voorkomen; bij diepe ontwatering pleegt men de aëratietoestand echter niet te bestuderen, omdat onder deze omstandigheden veeleer de watervoorziening het knelpunt voor de groei van de gewassen is geworden.

De sterkere reactie op de grondwaterstand van zwaar met stikstof bemeste akkerbouwgewassen en grasland ten opzichte van akkerbouwgewassen en grasland die een lichtere bemesting hebben ontvangen, kan aan de onder deze omstandigheden optredende stikstofverliezen worden toegeschreven; hetzelfde is het geval bij een vergelijking van oud veengrasland met oud rivierkleigrasland en van oud rivierkleigrasland met jong rivierkleigrasland.

Naast een beïnvloeding van de tot stikstofverliezen aanleiding gevende processen in de grond, moet er rekening mee worden gehouden, dat de van de grondwaterstand afhankelijke aëratietoestand tevens invloed kan uitoefenen op de afbraak van de organische stof in de grond. Wat de graslandcultuur in Nederland betreft, is deze kwestie vooral op veengrasland van betekenis, omdat afbraak van organische stof hier met bodemdaling gepaard kan gaan.

3. Conclusies over de betekenis van de grondwaterstand voor de groei van akkerbouwgewassen en van gras

Hetgeen hiervoor sub 1.3. en 2.2. is uiteengezet, kan als volgt worden gecombineerd. De plantengroei wordt op tweeërlei wijze door de grondwaterstand beïnvloed en wel via de watervoorziening en via de stikstofhuishouding. Bij gewassen, die een betrekkelijk goede watervoorziening hebben, zoals (diep wortelende) graangewassen op rivierkleigrond, is de factor stikstofhuishouding bepalend voor de verschillen in groei. Bij op dezelfde grond geteelde gewassen met een goede stikstofvoorziening (vlinderbloemigen) en een minder goede watervoorziening (erwten hebben hier een ondiepere beworteling) kan de factor watervoorziening bepalend zijn voor de opbrengstverschillen. Ook is het mogelijk dat beide, tegengestelde invloeden elkaar ongeveer opheffen en er uiteindelijk geen reactie op de grondwaterstand merkbaar is.

Grasland op rivierkleigrond kan zeer verschillend op de grondwaterstand reageren. In droge perioden wordt de watervoorziening de beperkende factor en zal de hoogste bruto-opbrengst bij zeer hoge grondwaterstanden worden gevonden. Wordt door overvloedige regenval de vochtvoorziening echter op andere wijze verzekerd, dan is de kans groot, dat de hoogste bruto-opbrengsten bij de diepste waterstanden zullen voorkomen, omdat nu de stikstofhuishouding de bepalende factor wordt. Speciaal zal dit het geval zijn, wanneer veel stikstof is gegeven, of wanneer de grond veel mineraliseerbare stikstof bevat.

Het feit, dat de ene factor onder bepaalde omstandigheden de belangrijkste invloed op de grondwaterstand uitoefent, betekent dus nog niet, dat de andere factor op dat moment geen rol speelt. In de praktijk treden de beide factoren veelal gelijktijdig op, maar het hangt van de omstandigheden af, welke van de twee de sterkste invloed heeft.

In figuur 9 is voor rivierkleigrasland schematisch uitgebeeld, hoe men zich het samenspel tussen grondwaterstand, stikstofbemesting en bruto-opbrengst bij verschillende weersgesteldheden en hoeveelheden stikstofmeststof kan voorstellen; aan deze figuur liggen diverse, in de hoofdstukken IV en V besproken effecten ten grondslag. Enkele van deze effecten, die in werkelijkheid alleen in de tweede helft van het groeiseizoen in belangrijke mate bleken op te treden, zijn in de figuur, die voor het gehele groeiseizoen gedacht is, verzwakt weergegeven.

In figuur 9 wordt tot uitdrukking gebracht, dat de opbrengsten aan droge

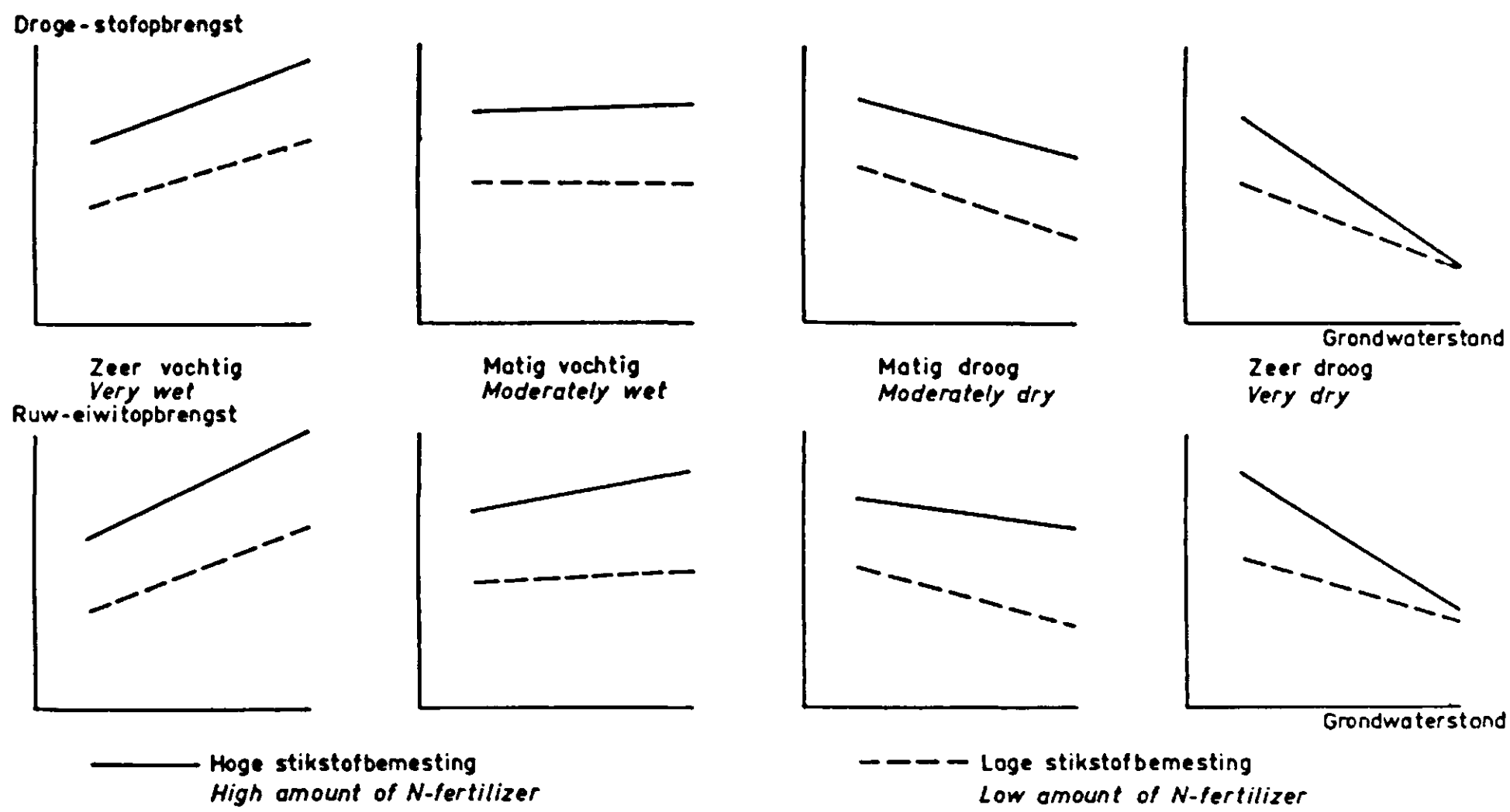


FIG. 9. Schematisch overzicht van het verband bij verschillende weersgesteldheden en verschillende hoeveelheden stikstofmeststof tussen grondwaterstand en droge-stofopbrengst enerzijds en ruw-eiwitopbrengst anderzijds

Schematic survey of the relation (under different weather conditions and with different amounts of nitrogen fertilizer) between ground-water level (grondwaterstand) and dry-matter yield (droge-stofopbrengst) on the one side and crude-protein yield (ruw-eiwitopbrengst) on the other side

stof en ruw eiwit in zeer vochtige perioden met toenemende grondwaterdiepte toenemen; de positieve reactie van de opbrengsten verandert geleidelijk, bij droog weer, in een negatieve reactie. In vergelijking tot de droge-stofopbrengst is de reactie van de ruw-eiwitopbrengst op de grondwaterstand bij vochtig weer sterker positief; bij droog weer daarentegen is deze reactie zwakker negatief.

Een divergentie van de opbrengstlijnen bij hoge en lage stikstofbemesting geeft aan, dat de stikstofwerking bij zeer vochtig tot matig droog weer bij diepe waterstand groter is dan bij ondiepe waterstand. Bij zeer vochtige weersgesteldheid wordt de opbrengstreactie dus door stikstof versterkt; evenzo wordt bij matig droge weersgesteldheid de opbrengstreactie door stikstofbemesting verzwakt. Bij rijkelijke stikstofvoorziening worden de in matig droge perioden bij diepe ontwatering optredende nadelen van vochttekort gecompenseerd door het betere effect van de gegeven stikstof. Tijdens zeer droge omstandigheden echter daalt bij diepe waterstand de stikstofwerking tot nul. Onder deze omstandigheden geeft stikstofbemesting alleen bij hoge grondwaterstand een noemenswaardige opbrengstverhoging.

De in figuur 9 weergegeven opbrengstlijnen behouden bij weersgesteldheden variërende van zeer vochtig tot matig droog onderling dezelfde afstand; hiermede is aangegeven dat het stikstofeffect (meeropbrengst aan droge stof per eenheid stikstofmeststof) in dit gehele traject bij éénzelfde waterstand constant is. Pas bij zeer droge omstandigheden neemt het stikstofeffect belangrijk af.

Figuur 9 was eerder bestemd om de reactie van de grasopbrengst bij verschillende weersgesteldheden op de grondwaterstand uit te beelden, dan om een schematisch beeld te geven betreffende het stikstofeffect. Als illustratie van hetgeen hiervoor over stikstofbemesting, weersgesteldheid en opbrengst is gezegd, zij dan ook nog eens speciaal naar figuur 10 verwezen, waarin het stikstofeffect wel primair is gesteld. Omdat figuur 10 één van de uitgangspunten voor de constructie van figuur 9 vormde, zou men figuur 10 ook uit figuur 9 kunnen afleiden.

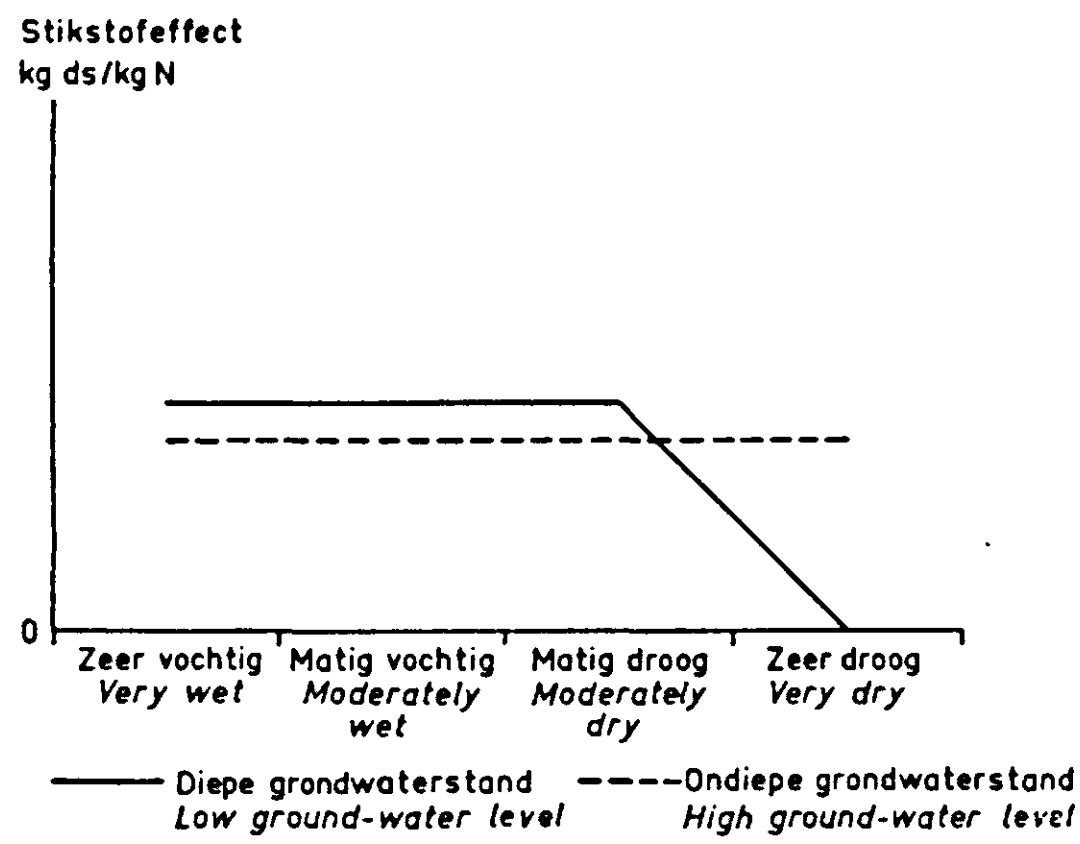


FIG. 10. Schematisch overzicht van het verband tussen stikstofeffect en weersgesteldheid bij twee uiteenlopende grondwaterstanden

Schematic survey of the relation between nitrogen effect (stikstofeffect) and weather conditions with two different ground-water levels

Op het veengrasland spelen dezelfde factoren een rol als op het rivierkleigrasland. De factor stikstofvoorziening weegt hier echter extra zwaar, terwijl de factor watervoorziening in de regel minder duidelijk tot uiting komt. De hoogste bruto-opbrengsten aan droge stof en ruw eiwit zullen hier dan ook — aangenomen dat er geen veranderingen in de fysische eigenschappen van de grond optreden (indroging) — overwegend bij diepe grondwaterstanden worden verkregen.

VI. ANDERE, OP DE PROEFVELDEN WAARGENOMEN GRONDWATERSTANDSINVLOEDEN

Hiervóór werd uiteengezet, hoe de grondwaterstand uitwerking heeft op de watervoorziening en de stikstofhuishouding der gewassen en daarmede de opbrengst beïnvloedt. Met de grondwaterstand hangen echter ook nog andere factoren samen, die misschien ten dele ook nog aansprakelijk zijn voor de genoemde opbrengstresultaten, maar bovendien van belang kunnen zijn voor de gebruikswaarde van de grond en voor de kwaliteit der gewassen.

Wat de gebruikswaarde van de grond betreft, zal hieronder de betekenis behandeld worden van de grondwaterstand voor de beweidbaarheid van grasland en de bewerkbaarheid van bouwland. Het hiermede in verband staande verschijnsel van de plasvorming zal eveneens ter sprake worden gebracht. Op zijn beurt speelt deze plasvorming een rol bij de door de grondwaterstand teweeggebrachte verschuivingen in de botanische samenstelling, terwijl deze verschuivingen op hun beurt de grasopbrengsten beïnvloed kunnen hebben, maar daarnaast van belang zijn voor de kwaliteit van het gras. Na een bespreking van de invloed van de grondwaterstand op de botanische samenstelling zal ten slotte — aansluitend op hetgeen hieromtrent reeds in hoofstuk IV is medegedeeld — nog zeer in het kort iets vermeld worden over de invloed van de grondwaterstand op de chemische samenstelling van de gewassen.

1. De betekenis van de grondwaterstand voor de beweidbaarheid van rivierklei- en veengrasland en voor de bewerkbaarheid van rivierkleibouwland

In de tabellen 17, 18 en 26 werd reeds geïllustreerd, dat de grondwaterstand in belangrijke mate bepalend was voor de water- en luchtgehalten van de zodelaag van rivierkleigrasland. Voor veengrasland en voor de bouwvoor van bouwland op rivierklei mag verwacht worden, dat de water- en luchtgehalten op een overeenkomstige wijze worden beïnvloed. In hoofdstuk V : 3. werd de betekenis van deze beïnvloeding voor de gewasopbrengsten uiteengezet. Naast een duidelijke uitwerking op de groei der gewassen heeft het water- resp. luchtgehalte van de grond echter ook gevolgen ten aanzien van de beweidbaarheid en bewerkbaarheid van de grond. Hieronder zal nader worden uiteengezet, wat onder deze kwestie wordt verstaan en zal verslag worden gegeven van enige waarnemingen op dit terrein.

1.*1*. *Grondwaterstandsstijgingen bij overvloedige neerslag*

Uit de cijfers van de bijlagen 1, 2 en 3 is reeds enigermate af te leiden, dat in natte perioden de op de proefvelden nagestreefde grondwaterstanden niet steeds konden worden gerealiseerd, doch dat, mede afhankelijk van de intensiteit van de bui en het neerslagtekort van de voorafgaande dagen, na regenval

kleinere of grotere overschrijdingen plaats vonden. Uit de afzonderlijke, aldaar niet vermelde, waarnemingen blijkt nog duidelijker, dat na regenbuien de grondwaterstanden soms tot boven de nagestreefde peilen opliepen. Bij de geringste ontwateringsdiepten steeg soms het water zelfs tot op het maaiveld, vooral op de iets lager gelegen plekken. Dit laatste verschijnsel is op het rivierkleigrasland in alle vier beschreven jaren opgetreden, speciaal tijdens de zeer natte nazomermaanden van 1954 en 1956; doch ook in de beide andere jaren en buiten het eigenlijke groeiseizoen waren soms plassen te zien. Op het rivierkleibouwland is het vooral in de winter en in het vroege voorjaar voorgekomen, maar het verschijnsel was daar minder frequent dan op het grasland. Op het veengrasland werd het slechts een enkele maal gesignaleerd.

Dat het verschijnsel van de plasvorming zich vooral op lage plekken en bij de hoogste nagestreefde grondwaterstand voordeed, ligt om verschillende redenen voor de hand. In vergelijking tot dieper ontwaterd land is hier de waterberging minder groot. Dit laatste blijkt uit de watergehalten, doch ook de afwezigheid van grotere scheuren in de grond — het effect hiervan komt bij een normale vochtbemonstering meestal niet in de cijfers tot uiting — is in dit verband van belang. Mede als gevolg van toestroming van oppervlaktewater waren de omstandigheden voor plasvorming hier dus het gunstigst. Het veengraslandproefveld had in het algemeen een wat vlakkere ligging dan het grasland en het bouwland op het rivierkleiproefveld; lage plekken, waarin zich onder bepaalde omstandigheden plassen konden vormen, ontbraken hier vrijwel.

Wanneer het met een systeem van intensieve waterbeheersing, als op de proefvelden aanwezig is, bij een bepaalde nagestreefde grondwaterstand al niet mogelijk is om in perioden met overvloedige neerslag het gehele maaiveld steeds boven water te houden, dan zal het duidelijk zijn, dat het handhaven van een grondwaterstand, waarbij dit verschijnsel in vier opeenvolgende groeiseizoenen voorkwam, voor de praktijk niet zonder risico's is. Wil het kiezen van deze hoge waterstanden landbouwkundig gezien niet schadelijk zijn, dan zullen er belangrijke voordelen tegenover moeten staan. In het onderstaande zullen de nadelen nog verder worden behandeld.

1.2. *Het verschijnsel van de plasvorming*

Hiervóór werd beschreven, dat in perioden met overvloedige neerslag de grondwaterstand soms tot boven het maaiveld steeg en dat dit verschijnsel alleen veelvuldig werd waargenomen op het rivierkleigrasland, in de lagere gedeelten van het terrein, en wel het meest frequent op het veldje waar een grondwaterstand van 25 cm werd nagestreefd. Waren hier eenmaal plassen op het land ontstaan, dan bleven deze ook na het uitblijven van verdere regenval en geleidelijke daling van de grondwaterstand, soms dagenlang aanwezig, terwijl zij zich bij aanhoudend vochtig weer nog veel langer handhaafden. Een zeer duidelijk voorbeeld van plasvorming is te zien in figuur 11.

In 1954, toen op het proefveld een zeer intensief beweidingssysteem (dagrantsoenen) werd toegepast, was het verschijnsel van de plasvorming het ernstigst. Nadat midden juli in twee dagen tijd 58 mm regen was gevallen, trad er

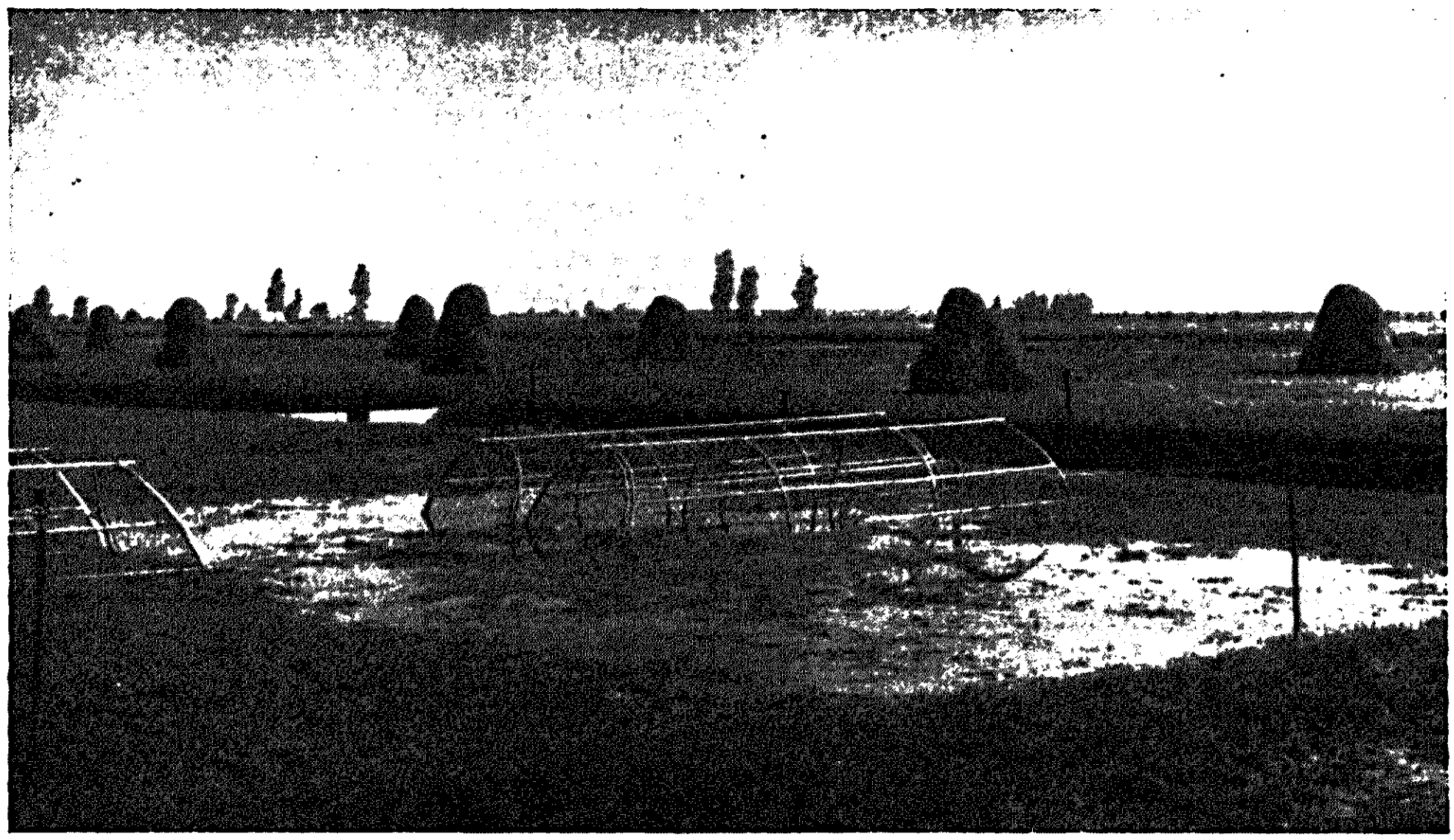


FIG. 11. Plasvorming op het rivierkleiproefveld bij een waterstand van 40 cm beneden maaiveld
Forming of puddles on an experimental plot on river clay with a water level of 40 cm below the surface

plasvorming op bij de veldjes, waar grondwaterstanden van 25 en 40 cm beneden maaiveld werden nagestreefd (zie figuur 11); later in de zomer trokken deze plassen weer weg op de veldjes met een waterstand van 40 cm, doch een veel minder intensieve bui was toen al voldoende om de plassen weer terug te krijgen. Op de beschreven veldjes bleef het land drassig tot de invallende vorst vroeg in het daarop volgende jaar.

In het veel drogere groeiseizoen van 1955 (zie tabel 1 op blz. 16) werd bij hetzelfde beweidingssysteem op het rivierkleiproefveld van de plasvorming geen noemenswaardige hinder ondervonden. Pas eind oktober, na 26 mm regen in drie dagen, verschenen er enige plassen op dezelfde veldjes, als hierboven zijn genoemd. Het beweidingsseizoen was toen nagenoeg afgelopen, doch op de beschreven plaatsen bleef het land tot de vorstperiode in februari 1956 de meeste tijd erg dras.

Het jaar 1956 werd weer gekenmerkt door een natte nazomer. Midden juli, na 28 mm neerslag in twee dagen, verschenen er plassen op het veldje, waar een grondwaterstand van 25 cm was ingesteld en enige dagen later bij aanhoudend regenachtig weer ook op het veldje met een waterstand van 40 cm. De veldjes, waar een diepere ontwatering was ingesteld, bleven in dit jaar, waarin een minder intensieve beweiding (omweiding in stukken van ongeveer 40 are) werd toegepast dan in de vorige jaren, goed droog. De aanwezige plassen verdwenen pas tegen eind september, na een periode met zeer weinig neerslag.

In augustus 1957, in welk jaar evenals in de volgende jaren stukken van ongeveer 120 are (gehele percelen) tegelijk werden beweid, trad, nadat er tevoren in twee etmalen 36 mm regen was gevallen, het verschijnsel van de plas-

vorming weer op bij het veldje, waar een grondwaterstand van 25 cm werd nagestreefd. Later breidden de plassen zich ook uit tot het veldje, waar een waterstand van 40 cm was ingesteld. Ook nu bleef bij diepere ontwatering het land goed beweidbaar. De aanwezige plassen verdwenen pas tegen het einde van het jaar, na een betrekkelijk droge periode in november.

Vele waarnemingen op rivierkleigrasland leiden tot de veronderstelling, dat het verschijnsel van de plasvorming samenhangt met het ondoorlatend worden van het bovenste laagje van het profiel, waardoor regenwater niet meer of slechts zeer langzaam door de grond kan afstromen. Voor dit ondoorlatend worden van de bovenlaag is, gezien ook de bovenstaande waarnemingen, de vochtigheid van de grond tijdens de beweiding van belang. Kort durende stijgingen van het grondwaterniveau tot aan of boven het maaiveld werken het verschijnsel nog in de hand, doch het kan, naar in 1954 is gebleken, ook optreden zonder dat de grondwaterspiegel tot het maaiveld is opgelopen. In dat jaar namelijk beperkte de plasvorming zich niet, zoals vermeld was, tot de veldjes waar grondwaterstanden van 25 en 40 cm waren ingesteld, doch met het voortduren van het natte weer breidde de plasvorming zich geleidelijk uit naar de veldjes met diepere waterstanden, zodat aan het einde van de zomer bij alle ontwateringsdiepten het land dras was.

Van veel invloed is ook de beweidingsintensiteit. Het rivierkleiproefveld werd in de beschreven jaren tamelijk intensief met rundvee beweid. De aantallen grootvee-weidedagen die in de jaren 1954 t/m 1957 werden geboekt, zijn opgenomen in tabel 35. Tevens zijn in deze tabel vermeld de netto-zetmeelwaardeopbrengsten die uit de aantallen weide-dagen en uit de (getaxeerde of gewogen) hooiopbrengsten werden berekend, de per jaar gegeven hoeveelheden stikstof en de uit tabel 2 (zie blz. 18) overgenomen sommen van neerslag minus verdamping in de maanden april t/m september.

Wat het beweidingssysteem betreft is het jaar 1955 slechts te vergelijken met 1954 en het jaar 1957 alleen met 1956. Op het verschijnsel, dat het droogste

Tabel 35. Netto-opbrengsten van de beide graslandpercelen van het rivierkleiproefveld
Table 35. Nett-yields of both grassland parcels of the river-clay experimental field

Jaar *Year*	Aantal weidedagen/ha *Number of grazing days/ha*	Totale netto-ZW-opbrengst in kg/ha *Total nett-yield in kg starch equivalent/ha*	Totale hoeveelheid kunstmest-stikstof in kg N/ha *Total amount of fertilizer nitrogen in kg N/ha*	Neerslag minus verdamping in het groeiseizoen in mm (vgl. tabel 2) *Precipitation minus evaporation in mm in the growing season (cf. table 2)*
1954	600	4700	115	+ 14
1955	700	5700	150	— 156
1956	310	3200	120	+ 20
1957	390	4300	170	— 69

van de beide jaren steeds met de hoogste netto-opbrengst naar voren komt, zal sub 1.3. en in de hoofdstukken VIII : 2.1. en IX : 1. nog worden teruggekomen. Op deze plaats zij slechts vermeld, dat de netto-opbrengst van het proefveld in 1954 twee maal zo groot was als de gemiddelde opbrengst van een aantal praktijkpercelen met overeenkomstige ontwateringsdiepten en bodemprofiel (MINDERHOUD et al., 1960). Op deze praktijkpercelen werd — met uitzondering van die met een zomergrondwaterstand van 30 cm en hoger — noch in 1954, noch in de twee voorafgaande jaren plasvorming waargenomen. Wel is in 1954 plasvorming gesignaleerd op al dan niet diep ontwaterde percelen, die in deze zomer waren ingezaaid en waar bij nat weer grondbewerkingen waren uitgevoerd.

Op het bouwland van het rivierkleiproefveld werd op het veldje, waar een grondwaterstand van 40 cm werd nagestreefd, ieder jaar enige malen een grondwaterstandsstijging tot op het maaiveld geconstateerd. Dit geschiedde bijna uitsluitend in de winter en in het vroege voorjaar en het was voornamelijk beperkt tot lage plekken of kuilen in het terrein. Met het ophouden van de regen en het dalen van de grondwaterstand tot het gewenste peil, verdwenen de plassen hier weer snel, veel eerder dan op het graslandgedeelte. Op het veldje waar een grondwaterstand van 65 cm was ingesteld, werden slechts bij hoge uitzondering enige plassen waargenomen, terwijl de veldjes met nog grotere ontwateringsdiepte steeds droog bleven, ook in de natte nazomer van 1954. Toch is in de praktijk ook op het rivierkleibouwland — al dan niet diep ontwaterd — het verschijnsel van stagnerend water wel bekend; het kan optreden na tijdens natte omstandigheden uitgevoerde grondbewerkingen en het wordt, evenals op het grasland, toegeschreven aan een gevormd ondoorlatend laagje in of juist onder de bouwvoor.

Op het veengraslandproefveld kwamen in de zeer natte maand augustus van het jaar 1956 plassen te staan op het veldje waar een zomerwaterstand van 30 cm werd nagestreefd; toen de grondwaterstand al weer tot het gewenste peil was gezakt, bleef het maaiveld hier nog geruime tijd dras. Ook hier werd dus, nadat het grondwaterniveau eenmaal het maaiveld had bereikt, een langdurig optreden van plassen geconstateerd, in tegenstelling tot de andere veldjes van het veengraslandproefveld, die in deze periode steeds droog bleven.

1.3. *Betekenis van de grondwaterstand van rivierkleigrasland, uit een oogpunt van plasvorming en vertrapping*

Plassen op het land vormen een ernstige hinderpaal voor de graslandexploitatie. In de periode, dat op het rivierkleiproefveld één of meer veldjes drassig waren, werd de stikstofbemesting op het praktijkgedeelte beperkt en moest de beweiding met zorg worden uitgevoerd om ernstige vertrapping van het gras en de grasmat te voorkomen. Niettemin ging er toch wel een relatief groot deel van de bruto-opbrengst verloren, ook al omdat het vee vroegtijdig moest worden uitgeschaard of niet op tijd kon worden ingeschaard. Tenzij men direct bij het

begin de beweiding geheel staakt, heeft het verschijnsel van de plasvorming bovendien de neiging om steeds ernstiger vormen aan te nemen; naarmate het land natter is, wordt het nog meer ingetrapt en duurt het langer voor het euvel weer overwonnen is. Hoe groot de nadelen van het verschijnsel zijn laat zich moeilijk berekenen; het grondwaterstandsproefveld althans was hiertoe niet ingericht. Hoogstens kan hier een vergelijking worden gemaakt tussen de netto-opbrengsten van het gehele proefveld in jaren waarin vertrapping en plasvorming in verschillende mate werden geconstateerd; men zie hiervoor tabel 35. De jaren 1954 en 1956, waarin al vroeg in de zomer vertrapping werd waargenomen, komen met aanmerkelijk lagere netto-opbrengsten naar voren dan de vergelijkbare drogere jaren 1955 resp. 1957. Het verschil in opbrengstniveau tussen de jaren 1954 en 1955 enerzijds en de jaren 1956 en 1957 anderzijds, kan voor een groter of kleiner deel worden toegeschreven aan de verschillen in bruto-opbrengsten en in graslandgebruik.

Op het grasland van het rivierkleiproefveld trad, zoals hiervóór is beschreven, plasvorming herhaaldelijk op; het eerst en het meest bij de hoogste waterstand (25 cm), wat later en wat minder vaak bij de op één na hoogste waterstand (40 cm).

1.4. *Betekenis van de grondwaterstand uit een oogpunt van bewerkbaarheid van rivierkleibouwland*

De hiervóór onder **1.2.** besproken plassen op het rivierkleibouwland hinderden de exploitatie in mindere mate dan op het rivierkleigrasland, daar het euvel in hoofdzaak beperkt was tot perioden, dat er, gezien de tijd van het jaar of gezien de algehele toestand van de grond, toch geen grondbewerkingen e.d. plaats vonden. Wel brachten de plassen soms schade toe aan de op het veld staande wintergewassen, waarin plaatselijk soms afsterving geconstateerd kon worden. Bij een nagestreefde grondwaterstand van 40 cm beneden maaiveld was de teelt van wintergewassen dan ook buitengewoon riskant. Dit was de reden waarom in 1958 werd besloten op het rivierkleiproefveld voorlopig geen wintergewassen meer te verbouwen.

Op het rivierkleibouwland werd bij ondiepe ontwatering uiteraard vooral in de laagste delen van het terrein hinder van water ondervonden. Hierbij dient te worden aangetekend, dat deze kuilen op hun beurt ook weer voor een belangrijk deel het gevolg waren van de ondiepe ontwatering. Het rivierkleiproefveld werd namelijk ieder jaar in de herfst geploegd, hetgeen, gezien het hoge percentage afslibbaar en het lage humusgehalte van de grond (zie tabel 5 op blz. 24) met veel moeilijkheden gepaard ging, daar de grond bij het ploegen altijd slecht van het rister afschoof, waardoor een ongelijke ligging van het land ontstond. Op het veldje, waar een grondwaterstand van 40 cm was ingesteld, was het ploegwerk in de regel het minst mooi en de ligging dientengevolge het meest ongelijk, terwijl het in het voorjaar nooit mogelijk bleek het land door middel van eggen weer geheel vlak te krijgen. Wat de diepere oorzaak was, dat het ploegen bij de ondiepste ontwatering steeds het minst fraaie resultaat opleverde, werd in de jaren van onderzoek niet erg duidelijk. Men zou geneigd zijn ook

hier de oorzaak te zoeken bij een groter vochtgehalte van de grond, doch dit kan op zichzelf geen verklaring geven, daar natte rivierkleigrond in het algemeen beter van het ploegrister loslaat dan wat drogere grond.

Afgezien van de betrekkelijk zeldzame en kort durende perioden, dat er in de kuilen in het veldje met de ondiepste waterstand water voorkwam en er om die reden geen voorjaarsgrondbewerking kon plaats vinden, werd op het rivierkleiproefveld, tegen de verwachtingen, nooit opgemerkt dat de grondwaterstand een belangrijke invloed had op de mate van begaanbaarheid of op het tijdstip waarop de voorjaarswerkzaamheden (eggen, inzaaien) konden worden uitgevoerd. Waren er geen plassen geweest, dan kon de grondbewerking niet eerder worden uitgevoerd dan op een ander veldje, waarop wel plassen hadden gestaan. Voor de voorjaarswerkzaamheden was vooral het vochtgehalte van het bovenste laagje grond van belang, dat, wellicht eveneens als gevolg van een gering capillair geleidingsvermogen (zie hoofdstuk V:1.2.), veel meer door de weersgesteldheid werd beïnvloed dan door de grondwaterstand. Mede als gevolg van het grote vochthoudend vermogen van deze grond (zie tabel 6 op blz. 25) was in het vroege voorjaar, voordat de transpiratie een begin kon nemen, de grond onder het aan de lucht gedroogde dunne bovenlaagje bij alle ingestelde grondwaterstanden in de regel echter zó nat, dat de voorjaarswerkzaamheden steeds met veel moeilijkheden gepaard gingen en het kiezen van het juiste moment daartoe uitermate moeilijk was.

2. De betekenis van de ontwateringsdiepte voor de botanische samenstelling van blijvend rivierklei- en veengrasland

De betekenis van de ontwateringsdiepte voor de botanische samenstelling van een graslandvegetatie wordt algemeen erkend. De botanische samenstelling is een factor die in rekening moet worden gebracht bij beschouwingen over de z.g. optimale grondwaterstand, en verlangt zodoende een nauwkeurige bestudering.

Vóór het instellen van de grondwaterstanden werd op beide proefvelden een opname van de botanische samenstelling verricht. Nadien zijn onder invloed van de diverse grondwaterstanden geleidelijk verschillen opgetreden die eind 1957 — latere gegevens worden hier niet besproken — nog niet geheel gestabiliseerd waren. Van belang is echter, dat de hierna te bespreken veranderingen in de botanische samenstelling op het rivierkleiproefveld zó gering waren, dat zij de in hoofdstuk IV:1.*1.* genoemde produktie-resultaten slechts in geringe mate kunnen hebben beïnvloed. Op het veengraslandproefveld waren de verschillen wat groter. Hier moet er rekening mee worden gehouden, dat althans een klein deel van de opbrengst-verschillen op rekening kan komen van een verschuiving in de botanische samenstelling van de grasmat.

2.*1.* *Waarnemingen op het rivierkleiproefveld betreffende de beïnvloeding van de botanische samenstelling van de grasmat door de grondwaterstand*

Gedurende de jaren 1954 t/m 1957 werd drie maal per seizoen, nl. in het voorjaar bij het begin van de grasgroei, in de voorzomer bij het maaien van de

tweede snede en in de herfst, op alle netto-veldjes van het rivierkleiproefveld de botanische samenstelling bepaald. Uitgezonderd in het voorjaar van 1954, toen een veldschatting werd uitgevoerd, werd het onderzoek verricht met behulp van monsters, waarvan op het laboratorium[1]) de drooggewichtsprocenten van de aanwezige soorten werden vastgesteld. Dit geschiedde eveneens in september 1953 vóór het begin van de proef (zie tabel 8 op blz. 29). De monsters van het vroege voorjaar waren samengesteld uit vijftig plukjes, welke genomen werden uit het gehele netto-veldje, behalve uit de strook waar de opbrengstkooien stonden opgesteld. De twee andere monsters waren samengesteld uit het gewas dat was gegroeid onder de opbrengstkooien, waar 70 kg N/ha/jaar werd gegeven.

In tabel 36 is het verloop weergegeven van de botanische samenstelling in de periode 1953 t/m 1957 bij de constante waterstanden van 25, 40, 65, 95 en 140 cm beneden maaiveld. In de tabel zijn de per jaar gemiddelde drooggewichtsprocenten vermeld van de z.g. goede grassen, de witte klaver en van enige belangrijke matige en minderwaardige grassen (vgl. tabel 8); de cijfers van 1953 hebben echter slechts betrekking op één bemonsteringsdatum, die in de maand september viel.

Uit tabel 36 blijkt, dat de hoedanigheidsgraad van de grasmat door de grondwaterstand niet sterk is beïnvloed. Het natste veldje heeft van het begin af een lagere hoedanigheidsgraad dan het droogste veldje, doch de verschillen zijn slechts gering.

Daarnaast blijkt uit tabel 36, dat het percentage Engels raaigras reeds vóór het begin van de proef het hoogst was op het veldje, waar de diepste grondwaterstand werd ingesteld. Het verschil in percentage Engels raaigras, dat in de eerste jaren van de proef nog bleef bestaan, was in 1957 nagenoeg verdwenen. In dat jaar was echter een duidelijke waterstandsinvloed merkbaar bij de soorten beemdlangbloem, beemdvossestaart en fiorien, die indicatiegetallen voor de vochtigheidsgraad hebben van resp. +27, —1 en —8 (De Vries et al., 1957). Ook veldbeemdgras (indicatiegetal —25) en rood zwenkgras (indicatiegetal —21) toonden een reactie. Bij de diepste grondwaterstand kwam het geringste percentage beemdlangbloem voor, hetgeen overeenstemt met het positieve teken van het indicatiegetal van deze soort. Het percentage fiorien, een soort met een zwak negatief indicatiegetal voor de vochtigheidsgraad, was bij de diepste grondwaterstand het kleinst. Bij de diepste grondwaterstand was in 1957 het percentage beemdvossestaart (indicatiegetal nagenoeg neutraal) het hoogst. Deze reactie is wel zeer duidelijk, daar de verschillen bij de aanleg van de proef en in het eerste daaropvolgende jaar tegengesteld waren. Onder de omstandigheden zoals deze op het rivierkleiproefveld voorkomen, heeft beemdvossestaart dus een duidelijke voorkeur voor diepe grondwaterstanden; wellicht is dit een gevolg van het feit, dat deze soort erg dankbaar is voor een ruime stikstofvoorziening. Voorts is het opvallend, dat bij de diepste waterstand het percentage veldbeemdgras gestegen is tot 3, terwijl het aanvankelijk slechts

[1]) Van het voormalige C.I.L.O.; na 1956 van het I.B.S.

Tabel 36. De gemiddelde botanische samenstelling (drooggewichtsprocenten) van rivierkleigrasland
Table 36. The average botanical composition of river-clay grassland (dry-weight percentages) in

Jaar *Year*	1953					1954				
Waterstand (cm) *Water level (cm)*	25	40	65	95	140	25	40	65	95	140
Hoedanigheidsgraad *Grade of quality*	7,3	7,0	7,6	7,7	7,7	7,5	7,5	7,3	8,0	8,1
Engels raaigras — *Lolium perenne L.*	32	23	31	47	47	24	32	23	38	46
Beemdlangbloem — *Festuca pratensis Huds.*	4	6	20	4	9	8	4	11	8	5
Timothee — *Phleum pratense L.*	1	1	0	1	1	2	2	3	3	2
Veldbeemdgras — *Poa pratensis L.*	2	1	1	0	+	4	1	2	1	1
Ruw beemdgras — *Poa trivialis L.*	2	8	1	3	3	5	7	4	6	6
Witte klaver — *Trifolium repens L.*	3	6	2	3	3	2	2	1	1	1
Kamgras — *Cynosurus cristatus L.*	6	6	6	3	3	2	2	2	2	1
Beemdvossestaart — *Alopecurus pratensis L.*	16	13	8	7	3	31	24	23	22	22
Fiorien — *Agrostis stolonifera L.*	4	5	1	3	2	2	3	1	2	2
Witbol — *Holcus lanatus L.*	11	4	12	8	17	2	2	8	4	6
Rood zwenkgras — *Festuca rubra L.*	8	11	9	3	1	6	8	10	4	1

sporadisch voorkwam en dat bij de ondiepste waterstand het percentage rood zwenkgras gedaald is van 8 tot 0; deze tendens is weer wél in overeenstemming met het teken van de desbetreffende indicatiegetallen.

In tabel 37 is een deel van het materiaal uit tabel 36 nog eens opnieuw weergegeven en aangevuld met de cijfers die in tabel 36 kortheidshalve waren weggelaten. Weergegeven zijn de percentages van het natste (waterstand 25 cm) en het droogste (waterstand 140 cm) veldje op drie bemonsteringsdata in 1957, terwijl ook het gemiddelde cijfer van deze drie bemonsteringen is vermeld. Volgens De Boer (1956) zijn drie bemonsteringsdata per jaar voldoende om een duidelijk inzicht te krijgen in de botanische samenstelling van de grasmat.

Behalve de gewichtspercentages van de verschillende soorten en de hoedanigheidsgraad van de grasmat zijn in tabel 37 de indicatiegetallen van de soorten voor de vochtigheidsgraad (De Vries et al., 1957) opgenomen, alsmede de indicatiegraad van de gehele vegetatie. Dit laatste getal werd berekend uit de gewichtspercentages en de — hier niet weergegeven — soortelijke relatieve veelvuldigheidscijfers; de berekeningswijze is beschreven door Kruijne en De Vries (1958) en door Kruijne (1960).

Uit de cijfers van tabel 37 blijkt, dat op het veldje met een waterstand van 25 cm, het totale percentage duidelijk op vocht wijzende soorten (onderscheiding van De Boer, 1956) nihil is, terwijl het totale percentage vochtindicatoren, die pas bij hogere gewichtspercentages bepalend worden (nl. pinksterbloem, ruw beemdgras, kruipende boterbloem en beemdlangbloem) gemiddeld slechts 23 bedraagt.

n verband met de grondwaterstand
elation to the ground-water level

1955					1956					1957				
25	40	65	95	140	25	40	65	95	140	25	40	65	95	140
8,0	8,0	8,7	8,3	8,4	7,5	7,4	7,2	7,5	7,7	7,6	8,2	7,5	7,9	8,0
32	39	47	45	46	22	24	24	26	28	30	43	29	35	35
6	4	4	3	2	9	4	4	1	1	9	3	4	1	1
1	2	3	2	3	3	6	1	8	8	4	7	5	8	8
1	1	1	0	1	3	1	3	1	2	1	1	1	0	3
24	23	25	18	21	10	14	8	8	8	11	10	13	11	11
1	4	1	4	2	2	1	0	0	0	1	2	0	0	+
1	2	1	3	3	1	1	2	1	2	1	4	2	3	2
13	3	6	9	9	29	24	21	32	36	13	9	15	20	24
12	15	4	10	7	12	9	5	6	4	19	8	7	6	6
1	1	2	0	2	+	0	2	2	3	1	1	6	6	3
1	3	2	2	1	1	7	15	7	3	0	1	5	3	1

Op het veldje met een waterstand van 140 cm is het van belang te letten op de op droge omstandigheden wijzende indicatoren. Als zodanig (De Boer, 1956) zijn hier alleen de soorten veldbeemdgras, rood zwenkgras en goudhaver te noemen, die evenwel te zamen en gemiddeld over het jaar ook maar een gering percentage van het geheel der aanwezige soorten uitmaken.

Merkwaardig is, dat de hiervóór gesignaleerde waterstandsinvloeden — op zichzelf wel interessant doch van weinig praktisch belang — de enige waren die in het volledige materiaal van de botanische analysen te vinden waren. Immers, zoals hiervóór sub 1.3. is gebleken, moet uit een oogpunt van beweidbaarheid van het land op rivierklei een grondwaterstand van 25 cm pertinent als te hoog worden beschouwd. De Boer (1956, aldaar blz. 3) gaat er echter bij de door hem in Nederland geïntroduceerde graslandvegetatiekartering van uit, dat bij grasland, dat in evenwicht is met de groeifactoren, ook de draagkracht van de zode uit de botanische samenstelling is af te leiden. Dat hier de gemiddelde drooggewichtsprocenten van de aanwezige grassen en kruiden na vier — overwegend vochtige — jaren de onvoldoende draagkracht van het land nog niet verraden, zal een gevolg zijn van de met zorg uitgevoerde beweiding en de juiste bemesting en de verzorging van de grasmat. Onder deze omstandigheden wordt in natte jaren het bezwaar van een geringe ontwateringsdiepte voor de kwaliteit van de grasmat klaarblijkelijk in belangrijke mate ondervangen, zodat de botanische samenstelling van de grasmat hier geen geschikte maatstaf is voor de gebruikswaarde van het grasland. Of men mutatis mutandis een soortgelijke conclusie mag trekken voor de bezwaren van een grote ontwateringsdiepte in droge zomers voor de kwaliteit van de grasmat, is uit het weergegeven ma-

Tabel 37. Volledige botanische analyse (drooggewichtsprocenten op drie bemonsteringsdata afzonderlijk alsmede de gemiddelde percentages) van het veldje met een waterstand van 25 cm en van het veldje met een waterstand van 140 cm op het rivierkleiproefveld in 1957 (naast de percentages zijn de indicatiegetallen voor de vochtigheidsgraad opgenomen; ook van de gehele vegetatie is een indicatiegraad voor de vochtigheid berekend)

Table 37. Complete botanical analysis (the dry-weight percentages on three sampling dates separately and their averages) of the plot with a water level of 25 cm and of the plot with a water level of 140 cm of the river-clay experimental field in 1957 (the indication number of the species as well as the grade of indication for humidity have also been given)

Soort *Species*	Indicatiegetal *Indication number*	Waterstand *Water level* 25 cm				Waterstand *Water level* 140 cm			
		10/4	31/5	7/11	gem.	10/4	31/5	7/11	gem.
Engels raaigras – *Lolium perenne L.*	−22	38	28	23	30	29	33	42	35
Beemdlangbloem – *Festuca pratensis Huds.*	+27	5	10	12	9	—	1	2	1
Timothee – *Phleum pratense L.*	−18	4	4	4	4	9	7	7	8
Veldbeemdgras — *Poa pratensis L.*	−25	2	1	1	1	2	3	5	3
Ruw beemdgras — *Poa trivialis L.*	+ 4	16	14	4	11	19	7	8	12
Witte klaver — *Trifolium repens L.*	− 2	1	2	—	1	+	+	—	+
Beemdvossestaart — *Alopecurus pratensis L.*	− 1	11	12	16	13	21	33	19	25
Gerstgras — *Hordeum secalinum Schreb.*	−15	3	8	+	4	1	2	1	1
Goudhaver — *Trisetum flavescens P.B.*	−56	—	+	—	+	1	1	—	1
Kamgras — *Cynosurus cristatus L.*	−24	1	2	1	1	2	3	2	2
Kropaar — *Dactylis glomerata L.*	−53	+	—	—	+	—	—	—	—
Kweek — *Agropyron repens P. B.*	0	+	1	1	1	+	—	—	+
Fiorien — *Agrostis stolonifera L.*	− 8	12	15	30	19	6	3	9	6
Witbol — *Holcus lanatus L.*	+10	1	2	1	1	3	2	4	3
Mannagras — *Glyceria fluitans R.Br.*	+76	—	—	3	1	—	—	—	—
Reukgras — *Anthoxanthum odoratum L.*	+19	+	—	+	+	+	+	—	+
Rood zwenkgras — *Festuca rubra L.*	−21	+	+	+	+	2	1	1	1
Straatgras — *Poa annua L.*	−15	+	—	—	+	+	—	—	+
Smele — *Deschampsia cespitosa P.B.*	+61	2	—	—	1	—	—	—	—
Kruipend struisgras — *Agrostis canina L.*	+58	—	+	—	+	—	+	—	+
Paardebloem — *Taraxacum officinale Web.*	−17	+	+	—	+	3	1	+	1
Pinksterbloem — *Cardamine pratensis L.*	+40	2	+	3	2	1	+	+	+
Hoornbloem — *Cerastium holosteoides Fr.*	−25	+	—	—	+	—	—	—	—
Madeliefje — *Bellis perennis L.*	+11	+	—	1	+	1	+	+	+
Kruipende boterbloem — *Ranunculus repens L.*	+30	2	1	—	1	+	1	—	+
Scherpe boterbloem — *Ranunculus acris L.*	+ 5	—	—	+	+	+	—	—	+
Veenwortel — *Polygonum amphibium L.*	+75	—	—	—	—	—	2	—	1
Waterrus — *Juncus articulatus L.*	+85	—	—	+	+	—	—	—	—
Moeraspaardestaart — *Equisetum palustre L.*	+55	—	—	—	—	—	+	—	+
Indicatiegraad voor de vochtigheid *Grade of indication for humidity*		−5	−5	+1	—	−9	−8	-8^5	—

teriaal niet op te maken, omdat de besproken jaren van onderzoek overwegend een vochtig karakter hadden.[1])

Volledigheidshalve zijn in tabel 37 eveneens de indicatiegraden voor de vochtigheid opgenomen. Deze getallen, die op kleigrasland wel uiteen kunnen lopen van —30 tot +21 (KRUIJNE, 1960), variëren op het rivierkleiproefveld maar uiterst weinig; deze geringe variatie bevestigt dus de hierboven getrokken conclusie, die gebaseerd was op het vóórkomen van vochtindicatoren.

In de loop van het jaar 1956 werden op het veldje met een waterstand van 25 cm van het rivierkleiproefveld voor het eerst enige soorten waargenomen (smele, pitrus, liesgras), die tevoren niet aanwezig waren doch die, ten gevolge van hun geringe verbreiding, toevalligerwijs buiten de onderzochte monsters bleven. Alleen in 1957 kwam de smele in het monster voor (tabel 37). Als aanvulling op het normale botanische onderzoek werd daarom in de zomer van 1957 een tweede onderzoekingsmethode toegepast[2]).

Tabel 38. Invloed van de grondwaterstand op het vóórkomen van vocht- en droogte-indicatoren in rivierkleigrasland (de cijfers geven het percentage van het aantal vierkante meters aan (60 m² = 100%) waarop een bepaalde soort werd aangetroffen; tevens is het indicatiegetal voor de vochtigheidsgraad weergegeven)

Table 38. The effect of ground-water level on the occurrence of moisture and drought indicators on river-clay grassland (the figures denote the indication number concerning the degree of humidity and the percentage of the number of areas of one m² (60 m² = 100%) on which the species was found)

Soort *Species*	Indicatie-getal *Indication number*	Waterstand (cm) *Water level (cm)*				
		25	40	65	95	140
Veldbeemdgras — *Poa pratensis L.*	— 25	70	45	83	63	97
Rood zwenkgras — *Festuca rubra L.*	— 21	28	63	90	85	67
Duizendblad — *Achillea millefolium L.*	— 76	—	17	22	27	3
Akkerhoornbloem — *Cerastium arvense L.*	— 94	—	2	—	—	7
Pitrus — *Juncus effusus L.*	+ 75	32	—	—	—	—
Waterrus — *Juncus articulatus L.*	+ 85	12	—	—	—	—
Kruipboterbloem — *Ranunculus repens L.*	+ 30	78	65	37	37	58
Pinksterbloem — *Cardamine pratensis L.*	+ 40	87	77	87	48	43
Geknikte vossestaart — *Alopecurus geniculatus L.*	+ 52	—	3	—	—	—

[1]) Na afloop van de zeer droge zomer van 1959 werd inderdaad de indruk verkregen, dat ook in droogteperioden het nadeel van een grote ontwateringsdiepte voor de kwaliteit van de grasmat door een goede verzorging en een nauwkeurige beweiding aanzienlijk te beperken is.

[2]) Uitgevoerd door L. 'T MANNETJE, destijds student aan de Landbouwhogeschool.

Bij elk van de vijf netto-veldjes van het rivierkleiperceel met de per object constante grondwaterstanden, werden daarbij 60 afzonderlijke vakken van 1 x 1 m onderzocht op het voorkomen van een aantal vochtindicatoren. Het resultaat van dit onderzoek is voor een deel samengevat in tabel 38.

Bij de groep der op droge omstandigheden wijzende indicatoren is geen opmerkelijk reactie op de grondwaterstand te vinden, hoewel er wel verschillen tussen het natste en het droogste veldje zijn waar te nemen. De op vochtige omstandigheden wijzende indicatoren daarentegen reageren in het algemeen wel duidelijk op de grondwaterstand; met toenemende ontwateringsdiepte dalen de „aanwezigheidsprocenten". De soorten pitrus en waterrus, die als duidelijk op een overmaat vocht reagerend mogen worden beschouwd, werden alleen bij de hoogste grondwaterstand aangetroffen. Hun aanwezigheid hangt wellicht ook nog samen met het sub 1.2. beschreven verschijnsel van de plasvorming. Dat de smele, waarvan de aanwezigheid bij de grondwaterstand van 25 cm reeds in

Tabel 39. De botanische samenstelling (drooggewichtsprocenten, één keer per jaar bepaald) va heidsgraad van de soorten weergegeven; ook van de gehele vegetatie is een indicati
Table 39. The botanical composition (dry-weight percentages, determined once a year) of grasslan the grade of indication for humidity have also been given)

Jaar *Year*		1951	1953		
Datum *Date*		22/9	29/7		
Zomerwaterstand (cm) *Summer water level (cm)*			30	45	60
Soort *Species*	Indicatiegetal *Indication number*				
Engels raaigras — *Lolium perenne L.*	−22	45	46	75	66
Beemdlangbloem — *Festuca pratensis Huds.*	+27	2	—	2	1
Veldbeemdgras — *Poa pratensis L.*	−25	2	1	1	2
Ruw beemdgras — *Poa trivialis L.*	+ 4	23	4	1	1
Witbol — *Holcus lanatus L.*	+10	10	20	13	21
Mannagras — *Glyceria fluitans R.Br.*	+76	2	1	+	+
Geknikte vossestaart — *Alopecurus geniculatus L.*	+52	5	2	1	—
Paardebloem — *Taraxacum officinale Web.*	−17	+	+	—	—
Kruipende boterbloem — *Ranunculus repens L.*	+30	2	10	2	+
Hoedanigheidsgraad *Grade of quality*		7,8	6,8	8,9	8,3
Indicatiegraad van de gehele vegetatie voor de vochtigheid *Grade of indication of the whole vegetation for humidity*		−1	+1	−13	−8

1956 was vastgesteld, ook bij deze methode buiten het onderzochte gedeelte (60 m² = ca. $^1/_6$ deel van het totale netto-veldje) is gebleven, moet als een toeval worden beschouwd.

Al komt dit uit de cijfers van het gewichtsanalystisch onderzoek (tabellen 36 en 37) nauwelijks tot uiting, uit de cijfers van tabel 38 blijkt toch wel duidelijk, dat de grasmat van het rivierkleiproefveld al ten dele is aangepast aan de ingestelde grondwaterstanden. Deze conclusie geldt uiteraard alleen voor de vochtminnende soorten, daar van de vier beschreven jaren van onderzoek er drie gekenmerkt werden door zeer vochtige zomermaanden (tabel 1, blz. 16).

Hetzelfde gewichtsanalystisch onderzoek werd in de loop der jaren ook op het andere graslandperceel van het rivierkleiproefveld uitgevoerd, waar proefvakken voorkomen met hoge zomerwaterstanden en verschillende waterstanden gedurende de rest van het jaar. In deze analysecijfers is echter slechts één waterstandsinvloed duidelijk, namelijk het hoge percentage beemdvossestaart

veengrasland in verband met de zomergrondwaterstand (tevens is het indicatiegetal voor de vochtiggraad voor de vochtigheid berekend)
on peat soil in relation to the summer ground-water level (the indication number of the species as well as

1954			1955			1956			1957		
13/7			14/7			16/7			2/7		
30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60
50 — + 15	45 1 + 8	58 4 7 11	43 — 2 14	52 — 1 11	36 — 26 11	26 — + 24	37 1 11 14	38 — 7 22	34 — 3 15	64 + 7 3	48 1 31 2
8	6	3	5	9	5	4	10	7	5	13	12
0 2	+ 9	+ 1	6 6	— 9	— 3	8 11	1 9	+ 9	23 1	1 3	+ 3
1 11	13 1	2 2	2 7	5 +	1 4	3 10	10 1	9 1	1 7	2 +	1 1
7,6	7,1	8,4	7,1	7,6	7,8	6,2	7,3	7,4	6,7	8,5	8,6
−4	−5	−11	+3	−5	−10	+15	−3	−4	+22	−11	−14

op het veldje met een diepe grondwaterstand in zomer en winter. Daar bij de constante waterstanden (tabel 36) de teweeggebrachte verschillen overigens al zeer gering waren, valt het niet te verwonderen, dat bij de serie wisselende waterstanden — die wat milieu betreft minder ver uiteenliepen — niet meer reactie op de grondwaterstand te bespeuren is.

2.2. *Waarnemingen op het veengraslandproefveld betreffende de beïnvloeding van de botanische samenstelling door de grondwaterstand*

Het botanische onderzoek op het veengraslandproefveld was in hoofdzaak beperkt tot gewichtsanalytisch onderzoek in monsters, die telkens bij het maaien van de derde snede gras (in de maand juli) werden genomen. Tabel 39 geeft een beeld van de resultaten; ook zijn, evenals in tabel 37, indicatiegetallen voor de vochtigheidsgraad vermeld.

Hoewel de cijfers van tabel 39 door het geringe aantal (drie) objecten minder goed te interpreteren zijn, terwijl ook de uitgangstoestand van de grasmat niet grondig is vastgelegd, komen er toch invloeden tot uiting, die aan de waterstandsdiepte kunnen worden toegeschreven. Bij de lage waterstand valt in de jaren 1955 en 1957 het hoge percentage veldbeemdgras op. Bij de hoge waterstand komen veelal naast een hoger percentage ruw beemdgras hogere percentages mannagras, geknikte vossestaart en kruipende boterbloem voor; de laatste soort kwam reeds in 1953 in het tweede proefjaar sterk naar voren. De indicatiegraden voor de vochtigheid lopen hier op den duur veel verder uiteen dan op het rivierkleiproefveld (tabel 37).

Ten gevolge van deze reacties is er ook een duidelijke beïnvloeding van de hoedanigheidsgraad merkbaar. Door VAN DER WOERDT (1953) werd op infiltratieproefvelden op veengrond een overeenkomstig verschijnsel waargenomen. De hoedanigheidsgraad bereikt uiteindelijk bij de diepste waterstand de hoogste waarde. Men dient hierbij echter te bedenken dat de hoedanigheidsgraad in dit geval een geflatteerd beeld geeft; dit getal wordt bij deze lage waterstand voor een belangrijk deel beïnvloed door het hoge aandeel van het veldbeemdgras, een soort die in Nederland een hoge waardering geniet, doch in massa aanwezig, soms ongaarne door het vee wordt afgeweid (ANDRIES, 1950).

2.3. *Enige conclusies over de betekenis van de grondwaterstand voor de botanische samenstelling van grasland*

Zoals reeds algemeen bekend is, en met name op het veengraslandproefveld ook is gebleken, kan de grondwaterstand in belangrijke mate de botanische samenstelling van de grasmat bepalen. Op het graslandproefveld op rivierklei was, wellicht mede als gevolg van de intensieve gebruikswijze van het grasland, de beïnvloeding binnen het traject der aanwezige grondwaterstanden veel minder sterk. Deze conclusie is hoofdzakelijk gebaseerd op waarnemingen uit overwegend vochtige jaren.

Op het rivierkleiproefveld voerde het bovenstaande tot de gevolgtrekking,

dat bij intensief en zorgvuldig graslandgebruik de botanische samenstelling in tegenstelling tot de gangbare opvatting, ongeschikt is om er de gebruikswaarde van het grasland uit af te leiden. Onder deze omstandigheden komt het feit dat bij zeer hoge grondwaterstanden de draagkracht van de zode ten ene male ontoereikend is, niet voldoende in de botanische samenstelling tot uiting.

3. Enige gegevens over de betekenis van de grondwaterstand voor de chemische samenstelling van gras en suikerbieten op rivierklei en van gras op veen

In de hoofdstukken IV: 1.*1*.2.., IV: 1.2., IV: 1.*3*. en IV: 2 werd reeds medegedeeld, hoe het ruw-eiwitgehalte van gras en van enige akkerbouwgewassen door de grondwaterstand werd beïnvloed, terwijl over de diepere oorzaak van dit verschijnsel in hoofdstuk V: 2.*1*.4. werd gesproken. In het algemeen werd een stijging van het ruw-eiwitgehalte bij toenemende ontwateringsdiepte waargenomen. Het is mogelijk, dat deze reactie voor een belangrijk deel ten grondslag ligt aan de van oudsher in de praktijk gangbare mening, dat gras van diep ontwaterde percelen kwalitatief beter zou zijn dan gras van ondiep ontwaterd grasland (zie ook KÖNEKAMP und KÖNIG, 1929).

Naast stikstofbepalingen werden in de geoogste gewassen soms ook nog de gehalten aan enkele mineralen bepaald. Enige resultaten van dit incidenteel verrichte (bij grasland alleen bij de stikstofvariant 70 kg N/ha/jaar) chemisch onderzoek, zijn samengevat in de bijlagen 11, 12 en 13, die hierna slechts zeer in het kort zullen worden besproken.

Uit de bijlagen 11, 12 en 13 blijkt, dat maar in enkele gevallen de gehalten aan K_2O, Na_2O, CaO, MgO, Cl, SO_3 en P_2O_5 met de stand van het grondwater samenhingen. In het onderhavige materiaal, ook bij het gewas suikerbieten, is alleen de reactie van het Na_2O-gehalte duidelijk en enigszins regelmatig. Bij dalende grondwaterstand en stijgend ruw-eiwitgehalte is in vele gevallen een zeer sterke stijging van het Na_2O-gehalte te bespeuren, hetgeen wellicht op een te krappe kalivoorziening wijst.

De grasmonsters werden bovendien soms onderzocht op de gehalten aan as en ruwe celstof, waaruit de zetmeelwaarde werd berekend. Een duidelijke samenhang tussen de zetmeelwaarde van het gras en de grondwaterstand is in deze hier niet weergegeven cijfers niet te vinden. Hierbij moet uiteraard worden bedacht, dat op de besproken proefvelden het gras van alle objecten, onafhankelijk van de aanwezige massa, steeds op dezelfde datum geoogst werd.

VII. WISSELENDE GRONDWATERSTANDEN OP HET RIVIERKLEIPROEFVELD

In de hoofdstukken IV: 1.1.3. en IV: 1.1.4. werd reeds geconstateerd, dat in enigszins natte jaren op het grasland van het rivierkleiproefveld de hoogste jaaropbrengsten aan droge stof en ruw eiwit werden verkregen bij de diepste grondwaterstand (140 cm) terwijl in enigszins droge jaren de hoogste opbrengsten voorkwamen bij de hoogste grondwaterstand (25 of 40 cm). De meeste akkerbouwgewassen op rivierkleigrond gaven de hoogste produktie bij de laagste waterstand (hoofdstuk IV: 1.2.). Hoewel op het rivierkleigrasland hoge grondwaterstanden soms duidelijke voordelen brachten, bleek in hoofdstuk VI: 1.2., dat het handhaven van een hoog grondwaterpeil ernstige moeilijkheden met zich mee kon brengen, wanneer het weer omsloeg en een periode met overvloedige neerslag intrad.

Tot nu toe werden alleen de resultaten besproken van constante, het gehele jaar door ongeveer gelijke grondwaterstanden, althans wat het rivierkleigrasland betreft. Hier waren echter ook mogelijkheden aanwezig (zie hoofdstuk III: 2.5.) op blz. 31 om de invloed te onderzoeken van wisselende grondwaterstanden, d.w.z. van verschillende wintergrondwaterstanden gecombineerd met één hoge grondwaterstand in de zomermaanden. Enerzijds kon hier de betekenis van de ontwateringsdiepte in de winter voor de groei van het gras worden bestudeerd — waarbij speciaal aan de voorjaarsgroei werd gedacht — anderzijds kon hier worden nagegaan of het mogelijk was door verlaging van de waterstand in de nazomer wateroverlast (plasvorming) te voorkomen.

Op het bouwlandgedeelte van het rivierkleiproefveld was de mogelijkheid, om de betekenis van wisselende grondwaterstanden te onderzoeken, gering; slechts één veldje (zie eveneens hoofdstuk III: 2.5.) was hiervoor ingericht. De hier verkregen resultaten werden o.a. in de hoofdstukken IV: 1.2.1., IV: 1.2.2. en IV: 1.2.3. wel reeds medegedeeld, doch een bespreking van deze gegevens bleef tot nu toe achterwege.

Het wisselen van de grondwaterstand vond in de desbetreffende proefvakken van het rivierkleiproefveld steeds gelijktijdig plaats. Het vullen resp. ledigen van de slootpanden nam slechts enkele dagen in beslag, terwijl de grondwaterstanden in de regel reeds na één week het gewenste niveau hadden bereikt. De data van overgang van het „winter"peil naar het „zomer"peil en omgekeerd waren als volgt:

Jaar	Begin „zomer"peil	Begin „winter"peil
1954	27 april	27 augustus
1955	25 april	12 september
1956	4 mei	16 augustus
1957	1 mei	16 augustus
1958	13 mei	26 juli
1959	13 mei	4 augustus

Het zomerpeil werd aanvankelijk ingesteld, wanneer de zodelaag van het grasland zover uitgedroogd leek, dat op grond van elders verkregen ervaring de grasgroei bij de diepe grondwaterstanden zou kunnen gaan stagneren. Later werd om praktische redenen de verandering direct na het maaien van de eerste snede gras uitgevoerd. Het beëindigen van de zomerwaterstand was in de eerste jaren ook afgestemd op het tijdstip, waarop verwacht werd, dat de neerslag het waterverbruik van grasland zou gaan overtreffen. In latere jaren werd dit tijdstip ongeveer een maand vervroegd om plasvorming (zie hoofdstuk VI: 1.3. op blz. 98) te voorkomen; het risico, dat door ontijdige verlaging van het zomerpeil alsnog groeistagnatie zou optreden, werd hierbij a priori geaccepteerd. Op het akkerbouwgedeelte van het proefveld werden de overgangsdata gekoppeld aan de voor het graslandgedeelte gekozen datum.

1. Wisselende grondwaterstanden in rivierkleigrasland

Objecten met wisselende grondwaterstand waren op het rivierkleiproefveld voorhanden op perceel B (zie figuur 1 op blz. 21). De grondwaterstanden, die hier werden nagestreefd, waren als volgt:

„zomer"grondwaterstand	„winter"grondwaterstand
40	40
40	65
40	95
40	140
140	140

Hierbij moet worden opgemerkt, dat de winterwaterstand van 95 cm pas in augustus 1956 werd ingesteld; vóór die tijd werd in het betrokken veldje in de winterperiode een grondwaterstand van 65 cm nagestreefd, zodat laatstgenoemde stand toen in tweevoud aanwezig was. Voorts is te vermelden, dat in de zomer van 1955 de waterstand van 40 cm in het veldje, dat 's winters een waterstand van 140 cm had, opzettelijk gevarieerd werd tussen 20 cm (in droge perioden) en 90 cm (in natte perioden). Omdat bleek, dat men met dit systeem toch nog achter de feiten aankwam, werd het in volgende jaren niet meer toegepast.

Naast het veldje met wisselende standen waren er op perceel B dus ter vergelijking twee veldjes met constante waterstanden aanwezig, waarvan één met een hoog peil en één met een laag peil. De resultaten, die op dit graslandgedeelte van het rivierkleiproefveld zijn verkregen, zullen hierna sub. 1.1. en 1.2. worden medegedeeld. Voor een overzicht van de gemeten grondwaterstanden wordt verwezen naar tabel 10 op blz. 32 en naar bijlage 1.

Enige andere gegevens van dit deel van het rivierkleiproefveld waren reeds opgenomen in tabel 5 op blz. 24 en tabel 8 op blz. 29. Dit perceel B vertoont, zowel wat de grond als wat de grasmat betreft, zeer veel overeenkomst met het ernaast gelegen perceel (perceel A, figuur 1), waarop de in de vorige hoofdstukken besproken veldjes met constante grondwaterstanden gelegen waren.

Desondanks werden enige malen verschillen waargenomen en mede gezien het niet geheel gelijke graslandgebruik dient men hier in feite van een tweede, op zichzelf staand proefveld te spreken.

1.1. *De droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van rivierkleigrasland met wisselende grondwaterstanden in vergelijking met de bij constante waterstanden verkregen opbrengsten*

Een aantal van de bij wisselende waterstanden behaalde bruto-opbrengstresultaten is, te zamen met de vergelijkbare, bij constante grondwaterstanden verkregen opbrengsten, samengevat in de tabellen 40, 41 en 42. Daar op het onderhavige deel van het proefveld de opbrengstcijfers soms minder duidelijk waren, zijn in genoemde tabellen de gegevens van de drie veldjes met wisselende grondwaterstanden in één gemiddelde weergegeven. Te meer bestond hiertoe aanleiding, omdat in de loop van de jaren de opzet van het proefveld werd gewijzigd en de ingestelde waterstanden niet steeds dezelfde waren; de in de bovengenoemde tabellen weergegeven cijfers zijn van jaar tot jaar daarom niet geheel vergelijkbaar, doch stuk voor stuk zijn zij wel representatief voor de combinatie hoge zomergrondwaterstand — lage wintergrondwaterstand. Ter illustratie worden echter van één jaar (1957) ook de oorspronkelijke opbrengstcijfers gegeven ; men zie hiervoor bijlage 14.

Bij de aanleg van het proefveld werd van een hoge zomergrondwaterstand,

Tabel 40. De invloed van constante en van wisselende grondwaterstanden op de jaaropbrengsten aan droge stof en ruw eiwit van rivierkleigrasland in verschillende jaren bij twee hoeveelheden stikstof

Table 40. The effect of constant and varying ground-water levels and two amounts of nitrogen on the annual dry-matter and crude-protein yields of river-clay grassland in different years

	Waterstand (cm) *Water level (cm)*	Stikstofbemesting 70 kg N/ha *Nitrogen dressing 70 kg N/ha*				Stikstofbemesting 220 kg N/ha *Nitrogen dressing 220 kg N/ha*		
		1954	1955	1956	1957	1955	1956	1957
kg ds/a *kg dry matter/are*	40 — 40	88,7	94,9	82,5	84,4	120,8	104,3	100,3
	40 — 65, 95, 140	94,0	95,8	77,5	83,2	114,0	105,7	109,6
	140 — 140	108,5	77,4	104,5	78,8	93,6	127,2	103,0
kg re/a *kg crude protein/are*	40 — 40	14,7	15,7	13,6	13,0	21,3	17,6	16,7
	40 — 65, 95, 140	15,0	14,8	10,9	12,2	18,9	16,3	17,9
	140 — 140	18,7	13,0	17,7	13,0	16,9	23,8	18,7

gecombineerd met een lage wintergrondwaterstand, een gunstig resultaat verwacht. Vergelijkt men echter de bruto-jaaropbrengsten aan droge stof en aan ruw eiwit, die in de loop der jaren werden verkregen (tabel 40), dan blijkt, dat deze verwachting lang niet volledig in vervulling is gegaan. In overwegend droge jaren is ten opzichte van een constant diepe waterstand een gunstig effect merkbaar. In overwegend vochtige jaren (1954 en 1956) daarentegen geven constant diepe waterstanden verreweg de hoogste opbrengsten. Het verschil in opbrengst tussen de veldjes met wisselende grondwaterstand en die met een constant hoge grondwaterstand is niet erg groot; wanneer men tevens de bruto-opbrengsten aan ruw eiwit in de beschouwing betrekt, blijken deze juist bij de combinatie hoge zomergrondwaterstand — lage wintergrondwaterstand dikwijls het laagst te zijn.

Een eventueel gunstig effect van een diepere wintergrondwaterstand zou men in principe kunnen verwachten in het vroege voorjaar en in de nazomer. Beschouwt men de opbrengsten aan droge stof en aan ruw eiwit van de eerste snede (tabel 41), dan blijkt evenwel een diepe wintergrondwaterstand gecombineerd met een hoge zomergrondwaterstand meestal lagere opbrengsten te leveren dan die welke bij een constant hoge grondwaterstand worden verkregen; de constant diepe grondwaterstand komt wat dit betreft beter naar voren. Voor de voorjaarsproduktie is het dus klaarblijkelijk gunstig, indien het land de voorafgaande zomer wat uitdroogt. Ook een verschuiving in de botanische samenstelling van de grasmat (zie sub 1.2.) kan hier nog enige invloed hebben gehad. Van 1955 af was het percentage beemdvossestaart,

Tabel 41. De invloed van constante en wisselende grondwaterstanden op de voorjaarsopbrengsten (eerste snede) aan droge stof en ruw eiwit van rivierkleigrasland bij twee hoeveelheden stikstof

Table 41. The effect of constant and varying ground-water levels and two amounts of nitrogen on the spring yields (first cut) of dry matter and crude protein of river-clay grassland

	Waterstand (cm) *Water level (cm)*	Stikstofbemesting 70 kg N/ha *Nitrogen dressing 70 kg N/ha*				Stikstofbemesting 220 kg N/ha *Nitrogen dressing 220 kg N/ha*		
		1954	1955	1956	1957	1955	1956	1957
kg ds/a *kg dry matter/are*	40 — 40	21,2	31,5	16,4	17,8	37,1	15,7	16,4
	40 — 65, 95, 140	24,1	28,6	11,7	16,2	31,2	15,3	19,2
	140 — 140	32,6	29,3	16,0	17,5	31,7	21,8	19,8
kg re/a *kg crude protein/are*	40 — 40	3,5	5,3	3,4	2,7	6,9	3,5	3,1
	40 — 65, 95, 140	3,7	4,6	2,3	2,2	5,4	3,2	3,6
	140 — 140	5,9	5,0	3,2	2,8	5,5	5,1	3,9

een zeer vroeg produktieve soort, bij de constant diepe waterstand duidelijk hoger dan op de andere veldjes. Wordt het uitdrogen van de grond door hoge waterstanden in de zomerperiode voorkómen, dan is een slechtere grasgroei in het voorjaar het gevolg, ook als gedurende de wintermaanden de waterstand laag wordt gehouden. Dit nadeel zou kunnen samenhangen met bodemstructuurkwesties (vertrapping van de zodelaag in de voorafgaande zomer). Waarom de voorjaarsopbrengst bij diepe winterwaterstanden en hoge zomerwaterstanden veelal het laagst is geweest, blijft echter vooralsnog onverklaarbaar; zolang het gedrag van de opbrengsten niet door andere waarnemingen kan worden gesteund, is niet uit te maken of hier een onregelmatigheid van het proefveld, dan wel een met de grondwaterstand samenhangende reactie tot uiting komt.

In tabel 42 zijn de jaaropbrengsten aan droge stof, die reeds in tabel 40 werden vermeld, gesplitst in een voorzomer- en een nazomeropbrengst. De cijfers van tabel 42 bevestigen de reeds bij de bestudering van de jaaropbrensten verkregen indruk, dat een hoge zomergrondwaterstand, gecombineerd met een diepere wintergrondwaterstand, in sommige perioden, gekenmerkt door droogte, zoals de nazomer van 1955, duidelijk hogere opbrengsten levert dan bij constant diepe waterstanden wordt verkregen, en dat de opbrengst dan ongeveer even hoog ligt als die, behaald bij een constant hoge grondwaterstand. In natte nazomers (b.v. 1956) geeft de constant lage grondwaterstand verreweg de beste opbrengst en is een in de loop van de zomer verlaagde grondwaterstand nauwelijks beter dan een constant hoge zomergrondwaterstand.

De opbrengstresultaten, verkregen bij verschillende wintergrondwaterstanden doch bij één zomergrondwaterstand, blijken in sommige gevallen soortgelijke reacties te vertonen als bij de eerder besproken constante grondwaterstanden het geval was. Men zie hiervoor bijlage 14, waarin de volledige resultaten van het jaar 1957 zijn opgenomen. Bij geen stikstof nemen de jaaropbrengsten aan ruw eiwit bij toenemende wintergrondwaterdiepte af; bij een stikstofbemesting van 220 kg N/ha/jaar nemen daarentegen de ruw-eitwitopbrengsten toe. Het duidelijkste voorbeeld hiervan is te vinden bij de op 5 juli 1957 gemaaide derde snede; zowel de droge-stof- als de ruw-eitwitopbrengsten van deze snede vertonen het zo juist beschreven effect onmiskenbaar. Deze waarnemingen steunen enerzijds de in hoofdstuk V ontwikkelde zienswijze betreffende de water- en stikstofvoorziening van het gewas, anderzijds valt hieruit op te maken dat, wanneer de grasgroei weer begonnen is, de „winter"grondwaterstanden een niet te verwaarlozen nawerking hebben. Bij hoge waterstanden in een periode tot ongeveer begin mei is de vochtvoorziening van het gras in het daaropvolgende groeiseizoen klaarblijkelijk beter dan wanneer tot aan genoemde datum lagere waterstanden worden gehandhaafd. De hoge „zomer"grondwaterstanden vertonen eveneens een nawerking, zoals in bijlage 14 blijkt uit de opbrengstcijfers van de vijfde snede, maaidatum 17 september. Dit gras groeide hoofdzakelijk (vanaf 16 augustus) bij de lagere „winter"waterstanden. Vergelijkt men hier nu de opbrengsten, verkregen bij een „winter"grondwaterstand van 140 cm, met die, behorende bij een constant peil van 140 cm, dan vindt men bij geen stikstof slechts een gering verschil, doch bemerkt men dat bij een stikstofbemesting van 220 kg N/ha de opbrengst van het veldje met constante waterstand die van het veldje met wisselende waterstand belangrijk overtreft.

Deze laatse waarnemingen samenvattend kan dus worden opgemerkt, dat de grasgroei soms pas geruime tijd na het veranderen van de peilen geheel en al op de nieuwe grondwaterstanden reageert.

Tabel 42. De invloed van constante en van wisselende grondwaterstanden op de drogestofopbrengsten van rivierkleigrasland gedurende de voor- en nazomer van verschillende jaren bij twee hoeveelheden stikstof

Table 42. The effect of constant and varying ground-water levels and two amounts of nitrogen on the dry-matter yields of the first plus second cut and of the third up to the fifth one inclusive of river-clay grassland

	Waterstand (cm) *Water level (cm)*		Stikstofbemesting 70 kg N/ha *Nitrogen dressing 70 kg N/ha*				Stikstofbemesting 220 kg N/ha *Nitrogen dressing 220 kg N/ha*		
			1954	1955	1956	1957	1955	1956	1957
eerste + tweede snede in kg ds/a *first + second cut in kg dry matter/are*	40—	40	39,7	49,3	45,4	39,7	61,4	52,9	45,0
	40—	65, 95, 140	44,3	48,0	41,3	40,6	54,1	52,3	51,7
	140—	140	54,6	45,5	51,0	37,6	52,5	62,1	48,5
derde t/m vijfde snede in kg ds/a *third up to fifth cut incl. in kg dry matter/are*	40—	40	49,0	45,6	37,1	44,7	59,4	51,4	55,3
	40—	65, 95, 140	49,7	47,8	36,2	42,6	59,9	53,4	57,9
	140—	140	53,9	31,9	53,5	41,2	41,1	65,1	54,5

Op het akkerbouwgedeelte van het rivierkleiproefveld bestond in 1957 één der proefgewassen uit een éénjarige Engels-raaigraskunstweide (zie hoofdstuk IV: 1.3. op blz. 57). Uit de in bijlage 8 opgenomen gegevens betreffende opbrengst en gehalten aan droge stof en ruw eiwit van deze kunstweide zijn soortgelijke conclusies te trekken als hierboven voor het blijvend grasland is geschied.

1.2. *Andere, op het rivierkleigraslandproefveld waargenomen invloeden van wisselende grondwaterstanden*

Naast de in het voorgaande besproken produktie van rivierkleigrasland bij wisselende grondwaterstanden, is ook de beweidbaarheid van groot praktisch belang. In hoofdstuk VI: 1.1. t/m 1.3., bij de behandeling van constante grondwaterstanden, werd reeds vastgesteld, dat in de hier besproken jaren van onderzoek op het rivierkleigrasland de beweidbaarheid in het voorjaar geen probleem was, doch dat in de zomer en de herfst bij bepaalde waterstanden soms ernstige moeilijkheden voorkwamen als gevolg van plasvorming. Speciaal deed zich dit voor bij de constante grondwaterstand van 25 cm beneden maaiveld, doch ook bij een waterstand van 40 cm bleven na overvloedige neerslag de moeilijkheden niet uit. Op het proefveldgedeelte waar de waterstanden werden gewisseld, werden het verschijnsel van de plasvorming en de daaruit voortvloeiende moeilijkheden in het voorjaar evenmin waargenomen; wel was dit in de zomer en de herfst het geval.

De verrichte waarnemingen hebben tot de volgende conclusies geleid:

1. Wanneer in de winter een lager peil wordt aangehouden, is een tijdelijke grondwaterstand van 40 cm in de zomer uit een oogpunt van plasvorming op rivierkleigrasland waarschijnlijk iets minder riskant dan een constante grondwaterstand van 40 cm. Hoewel de verschillen in moment van optreden en mate van verbreiding uiterst gering waren, werd nl. enkele malen de indruk verkregen, dat de plasvorming in de zomer wat minder ernstig was, naarmate in de winterperiode de waterstanden lager gehouden waren.
2. Verlagen van de zomergrondwaterstand omstreeks de tijd dat de neerslag het waterverbruik gaat overtreffen, heeft uit een oogpunt van voorkómen van plassen en de daarmede verband houdende moeilijkheden in de nazomer, maar heel weinig zin. In de hier besproken jaren van onderzoek werd de indruk gewekt, dat het gevaar voor plassen op het land bij hoge grondwaterstanden alleen in belangrijke mate verminderd kon worden door de waterstanden op een aanmerkelijk vroeger tijdstip te verlagen.
3. Ook in de herfst was er in perioden met overvloedige neerslag maar weinig of geen effect te bespeuren van het verlagen van hoge zomerpeilen. Het land gedroeg zich in die tijd alsof de hoge zomergrondwaterstanden nog steeds waren ingesteld.

Zoals hiervoor in hoofdstuk VI: 2.*1*. reeds is medegedeeld, was op het rivierkleiproefveld van een invloed van verschillende wintergrondwaterstanden gecombineerd met éénzelfde hoge zomergrondwaterstand op de botanische samenstelling van de grasmat nagenoeg niets te bespeuren. Wel viel ook hier vanaf 1955 bij de combinatie lage winterwaterstand—lage zomerwaterstand het relatief hoge percentage beemdvossestaart op.

Over de betekenis van wisselende grondwaterstanden voor de chemische samenstelling van rivierkleigras werden slechts weinig gegevens verzameld; beschikbaar zijn slechts de ruw-eiwit gehalten die aan de in de tabellen 40 en 41 en bijlage 14 weergegeven ruw-eiwitopbrengsten ten grondslag liggen.

In grote trekken stemt de reactie van het ruw-eiwitgehalte, dat niet als zodanig in de tabellen en in de bijlage is opgenomen, overeen met de in hoofdstuk IV: 1.*1*.2. op blz. 44 beschreven gedragingen. Het gras, gegroeid bij hoge zomergrondwaterstand doch verschillende winterwaterstanden, had bijna steeds een lager ruw-eiwitgehalte dan het gras dat bij constant diepe waterstand was gegroeid. Alleen bij de in 1957 aanwezige variant "geen stikstof" was dit verschil nagenoeg afwezig. In de eiwitgehalten van het gras, gegroeid bij verschillende wintergrondwaterstanden en éénzelfde zomergrondwaterstand, is niet veel regelmaat te ontdekken.

2. De opbrengst van akkerbouwgewassen op rivierklei bij een hoge grondwaterstand in de zomermaanden en een lage grondwaterstand gedurende de rest van het jaar

Van de combinatie hoge zomergrondwaterstand — lage winterwaterstand werden, zoals reeds werd opgemerkt, aanvankelijk hoge verwachtingen gekoesterd ten aanzien van het grasland. Ten einde na te gaan, wat een dergelijke

"graslandwaterstand" voor de akkerbouw zou betekenen, werd dezelfde variant ook in het akkerbouwonderzoek opgenomen. Naast vier proefvakken met constante grondwaterstanden had het bouwlandgedeelte van het rivierkleiproefveld (perceel C, zie figuur 1 op blz. 21)dan ook een proefvak met wisselende waterstanden — 40 cm beneden maaiveld in de zomermaanden en 140 cm gedurende de rest van het jaar. Voor de hier gehandhaafde waterstanden kan naar tabel 11 op blz. 33 worden verwezen.

De belangrijkste op het bovengenoemde veldje verkregen resultaten werden reeds in de tabellen 19, 20 en 21 opgenomen, terwijl nog enige andere gegevens vervat zijn in de tabellen 30, 33 en 34 en in bijlage 10. Uit de cijfers blijkt, dat het opbrengstniveau van de op dit veldje geteelde akkerbouwgewassen het meest overeenstemming vertoonde met dat van het veldje, waar een constante grondwaterstand van 65 cm werd nagestreefd. In een aantal gevallen lag de produktie op het veldje met wisselende grondwaterstand in tussen de bij constante waterstanden van 40 en 65 cm verkregen opbrengsten, terwijl soms de bij een constante waterstand van 65 cm verkregen produktie werd overtroffen. De opbrengst van het veldje, waar constant een grondwaterstand van 140 cm werd nagestreefd, werd echter — door niet vlinderbloemige gewassen bij gelijke stikstofbemesting — bij lange na niet bereikt.

De gehalten aan ruw eiwit (en van suiker bij het gewas suikerbieten) vertonen veelal hetzelfde beeld. Wat andere van de grondwaterstand afhankelijke factoren betreft, kan tenslotte nog worden medegedeeld, dat het verschijnsel van de plasvorming, dat op het rivierkleibouwland bij een constante waterstand van 40 cm plaatselijk nog wel eens een enkele keer werd waargenomen, bij het hier besproken veldje met wisselende grondwaterstand veel zeldzamer was. Hiertoe droeg ook het feit bij, dat kuilen in het land, ten gevolge van moeilijkheden bij het ploegen en eggen, hier niet in die mate voorkwamen als op het veldje, waar constant een grondwaterstand van 40 cm werd nagestreefd. Ook wat moeilijkheden en mogelijkheden van grondbewerking betreft, gedroeg het veldje met wisselende grondwaterstand zich als het veldje met een constante waterstand van 65 cm.

3. Interpretatie van de op rivierkleigrasland en -bouwland verkregen resultaten bij wisselende grondwaterstanden

De hierboven besproken resultaten zullen nu in het kort worden samengevat, waarmee getracht zal worden de waargenomen feiten te interpreteren. Op de betekenis van wisselende grondwaterstanden voor rivierkleigrasland zal later (hoofdstuk IX: 2.2.1. en IX: 2.2.2.) nog uitvoerig worden ingegaan.

Uit de reactie van het grasland op het rivierkleiproefveld (zie sub 1.*1*. en bijlage 14) krijgt men de indruk, dat het tijdelijk verhogen van de grondwaterstand tot een bepaald peil (40 cm beneden maaiveld) uit een oogpunt van watervoorziening in droge perioden wel effectief is, doch soms iets minder resultaten oplevert dan het constant op ditzelfde niveau handhaven van het grondwater. Voor de meeste akkerbouwgewassen (zie sub 2.) is de watervoorziening in de regel geen belangrijke belemmerende factor en betekent een tijdelijke ver-

hoging van het grondwaterniveau dan ook een opbrengstvermindering; deze opbrengstdepressie is echter minder groot dan wanneer het grondwater constant op hetzelfde hoge niveau wordt gehandhaafd.

Het tegen het einde van de zomer wederom verlagen van de grondwaterspiegel heeft voor de dan plaats vindende grasgroei geen aanwijsbare voordelen (zie sub 1.*1*.) en het heeft bovendien voor de rest van het jaar nauwelijks invloed met betrekking tot het voorkómen van plasvorming en vertrapping (zie sub 1.2.). Ook in het volgende voorjaar is, zelfs (of juist) bij lage waterstanden in de winterperiode, nog een ongunstige invloed op de grasgroei merkbaar van de voorafgaande hoge grondwaterstand in de zomermaanden. Voor de akkerbouw is, zolang over waterstanden van 40 cm wordt gesproken, alleen het opbrengstaspect van belang; nadelige neveninvloeden van genoemde waterstand werden namelijk niet opgemerkt. Of het verlagen van het tijdelijke zomerpeil nog betekenis voor de op dat moment plaats vindende produktie heeft, kon echter niet worden nagegaan.

Dat op het grasland de bruto-jaaropbrengsten bij wisselende grondwaterstand soms lager waren dan bij constant hoge grondwaterstand, kan slechts voor een deel uit de bovengenoemde punten worden verklaard: de vochtvoorziening in de voorzomer is er wellicht wat slechter, terwijl de grasmat in de voorafgaande herfst evenzeer aan vertrapping heeft blootgestaan. Of de ontwikkeling van het wortelsysteem hier soms nog een rol van betekenis speelt is niet bekend; wortelonderzoek vond op het onderhavige deel van het proefveld niet plaats.

Wat de vochtvoorziening betreft zou men zich kunnen voorstellen dat, ten gevolge van insluiting van lucht in de poriën van de grond, een verhoging van de grondwaterstand de bewortelde zone in de aanvang minder vochtig zou maken dan in het geval van een constant hooggehouden peil. Wat het vertrappingsgevaar betreft komt de reeds sub 1.2. gesuggereerde verklaring in aanmerking, dat het gunstige effect van diepe ontwatering ten aanzien van het voorkómen van plassen op intensief beweid kleigrasland zou berusten op de uitdroging van de grond door het gewas, waardoor in scheuren een vergrote waterberging wordt gevormd en anderzijds de droge toestand van de zodelaag het ontstaan van een verdicht oppervlak verhindert. Door ontwatering alleen is immers geen lager vochtgehalte te verkrijgen, dan overeenstemt met de veldcapaciteit (pF = 2,0 à 2,2); bij deze spanning is het vochtgehalte echter nog zeer hoog (vergelijk tabel 6 op blz. 25) [1].

In het jaar 1954, althans in het eerste gedeelte van het seizoen, weken de op het rivierkleiproefveld verkregen opbrengsten af van de in volgende jaren behaalde resultaten (zie de hoofdstukken IV: 1.*1*.3. en IV: 1.2.3.) evenals de droge-stofgehalten van het gras (zie hoofdstuk IV: 1.*1*.1.). Er werd toen minder hinder van het droge weer ondervonden, dan

[1]) In dit verband is ook nog een waarneming, verricht in het tamelijk vochtige voorjaar van 1959, van belang. Begin mei van dat jaar, vóór het instellen van de hoge zomergrondwaterstand, werd bij één van de proefgewassen (zomertarwe) al een ongunstig effect geconstateerd in de kleur en de ontwikkeling, waarvan de oorzaak gezocht moest worden in de hoge grondwaterstand van de voorafgaande zomer.

op grond van neerslag en verdamping was te verwachten (figuur 5, blz. 45), terwijl het bezwaar van plasvorming en vertrapping in de daaropvolgende nazomer juist ernstiger was dan in volgende jaren (hoofdstuk VI: 1.2.). Bij de bespreking van de afwijkende opbrengsten werd reeds gewezen op de mogelijkheid, dat deze verschillen samen zouden hangen met het feit, dat de waterstanden op het proefveld nog slechts korte tijd waren ingesteld. Ten einde de technische installaties te kunnen beproeven, waren de peilen in alle proefvakken beurtelings hoog en laag geweest. Gezien de veronderstelde traagheid bij het vullen en vooral bij het weer ledigen van het watervolume van de grond, past de eerder genoemde verklaring goed bij hetgeen thans is besproken.

VIII. BESCHOUWINGEN OVER DE GEWENSTE GRONDWATERSTAND VOOR KOMKLEIGRASLAND

Nadat in de hoofdstukken IV, V, VI en VII diverse aspecten van de grondwaterstand van het komkleigrasland werden geanalyseerd, zal in dit en in het volgende hoofdstuk worden getracht tot een synthese te komen, tot een basis waarop waterbeheersingsplannen in het rivierkleigebied in de toekomst kunnen worden gericht.

Deze basis zal echter, mede als gevolg van het feit dat het onderzoek bij het schrijven van deze regels nog niet afgesloten was, betrekkelijk smal zijn. Weliswaar stonden, naast de resultaten van de vier jaren die in het voorafgaande uitvoerig werden besproken, de voorlopige uitkomsten van twee volgende jaren eveneens ter beschikking, doch ook een aantal van zes jaren is voor een betrouwbare voorspelling op lange termijn nog erg krap. Verder zal blijken, dat enkele tijdens het onderzoek gerezen vragen van praktisch belang nog in het geheel niet of hoogstens oppervlakkig zijn onderzocht. In plaats van een concreet advies te geven, zal dus op bepaalde punten moeten worden volstaan met het doen van suggesties voor verder onderzoek.

1. Enige problemen van de komgronden

De komgronden maken een belangrijk deel van het rivierkleigebied uit. Een karakterisering van dit gebied en zijn problemen wordt gegeven door ERINGA (1952). Het rivierkleigebied is bij uitstek de streek van de gemengde bedrijven; de gemiddelde bedrijfsgrootte varieert in de verschillende polders van 7—9 ha. Het bouwland en de fruitteelt zijn van oudsher op de stroomgronden geconcentreerd; de kommen, die in het nabije verleden nog veelvuldig onder water of dras kwamen te staan, zijn overwegend door blijvend grasland ingenomen. Als gevolg van het gebrekkige wegenstelsel en de ongunstige verkaveling werd dit grasland in de regel extensief gebruikt en ook nu is dit nog dikwijls het geval.

Sinds ERINGA zijn rapport schreef, is er in het rivierengebied al heel wat werk verzet en is het peil van de landbouw onmiskenbaar gestegen. Zowel in de Betuwe als in de Bommelerwaard en de Brabantse Maaskant werden door ruilverkaveling grote gebieden beter toegankelijk gemaakt en werd de waterbeheersing verbeterd. Een integrale verbetering van de rivierkleigebieden is echter pas mogelijk geworden in de volgens "nieuwe stijl" uitgevoerde ruilverkavelingen Maas en Waal-West en Bommelerwaard-Oost, waar men tevens op grote schaal herontginning heeft toegepast, grasland heeft verbeterd en waar door verplaatsing van boerderijen dit grasland dicht bij de boerderijen is gekomen.

De komgronden zijn zeer overwegend als blijvend grasland in gebruik. Hoewel deze gronden van oudsher een slechte naam hebben, is de laatste jaren toch wel gebleken, dat voor grasland de mogelijkheden nog niet zo ongunstig zijn; voor bouwland daarentegen zijn de perspectieven veel minder goed (MINDER-

HOUD, 1959). Bij een uitspraak over het gewenste grondwaterniveau voor grasland moet echter toch met het bouwland rekening worden gehouden. Immers de bouwlandpercelen liggen — zo aanwezig — vaak verspreid tussen de graslandpercelen, zodat een scheiding van het grondwaterregime praktisch niet mogelijk is.

1.1. *Enige gegevens over de ontwateringsdiepte van rivierkleigronden*

Dank zij het werk van de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland is thans veel bekend over de in ons land voorkomende grondwaterstanden; in de winter blijken deze in het algemeen aanmerkelijk hoger te zijn dan in de zomer. In het C.O.L.N.-rapport over Gelderland vermelden REUTER en KOUWE (1958) voor het rivierkleigebied van deze provincie — dat meer omvat dan alleen het komkleigrasland — de in tabel 43 genoemde cijfers.

Tabel 43. Procentuele verdeling der grondwaterstandsklassen in het rivierkleigebied
Table 43. Distribution (in percentages) of the ground-water-level classes in the river-clay district

Grondwaterstand (cm–mv.) *Ground-water level (cm below the surface)*	0–20	20–40	40–70	70–100	100–140	140–200	>200
Winter *Winter*	18	21	37	10	9	3	2
Zomer *Summer*	0	0	12	10	21	31	26

Soortgelijke gegevens werden verkregen bij enige regionale onderzoekingen, die uitsluitend op komkleigrasland betrekking hadden (ANONYMUS, 1958; MINDERHOUD et al., 1960).

Over de gewenste grondwaterstand van komkleigrasland hebben anderen reeds eerder hun mening uitgesproken. In het volgende zal daarom eerst worden gereleveerd, welk inzicht er vanouds op het gebied van de ontwateringsdiepte van kleigrasland bestaat, en daarnaast, welke mening enige onderzoekers zich over de gewenste ontwateringsdiepte van komkleigrasland hebben gevormd en waarop zij deze mening baseren. Vervolgens zullen sub VIII: 2 de conclusies van het eigen onderzoek worden geformuleerd en besproken.

1.2. *Bespreking van enige reeds bestaande meningen over de gewenste ontwateringsdiepte van komkleigrasland*

De in de praktijk van de Nederlandse landbouw heersende opvattingen over ontwateringskwesties zijn opgenomen in de voor het lager- en middelbaar landbouwonderwijs bestemde leerboeken. De meeste boeken, die gewijd zijn aan

grasland, bevatten ook een uitspraak over de meest gewenste grondwaterstand voor kleigrasland. Algemeen wordt hier nog een diepe wintergrondwaterstand geadviseerd, terwijl voor de zomerperiode standen worden aanbevolen van 60—80 cm (KRAMER en DE GROOT, 1952) of van 75—100 cm (CNOSSEN, 1951).

In een recent leerboek over cultuurtechniek (KRIJGER en MARIS, 1959) worden meer moderne opvattingen over ontwatering weergegeven. Als gewenste grondwaterstand voor kleigrasland in de groeiperiode wordt het traject 70—90 cm genoemd terwijl in het algemeen gesteld wordt, dat de grondwaterstand gedurende een natte periode in de winter niet mag stijgen boven 40 à 50 cm beneden maaiveld.

De meningen over de ontwateringsdiepte van komkleigrasland die PONS en VISSER in 1949 kenbaar maakten, werden reeds in hoofdstuk I besproken en zullen hier niet meer worden herhaald.

VAN DIEPEN (1952), die bodemkundige onderzoekingen in de Brabantse Maaskant verrichtte, is van mening dat rivierkleigrasland in de groeiperiode behoefte heeft aan een hoge grondwaterstand en dat de bezwaren, die een dergelijke keuze met zich mee zou brengen voor akkerbouwgewassen, hoofdzakelijk beperkt zijn tot het voor- en najaar, wanneer het grasland van een lage grondwaterstand geen hinder ondervindt. In het droge jaar 1949 constateert hij op rivierkleigrasland met een watervoorziening door waterinlaat een aanmerkelijk hoger produktievermogen dan op rivierkleigraslanden met een lage grondwaterstand.

Het bij gebrek aan cijfers niet erg scherp geformuleerde standpunt van VAN DIEPEN is maar ten dele in overeenstemming met de in het voorafgaande besproken uitkomsten van het grondwaterstandsproefveld. In hoofdstuk IX: 2.2.4. zal deze kwestie nog nader worden behandeld. Op deze plaats zij alleen nog even vermeld, dat door VAN DIEPEN niet wordt aangegeven, hoe naar zijn mening hoge zomergrondwaterstanden in het komkleigrasland dienen te worden gerealiseerd.

SONNEVELD (1958), die de bodemgesteldheid van het Land van Heusden en Altena bestudeerde, heeft aan het ontwateringsdiepteprobleem van komkleigrasland ook aandacht besteed. Hij beschikte in dit verband over een serie van 30 proefplekken, waarvan hij gedurende een periode van 17 maanden het verloop van de grondwaterstanden naging, terwijl het grasland werd ingedeeld in vegetatiekarteringseenheden.

SONNEVELD formuleert zijn uit dit onderzoek getrokken conclusies ongeveer als volgt. Een optimale netto-produktie van het grasland wordt verkregen bij een grondwaterstand in het voorjaar van 25 cm bij een matige verzorgingstoestand en tot omstreeks 35 cm bij een goede verzorgingstoestand en een gemiddelde waterstand gedurende het gehele jaar van omstreeks 50—60 cm. In de praktijk zouden volgens SONNEVELD, vooral bij een goede verzorgingstoestand van het grasland, de optimale omstandigheden aanwezig zijn bij een gemiddelde waterstand van omstreeks 40—70 cm.

De bovengenoemde conclusies hebben volgens SONNEVELD alleen geldigheid voor de door hem beschreven toestand van grondwaterstandsfluctuatie (hoge

winter- en lagere zomergrondwaterstanden) terwijl er door hem ook van wordt uitgegaan, dat er geen mogelijkheden aanwezig zijn (b.v. een infiltratiesysteem) voor de regeling van het grondwater gedurende het gehele jaar. Met eventueel aanwezige bouwlandpercelen is in het bovenstaande geen rekening gehouden.

Hoewel deze formulering elementen bevat die zeer aannemelijk klinken — sub 3. en in hoofdstuk IX: 2.2. wordt hierop nog nader ingegaan — staat ook de motivering van deze uitspraak wel wat op losse schroeven. SONNEVELD komt namelijk tot zijn conclusies door een landbouwkundige waardering te verbinden aan de op zijn proefplekken, op grond van botanische kenmerken, onderscheiden reeks van vochtvarianten. Deze laatste worden in feite ontleend aan een onderzoek in de Tielerwaard (DE BOER en DE GOOIJER, 1958) waar op een serie komkleigraslandpercelen een soortgelijke reeks vochtvarianten was onderscheiden, terwijl van de desbetreffende percelen tevens de netto-zetmeelwaarde-opbrengst van het jaar 1954 bekend was (volgens de normen van Geith bepaald uit een telling van het aantal weidedagen van melkvee, jongvee, paarden en schapen). De aldus voor één jaar „berekende" netto-zetmeelwaarde-opbrengsten, die op een niveau van ongeveer 2300 kg/ha lagen, zijn uiteraard wel wat erg summier om als maatstaf voor het „netto opbrengend vermogen van het grasland" te dienen; DE BOER en DE GOOIJER gebruiken deze cijfers dan ook alleen ter illustratie en zijn ook elders in hun conclusies nooit zo ver gegaan als SONNEVELD (1958, p. 239, laatste alinea) suggereert.

Er moet namelijk worden geconstateerd, dat tot dusverre alleen nog maar voor zandgronden aannemelijk is gemaakt, dat een vochtvariant, vastgesteld op grond van de botanische samenstelling, een bruikbare maatstaf is om de produktiviteit van het grasland te karakteriseren. Uitgaande van de over drie jaren gemiddelde bruto-jaaropbrengsten van zandgrasland konden DE BOER en FERRARI (1956) duidelijk een optimale variant vinden. Op komkleigrasland daarentegen bleek bij een ander onderzoek (MINDERHOUD et al., 1960), dat het overeenkomstige optimum zich over meer dan één variant uitstrekte. Het verloop van de bruto-produktie gedurende het groeiseizoen — eveneens een vrij belangrijk criterium bij de beoordeling van de graslandproduktiviteit — komt bij dergelijke vergelijkingen echter niet tot uiting, terwijl deze bovendien niet bij een uniform niveau van verzorgings- en bemestingstoestand werden uitgevoerd.

Aan SONNEVELD (1958) stonden geen andere mogelijkheden ten dienste dan te trachten aan de hand van de vegetatie de percelen te vinden die op dit moment de meest gunstige waterhuishouding weerspiegelden en vervolgens na te gaan, welk niveau van grondwaterstandsschommeling hierbij behoorde. Als optimaal beschouwde hij in dit verband de vochtvarianten —9 en —9+, die respectievelijk wijzen op normaal vochtige en zeer zwak droge omstandigheden. Gezien het bovenstaande moet echter in ieder geval worden betwijfeld, of dit optimum niet te smal gekozen is.

De vochtvarianten —9 en —9+ komen volgens SONNEVELD, bij een matige verzorgingstoestand van het grasland, voor op percelen met een gemiddelde jaargrondwaterstand van 45—55 cm. Omdat bij een betere verzorgingstoestand de droogte- en vochtindicaties geringer worden, veronderstelt SONNEVELD, dat de gemiddelde grondwaterstand ook nog wel 10 à 15 cm dieper mag zijn; het uiteindelijke advies beslaat dan ook het traject van 40—70 cm. Bij een ander onderzoek (MINDERHOUD et al., 1960) is evenwel gebleken, dat het grondwaterstandstraject, dat één vochtvariant op komkleigrasland kan omvatten, zeer ruim is; het traject van de variant —9 liep bij dit onderzoek uiteen van 44 tot 93 cm (gemiddelde zomergrondwaterstand). Ook blijkens figuur 116 van SONNEVELD (1958) is het traject van gemiddelde grondwaterstanden, waarbij de vochtvarianten —9 en —9+ voorkomen, veel breder; het beslaat zelfs meer dan de helft van het bij het onderzoek betrokken gebied van gemiddelde grondwaterstanden. Geconcludeerd moet dus worden, dat de door SONNEVELD genoemde waarden van 40 en 70 cm allerminst vaststaande grensgetallen zijn, enerzijds als gevolg van alle onzekerheden, verbonden aan het bepalen van de "optimale" variant, anderzijds vanwege de grote spreiding in grondwaterstanden die bij één variant voor kan komen. Ook zijn conclusie dat kleine verschillen in grondwaterstand reeds een zeer belangrijke invloed uitoefenen op de vochtindicatie van

het komkleigrasland, is om deze redenen niet in alle opzichten houdbaar.

Winter- en zomergrondwaterstanden waren in het materiaal van SONNEVELD sterk gecorreleerd. Terecht wordt door hem dan ook opgemerkt, dat het bij zijn onderzoek niet mogelijk was vast te stellen, of de grondwaterstand uit een bepaalde periode van doorslaggevende betekenis is voor de vochtvariant van het grasbestand. Verwonderlijk is evenwel, dat hij desalniettemin zijn mening geeft over de betekenis voor de grasgroei en het vegetatietype van de voorjaarsgrondwaterstand als zodanig. Zijn gevolgtrekkingen over de nadelen van een diepe drainage missen, in dit licht gezien, eveneens overtuigingskracht en kunnen evenals de uitspraak over de voorjaarsgrondwaterstand hoogstens als een hypothese worden beschouwd.

2. Uit het eigen onderzoek getrokken conclusies ten aanzien van de gewenste grondwaterstand voor intensief gebruikt komkleigrasland

Bij het formuleren van de conclusies ten aanzien van de gewenste grondwaterstand is het van belang, de wijze van graslandexploitatie te beschrijven. Ook in het vorige hoofdstuk kwam reeds tot uiting, dat het graslandgebruik mede bepalend is voor de aan de ontwateringsdiepte te stellen eisen. De beide uitersten komen voor een bespreking het meest in aanmerking: het intensieve gebruik (omweiding, zware veebezetting, hoge stikstofgiften) en de extensieve exploitatie (standweide, geringe veedichtheid, weinig stikstof). Het hier behandelde eigen onderzoek had alleen op de eerstgenoemde vorm van graslandgebruik betrekking; in het volgende zal daarom hoofdzakelijk over de gewenste grondwaterstand voor intensief gebruikt komkleigrasland worden gesproken. In dit hoofdstuk zullen echter sub 3 ook enige op andere wijze verkregen inzichten worden medegedeeld, die betrekking hebben op extensief geëxploiteerd komkleigrasland.

In de hoofdstukken IV en V is gebleken, dat de reactie van de grasgroei op de grondwaterstand in belangrijke mate wordt bepaald door de weersgesteldheid. Deze wisselt veelvuldig in het Nederlandse klimaat, zoals maar al te goed bekend is. Een weersvoorspelling op lange termijn is (nog) niet nauwkeurig te geven. Daar de weersgesteldheid een allesbeheersende rol speelt, zal voor een goed begrip de werkelijke situatie in het volgende worden vereenvoudigd, door eerst de overwegend natte jaren en vervolgens de overwegend droge jaren te bezien. Waar het hier theoretische voorbeelden betreft, zal een scherpe definitie van de begrippen "overwegend nat" en "overwegend droog" achterwege kunnen blijven. Zeer globaal kan men zich hierbij echter baseren op het in hoofdstuk IV: 1.*1.* op blz. 41 genoemde begrip V + N — E (de in het bewortelde profiel aanwezige hoeveelheid beschikbaar water). Na de genoemde vereenvoudigingen zullen de conclusies worden geformuleerd, die met de werkelijke toestand rekening houden.

2.*1.* *De gewenste grondwaterstand voor komkleigrasland in overwegend natte jaren*

In hoofdstuk IV: 1.*1.*3. is uiteengezet, dat in perioden met overvloedige neerslag de grasgroei profiteert van een diepe ontwatering. Speciaal wanneer veel stikstof is gegeven, neemt de droge-stofopbrengst bij toenemende ontwateringsdiepte duidelijk toe. De reactie van de ruw-eiwitopbrengst (zie hoofdstuk IV: 1.

1.4.) is in het algemeen nog sterker. In figuur 9 op blz. 91 werd van deze invloeden een schematisch beeld gegeven.

De meeropbrengst (bij een stikstofbemesting van 70 kg N/ha) bedroeg per 10 cm (lagere waterstand) in een periode met een neerslagoverschot 0,05—0,87 kg ds/a per vijf weken. In de merendeels vochtige jaren 1954 en 1956 beliep dit over het gehele groeiseizoen een hoeveelheid van 1,4 respectievelijk 2,3 kg ds/a (per 10 cm) en ging een 10 cm diepere waterstand dus gepaard met een toename van de jaaropbrengst van respectievelijk 1,5 en 2,8 %.

Het grondwaterstandsproefveld gaf geen volledig uitsluitsel over de vraag tot op welke diepte het effect van een diepere ontwatering op de grasgroei zich bleef manifesteren; verdere gegvens zullen moeten worden afgewacht, alvorens een duidelijk antwoord is te geven op de vraag, of het in overwegend natte jaren voor de grasgroei zin heeft te streven naar een grondwaterstand dieper dan ca. 1 meter.

Ook uit een oogpunt van plasvorming en vertrapping is, zoals in hoofdstuk VI: 1.2. op blz. 96 werd uiteengezet, een diepe tot zeer diepe waterstand in natte jaren gunstig. Zoveel te lager de grondwaterstand, zoveel te langer het bij zeer nat weer duurde voor plasvorming en vertrapping werden waargenomen. Met het oog op het beweidingsrendement zal een diepe grondwaterstand hier dus de voorkeur verdienen.

Natte weersomstandigheden zijn op intensief gebruikt grasland, naar onlangs op de Nederlandse stikstofproefbedrijven weer is gebleken ('T HART, 1960), veel minder gunstig dan wel eens gedacht wordt of dan uit de bruto-opbrengstcijfers tot uiting komt. Ook op de wisselbouwproefbedrijven (VAN EGMOND, 1959) en de voorbeeldbedrijven (WILLEMSEN, 1960) heeft men geconstateerd dat natte jaren vaak een lage netto-zetmeelwaarde-opbrengst leveren. Eenzelfde conclusie viel te trekken uit tabel 35 op blz. 97.

Zelfs zonder dat plasvorming of vertrapping zichtbaar worden, vallen in natte jaren de beweidingsresultaten dikwijls tegen. Verkwisting van gras („de koeien vreten met vijf bekken") is één van de oorzaken van dit verschijnsel; daarnaast speelt het lage droge-stofgehalte van het gras mogelijk ook nog een rol. Een kwantitatieve beschrijving van dit euvel is echter niet te geven; aan de hand van de bruto-opbrengstcijfers is de netto-opbrengst van beweid grasland in natte perioden dan ook maar nauwelijks te benaderen.

Wat de uitvoerbaarheid van lage grondwaterstanden in komgrondgebieden betreft, behoort blijkens onderzoekingen van VAN HOORN (1960), het handhaven van grondwaterstanden van omstreeks 100 cm beneden maaiveld tot de praktische mogelijkheden; afhankelijk van de eigenschappen van het profiel en het ontwateringssysteem zal weliswaar na regenval een stijging van de grondwaterspiegel optreden, doch ook op komgrond kan daarna weer snel een daling volgen. Op het grondwaterstandsproefveld, waar de waarnemingen werden verricht die aan de hiervoor genoemde conclusies ten grondslag liggen, traden na regenbuien eveneens kortstondige overschrijdingen van het nagestreefde grondwaterniveau op.

Het nastreven van lage grondwaterstanden in een graslandgebied kan enige bezwaren met zich meebrengen voor de drinkwatervoorziening van het vee,

doch deze zijn niet van ernstige aard. Eén en ander zal tot gevolg hebben, dat eventueel voorkomende bouwlandpercelen eveneens diep ontwaterd worden. Zoals in hoofdstuk IV: 1.2.1. op blz. 51 is uiteengezet, moet dit als een gunstige factor worden beschouwd; de meeste akkerbouwgewassen die op komgrond worden verbouwd (b.v. zomergranen en suikerbieten) zijn voor een waterstand van 1 m of meer beneden maaiveld zeer dankbaar.

2.2. *De gewenste grondwaterstand van komkleigrasland in overwegend droge jaren*

In hoofdstuk IV: 1.*1*.3. werd eveneens medegedeeld, dat in perioden met een neerslagtekort groter dan de aangenomen bodemvoorraad van 50 mm, de grasgroei gebaat is bij een hoge grondwaterstand. De hoogste op het grondwaterstandsproefveld ingestelde waterstand (25 cm beneden maaiveld, in werkelijkheid variërende van 27—35 cm, zie bijlage 1) gaf onder deze omstandigheden de hoogste droge-stofopbrengst te zien. Zeer extreme droogteperioden uitgezonderd is de reactie van de droge-stofopbrengst op de grondwaterstand vooral sterk, wanneer niet te veel stikstof is gegeven. Men zie ook hier het in figuur 9 op blz. 91 weergegeven schematische beeld. De reactie van de ruw-eiwitopbrengst is, zoals in hoofdstuk IV: 1.*1*.4. werd besproken, in het algemeen zwakker.

Op een veehouderijbedrijf zijn bedrijfsvoering en veebezetting vaak aangepast aan de minimum grasgroei, die in droogteperioden te verwachten is; dit onderstreept nog eens het belang van een goede grasgroei in droge perioden en de betekenis van de door watervoorziening te behalen meeropbrengsten.

Per 10 cm hogere waterstand bedroeg in perioden met een neerslagtekort de meeropbrengst 0,17—0,93 kg ds/a per vijf weken (bij een stikstofbemesting van 70 kg N/ha). In de merendeels droge jaren 1955 en 1957 beliep dit over het gehele groeiseizoen een hoeveelheid van 1,2 respectievelijk 2,1 kg ds/a (per 10 cm) en ging een 10 cm hogere waterstand dus gepaard met een toename van de jaaropbrengst van respectievelijk 1,3 en 2,8 %.

Het grondwaterstandsproefveld gaf nog geen uitsluitsel over de vraag tot op welke hoogte het effect van een betere grasgroei bij hogere waterstand zich bleef manifesteren; de indruk werd wel gevestigd, dat het uit een oogpunt van grasgroei zin kon hebben om in zeer droge perioden een nog hogere grondwaterstand dan 27—35 cm in te stellen. Gezien de moeilijkheden bij de praktische uitvoerbaarheid, is dit punt echter van weinig belang.

Ten slotte kan nog worden opgemerkt dat het gevaar van plasvorming en vertrapping bij genoemde grondwaterstanden onder droge weersomstandigheden afwezig is.

In droge perioden zal men mogen verwachten dat bij beweiding het rendement van de bruto-opbrengst bij alle waterstanden veel gunstiger ligt dan onder natte omstandigheden het geval kan zijn, terwijl ook de winning van wintervoeder met minder verliezen gepaard gaat. In zeer droge en zonnige jaren kan men bovendien verwachten, dat de voederwaarde van de graslandprodukten zeer hoog is. Een ten opzichte van vochtiger perioden verminderde grasgroei behoeft dus niet direct in een netto-opbrengstderving te resulteren. Men zie

hiervoor ook hetgeen in dit hoofdstuk sub *2.1.* over deze kwestie is gezegd.

Hoewel in sommige gebieden de grondwaterstanden ook in perioden van droogte nauw de slootwaterstanden weerspiegelen (MINDERHOUD et al., 1960), is op het „gemiddelde" komgrondprofiel het handhaven van zeer hoge grondwaterstanden in droge perioden moeilijk te verwezenlijken (VAN HOORN, 1960). Slechts bij een drainagesysteem dat aan een zeer streng ontwateringscriterium voldoet (en daarom erg kostbaar is), zal men bij een betrekkelijk klein verschil tussen sloot- en grondwaterstand een wateraanvoer mogen verwachten, die dezelfde orde van grootte bereikt als het waterverbruik van grasland tijdens zomerweer. Bij een groot verschil tussen sloot- en grondwaterstand zijn hoge grondwaterstanden alleen te bereiken, door de aanvoersloten te bekaden; de helling van het landschap en de ongelijke ligging van vele percelen zullen overigens in de praktijk het handhaven van een zeer hoog grondwaterpeil ernstig bemoeilijken.

Het nastreven van hoge grondwaterstanden in een graslandgebied zal veelal met zich meebrengen, dat voorkomende bouwlandpercelen eveneens een hoge grondwaterstand verkrijgen. Zoals in hoofdstuk IV: 1.2. is uiteengezet moet dit, ook in droge jaren in het algemeen als een nadeel worden beschouwd; het feit, dat de opbrengstverlaging bij deze gewassen eventueel door extra stikstof te herstellen is, doet aan deze conclusie niet veel af.

Alle factoren samen in beschouwing nemende is de conclusie te trekken, dat het handhaven (in overwegend droge jaren) van een hoog grondwaterniveau in rivierkleigrasland op veel meer moeilijkheden stuit dan het handhaven (in overwegend natte jaren) van een lage grondwaterstand.

2.3. De zogenaamde optimale grondwaterstand

Werd hiervóór sub *2.1.* en *2.2.* uitsluitend over natte, respectievelijk alleen over droge jaren gesproken, een in de praktijk bruikbaar advies moet in werkelijkheid gebaseerd zijn op het feit, dat onder het Nederlandse klimaat natte en droge zomers elkaar afwisselen en dat het ook in één groeiseizoen beurtelings nat en droog kan zijn. De cijfers van tabel 1 op blz. 16 en van tabel 3 op blz. 20 geven deze variatie duidelijk aan.

Een bepaalde grondwaterstand zal dus het ene jaar als gevolg van te veel vocht en het andere jaar als gevolg van te weinig vocht niet de hoogste brutojaaropbrengst tot gevolg hebben; deze bruto-opbrengstdepressies zijn met behulp van de resultaten van het verrichte onderzoek kwantitatief te beschrijven. Moeilijker wordt het al met de groeistagnatie, die bij diepe grondwaterstanden in kort durende droogteperioden optreedt. Het slechte beweidingsrendement bij nat weer — in zijn ergste vorm zichtbaar als plasvorming en vertrapping — onttrekt zich bij gebrek aan voldoende exacte waarnemingen hieromtrent, zelfs nog geheel aan een kwantitatieve beschouwing. Wel blijkt uit enige reeds verschenen verslagen van het zogenaamde rendementsonderzoek (zie b.v. DIJKEMA, 1959), dat in het algemeen bij beweiding de rendementen zeer sterk uiteen kunnen lopen; bij eenzelfde beweidingssysteem zijn (voor de zetmeelwaarde) rendementen, variërende van 50 tot 90% geen uitzondering.

De situatie overziende zijn de volgende conclusies te trekken:

1. Gezien de afhankelijkheid van de weersomstandigheden en de variabiliteit ervan is voor een langere periode een voor bruto-grasopbrengst „optimale" grondwaterstand een fictie; in de regel kan slechts voor een korte periode een optimum worden aangegeven.
2. De bruto-grasopbrengst alleen is geen juiste maatstaf om over de grondwaterstand een uitspraak te kunnen doen; andere, eveneens van de weersomstandigheden afhankelijke factoren spelen voor de netto-opbrengst van beweid land een belangrijke rol.

De indruk bestaat, dat bovengenoemde conclusies niet strikt tot het komkleigrasland beperkt zijn, maar in principe voor al het Nederlandse kleigrasland gelden. Speciaal de tweede conclusie heeft voor het onderhavige probleem ernstige consequenties, daar het onderzoek er niet op gericht was ook deze factoren nauwkeurig te meten. Desondanks zal in het volgende worden getracht een uitspraak te doen over de ontwateringsdiepte van het komkleigrasland.

2.4. *Het kiezen van een voor een reeks van jaren gunstige grondwaterstand voor intensief gebruikt komkleigrasland*

Hoewel het vinden van een optimale grondwaterstand dus op allerlei moeilijkheden stuit, is nog wel na te gaan, van welke grondwaterstand in een reeks van jaren gemiddeld de beste resultaten verwacht mogen worden. In dit verband zullen, zoals ook in de hoofdstukken V en VI is gedaan, drie min of meer losstaande aspecten worden behandeld: de bruto-opbrengst, de factoren die het rendement van deze opbrengst bepalen en de botanische samenstelling. Ten slotte zal een eindconclusie worden getrokken, waarbij ook de praktische uitvoerbaarheid nog in het geding zal worden gebracht.

Ten einde een overzicht van het effect van de grondwaterstand op de brutoopbrengst te krijgen zijn in tabel 44 de gemiddelde relatieve jaaropbrengsten aan droge stof en ruw eiwit vermeld, die op het grondwaterstandsproefveld bij constante grondwaterstanden werden verkregen. Voor de samenstelling van het eerste gedeelte van deze tabel werd niet alleen gebruik gemaakt van de ook reeds in tabel 15 opgenomen resultaten van de jaren 1954 t/m 1957, maar ook van de inmiddels bekend geworden jaaropbrengsten van 1958 en 1959. De weergegeven cijfers stellen dus de gemiddelden voor van zes jaren; per jaar werden de opbrengsten gebruikt, die verkregen waren bij een bemesting van 70 kg N/ha/jaar en van respectievelijk 220 kg N/ha/jaar (1955, 1956 en 1957) of 360 kg N/ha/jaar (1958 en 1959). Daar op het proefveld in 1954 slechts één stikstoftrap aanwezig was, werd de opbrengst van dit jaar met een gewicht = 2 in de berekening opgenomen. Een op dergelijke wijze samengesteld gemiddelde is door de variatie in stikstofbemesting wellicht niet helemaal correct. Ook kan de berekening van het gemiddelde uit de in de vorige hoofdstukken weergegeven cijfers niet geheel worden afgeleid. Vandaar, dat in tabel 44 ook de overeenkomstige cijfers van de bij één stikstofbemesting (70 kg N) verkregen opbrengsten uit de jaren 1954 t/m 1957 zijn vermeld; in het volgende zal blijken, dat de cijfers uit de jaren 1954 t/m 1957 voor een goed deel tot soort-

Tabel 44. Gemiddelde relatieve jaaropbrengsten aan droge stof en ruw eiwit van komkleigrasland in de jaren 1954 t/m 1959 (bij verschillende stikstofbemestingen) en in de jaren 1954 t/m 1957 (bij gelijke stikstofbemestingen)

Table 44. Average relative annual yields of dry matter and crude protein of basin-clay grassland in the years 1954 until 1960 (with different amounts of nitrogen) and in the years 1954 until 1958 (with uniform amounts of nitrogen)

	Waterstand (cm) *Water level (cm)*	25	40	65	95	140	100 =
1954 t/m 1959 *1954 until 1960*	Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	108	101	100	98	100	99,1 kg ds/a *kg dry matter/are*
	Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*	99	93	98	99	100	17,7 kg re/a *kg crude potein/are*
1954 t/m 1957 *1954 until 1958*	Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	99	96	97	94	100	94,8 kg ds/a *kg dry matter/are*
	Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*	92	91	94	95	100	15,9 kg re/a *kg crude protein/are*

gelijke conclusies leiden, als met de cijfers uit de periode van 1954 t/m 1959 het geval is. Beide reeksen hebben overigens het bezwaar, dat de cijfers van het enigzins afwijkende jaar 1954 (zie hoofdstuk VII: 3. er in zijn opgenomen.

Bij de bestudering van tabel 44 blijkt, dat gemiddeld over een reeks van zes jaren de verschillen in bruto-opbrengst eigenlijk betrekkelijk gering zijn. De hoogste grondwaterstand (streefpeil 25 cm) levert de hoogste droge-stofopbrengst, terwijl de overige waterstanden elkaar in droge-stofopbrengst niet veel ontlopen. Bij de ruw-eiwitopbrengsten komen de diepe grondwaterstanden iets gunstiger naar voren dan bij de droge-stofopbrengsten het geval is.

Aangenomen dat de zes in het onderzoek betrokken jaren tezamen voor een langere reeks van jaren representatief zijn — in hoofdstuk III: 1. bleek, dat deze veronderstelling in grote lijnen wel aanvaardbaar is — dan betekent het bovenstaande, dat op de lange duur gezien een grondwaterstand van 25 cm (in werkelijkheid variërende van 27 tot 35 cm, zie bijlage 1) uit een oogpunt van bruto-produktie enige voordelen heeft. Wat de overige vier grondwaterstanden betreft, is er op grond van de ruw-eiwitopbrengsten een geringe voorkeur voor de diepste grondwaterstand (140 cm; in werkelijkheid — zie bijlage 1 — variërende van 125 tot 150 cm).

De cijfers van de periode 1954 t/m 1957 zijn enigszins onregelmatig en tonen geen grote verschillen. Omdat in deze gegevens de uitkomsten van het zeer droge jaar 1959 niet zijn verwerkt, komt de zeer hoge grondwaterstand van 25 cm hier minder goed naar voren. Wat de ruw-eiwitopbrengsten betreft, blijkt ook hier een voorkeur voor de diepste grondwaterstand.

Naast de getallen die het resultaat van het gehele jaar aangeven, is bij een beschouwing van de bruto-opbrengsten ook de regelmaat van de produktie gedurende het jaar van betekenis. In het voorafgaande werd besproken, dat in droge perioden bij zeer diepe grondwaterstanden de grasgroei ernstig stagneert.

Blijkens de gemiddelde opbrengstcijfers, die in tabel 44 zijn opgenomen, wordt de optredende bruto-opbrengstdepressie in andere jaren weer door meeropbrengsten gecompenseerd, doch dit neemt niet weg dat er perioden voorkomen, waarin de grasgroei minimaal is, hetgeen voor een intensief gevoerd veehouderijbedrijf een ernstige handicap kan betekenen.

Naarmate de grondwaterstand zich op een hoger niveau bevindt, neemt in perioden van droogte de groeistagnatie af. Deze reactie kan worden verklaard uit de capillaire opstijging van bodemvocht uit het grondwater. Bij grondwaterstanden van 60 à 70 cm is blijkens onderzoekingen van WIND (1955a) al een capillaire opstijging van 1,0 à 1,5 mm per dag mogelijk. Hoewel deze hoeveelheden nog belangrijk kleiner zijn dan de potentiële verdamping van grasland op zonnige en warme dagen (MAKKINK, 1956b; RIJTEMA, 1958) zijn zij in verhouding tot de neerslag toch niet te verwaarlozen. (In de gehele maand mei 1959 b.v. werd op het grondwaterstandsproefveld slechts 5 mm neerslag gemeten (tabel 1 op blz. 16)). Het is dan ook niet te verwonderen, dat in de droogteperioden die in de nazomer van 1955 en in de voorzomer van 1957 voorkwamen, de depressie in de grasgroei bij een waterstand van 65 cm al duidelijk minder ernstig was dan bij waterstanden van 95 en 140 cm; men zie hiervoor de bijlagen 5 en 7. Bij nog hogere waterstanden (40 en 25 cm) neemt de opbrengstdepressie in droogteperioden evenwel nog veel sterker af.

Het volgende te bespreken punt heeft betrekking op de factoren die het rendement van de bruto-opbrengst bepalen. De hoogste grondwaterstand uit het traject waarover onderzoek werd verricht (25 cm) is, zoals in het voorafgaande uitvoerig werd besproken, op de lange duur volkomen onaanvaardbaar vanwege het gevaar voor plasvorming en vertrapping. De daarop volgende waterstand (40 cm) is al veel minder riskant, maar moet voor intensief beweid land toch nog als verre van ideaal worden beschouwd. Bij waterstanden van omstreeks 65 cm mag het gevaar grotendeels als geweken worden beschouwd. Hoewel over de beweidingsrendementen als zodanig geen onderzoek werd verricht, is de veronderstelling op zijn plaats dat bij toenemende ontwateringsdiepte het rendement van de beweiding zal stijgen. In dit verband kan men ook nog andere punten in het geding brengen, zoals het gevaar voor dierlijke parasieten (b.v. leverbot). Hieraan werd bij het onderzoek evenmin aandacht besteed. De kans bestaat echter, dat het gevaar van dit euvel bij toenemende ontwateringsdiepte eveneens minder wordt.

Merkwaardigerwijs geeft op intensief gebruikt komkleigrasland de botanische samenstelling van de grasmat voor het bepalen van de ontwateringsdiepte maar weinig aanknopingspunten. In de jaren 1954 t/m 1957 is namelijk gebleken, dat over het gehele traject van waterstanden dat in het onderzoek was betrokken, een goede botanische kwaliteit te handhaven was, zij het dat na natte jaren de botanische samenstelling bij de hoogste waterstand (25 cm) een neiging tot achteruitgang vertoonde (hoofdstuk VI: 2.*1*. Ook als men de waarnemingsperiode uitbreidt tot en met het jaar 1959, blijft de conclusie aangaande de geringe betekenis van de ontwateringsdiepte voor de kwaliteit van de gras-

mat gehandhaafd. In de loop van het buitengewoon droge jaar 1959 werden weliswaar bij de diepere grondwaterstanden verschuivingen opgemerkt (afname van beemdvossestaart en toename van Engels raaigras en kweek), terwijl de zodedichtheid achteruitging, doch in de herfst van dat jaar trad al weer een krachtig herstel op. Er werd daarom op dat moment verwacht, dat de schade aan de (goed verzorgde) grasmat het volgend voorjaar maar betrekkelijk gering zou blijken te zijn.

Laatstgenoemde waarneming staat niet op zichzelf; in Noord-Holland en Friesland, waar de graslandverzorging op een hoog peil staat, komen grote oppervlakten diep ontwaterd kleigrasland voor met een goede botanische samenstelling.

Het bovenstaande samenvattend kan dus worden geconcludeerd dat, ondanks de gemiddeld wat betere grasgroei, zeer hoge grondwaterstanden zoals deze op het proefveld bij een streefpeil van 25 cm voorkwamen, voor intensief gebruikt komkleigrasland beslist onaanvaardbaar zijn. Een waterstand van omstreeks 40 cm heeft, over een langere periode gezien, uit een oogpunt van totale bruto-produktie geen voordelen meer, doch zou wat betreft de regelmaat van de groei in droge perioden, nog aantrekkelijk kunnen zijn. Voor intensief gebruikt beweid land is, uit een oogpunt van plasvorming en vertrapping, echter ook nog deze stand af te raden.

Behoort het grasland tot een bedrijf dat, zoals in sommige landbouwgebieden nog dikwijls voorkomt, zowel over lage als over hoger gelegen graslandpercelen beschikt, dan heeft men hier een spreiding van risico's en is er zowel in natte als in droge zomers een uitwijkmogelijkheid. Spreekt men echter over de ontwateringsdiepte van een geheel bedrijf, dan gaan de beschreven nadelen veel zwaarder wegen. Eveneens is het nog zeer de vraag of men zou kunnen profiteren van de met een grondwaterstand van omstreeks 40 cm samenhangende voordelen, wanneer het land weinig beweid en veelvuldig gemaaid wordt. Over deze wijze van graslandgebruik die in Nederland (nog) zeer weinig wordt toegepast, werd geen onderzoek verricht; mocht evenwel het maaien en vervoederen van weidegras in de toekomst in het komgrondengebied opgang gaan maken, dan lijkt genoemde waterstand, ook met het oog op het rijden met zware machines, wel zeer riskant.

Voorlopig zal men zich echter moeten richten op grasland, dat een groot deel van het jaar en met name in de zomer en herfst, wordt beweid. Men kan dan nog zijn gedachten laten gaan over een waterstand van omstreeks 60 — 70 cm, waarvan, zoals hiervóór is gesteld, in droge perioden nog een merkbare watervoorziening uitgaat, of over diepere grondwaterstanden, waarbij dit al spoedig nauwelijks meer het geval is, maar waarbij de gevaren voor plasvorming en vertrapping tot een minimum zijn beperkt. Voor een beslissing over deze waterstanden is de gemiddelde bruto-jaaropbrengst eveneens van ondergeschikte betekenis.

Uit onderzoekingen van VAN HOORN (1960) is gebleken, dat op gedraineerd komkleigrasland een grondwaterstand van 60 cm ook in de zomer te verwezenlijken is bij een 10 cm hogere slootwaterstand en een wateraanvoer van 1,0 à

1,5 mm per dag. Ook op sommige niet gedraineerde percelen is dit in de praktijk mogelijk gebleken (zie MINDERHOUD et al., 1960). Overigens is hier de normale tendens aanwezig, dat de grondwaterstanden in de winter wat hoger zijn dan in de zomer. In hoeverre dit nog invloed op de resultaten kan hebben, is met behulp van de gegevens van het grondwaterstandsproefveld niet na te gaan. In hoofdstuk IX: 2.2.4. zal op deze kwestie echter nog nader worden ingegaan.

Dat ook de diepe grondwaterstanden op komkleigrasland wel gerealiseerd kunnen worden, werd reeds sub *2.1.* gesteld. De praktische uitvoerbaarheid speelt dus bij de nog te verrichten keus ook geen overwegende rol meer; wel kan nog even opgemerkt worden dat de meeste akkerbouwgewassen, die eventueel in de nabijheid van het grasland worden geteeld, een sterke voorkeur voor de laagste grondwaterstand bezitten.

Bij intensief gebruikt komkleigrasland hangt de uiteindelijke keuze van de meest gewenste ontwateringsdiepte dus voor een belangrijk deel af van de vraag, in hoeverre waarde gehecht moet worden aan bij de grondwaterstanden van 60—70 cm nog van belang zijnde wateraanvoer door middel van capillaire opstijging. Bestaat er een mogelijkheid in droge perioden op een doeltreffender

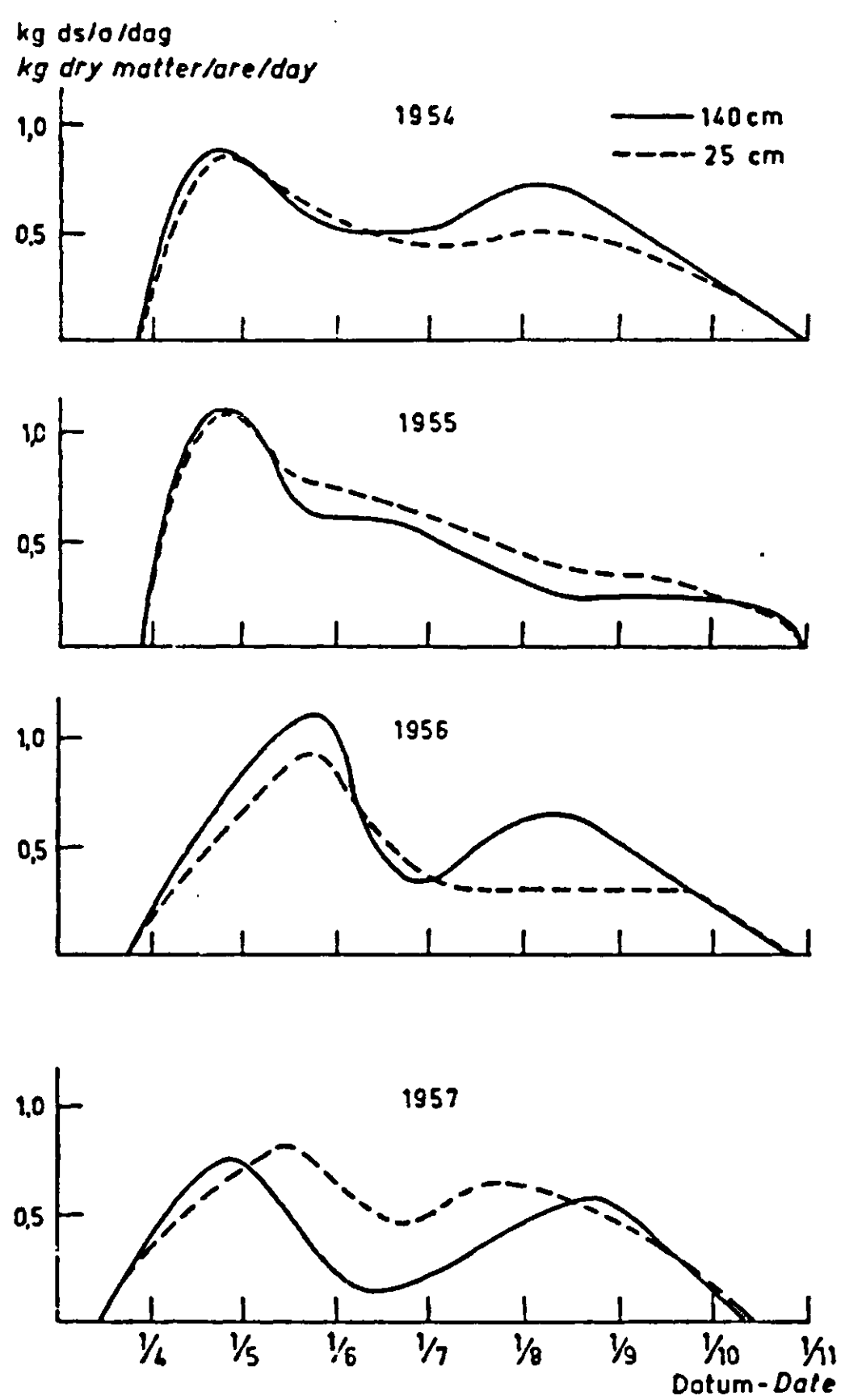


FIG. 12. Het verloop van de grasgroei bij lage en bij hoge grondwaterstand op rivierklei in de natte jaren 1954 en 1956 en in de droge jaren 1955 en 1957 (de stikstofbemesting bedroeg 70 kg N/ha/jaar)

Course of growth of the grass on river clay receiving 70 kg N/ha/annum with low and with high water level in the wet years 1954 and 1956 and in the dry years 1955 and 1957

wijze langs andere weg de watervoorziening of althans de veevoedervoorziening veilig te stellen, dan zal, vanwege de opgesomde neveneffecten, de diepste grondwaterstand stellig de voorkeur genieten. In het volgende hoofdstuk zal blijken, dat deze mogelijkheid inderdaad aanwezig is; *voor intensief gebruikt komkleigrasland verdient derhalve onder deze omstandigheden een zeer diepe grondwaterstand (1 m of dieper) de voorkeur.*

Als besluit van deze uiteenzetting over de gewenste ontwateringsdiepte van intensief gebruikt komkleigrasland kan het nut hebben nog even stil te staan bij het groeiverloop van komkleigrasland bij twee ver uitéénlopende grondwaterstanden. Men zie hiervoor figuur 12.

Uit de figuur blijkt, dat bij zeer diepe grondwaterstand (omstreeks 140 cm) de grasgroei in de maanden augustus en september 1955 en ook in de maand juni van het jaar 1957, vrij ernstig gestagneerd heeft. In het zeer droge jaar 1959 duurde deze stagnatie zelfs van juni tot en met oktober. Ook moet worden vermeld dat, zoals op blz. 47 van hoofstuk IV: 1.*1*.3. werd medegedeeld, in zeer droge perioden extra stikstof de grasgroei ook niet aan de gang heeft kunnen houden.

Aan deze bruto-opbrengstderving, die op komkleigrasland bij grondwaterstanden van 1 m en dieper is te verwachten, is hoofdstuk IX gewijd. In de eerste plaats zal een kwantitatieve benadering worden gegeven van de grootte van deze opbrengstdepressies. Vervolgens zal worden nagegaan in hoeverre er mogelijkheden zijn om de opbrengstdepressies in redelijke mate te voorkomen.

3. Enige opmerkingen over de gewenste grondwaterstand voor extensief gebruikt komkleigrasland

De gegevens van het grondwaterstandsproefveld zijn niet direct geschikt om ook voor extensief gebruikt komkleigrasland een uitspraak te doen over de voor een reeks van jaren gunstige grondwaterstand. Hoewel de hiervóór ontwikkelde gedachtengang over de beïnvloeding van de grasgroei door de grondwaterstand, wat betreft de water- en stikstofvoorziening, ook voor extensief gebruikt grasland geldigheid zal bezitten, zijn er ongetwijfeld ook verschilpunten.

Bij het kiezen van een gunstige grondwaterstand voor intensief gebruikt grasland speelde het gevaar voor plasvorming en vertrapping een grote rol. Dit euvel is echter, zoals in hoofdstuk VI: 1.2. op blz. 98 reeds werd gememoreerd, bij een geringe veedichtheid veel minder belangrijk. Bij een ander onderzoek is namelijk gebleken (MINDERHOUD et al., 1960), dat bij een zomergrondwaterstand van omstreeks 40 cm plasvorming en vertrapping op extensief gebruikt komkleigrasland niet of nauwelijks voorkomen; pas bij een zomergrondwaterstand van omstreeks 30 cm wordt ook hier voor weiland de situatie riskant. Voor land, dat overwegend gehooid wordt, zijn de bezwaren waarschijnlijk van nog minder ernstige aard. Overigens is het gevaar hoofdzakelijk beperkt tot de nazomer en de herfst, wanneer er ruimschoots gras voorhanden is.

dat in deze periode op extensief gevoerde graslandbedrijven toch niet volledig wordt benut.

Voor intensief gebruikt komkleigrasland werd de verwachting gewekt dat, bij het kiezen van de waterstand, de botanische samenstelling van de grasmat weinig of geen gewicht in de schaal zou leggen. Op extensief gebruikt komkleigrasland is de toestand anders; zowel bij zeer hoge als bij zeer lage grondwaterstanden kan men hier een grasmat aantreffen die, ten gevolge van het hoge percentage vochtminnende of droogteresistente, matige en slechte soorten, in kwaliteit te wensen overlaat (DE BOER en DE GOOIJER, 1958).

Voor intensief gebruikt komkleigrasland werd uiteindelijk de voorkeur gegeven aan diepe tot zeer diepe grondwaterstanden. Na geconstateerd te hebben, dat gemiddeld over een langere periode de bruto-opbrengsten aan droge stof in een vrij groot traject van grondwaterstanden maar weinig uiteenliepen, was genoemde keuze hoofdzakelijk gefundeerd op de waarneming dat bij dergelijke waterstanden de beweidingsmoeilijkheden het kleinst zijn. Het feit, dat bij een hoog stikstofniveau een diepe ontwatering meestal gunstige perspectieven voor de bruto-opbrengst biedt, speelde hierbij ook nog een kleine rol. Voor extensief gebruikt grasland, waar weinig stikstof wordt gebruikt, geldt de laatstgenoemde overweging uiteraard niet.

Gezien de bovenstaande punten is het niet te verwonderen, dat uit een driejarig onderzoek op verspreid liggende percelen extensief gebruikt komkleigrasland in de Bommelerwaard en de Tielerwaard, de conclusie werd getrokken dat een grondwaterstandstraject in de zomer van 40—70 cm het meest aanbevelenswaardig zou zijn (MINDERHOUD et al., 1960). Deze uitspraak was voornamelijk op de bruto-opbrengsten gebaseerd; de conclusie is in overeenstemming met een uitspraak van DE BOER en DE GOOIJER (1958) voor de Tielerwaard en wijkt maar weinig af van die van SONNEVELD (1958). Het genoemde traject geldt alleen voor die gevallen, waar in de wintermaanden hogere grondwaterstanden voorkomen. Op het belang van dit laatste punt wordt in hoofdstuk IX: 2.2.4 op blz. 148 nog teruggekomen. Omdat ook op extensief gevoerde bedrijven de omvang van de veestapel dikwijls aangepast is aan de minimale grasgroei die gedurende het jaar te verwachten is, kan de hoogste stand van het bovengenoemde traject de voorkeur verdienen; in droge perioden is de grasgroei daar namelijk minder geremd dan bij de lagere grondwaterstanden.

Zomergrondwaterstanden in het traject 40—70 cm zijn, zoals uit de aangehaalde onderzoekingen ook gebleken is, in het algemeen op vele plaatsen te realiseren. Of dit zonder speciale voorzieningen (b.v. drainbuizen) hier ook in zeer droge zomers (zoals 1959) het geval is, moet echter nog wel worden betwijfeld; juist in dergelijke tijden is het echter het meest noodzakelijk, genoemde standen te handhaven.

Blijkens enige reeds eerder aangehaalde onderzoekingen (ANONYMUS, 1958; MINDERHOUD et al., 1960) heeft in de Tielerwaard slechts 10% van het komkleigrasland in de zomer een grondwaterstand tussen 50 en 70 cm, terwijl het overeenkomstige percentage voor de Bommelerwaard 29 — 43 is.

Daar bij deze beide onderzoekingen de percelen niet toevallig gekozen wer-

den en de genoemde resultaten slechts op één jaar (1955) resp. drie jaren (1952 t/m 1954) betrekking hebben, geven deze percentages slechts een benadering van de werkelijke toestand.

In hoeverre het voordelig zou zijn ook op de dieper en ondieper ontwaterde percelen te streven naar een grondwaterstand in de zomer van 40 — 70 cm, is zonder meer niet uit te maken. Slechts weinig percelen blijken een ontwateringsdiepte in de zomer te bezitten, die geringer is dan door het genoemde traject bestreken wordt. Bij de grote massa percelen met een diepere grondwaterstand is de slootwaterstand in het groeiseizoen in de regel wel hoog genoeg, maar de doorlatendheid van het bodemprofiel is klaarblijkelijk te gering om in de zomer een niet veel lagere grondwaterstand tot gevolg te hebben.

Aan de ontwateringsdiepte van extensief gebruikt komkleigrasland werd bij het in de vorige hoofdstukken beschreven eigen onderzoek geen aandacht besteed, zodat dit hoofdstuk beperkt moest worden tot enige meer algemene opmerkingen.

IX. BRUTO-OPBRENGSTDERVING OP DIEP ONTWATERD KOMKLEIGRASLAND IN DROGE JAREN, EN MAATREGELEN OM DEZE OPBRENGSTDERVING TE VOORKOMEN

In hoofdstuk VIII: 2.4. werd voor intensief gebruikt komkleigrasland een grondwaterstand van circa 1 m of dieper aanbevolen, mits er middelen voorhanden zouden zijn om in droge zomers ernstige groeistagnatie binnen zekere grenzen te houden. Na een globaal overzicht over de omvang van deze brutoopbrengstdervingen, zullen in dit hoofdstuk de maatregelen besproken worden, die genomen kunnen worden om de omvang van dit verschijnsel te beperken. Hoewel, zoals blijken zal, infiltratie niet de meest doeltreffende maatregel is, zal aan dit systeem speciale aandacht gewijd worden.

1. Omvang en veelvuldigheid van bruto-opbrengstdepressies bij droog weer op diep ontwaterd komkleigrasland

Tijdens het onderzoek op het komkleiproefveld is wel gebleken, dat in de meeste jaren kleinere of grotere stagnaties in de grasgroei regel zijn; in een „normale" zomer immers overtreft het waterverbruik van grasland de neerslag en wanneer de, weliswaar vrij ruime maar toch ook niet onbeperkte voorraad gemakkelijk beschikbaar bodemvocht is uitgeput, gaat een regenarme periode onherroepelijk met een vertraagde grasgroei gepaard. Deze tijdelijke brutoopbrengstderving wordt, gezien de over zes jaren gemiddelde bruto-jaaropbrengsten (tabel 44), in latere perioden door een bruto-opbrengstverhoging gecompenseerd. Desondanks kan er, wanneer de grasgroei in droge jaren vergeleken wordt met die in vochtige jaren, van een bruto-opbrengstderving worden gesproken.

In de jaren van onderzoek werd groeistagnatie bij diepe grondwaterstanden vooral waargenomen in de periode juni tot en met september. Wanneer men in staat is de winning van wintervoeder tijdelijk op te schorten, zodat een grotere oppervlakte land kan worden beweid, behoeven de gevolgen van deze groeistagnatie nog niet van ernstige aard te zijn.

Ook wanneer de groeistagnatie, zoals in 1955 het geval was, in de nazomer plaats vindt, als het meeste wintervoer reeds is binnengehaald, behoeft er van „droogteschade" nog geen sprake te zijn, integendeel. De indruk werd namelijk verkregen, dat een enigszins verdroogd grasbestand betere beweidingsresultaten geeft dan een welig bestand dat onder natte omstandigheden moet worden beweid, en dat een netto-opbrengstderving ten gevolge van droogte op kleigrasland minder vaak voorkomt dan als gevolg van natte omstandigheden. Door in gunstige jaren extra ruwvoeder te winnen en dit in reserve te houden, heeft een vooruitziende boer bovendien de mogelijkheid om ook droge jaren, waarin de grasgroei zó slecht is dat een beter beweidingsrendement geen compensatie biedt, met betrekkelijk weinig kosten te doorstaan. Stagnatie in de grasgroei

leidt dus in de regel wel tot een bruto-opbrengstderving, maar of er voor het bedrijf van noemenswaardige droogteschade sprake zal zijn hangt nog van vele andere factoren af, b.v. van de omvang van de ruwvoederreserves. Blijken deze te gering te zijn, en moet er tegen hoge prijzen hooi e.d. bijgekocht worden of krachtvoer, pas dan heeft de droogte ernstige financiële consequenties. Daar het aanhouden van reservevoorraden ook zijn bezwaren en beperkingen heeft, blijft het van belang over een middel te beschikken om bruto-opbrengstderving tijdens langdurige droogteperioden te voorkómen.

Over de omvang en veelvuldigheid van de bruto-opbrengstdervingen kan hier, bij gebrek aan exacte gegevens over deze gecompliceerde kwestie, slechts een ruwe schatting worden gemaakt. Men zie hiervoor tabel 45. Uitgangspunt zijn de bruto-drogestofopbrengsten van de periode juni tot en met september (derde, vierde en vijfde snede) en de in tabel 3 op blz. 20 weergegeven neerslagtekorten van het zomerhalfjaar. De droge-stofopbrengsten, verkregen in de tamelijk vochtige jaren 1954, 1956 (zie de bijlagen 4 en 6) en 1958, verkregen bij een stikstofbemesting van 70 kg N/ha/jaar, dienen hierbij als vergelijkingsbasis. Gemiddeld over de genoemde drie jaren en over de waterstanden 95 en 140 cm bedraagt de opbrengst hier afgerond 54 kg ds/a; van de jaren 1955 en 1957, die in een drogere klasse vallen, bedraagt het overeenkomstige gemiddelde 37 kg ds/a en van het zeer droge jaar 1959 22 kg ds/a.

Met behulp van deze cijfers en aan de hand van de veelvuldigheid van zomerhalfjaren met een bepaald neerslagtekort, zijn de bruto-opbrengstdepressies, die in de loop der jaren verwacht mogen worden, te benaderen. Zoals in tabel 45 is aangegeven, is een opbrengstderving van 54 — 22 = 32 kg ds/a twee maal in 48 jaar te verwachten; door interpolatie is verder te berekenen, dat er één maal een opbrengstdepressie van 27 kg en vijf maal een opbrengstdepressie van 22 kg zal voorkomen, terwijl een opbrengstdepressie van 17 kg ds/a negentien maal in een 48-jarige periode mag worden verwacht.

De waarde van weidegras loopt uiteen al naar gelang zich een overschot of een tekort voordoet; in jaren met een rijkelijke groei zal het gras lager gewaardeerd worden dan in perioden waarin de grasgroei stagneert. Met dit aspect is rekening gehouden in de nu volgende beschouwing over de waarde van één kg droge stof. Deze beschouwing is uitsluitend op de zetmeelwaarde van het weidegras gebaseerd; aan het eiwit is in dit verband voorbijgegaan.

In jaren met betrekkelijk kort durende droogteperioden is het nog mogelijk meer droge stof te produceren door extra stikstof te gebruiken. Bij een stikstofprijs van 1 gld./kg en een stikstofeffect van 14 kg ds/kg N (berekend uit de bij de waterstanden 95 en 140 cm en de stikstofhoeveelheden 70 en 220 kg/N ha verkregen bruto-jaaropbrengsten in 1955 en 1957 (zie tabel 15 op blz. 40)) is zodoende, met verwaarlozing van andere kostenfactoren, een minimumwaarde van 7 cent per kg ds te berekenen. In perioden met extreem droog weer daarentegen moet men er van uitgaan, dat stikstofbemesting geen effect heeft en dat er ook niet voldoende —relatief goedkoop — ruwvoeder aan te kopen is om in de behoeften van het vee bij te dragen; men zal daarom in dit uiterste geval zijn toevlucht dienen te nemen tot krachtvoer. Bij een prijs van 27 cent per kg en een zetmeelwaarde van 70 komt 1 kg ZW in krachtvoer op 38 cent.

Het bovenstaande houdt in, dat in langdurige droogteperioden weidegras, bij een beweidingsrendement van 80% en een zetmeelwaarde in de droge stof van 60, een waarde heeft van 18 cent per kg ds (bruto-produktie).

Stelt men dus de waarde van een kg ds in jaren als 1955 en 1957 op 7 cent en in drogere jaren op 9, 12 en 18 cent, dan is door vermenigvuldiging van deze bedragen met de bruto-opbrengstderving en de veelvuldigheid hiervan, voor een 48-jarige periode een totale bruto-opbrengstderving van *f* 4727,— of *f* 100,— per jaar per ha te becijferen. Dit cijfer is echter allerminst geschikt als maatstaf voor de rentabiliteit van maatregelen, genomen om bruto-opbrengstderving te voorkomen; het is voor een groot deel opgebouwd uit de bruto-opbrengstdervingen van jaren als 1955 en 1957, toen de nadelen van de droogte de voordelen (hoger beweidingsrendement tijdens de droogte en betere beweidingsmogelijkheden nadien) nog niet overtroffen zullen hebben (vergelijk ook tabel 35 en hoofdstuk VIII. 2.*1*. en VIII. 2.2.).

Laat men deze cijfers buiten beschouwing en neemt men aan, dat de netto-opbrengsten pas in een nog droger jaar (neerslagtekort —250 en —191 mm) ongunstig worden beïnvloed, dan komt men tot een gemiddelde bruto-opbrengstderving per jaar van *f* 50,—/ha. Dit bedrag maakt uiteraard generlei aanspraak op nauwkeurigheid; het beoogt slechts de orde van grootte weer te geven.

Uit de volgende berekeningswijze volgt tevens dat men, om deze bruto-opbrengstderving te voorkómen, in een 48-jarige periode acht maal tot maatregelen zou moeten overgaan; gemiddeld is dit één maal per zes jaren. Dat ook dit getal maar een ruwe benadering is, zal voor zichzelf spreken.

Tabel 45. Berekening van de in een 48-jarige periode op komkleigrasland te verwachten bruto-opbrengstderving ten gevolge van neerslagtekort
Table 45. Calculation of the gross-yield lack caused by a precipitation deficit to be expected on basin-clay grassland in a 48-year period

Neerslagtekort in mm in het zomerhalfjaar[1] *Precipitation deficit in mm in the summer halfyear*[1]	-370 — -311	-310 — -251	-250 — -191	-190 — -131
Aantal jaren (in een periode van 48 jaar) *Number of years (in a period of 48 years)*	2	1	5	19
Jaren van onderzoek *Years of investigation*	1959	—	—	1955 1957
Zomeropbrengst in kg ds/a (derde t/m vijfde snede bij waterstanden van 95 en 140 cm en een N-gift van 70 kg/ha/jaar) in de jaren van onderzoek *Summer yield in kg dry matter/are (third, fourth and fifth cut with water levels of 95 and 140 cm and an N-dressing of 70 kg/ha/annum) in the years of investigation*	22	27[2]	32[2]	37

Neerslagtekort in mm in het zomerhalfjaar[1] *Precipitation deficit in mm in the summer halfyear*[1]	-370—-311	-310—-251	-250—-191	-190—-131
Bruto opbrengstderving[3] in kg ds/a in de jaren van onderzoek *Gross-yield lack*[3] *in kg dry matter/are in the years of investigation*	32	27[2]	22[2]	17
Waarde in guldens van een kg ds in de jaren van onderzoek *Value in guilders of one kg dry matter in the years of investigation*	0,18	0,12[2]	0,09[2]	0,07
Bruto-opbrengstderving in guldens/ha in de jaren van onderzoek *Gross-yield lack in guilders/ha in the years of investigation*	576,—	324,—[2]	198,—[2]	119,—
Tijdens een 48-jarige periode te verwachten bruto-opbrengstderving in guldens/ha *Gross-yield lack to be expected during a 48-years' period (in guilders/ha)*	1152,—	324,—[2]	990,—[2]	2261,—
Tijdens een 48-jarige periode te verwachten totale bruto-opbrengstderving in guldens/ha *Total gross-yield lack to be expected in a 48-years' period (in guilders/ha)*		4727,—		
Idem gemiddeld per jaar en afgerond *The same expressed as an annual mean and rounded off*		100,—		
Tijdens een 48-jarige periode in jaren met een belangrijk neerslagtekort (van —370 tot —191 mm) te verwachten totale bruto-opbrengstderving in guldens/ha *Total gross-yield lack during a 48 years' period (in guilders/ha) to be expected in years with a considerable precipitation deficit (from —370 to —191 mm)*		2466,—		
Idem gemiddeld per jaar en afgerond *The same expressed as an annual mean and rounded off*		50,—		

[1] Vgl. tabel 3 *[1] Cf. table 3*
[2] Door interpolatie verkregen *[2] Figure obtained by interpolation*
[3] Verschil tussen de gemiddelde zomeropbrengst in de jaren 1954, 1956 en 1958 (54 kg ds/a) en de zomeropbrengst in het jaar in kwestie
[3] Difference between the mean summer yield in the years 1954, 1956 and 1958 (54 kg dry matter/are) and the summer yield in the year concerned

2. Maatregelen om bruto-opbrengstdepressies in perioden van droogte te voorkomen

Bruto-opbrengstderving op diep ontwaterd komkleigrasland tijdens droge perioden kan men in principe op verschillende manieren trachten te voorkómen. Daar verondersteld mag worden (hoofdstuk V: 1.*1*.) dat de gevoeligheid van blijvend grasland voor droogte verband houdt met de bewortelingsdiepte, kan men in de eerste plaats denken aan een vervanging van blijvend grasland door kunstweiden. Gezien de structuur van vele komkleibedrijven zou dit systeem niet tot wisselbouw, doch eerder tot periodieke herinzaai leiden. Voorts kan natuurlijk aan wateraanvoer worden gedacht. Achtereenvolgens zullen daartoe eveneens enige beschouwingen worden gewijd aan de infiltratie, de beregening en de bevloeiing.

2.*1*. *Periodieke herinzaai*

Gegevens over de bruto-opbrengsten van heringezaaid komkleigrasland in vergelijking met die van het diep ontwaterde blijvend grasland van het grondwaterstandsproefveld worden vermeld door WOLDRING en KRIST (1960). Heringezaaid komkleigrasland blijkt gemiddeld over een zesjarige periode een iets lagere opbrengst te geven dan oud grasland. In jaren met natte zomers is de zomeropbrengst van ingezaaid komkleigrasland lager dan die van oud grasland. In jaren met droge zomers daarentegen geeft het ingezaaide grasland een hogere bruto-opbrengst; niettemin daalde in het droge jaar 1959 ook op het ingezaaide grasland, dat in dit geval drie tot vijf jaar oud was, de opbrengst zeer sterk. Ook éénjarig, diep ontwaterd grasland vertoont, naar in 1957 op het grondwaterstandsproefveld is gebleken (hoofdstuk IV: 1.*3*.), in droge perioden nog een zeer duidelijke opbrengstdepressie. Het heeft dus weinig zin de oplossing van het droogteschadeprobleem bij diepe ontwatering te zoeken in een systeem van periodieke herinzaai. Hier komt nog bij, dat inzaai van grasland op komgrond in droge jaren niet zonder risico's verloopt, terwijl ook de kosten niet gering zijn.

De kosten kunnen geschat worden op minimaal *f* 130,— voor graszaad + *f* 200,— voor grondbewerking = *f* 330,— per ha. Bij een levensduur van b.v. zeven jaar zouden de kosten van herinzaai dus ongeveer gelijk worden aan de in tabel 45 becijferde bruto-opbrengstderving; herinzaai kan deze opbrengstderving echter maar zeer ten dele voorkomen.

2.*2*. *Infiltratie*

Over het effect van infiltratie — het tijdens de zomermaanden verhogen van de grondwaterstand — kan men zich een oordeel vormen aan de hand van de in hoofstuk VII: 1.*1*. en de in de tabellen 40, 41 en 42 vermelde gegevens van het grondwaterstandsproefveld in de jaren 1954 tot en met 1957; deze zullen ook hier worden aangevuld met de inmiddels bekend geworden resultaten van de jaren 1958 en 1959. Op het desbetreffende gedeelte van het proefveld varieerden, zoals in het voorafgaande is besproken, de wintergrondwaterstanden, doch

in de periode van ongeveer begin mei tot omstreeks half augustus werd de waterstand tot circa 40 cm verhoogd. Eén veldje behield het gehele jaar door een diepe waterstand (140 cm) en een ander veldje een hoge waterstand (40 cm). De juiste data, waarop bij de eerstgenoemde veldjes de waterstanden wisselden, zijn in hoofdstuk VII vermeld.

2.2.1. Het effect van infiltratie op de gemiddelde opbrengsten aan droge stof en ruw eiwit

Een globale samenvatting van de gedurende de jaren van onderzoek verkregen resultaten is in tabel 46 opgenomen; de aldaar vermelde cijfers, die op de jaaropbrengsten betrekking hebben, werden op dezelfde wijze samengesteld als de overeenkomstige gegevens van tabel 44. Men zie hiervoor de toelichting op laatstgenoemde tabel op blz. 128 in hoofdstuk VIII: 2.4. Een deel van de afzonderlijke gegevens was reeds opgenomen in tabel 40 en besproken in hoofdstuk VII: 1.1.

Tabel 46. Gemiddelde relatieve jaaropbrengsten aan droge stof en ruw eiwit van komkleigrasland in de jaren 1954 t/m 1959 (bij verschillende stikstofbemestingen) en in de jaren 1954 t/m 1957 (bij gelijke stikstofbemestingen)

Table 46. Average relative annual yields of dry matter and crude protein of basin-clay grassland in the years 1954 until 1960 (with different amounts of nitrogen) and in the years 1954 until 1958 (with uniform amounts of nitrogen)

Zomerwaterstand (cm) *Summer water level (cm)*		40	40	140	100 =
Winterwaterstand (cm) *Winter water level (cm)*		40	65 95 140	140	
Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	1954 t/m 1959 *1954 until 1960*	101	100	100	100,2 kg ds/a *kg dry matter/are*
Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*		95	91	100	17,9 kg re/a *kg crude protein /are*
Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	1954 t/m 1957 *1954 until 1958*	95	95	100	92,3 kg ds/a *kg dry matter/are*
Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*		91	85	100	15,6 kg re/a *kg crude protein/are*

De cijfers van tabel 46 leren, dat gemiddeld over een zesjarige periode de combinatie hoge zomergrondwaterstand—lage wintergrondwaterstand, wat droge-stofopbrengst betreft, de constant hoge en de constant lage grondwaterstanden niet veel ontloopt. Wat de gemiddelde ruw-eiwitopbrengsten betreft is de wisselende grondwaterstand echter beduidend slechter. Uit een oogpunt van bruto-jaaropbrengsten treden dus over een langere periode bezien geen duidelijke voordelen van het infiltratiesysteem aan de dag; eerder is het tegendeel het geval.

Ten aanzien van de bij constante waterstanden verkregen opbrengsten be-

vestigen de cijfers van tabel 46 zowel voor de zesjarige als voor de vierjarige periode die van tabel 44.

Een indruk over het gemiddelde effect van verhoogde zomergrondwaterstanden op de grasgroei in de zomer is uit tabel 47 te verkrijgen. Deze tabel is op dezelfde wijze samengesteld als de vorige; de opbrengstcijfers hebben nu echter maar op een deel van het groeiseizoen betrekking. Een gedeelte van het in tabel 47 verwerkte materiaal was ook reeds opgenomen in tabel 42 op blz. 115.

Tabel 47. Gemiddelde relatieve zomeropbrengsten (derde t/m vijfde snede) aan droge stof en ruw eiwit van komkleigrasland in de jaren 1954 t/m 1959 (bij verschillende stikstofbemestingen) en in de jaren 1954 t/m 1957 (bij gelijke stikstofbemestingen)

Table 47. Average relative summer yields (third, fourth and fifth cut) of dry matter and crude protein of basin-clay grassland in the years 1954 until 1960 (with different amounts of nitrogen) and in the years 1954 until 1958 (with uniform amounts of nitrogen)

Zomerwaterstand (cm) *Summer water level (cm)*		40	40	140	100 =
Winterwaterstand (cm) *Winter water level (cm)*		40	65 95 140	140	
Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	1954 t/m 1959 *1954 until 1960*	111	108	100	48,5 kg ds/a *kg dry matter/are*
Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*		100	95	100	9,4 kg re/a *kg crude protein/are*
Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	1954 t/m 1957 *1954 until 1958*	98	98	100	45,1 kg ds/a *kg dry matter/are*
Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*		88	83	100	8,3 kg re/a *kg crude protein/are*

Over een zesjarige periode bekeken heeft in de zomer de combinatie hoge zomergrondwaterstand - lage wintergrondwaterstand belangrijk hogere bruto-droge-stofopbrengsten geleverd dan een constant lage grondwaterstand. De constant hoge grondwaterstand gaat echter, evenals bij de jaaropbrengsten (tabel 46), ook hier voorop. In de vierjarige periode, waarin het zeer droge jaar 1959 niet voorkomt, zijn de verschillen minder duidelijk.

Ook in de zomerperiode is de ruw-eiwitopbrengst, bij wisselende grondwaterstanden verkregen, duidelijk lager dan die welke bij de constante grondwaterstanden werd behaald.

Wat het vóórkomen, door waterstandsverhoging, van groeistagnatie in droge perioden betreft, kan verwezen worden naar de reeds eerder besproken tabel 42; hierin zijn o.a. de bruto-droge-stofopbrengsten van de periode juni tot en met september (derde t/m vijfde snede) van de min of meer droge jaren 1955 en 1957 opgenomen. Uit de tabel valt op te maken, dat bij een grondwaterstand van omstreeks 40 cm in de zomer en dezelfde of lagere grondwaterstanden gedurende de rest van het jaar, groeistagnatie in droogteperioden geen ernstige omvang meer aanneemt. Ook uit de overeenkomstige, hier niet vermelde

gegevens van 1959 blijkt, dat een tijdelijke verhoging van de grondwaterstand in de zomerperiode een grasgroei tot gevolg heeft, die vergelijkbaar is met de groei, verkregen bij een even hoge, constante grondwaterstand.

Bovenstaande uitkomsten samenvattend kan dus worden geconstateerd dat, wat de grasgroei in de zomer betreft, gedurende enige maanden verhoogde grondwaterstanden, gemiddeld ongeveer eenzelfde effect uitoefenen als een even hoge, constante grondwaterstand, doch dat er in dit opzicht zeker geen voordelen voor het infiltratiesysteem aan het licht komen.

Tabel 48. Gemiddelde relatieve voorjaarsopbrengsten (eerste snede) aan droge stof en ruw eiwit van komkleigrasland in de jaren 1954 t/m 1959 (bij verschillende stikstofbemestingen) en in de jaren 1954 t/m 1957 (bij gelijke stikstofbemestingen)

Table 48. Average relative spring yields (first cut) of dry matter and crude protein of basin-clay grassland in the years 1954 until 1960 (with different amounts of nitrogen) and in the years 1954 until 1958 (with uniform amounts of nitrogen)

Zomerwaterstand (cm) *Summer water level (cm)*		40	40	140	100 =
Winterwaterstand (cm) *Winter water level (cm)*		40	65 95 140	140	
Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	1954 t/m 1959 *1954 until 1960*	84	82	100	26,8 kg ds/a *kg dry matter/are*
Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*		80	76	100	5,0 kg re/a *kg crude protein/are*
Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	1954 t/m 1957 *1954 until 1958*	91	84	100	23,9 kg ds/a *kg dry matter/are*
Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*		88	76	100	4,2 kg re/a *kg crude protein/are*

Over de gevolgen van infiltratie in de zomerperiode voor de grasgroei in het daaropvolgende voorjaar geeft tabel 48, die eveneens op dezelfde wijze als de vorige is samengesteld, een indruk. Men zie in dit verband ook de reeds eerder behandelde tabel 41 op blz. 113.

Uit de gegevens van tabel 48 blijkt, dat in een meerjarige periode de wisselende grondwaterstand — hoog in de zomermaanden en lager gedurende de rest van het jaar — voor de voorjaarsproduktie van het rivierkleiproefveld slechtere resultaten heeft gehad dan een constant hoge grondwaterstand. In hoofdstuk VII: 1.*1*. werd ook reeds op deze tendens gewezen. Dat de constant lage grondwaterstand de hoogste voorjaarsopbrengsten geeft kan nog samenhangen met de aanwezigheid van beemdvossestaart (zie hoofdstuk VII: 1.2.). De conclusie betreffende het gunstige effect van een constant lage grondwaterstand op de voorjaarsproduktie, is derhalve niet zonder meer overdraagbaar op grasland waar geen beemdvossestaart voorkomt.

Uit een oogpunt van grasgroei in het vroege voorjaar heeft het infiltratie-

systeem dus op de lange duur allerminst voordelen; eerder lijkt het tegendeel het geval te zijn. Het voordeel, dat een tijdelijk hoge grondwaterstand in de zomerperiode ten opzichte van een constant lage waterstand met zich meebrengt (tabel 47) wordt in het voorjaar weer teniet gedaan (tabel 48), zodat over het gehele groeiseizoen gerekend het effect nihil is (tabel 46).

Door middel van het wisselen van de peilen is het dus niet gelukt om de voordelen van constant hoge waterstanden te combineren met de voordelen van constant lage waterstanden met uitsluiting van alle bijbehorende nadelen; enige van de laatste komen bij de combinatie even sterk tot uiting als bij de desbetreffende constante waterstand.

2.2.2. Infiltratie en beweidingsmoeilijkheden

Voor intensief gebruikt komkleigrasland moet overigens nog om andere redenen worden betwijfeld of het op het grondwaterstandsproefveld toegepaste infiltratiesysteem wel aan te raden is. Om het gevaar voor bruto-opbrengstderving te voorkómen dient men in de praktijk ieder voorjaar de grondwaterstand te verhogen; begint men hiermede te laat, dan gelukt het misschien niet meer de grond voldoende te bevochtigen (zie hoofdstuk VII: 1.*1*. op blz. 114), speciaal niet wanneer van diepe wintergrondwaterstanden wordt uitgegaan. Op het proefveld werd, afhankelijk van de weersomstandigheden, met de infiltratie begonnen in de periode eind april — begin mei. In de zes jaren van onderzoek heeft dit in het voorjaar geen moeilijkheden met de beweiding opgeleverd, terwijl droogteschade er in belangrijke mate door voorkómen werd. In de jaren 1954, 1956 en 1957, toen de nazomers erg nat waren, werd echter ook hier van plasvorming en vertrapping hinder ondervonden; eveneens was dit het geval in 1958, toen de waterstanden al weer vroeg in de zomer tot het winterpeil waren verlaagd. Door steeds een goede vochtvoorziening te handhaven, krijgt de grond geen gelegenheid uit te drogen, zodat bij een daaropvolgende periode met veel neerslag weinig waterberging aanwezig is. Zoals in hoofdstuk VII: 1.2. op blz. 116 reeds is medegedeeld heeft dit tot gevolg, dat uit een oogpunt van vóórkomen van beweidingsmoeilijkheden in de nazomer, een tijdelijk hoge grondwaterstand nauwelijks voordelen heeft boven eenzelfde, constant hoge waterstand. Op dit kleigrasland is uitdroging van de grond in de zomer blijkbaar voorwaarde om het land in de nazomer en herfst goed beweidbaar te houden.

Geconcludeerd moet dan ook worden dat, afgezien nog van de praktische verwezenlijking en de eisen van akkerbouwgewassen, een systeem van lage wintergrondwaterstanden en tot omstreeks 40 cm verhoogde waterstanden in de periode mei — augustus, op grond van de optredende beweidingsmoeilijkheden voor intensief gebruikt komkleigrasland niet aanvaardbaar is. Om op dit land infiltratie met voordeel te kunnen toepassen zou een betrouwbare weersvoorspelling op lange termijn noodzakelijk zijn.

2.2.3. Enige beschouwingen over het tijdstip en de kosten van infiltratie

Op het grondwaterstandsproefveld werd in de jaren 1954 t/m 1959 alleen het hierboven en tevens in hoofdstuk VII beschreven systeem van infiltratie

onderzocht; de enige belangrijke wijziging die in de loop der jaren werd aangebracht, was het streven, afhankelijk van de weersgesteldheid, de datum van het wederom instellen van de wintergrondwaterstand zo veel mogelijk te vervroegen. Men kan zich echter afvragen of er geen ander stelsel bestaat, een systeem waarmee groeistagnatie tijdens droog weer even goed kan worden voorkomen, doch waaruit minder moeilijkheden voor de beweiding voortkomen. Dit stelsel zou of wel kunnen bestaan uit een lagere zomergrondwaterstand, of wel uit een nog vroegere instelling van het winterpeil.

Wat een lagere zomergrondwaterstand betreft, zou men aan 50 of 55 cm kunnen denken; 65 cm is namelijk, naar in de diverse droogteperioden, maar vooral in 1959 is gebleken, reeds te laag om bruto-opbrengstdervingen in belangrijke mate te voorkómen. De kans, dat er in het traject van 40 tot 65 cm een grondwaterstand te vinden is, die enerzijds de watervoorziening van het gras in voldoende mate waarborgt en anderzijds zo laag is, dat na regenval niet spoedig plasvorming en vertrapping optreedt, lijkt evenwel niet groot.

Wat betreft het eerder verlagen van het hoge zomerpeil dient men zich de vraag te stellen, hoe groot in verschillende perioden van het jaar de kans op watergebrek en daarmede op groeistagnatie is.

Deze kans werd voor de Tielerwaard berekend door MAKKINK (1959); hij ging uit van de gemiddelde regenval van Gemert en De Bilt en van de, volgens een empirische formule (MAKKINK, 1957c) berekende potentiële evapotranspiratie te Wageningen in de maanden april tot en met september van de jaren 1931 t/m 1957. Deze berekening, uitgebreid tot en met de zomer van 1959, voert tot een resultaat dat gedeeltelijk in figuur 13 is afgebeeld.

In de formule is gebruik gemaakt van gewasfactoren (grootheden, waarin de lengte van het gras tot uiting komt) 1,10 (april en september) en 1,15 (mei tot en met augustus).

Men ziet uit figuur 13 dat de kansen op een neerslagtekort groter dan 50 mm het grootst zijn in de maand juni en ook in mei en juli zeker niet te verwaar-

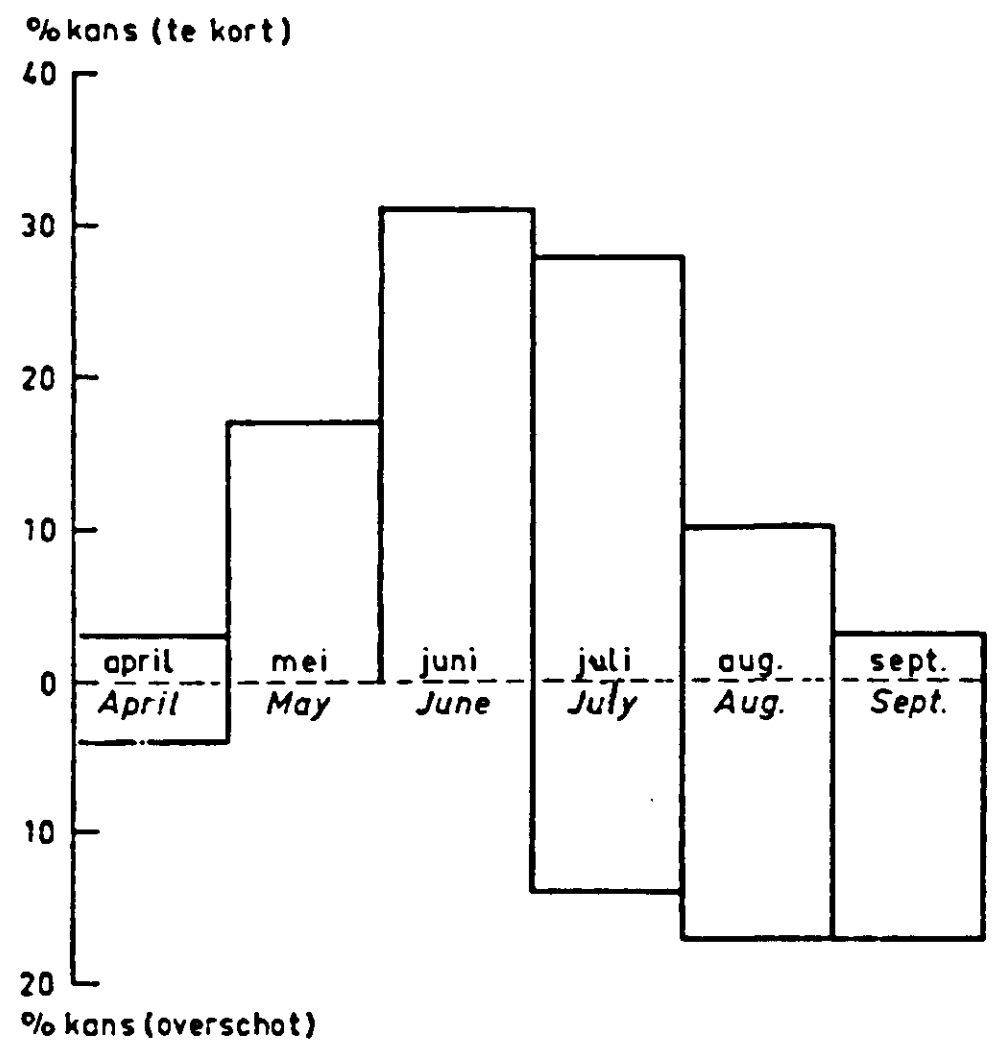


FIG. 13. Procent kans op een neeslagtekort resp. neerslagoverschot, groter dan 50 mm, in de verschillende maanden van het groeiseizoen
Per cent of probability (kans), for each of the months of the growing season, of a precipitation deficit (tekort) or surplus (overschot) over 50 mm

lozen zijn. In augustus en september nemen de kansen op een neerslagtekort snel af. Hetzelfde geldt voor het gemiddelde neerslagtekort (vgl. tabel 2 op blz. 18). Daarentegen nemen in laatstgenoemde maanden zowel de kansen op een neerslagoverschot (figuur 13), als de kansen op zware regenbuien toe (zie ook VAN HOORN, 1960, aldaar tabel 31).

Op het waterstandsproefveld werd in de nazomer hinder van plasvorming en vertrapping ondervonden, wanneer de zomerpeilen pas verlaagd werden in de periode eind juli — begin september. Door b.v. eind juni al op winterpeil over te gaan zou dit euvel misschien voorkomen kunnen worden. Gezien het kanspercentage op een neerslagtekort van meer dan 50 mm in juli en ook in augustus, is het dan echter zeer onwaarschijnlijk, dat op deze wijze de groeistagnatie nog afdoende bestreden zou kunnen worden. De reservevoorraad water, die door infiltratie in stand kan worden gehouden, is in droge tijden namelijk betrekkelijk klein (vgl. b.v. tabel 17 op blz. 46).

Behalve het instellen van zomer- en winterpeilen op min of meer vaste data zou men ook nog een systeem kunnen toepassen, waarbij de grondwaterstand afhankelijk is van het weer, nl. hoog in perioden met een neerslagtekort en laag in perioden met een neerslagoverschot. Dit systeem, dat in grotere eenheden (polders) zeker niet gemakkelijk uitvoerbaar zou zijn, leidt op kleigrond bovendien nog om twee andere redenen schipbreuk. In de eerste plaats vanwege de moeilijkheden om bij invallende droogte de grond tijdig van water te voorzien en in de tweede plaats vanwege het feit dat het, wil men tijdens nat weer vertrapping voorkomen, niet afdoende is de grondwaterstand terstond te verlagen, doch dat het gewenst geweest zou zijn dit reeds geruime tijd tevoren te doen.

Overziet men deze situatie, dan komt men dus tot de gevolgtrekking, dat het op intensief gebruikt komkleigrasland ook door middel van infiltratie niet mogelijk is een toestand van ideale waterhuishouding te bereiken. De indruk bestaat, dat ook deze conclusie niet alleen tot het *kom*kleigrasland beperkt zal zijn.

Infiltratie van komkleigrasland stuit op dezelfde, zo niet op nog meer moeilijkheden, als die waarmee men bij het handhaven van een permanent hoog grondwaterniveau in droge perioden te kampen heeft. Hoewel er gunstige uitzonderingen te vinden zijn, moet de praktische uitvoerbaarheid in het algemeen vrij slecht worden geacht. Het infiltratiesysteem biedt voor het komkleigrasland om deze redenen dan ook slechts geringe perpectieven.

De kosten van infiltratie zullen verschillend uitvallen. Het maakt nl. een groot verschil of de investering voor het veelal benodigde drainagesysteem, die op ongeveer *f* 1000,— per ha kan worden geschat, aan de infiltratie of aan de ontwatering ten laste wordt gelegd. Overigens worden de investeringskosten voor infiltratie bepaald door de stuwen, die nodig zijn om het slootwater op de gewenste hoogte in te stellen, door noodzakelijke voorzieningen aan bestaande gemalen of door het stichten van nieuwe gemalen, en door het uit een verruiming van te kleine waterleidingen voortvloeiende grondverzet. Zeer globaal zijn deze posten te ramen op een bedrag van *f* 500,— per ha. Stelt men ren-

te, afschrijving en onderhoud op 10% van de investeringskosten, dan komt men, wanneer de drainagekosten meegeteld worden, op een jaarlijks bedrag van *f* 150,— per ha. De kosten van infiltratie mogen dus niet worden onderschat.

2.2.4. Terugblik op de in hoofdstuk VIII: 1.2. besproken meningen over de gewenste ontwateringsdiepte van komkleigrasland

Bij de inzichten over de meest gewenste ontwateringsdiepte van komkleigrasland of van kleigrasland in het algemeen, die ten dele in hoofdstuk I en overigens in hoofdstuk VIII: 1.2. werden besproken, speelde infiltratie in een of andere vorm een belangrijke rol. Deze inzichten zullen thans nog even in het kort worden getoetst aan de resultaten van de eigen onderzoekingen. Het eigen onderzoek had alleen op intensief gebruikt komkleigrasland betrekking; een deel van de resultaten is echter ook voor anders gebruikt grasland toe te passen. In aansluiting op hetgeen in hoofdstuk VIII: 3. reeds over deze kwestie werd gezegd, zullen ten slotte op deze plaats nog enige opmerkingen over de gewenste grondwaterstanden voor extensief geëxploiteerd komkleigrasland worden gemaakt.

De in de leerboeken vermelde mening van de praktijk (KRAMER en DE GROOT, 1952; CNOSSEN, 1951) benadert, wanneer althans over intensief geëxploiteerd grasland wordt gesproken, het in het voorgaande uiteengezette standpunt vrij dicht. Een punt van verschil is nog, dat genoemde auteurs zomergrondwaterstanden in het traject 60—100 cm aanbevelen, terwijl uit de resultaten van het eigen onderzoek een voorkeur voor zomergrondwaterstanden valt op te maken, die aanmerkelijk dieper dan 60 cm zijn. Voor extensief gebruikt komkleigrasland zal daarentegen aan hogere grondwaterstanden de voorkeur moeten worden gegeven, dan voornoemde auteurs in het algemeen aanraden. Plasvorming en vertrapping zijn hier immers weinig te duchten, terwijl men in droogteperioden het gevaar voor een achteruitgang van de kwaliteit van de grasmat wel degelijk onder ogen moet zien. Of de combinatie hoge zomergrondwaterstand—lage wintergrondwaterstand voordelen biedt ten opzichte van een constant hoge grondwaterstand moet echter, speciaal in het geval van zeer lage wintergrondwaterstanden, worden betwijfeld. Op het intensief geëxploiteerde grondwaterstandsproefveld zijn dergelijke voordelen althans niet tot uiting gekomen.

Gezien het feit, dat de opbrengstcijfers van het proefveld in dit opzicht niet erg regelmatig waren, werden tot dusverre alleen gemiddelde resultaten vermeld, die op drie winterwaterstanden (65, 95 en 140 cm) betrekking hadden. Middelt men echter alleen over de jaren, dan verkrijgt men voor de voorjaarsopbrengst (eerste snede) het volgende, in tabel 49 weergegeven beeld.

De gegevens van tabel 49 bevatten de tendens, dat de voorjaarsopbrengsten gemiddeld op een lager niveau liggen, naarmate (bij een hoge zomergrondwaterstand) de winterwaterstanden lager zijn. In hoofdstuk VII: 1.*1*. en ook sub 2.2.1. werd reeds op een dergelijk verschijnsel gewezen, maar een verklaring daarvoor kon niet worden genoemd; zelfs werd nog even aan een onregelmatig-

Tabel 49. Gemiddelde relatieve droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van de eerste snede van komkleigrasland in de jaren 1954 t/m 1959 bij verschillende combinaties van grondwaterstanden en gelijke stikstofbemestingen

Table 49. Average relative spring yields (first cut) of dry matter and crude protein of basin-clay grassland in the years 1954 until 1960 with different combinations of groundwater levels and uniform amounts of nitrogen

Zomerwaterstand (cm) *Summer water level (cm)*	40	40	40	40	140	100=
Winterwaterstand (cm) *Winter water level (cm)*	40	65	95	140	140	
Droge-stofopbrengst *Dry-matter yield*	90	90	83	81	100	24,5 kg ds/a *kg dry matter/are*
Ruw-eiwitopbrengst *Crude-protein yield*	84	85	75	69	100	4,4 kg re/a *kg crude protein/are*

heid van het proefveld gedacht. Reeds eerder is evenwel in het licht gesteld dat, in tegenstelling tot hetgeen nog vrij algemeen wordt aanvaard, lage wintergrondwaterstanden voor grasland niet gunstig zouden zijn. Ook uit de z.g. isocarpen, die door VISSER (1958) uit een landelijk onderzoek werden samengesteld blijkt nl., dat een toenemende diepte van de winterwaterstand kan resulteren in een grotere opbrengstdepressie.

De eerder in dit hoofdstuk gemaakte opmerkingen raken ook de mening van VAN DIEPEN (1952), voor zover deze op intensief gebruikt komkleigrasland betrekking heeft. Daar VAN DIEPEN geen cijfers noemt, is echter moeilijk na te gaan, welke situatie hij zich precies voor ogen stelt. Zijn uitspraak over de geringe bezwaren, die een hoge grondwaterstand in de zomermaanden voor akkerbouwgewassen met zich meebrengt, wordt door de besproken meerjarige proefveldresultaten evenmin ondersteund. Voor extensief gebruikt grasland is de mening van VAN DIEPEN echter wel aanvaardbaar; ditzelfde geldt ook voor de reeds jaren geleden gedane uitspraak van PONS (1949; zie hoofdstuk I). De even oude uitspraak van VISSER (1949; zie eveneens hoofdstuk I) daarentegen wordt, voor zover het intensief gebruikt komkleigrasland betreft, geheel door de resultaten van het grondwaterstandsproefveld gesteund; de argumenten die VISSER voor zijn conclusie gebruikte, verschillen echter aanmerkelijk van die, welke bij de analyse en de synthese van de resultaten van genoemd proefveld werden gebruikt.

Het in hoofdstuk VIII: 1.2. eveneens besproken standpunt van SONNEVELD (1958) lijkt, na alles wat reeds over deze kwestie is opgemerkt, voor extensief gebruikt komkleigrasland in het algemeen zeer wel aanvaardbaar. Voor akkerbouwgewassen zijn de door SONNEVELD genoemde standen echter in het algemeen niet geschikt, evenmin als voor intensief gebruikt grasland. In betrekkelijk droge jaren en in gebieden, waar de grondwaterstand geen nauwe samenhang met de slootwaterstand vertoont, biedt hetgeen door hem wordt aanbevolen echter interessante perspectieven, omdat onder die omstandigheden alleen vroeg in het voorjaar hoge grondwaterstanden worden bereikt.

Dit laatste punt lijkt belangrijk genoeg om er in de toekomst nader onderzoek aan te wijden; het tot dusverre uitgevoerde eigen onderzoek kan hieromtrent namelijk geen inlichtingen verschaffen. Nagegaan zou dan dienen te worden, of hoge grondwaterstanden in de winter (b.v. november tot en met maart), zoals deze thans in de praktijk ook veelvuldig voorkomen (hoofdstuk VIII: 1.*1*.), bij geleidelijke daling (onder invloed van de evapotranspiratie) in de periode april—mei enerzijds groeistagnatie bij droogte kunnen verminderen en een hoge bruto-jaaropbrengst met zich mee brengen, en anderzijds toch geen of weinig plasvorming en vertrapping in de nazomer tot gevolg zullen hebben.

In dit hoofdstuk werd sub 2.2.3. de mening uitgesproken, dat het voor intensief gebruikt komkleigrasland in de regel niet mogelijk zou zijn een systeem van infiltratie na te volgen, waarbij de bezwaren van droogte in belangrijke mate konden worden opgeheven, zonder dat ter zelfder tijd het risico van wateroverlast bij omslag van het weer aanmerkelijk zou stijgen. Mits de grondwaterstand in de zomer voldoende ver kan dalen, lijken de gevaren van beweidingsmoeilijkheden bij het hierboven geschetste systeem in elk geval gering te zijn. Hoge grondwaterstanden in de winter zijn waarschijnlijk op zichzelf niet schadelijk; de mogelijkheid is dan ook aanwezig dat het onderhavige systeem in bepaalde gevallen aanbeveling zou kunnen verdienen. Misschien zou het zelfs nog wel zin hebben om te trachten de natuurlijke daling van de grondwaterstand in het voorjaar enige tijd te vertragen. Voor een radicale oplossing van het droogteprobleem zijn echter andere maatregelen nodig. Hierover wordt hierna sub 2.*3*. gesproken.

2.*3*. *Beregening en bevloeiing*

Dat op komkleigrasland een ideale watervoorziening met behulp van maatregelen op het gebied van de grondwaterstandsregeling niet altijd te bereiken is heeft verschillende oorzaken:

1. De in vergelijking tot graangewassen zeer oppervlakkige wortelontwikkeling van blijvend grasland (hoofdstuk V: 1. en V: 1.2.).
2. Het bij uitdrogen van de grond sterk afnemende capillaire geleidingsvermogen (hoofdstuk V: 1.2.).
3. Het feit, dat bij een tijdelijke verhoging van de grondwaterstand de watervoorziening van het grasland aanvankelijk minder goed is, dan wanneer de grondwaterstand permanent op een hoog niveau wordt gehouden (hoofdstuk VII: 1.*1*.).
4. De wisselvalligheid van het weer (hoofdstuk III: 1.).
5. De praktische moeilijkheden die zich voordoen bij het streven naar een hoge grondwaterstand in droge perioden (hoofdstuk VIII: 2.2.).
6. Het feit, dat bij plotselinge verlaging van de grondwaterstand het vochtgehalte van de grond slechts tot veldcapaciteit kan worden teruggebracht, en de gevoeligheid voor plasvorming en vertrapping van intensief beweid komkleigrasland bij deze vochttoestand (hoofdstuk VI: 1.*3*.).

Pogingen, op het bovengenoemde terrein verbeteringen aan te brengen, bieden nog maar weinig vooruitzichten, zodat het meer zin heeft de oplossing van het droogterisicoprobleem van het komkleigrasland te zoeken bij maatregelen als beregening en bevloeiing, waarbij het water van boven wordt toegediend, en de in de punten 1, 2, 3 en 5 genoemde bezwaren geen rol meer spelen. Als voordeel van beregening en bevloeiing boven infiltratie kan nog worden genoemd de snelle uitvoerbaarheid, zodat men de maatregelen kan uitstellen tot het werkelijk nodig is en tot een moment dat er geen vee in de weide is; tevens wordt hierdoor bij weersomslag een betere spreiding van de risico's bereikt en

kan men eventueel aanwezige akkerbouwgewassen ontzien. De bezwaren, hierboven onder 4 en 6 genoemd, zullen namelijk ook bij deze wijzen van watervoorziening, waarbij de zodelaag vochtiger wordt gemaakt dan bij infiltratie mogelijk is, blijven bestaan.

Beregenen op zandgronden geldt algemeen als een kapitaals- en arbeidsintensieve maatregel (BAARS et al., 1956). In het komgrondengebied zullen kosten zowel als arbeid meevallen; enerzijds omdat bij aanwezigheid van watervoerende sloten dure bronnen overbodig zijn, anderzijds omdat de maatregelen slechts weinig jaren (zie ook sub 1. op blz. 138) en dan ook nog weinig keren per jaar behoeven te worden toegepast. Mede gezien het goede vochthoudend vermogen van de komgrond zal men hoeveelheden van 50 à 100 mm in één keer kunnen geven, terwijl het tijdstip waarop dit moet geschieden in een droge periode valt, waarin overige werkzaamheden (b.v. hooibouw en oogst van akkerbouwgewassen) bijzonder vlot verlopen. Bevloeien, dat minder uren vraagt dan beregenen (zie tabel 50) stelt nog minder eisen aan de beschikbare arbeid.

Voor beide maatregelen is het uitgangspunt een diepe grondwaterstand. Hoewel men in droge perioden in het algemeen het water in de sloten wel iets op kan zetten, zonder dat een belangrijke grondwaterstandsverhoging hiervan het gevolg is, zullen de sloten toch meestal wat dieper moeten zijn dan uit een oogpunt van ontwatering en drinkwatervoorziening voor het vee strikt noodzakelijk is en zal meer water ingelaten moeten worden. De orde van grootte van de hiervoor benodigde investeringen kan op *f* 500,— per ha worden geschat, de jaarlijkse kosten op *f* 50,— per ha; deze bedragen zijn even hoog als sub 2.2.3. voor infiltratie zonder drainagesysteem werd geraamd.

Bij beregening speelt de ligging van het land (vlak, hol, ronde akkers met greppels) geen belangrijke rol; bij bevloeiing is dit wel het geval en kan het waterverbruik ook om deze reden zeer hoog zijn. Naarmate een perceel ongelijkmatiger ligt zal men namelijk, om ook de hogere delen van water te kunnen voorzien, per eenheid van oppervlakte een grotere hoeveelheid water moeten oppompen.

Beregenen is voor loonwerkers minder aantrekkelijk dan het onder water pompen van een perceel. Voor dit laatste worden wel prijzen van *f* 50,— tot *f* 75,— per ha per keer berekend.

Voor een denkbeeldig bedrijf met 10 ha grasland is in tabel 50 een globale begroting opgesteld van de kosten die het beregenen of bevloeien met zich meebrengt.

In beide gevallen is erop gerekend, dat de benodigde pomp door een 20 pk trekker kan worden aangedreven en dat er voortdurend één man bij het werk aanwezig is; de kosten van een trekkeruur (inclusief genoemde man) zijn op *f* 4,— geraamd. Voorts is aangenomen, dat er in een 48-jarige periode twaalf maal beregend of bevloeid zal moeten worden of gemiddeld één maal per vier jaar. Sub 1. werd weliswaar gesteld dat er in een 48-jarige periode acht maal maatregelen genomen zouden moeten worden, maar in een buitengewoon droog jaar als 1959 zal het wellicht twee maal worden uitgevoerd, terwijl het ook niet helemaal uitgesloten is dat men, omdat de duur van een droogteperiode

Tabel 50. Globale berekening van de kosten van beregening en bevloeiing op een bedrijf met 10 ha komkleigrasland
Table 50. Rough calculation of cost of overhead and surface irrigation for a farm with 10 ha of basin-clay grassland

	Beregening *Overhead irrigation*	Bevloeiing *Surface irrigation*
Technische gegevens *Technical data*		
Installatie *Installation*	Hoge-drukpomp met leiding en sproeiers *High pressure pump with pipes and sprinklers*	Lage-drukpomp met zuig- en persbuis *Low pressure pump with suction- and discharge-pipe*
Capaciteit *Capacity*	35 m³/uur *35 m³/h*	200 m³/uur *200 m³/h*
Te geven hoeveelheid per perceel per keer *Amount per application per field*	100 mm	200 mm
Aantal uren per ha *Operating hours per ha*	30	10
Afschrijving *Depreciation*	pomp: 20 jaar leiding enz: 10 jaar *pump: 20 years pipes etc.: 10 years*	pomp met toebehoren: 20 jaar *pump with accessories: 20 years*
Kosten *Cost*		
Aanschaffing *Purchase* pomp – *pump*	*f* 2000,–	*f* 1300,–
toebehoren – *accessories*	*f* 1500,–	
Rente (5%) en afschrijving *Interest (5%) and depreciation*	*f* 354,65	*f* 104,26
Vaste lasten per ha per jaar *Standing charges per ha per annum*	*f* 35,–	*f* 10,–
Variabele kosten per ha *Variable cost per ha*	*f* 120,–	*f* 40,–
Idem, gemiddeld per jaar *The same, annual mean*	*f* 30,–	*f* 10,–
Totale kosten per ha en per jaar *Total cost per ha per annum*	*f* 65,–	*f* 20,–

niet te voorspellen is, een keer te vaak water zal geven. Ten slotte is er bij de begroting van uit gegaan, dat het benodigde water aan de sloten kan worden onttrokken.

Uit de in tabel 50 weergegeven begroting blijkt, dat bevloeien hier aanzienlijk minder duur is dan beregenen; enerzijds wordt dit veroorzaakt door de lagere aanschaffingskosten, anderzijds door het feit, dat bevloeiing als gevolg van de

grotere capaciteit minder trekker- en manarbeid vraagt dan beregenen. In het weergegeven voorbeeld werd van een capaciteit van 200 m^3 per uur uitgegaan; deze hoeveelheid stelt vrij zware eisen aan het profiel van de toevoersloten en zal niet steeds kunnen worden behaald. Hoewel bij een geringere capaciteit de variabele kosten meer stijgen dan de vaste lasten dalen, zal toch in vele gevallen bevloeien goedkoper zijn dan beregenen.

In hoofdstuk IX: 1. werd het nadeel van de bruto-opbrengstderving zeer globaal becijferd op een bedrag van *f* 50,— per ha per jaar; daarom is te verwachten dat bevloeiing in vele gevallen een goede oplossing zal betekenen voor het droogteprobleem van diep ontwaterd komkleigrasland; de kosten van bevloeien zijn betrekkelijk laag en het systeem vraagt weinig arbeid en materiaal. Voor beregening liggen bij de gevolgde gedachtengang de kansen wat minder gunstig; betreft het echter een bedrijf, waar de beregeningsinstallatie ook nog voor andere doeleinden kan worden benut, b.v. voor de aardbeienteelt, dan is het uiteraard mogelijk dat ook deze wijze van watertoevoer rendabel is. Voor beide systemen moet er in kritieke perioden voldoende water beschikbaar zijn. De kosten van de maatregelen die genomen moeten worden om hierin te voorzien, werden hiervóór globaal geraamd op eveneens *f* 50,— per ha per jaar. Deze kosten liggen echter in tegenstelling tot de zojuist genoemde kosten van bevloeiing en beregening in de publieke sfeer.

Voortbouwend op de in 1947 en 1949 verkregen ervaringen is in de droge zomer van 1959 op vele graslandpercelen in Nederland met allerlei typen bevloeiingspompen geëxperimenteerd, en veelal met succes. Beweidingsmoeilijkheden zijn hierbij in het algemeen niet opgetreden; ditzelfde geldt voor structuurbederf als gevolg van verslemping. Dit laatstgenoemde euvel, dat wel eens als een bezwaar van het bevloeien wordt genoemd, is bij weinig frequente toepassing op humusrijk komkleigrasland overigens nauwelijks te verwachten. Bij aanwezigheid van watervoerende sloten zijn de vooruitzichten in het algemeen dan ook gunstig. Omdat vele weidebedrijven thans over een trekker beschikken, is de toepassing van dit systeem nu gemakkelijker dan in vroeger jaren; ook het aan de markt komen van hulpmiddelen als plastiek slangen opent weer nieuwe perspectieven voor deze wijze van watertoediening. Voor- en nadelen van de bevloeiing moeten echter, en met name op het komkleigrasland, nog aan een nauwkeurig onderzoek worden onderworpen.

X. SAMENVATTING

1. Een groot deel van de Nederlandse bodem wordt ingenomen door blijvend grasland, dat voornamelijk op laag gelegen gronden voorkomt. Voor een intensief gebruik van deze gronden is ontwatering een eerste vereiste. Hoewel er al eeuwen lang werken worden uitgevoerd en in stand gehouden die een verbetering van de waterhuishouding beogen, is de kennis omtrent de meest gewenste ontwateringsdiepte voor blijvend grasland nog beperkt. Ook in het rivierkleigebied is enige jaren geleden dit probleem aan de orde gesteld. Als gevolg hiervan werd in 1953 op komkleigrond een grondwaterstandsproefveld aangelegd. De resultaten die dit proefveld in de jaren 1954 t/m 1957 heeft opgeleverd, worden in deze publikatie besproken. Hiernaast wordt ook aandacht besteed aan de resultaten van het akkerbouwgedeelte van dit proefveld, en aan de resultaten van een grondwaterstandsproefveld voor blijvend grasland op veengrond.

   Bij de beschouwing over de meest gewenste ontwateringsdiepte van komkleigrasland is ook gebruik gemaakt van de in 1958 en 1959 verkregen proefveldresultaten.

2. De eerste onderzoekingen over de betekenis van de grondwaterstand voor de grasgroei dateren reeds van vóór de eerste wereldoorlog. Zowel in Nederland als in Duitsland werd toen gevonden, dat de reactie van de grasgroei op de grondwaterstand in een nat jaar meestal anders was dan in een droog jaar, terwijl ook de botanische samenstelling van de grasmat door de grondwaterstand bleek te worden beïnvloed. Voorts vond men reeds, dat het ruw-eiwitgehalte van het gras afnam bij stijgende grondwaterstand; ook de resultaten van later aangelegde grondwaterstandsproefvelden in Nederland en Engeland wijzen erop, dat de grondwaterstand op één of andere wijze de stikstofhuishouding der gewassen beïnvloedt.

3. De beschrijving van de proefvelden vangt aan met een overzicht van neerslag en verdamping in de jaren van onderzoek. De periode 1954 t/m 1957 blijkt natter te zijn dan normaal; voor het rivierkleiproefveld is de periode 1954 t/m 1959 daarentegen wel representatief voor een langer tijdvak.

   Het rivierkleiproefveld bood de mogelijkheid voor oud blijvend grasland de betekenis te onderzoeken van constante grondwaterstanden (variërende van 25 tot 140 cm beneden maaiveld) en van wisselende grondwaterstanden (40 cm in de zomermaanden en 40 tot 140 cm gedurende de rest van het jaar). Op het akkerbouwgedeelte van het proefveld varieerden de grondwaterstanden van 40 tot 140 cm beneden maaiveld.

   De bodem van het proefveld bestaat uit zware rivierklei, waarvan de bovenste meter slecht doorlatend is; deze kleigrond heeft lage luchtgehalten, terwijl de bovenlaag van het graslandprofiel ca. 25 volumeprocent beschikbaar water kan bevatten.

Op het graslandgedeelte van het proefveld werden bruto-opbrengsten bepaald met behulp van opbrengstkooien. Het gras onder deze kooien werd iedere vijf weken gemaaid, waarbij monsters werden genomen voor drogestofbepaling en chemisch onderzoek. Onder de opbrengstkooien werd kalkammonsalpeter gestrooid naar een hoeveelheid van in totaal 70 kg N/ha/jaar. Na het eerste jaar werden onder een deel van de opbrengstkooien ook andere hoeveelheden stikstof gegeven. Netto-opbrengsten konden alleen voor het proefveld in zijn geheel worden bepaald; deze lagen op een hoog niveau, daar het grasland intensief werd gebruikt. De botanische samenstelling werd drie maal per jaar bepaald door middel van monsteronderzoek. De voornaamste soort is Engels raaigras.

Op het akkerbouwgedeelte van het rivierkleiproefveld werd aanvankelijk één gewas per jaar, later meerdere gewassen naast elkaar verbouwd. Eén keer was hierbij Engels raaigras gezaaid, dat iedere vijf weken werd gemaaid. Ook in deze kunstweide waren stikstoftrappen aangebracht, evenals in sommige van de andere akkerbouwgewassen.

Op het proefveld werd door middel van beheersing van slootpeilen getracht de hiervóór genoemde grondwaterstanden te realiseren; ter controle waren grondwaterstandsbuizen aanwezig, waarin de waterstand periodiek werd opgenomen. De gemeten grondwaterstanden bleken soms vrij belangrijk van de nagestreefde peilen af te wijken; de beoogde verschillen in grondwaterstand werden echter in de regel goed benaderd.

Op het veengraslandproefveld werden drie zomergrondwaterstanden (30, 45 en 60 cm beneden maaiveld) bestudeerd bij één wintergrondwaterstand (70 cm). Het proefveld is aangelegd op oud blijvend grasland. De grond is een bosveengrond met een dunne veraarde bovengrond.

Ook op dit proefveld werden bruto-opbrengsten bepaald met behulp van opbrengstkooien. De eerste jaren was slechts één stikstofniveau aanwezig; in het laatste jaar werden opbrengsten verkregen bij twee stikstoftrappen. De botanische samenstelling van de grasmat werd op dit proefveld één maal per jaar bepaald.

4. De op het proefveld verrichte opbrengstbepalingen leidden tot de volgende conclusies:

   a. *Blijvend grasland op rivierklei*

   Bij afnemende droge-stofopbrengsten stijgt het droge-stofgehalte van het gras. In droge perioden is met toenemende diepte van de grondwaterstand deze stijging wel bijzonder sterk; waarschijnlijk is dit een reactie op vochtgebrek. Met toenemende ontwateringsdiepte neemt het ruw-eiwitgehalte dikwijls toe; speciaal is dit het geval in de nazomer en wanneer veel stikstof is gegeven. De oorzaak van dit verschijnsel zou gezocht kunnen worden bij een beïnvloeding van de stikstofhuishouding door de grondwaterstand. De reactie van de droge-stofopbrengst op de grondwaterstand loopt snede voor snede sterk uiteen en blijkt samen te hangen met neerslag en verdamping in de desbetreffende periode. In droge perioden neemt de opbrengst bij toene-

mende ontwateringsdiepte af, in natte perioden daarentegen neemt de opbrengst toe bij toenemende ontwateringsdiepte. Als oorzaak van dit verschijnsel kan aan de, door de grondwaterstand bepaalde, water- en luchtgehalten van de bovengrond worden gedacht, die op hun beurt de watervoorziening en de stikstofhuishouding zouden beïnvloeden. De reactie van de ruw-eiwitopbrengsten op de grondwaterstand treedt vooral in de nazomer (vierde en vijfde snede) van natte jaren duidelijk aan het licht.

b. Akkerbouwgewassen op rivierklei

Bij de meeste verbouwde akkerbouwgewassen neemt de opbrengst bij toenemende ontwateringsdiepte toe; bij enkele vlinderbloemige gewassen daarentegen is de reactie op de grondwaterstand juist tegengesteld, terwijl ook gewassen besproken worden die niet of nauwelijks reageren.

c. Kunstweide op rivierklei

De op het blijvend grasland gevonden reacties van droge-stofgehalte, ruw-eiwitgehalte, droge-stofopbrengst en ruw-eiwitopbrengst op de grondwaterstand worden in het algemeen bevestigd door de resultaten, die een als maaikunstweide gebruikt gewas Engels raaigras heeft opgeleverd. Wat de droge-stofopbrengsten betreft, gedroeg de kunstweide zich meer als blijvend grasland dan als een graangewas. De reactie van het ruw-eiwitgehalte en de droge-stofopbrengst op de grondwaterstand was afhankelijk van de stikstofbemesting; bij het blijvend grasland werd een overeenkomstige tendens waargenomen.

d. Blijvend grasland op veengrond

Op het veengrasland namen de droge-stofopbrengsten in nagenoeg alle gevallen met toenemende ontwateringsdiepte toe; de ruw-eiwitgehalten van het gras reageerden hier in het algemeen duidelijker dan die van het blijvend grasland op rivierklei.

5. Naast de opbrengstbepalingen werden nog waarnemingen verricht over de beworteling der gewassen; op het rivierkleigraslandproefveld werden af en toe ook vochtbemonsteringen uitgevoerd.

   Blijvend grasland op rivierklei heeft een duidelijk grotere wortelmassa dan kunstweide of akkerbouwgewassen op dezelfde grond; ten gevolge van de mogelijke aanwezigheid van dode wortels is het verschil, betrokken op levend wortelmateriaal, wellicht kleiner. Bij blijvend grasland is relatief het grootste percentage van de wortels in de bovengrond (0—20 cm) geconcentreerd; er zijn geen aanwijzingen, dat door ontwateringsmaatregelen de beworteling belangrijk kan worden verdiept. Gezien de snelle afname van het capillair geleidingsvermogen van de grond bij verlies van vocht, is een aanmerkelijk watertransport naar de wortels alleen mogelijk bij een grondwaterstand die zich dicht onder de intensief bewortelde laag bevindt. De intensief bewortelde zone (0—20 cm) van het rivierkleigrasland kan ruim 25 volumeprocent water tussen de grenzen pF = 2,0 en pF = 4,2 bevatten; in droge perioden blijkt deze zone bij grasland geheel uitgedroogd te zijn, wanneer

het grondwater diep staat. Bij hogere grondwaterstanden is het vochtgehalte daar ook ver gedaald, maar is toch nog een belangrijke hoeveelheid beschikbaar water voorhanden. Voor enige akkerbouwgewassen op rivierkleigrond mag, gezien de diepere beworteling, een aanzienlijk grotere hoeveelheid beschikbaar bodemvocht worden verwacht dan voor blijvend grasland; hierop is het verschijnsel terug te voeren, dat akkerbouwgewassen in droge perioden ook bij de diepe grondwaterstanden veelal geen tekenen van watertekort vertonen, in tegenstelling tot het blijvend grasland.

Voor een verklaring van het door de grondwaterstand teweeggebrachte stikstofeffect, kan in principe aan twee onderdelen van de stikstofcyclus worden gedacht: aan de mineralisatie en ophoping van organische stof en aan de stikstofverliezen als gevolg van uitspoeling en van denitrificatie.

Wat het eerste punt betreft, hebben vele onderzoekers reeds een correlatie tussen organische-stofgehalte van de grond en ontwateringsdiepte geconstateerd. Voor veengronden geeft ontwatering in het algemeen naast compactie aanleiding tot een oxydatieve omzetting, waarbij o.a. stikstof vrijkomt. De goede stikstoflevering van vele veengronden in Nederland berust waarschijnlijk voor een belangrijk deel op dit effect. Alleen op het rivierkleiglaslandproefveld kon uit het grondonderzoek worden afgeleid, dat het organische-stofgehalte van de grond door de grondwaterstand werd beïnvloed. Voor een vaststaande uitspraak hieromtrent was echter de periode van onderzoek te kort. Gezien het feit dat de invloed van de grondwaterstand op de stikstofhuishouding door hogere kunstmeststikstofgiften werd versterkt, moet echter nog een andere factor aan de orde zijn.

Het tweede bovengenoemde onderdeel van de stikstofcyclus wordt als de voornaamste oorzaak van het stikstofeffect beschouwd. Berekeningen over het rendement van toegediende kunstmeststikstof op verschillende gronden wijzen er namelijk duidelijk op, dat bij hoge grondwaterstanden een groter deel van de stikstof verdwijnt dan bij lage grondwaterstanden. Daar uitspoeling onwaarschijnlijk is, resteert de vervluchtiging van stikstof na denitrificatie als belangrijkste verklarende factor. Dit effect, dat voortkomt uit de door de grondwaterstand bepaalde aëratietoestand van de grond is zo sterk, dat het eventueel andere invloeden, zoals mineralisatie en ophoping van organische stof in de grond, zou kunnen overdekken.

Het nadelige effect van hoge grondwaterstanden op de droge-stof- en ruw-eiwitproduktie der gewassen blijkt te compenseren te zijn door extra kunstmeststikstof, ten dele als late overbemesting gegeven. Vlinderbloemigen werden op het rivierkleiproefveld, in tegenstelling tot niet-vlinderbloemige akkerbouwgewassen, door hoge grondwaterstanden niet benadeeld.

Uit het bovenstaande volgt, dat de plantengroei op tweeërlei wijze door de grondwaterstand wordt beïnvloed: via de watervoorziening en via de stikstofhuishouding. Deze factoren vinden hun oorsprong in het water- en in het luchtgehalte van de grond, die van de grondwaterstand afhankelijk zijn. Bij gewassen die een betrekkelijk goede watervoorziening hebben, zoals tamelijk diep wortelende graangewassen op rivierklei, is de factor stikstof-

huishouding bepalend voor de verschillen in groei. Bij op dezelfde grond groeiende gewassen met een goede stikstofvoorziening, zoals vlinderbloemigen die hier een minder goede watervoorziening hebben door een ondiepe beworteling, kan de factor watervoorziening het meeste gewicht in de schaal leggen.

Grasland kan zeer verschillend op de grondwaterstand reageren. In droge perioden kan de watervoorziening de bepalende factor zijn en zal de hoogste bruto-opbrengst bij zeer hoge grondwaterstanden voorkomen. Bij overvloedige regenval zal de hoogste opbrengst echter bij diepe waterstanden voorkomen, omdat nu de stikstofhuishouding de bepalende factor wordt; speciaal zal dit het geval zijn, wanneer veel stikstof is gegeven of wanneer de grond veel mineraliseerbare stikstof bevat. Beide factoren treden in de praktijk veelal gelijktijdig op, zodat het van de omstandigheden zal afhangen welke de sterkste invloed heeft.

6. Op de grondwaterstandsproefvelden werden ook nog gegevens verzameld over de invloed van de grondwaterstand op de gebruikswaarde van de grond en op de kwaliteit van de gewassen. Speciaal op het rivierkleiproefveld werd aan deze factoren aandacht besteed.

   Een belangrijke kwestie is het verschijnsel van plasvorming en vertrapping, waarvan vooral het intensief beweide rivierkleigrasland te lijden had. Dit verschijnsel, dat in natte zomers en najaren veelvuldig optrad, wordt waarschijnlijk veroorzaakt door structuurbederf van het oppervlakkig gelegen bodemlaagje, waardoor regenwater stagneert. Het bracht zeer ernstige bezwaren bij de beweiding en een belangrijke vermindering van de nettoopbrengst met zich mede. Bij grondwaterstanden van omstreeks 25 cm was het rivierkleigrasland in sommige perioden beslist onbeweidbaar; ook bij grondwaterstanden van omstreeks 40 cm bleven de moeilijkheden niet uit. Naarmate de grondwaterstand dieper en de waterberging van de grond groter was, namen de bezwaren duidelijk af. Op extensief gebruikt rivierkleigrasland werd in dezelfde perioden het euvel alleen bij zeer hoge grondwaterstanden gesignaleerd. Op het rivierkleibouwland werden soms enige soortgelijke moeilijkheden ondervonden, evenals op het veengraslandproefveld.

   Op het rivierkleiproefveld werd de botanische samenstelling van de grasmat nauwkeurig gevolgd. Na het instellen van de grondwaterstanden bij het begin van de proef traden er enige verschuivingen in de botanische samenstelling op, die met de grondwaterstand samenhingen. Speciaal was dit het geval met soorten die op vochtige omstandigheden wijzen. Te verwonderen is dit niet, daar de besproken jaren van onderzoek in het algemeen vochtig waren. Uit de reactie van de botanische samenstelling op de grondwaterstand waren de volgende conclusies te trekken:

   a. Onder de omstandigheden van het onderzoek, waarbij het land intensief werd gebruikt, was de beïnvloeding van de botanische kwaliteit van het rivierkleigrasland door de grondwaterstand slechts minimaal; op het veengrasland werden daarentegen belangrijke verschillen in botanische samenstelling gevonden.

b. Bij de hoogste op het rivierkleiproefveld voorkomende grondwaterstand (25 cm) was na vier jaren de verandering van de botanische samenstelling nog zo gering, dat de onvoldoende draagkracht van de zode tijdens nat weer niet tot uiting kwam. Hiermede wordt aangetoond, dat de graslandvegetatiekartering, zoals deze thans in Nederland wordt uitgevoerd, *slechts een zeer globale uitspraak kan geven over de gebruikswaarde van* intensief bemest en verzorgd kleigrasland.

Aan de reactie van de chemische samenstelling der gewassen op de grondwaterstand werd, met uitzondering van het reeds eerder besproken ruw-eiwit, maar weinig aandacht besteed. Voor zover bepaald, liepen de gehalten aan enige mineralen soms parallel met het ruw-eiwitpercentage. Met uitzondering van het Na_2O-gehalte, dat bij enige gewassen op beide waterstandsproefvelden met toenemende ontwatering duidelijk steeg, werd echter geen duidelijke beïnvloeding van de chemische samenstelling der gewassen door de grondwaterstand gevonden. Mogelijk wordt het gedrag van het Na_2O-gehalte veroorzaakt door een krappe kalivoorziening.

7. Het rivierkleiproefveld bood tevens de gelegenheid, om voor grasland het effect van wisselende grondwaterstanden (hoog in de periode mei tot omstreeks half augustus, laag gedurende de rest van het jaar) te vergelijken met dat van een constant hoge en van een constant lage waterstand. Dit onderzoek leverde de volgende conclusies op:
   a. Voor de voorjaarsopbrengst is de combinatie diepe winterwaterstand—ondiepe zomerwaterstand meestal ongunstiger dan een constant ondiepe ontwatering; constant diepe waterstanden leveren veelal de hoogste voorjaarsproduktie. Hiervoor is het klaarblijkelijk gewenst, dat het land in de voorafgaande zomer enigszins uitdroogt.
   b. In droge zomers geeft een verhoogde waterstand ongeveer eenzelfde voordelig effect als een constant hoge waterstand; soms had een verhoogde waterstand echter een iets minder goede opbrengst tot gevolg dan een constant hoge waterstand. Ook in natte zomers, wanneer constant hoge waterstanden nadelig zijn, is er maar weinig verschil in opbrengst tussen tijdelijk en constant hoge peilen.
   c. In overwegend vochtige jaren wordt bij een tijdelijk verhoogde waterstand een duidelijk minder goede jaaropbrengst verkregen dan bij een constant diepe waterstand.

Verlaging van de grondwaterstand omstreeks het moment dat de neerslag de verdamping gaat overtreffen, heeft uit het oogpunt van het voorkómen van plasvorming en de daarmee gepaard gaande beweidingsmoeilijkheden, niet veel zin; de indruk werd gevestigd, dat het gevaar van plasvorming en vertrapping alleen te voorkomen zou zijn, door de grondwaterstanden in een zó vroegtijdig stadium te verlagen, dat de grond nog aanmerkelijk zou kunnen uitdrogen.

Akkerbouwgewassen, geteeld bij winterwaterstanden van 140 cm en zomerwaterstanden van omstreeks 40 cm, leverden in het algemeen opbrengsten, gelegen tussen die welke bij constante waterstanden van 40 en 65 cm

werden verkregen. Een tijdelijke verhoging van het waterpeil in de zomermaanden was dus voor de meeste gewassen zeer schadelijk.

De wisselende grondwaterstanden hebben niet beantwoord aan de verwachting, dat zij de voordelen van hoge en die van lage waterstanden zouden combineren. De in natte jaren optredende voordelen van constant lage waterstanden konden bij het tijdelijk verhogen van het peil in de zomermaanden helemaal niet bereikt worden. Het gunstige effect dat door een constant diepe grondwaterstand teweeg wordt gebracht, ontstaat in de periode dat het gewas nog aanmerkelijke hoeveelheden water verbruikt. Uit dit laatste is dus de conclusie te trekken, dat op zware rivierkleigrond het nastreven van een optimale watervoorziening in de zomermaanden een schadelijk effect tot gevolg heeft, dat later in het jaar niet meer door diepe ontwatering kan worden gecompenseerd.

Daarnaast moet erop gerekend worden, dat een verhoging van de grondwaterstand omstreeks mei, de bewortelingszone aanvankelijk minder vochtig maakt dan in het geval van een constant hoog gehouden peil; mogelijk is dit een gevolg van insluiting van lucht in de poriën van de grond. Zodoende konden bij het tijdelijk verhogen van het peil in de zomer, de bij constant hoge grondwaterstanden optredende voordelen in droge jaren ook niet steeds volledig worden behaald.

8. Over de gewenste ontwateringsdiepte van komkleigrasland of van kleigrasland in het algemeen, zijn reeds vele meningen gepubliceerd. Deze meningen, die zowel ten aanzien van de zomer- als ten aanzien van de winterwaterstand soms ver uiteenlopen, zijn gebaseerd op ervaringen en waarnemingen uit de praktijk en soms ook op proefveldresultaten. Ook de botanische samenstelling van de grasmat werd wel als uitgangspunt gebruikt.

   Het hier behandelde onderzoek had op intensief gebruikt grasland betrekking; de nu volgende conclusies gelden dan ook alleen voor deze wijze van graslandexploitatie.

   In overwegend natte jaren geniet een diepe grondwaterstand (100 cm of meer) verreweg de voorkeur; niet alleen omdat de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten bij deze ontwatering het hoogst zijn, maar ook omdat het gevaar van plasvorming en vertrapping nu het kleinst is. In komgrondgebieden blijken diepe grondwaterstanden in de praktijk te verwezenlijken te zijn. Ook voor akkerbouwgewassen is deze ontwateringsdiepte gunstig.

   Het hier besproken onderzoek was, wat de opbrengstbepalingen betreft, uitsluitend op bruto-opbrengsten gebaseerd; in overwegend natte jaren is te verwachten, dat de netto-opbrengsten veel sterker door hoge grondwaterstanden worden benadeeld dan de bruto-opbrengsten. De bruto-opbrengsten alleen zijn dan ook geen juiste maatstaf voor een uitspraak over de ontwateringsdiepte.

   In overwegend droge jaren worden juist bij zeer hoge grondwaterstanden de hoogste bruto-opbrengsten aan droge stof en ruw eiwit verkregen, terwijl bij deze ontwateringsdiepte de grasgroei ook het meest regelmatig is. Gevaar voor plasvorming en vertrapping is nu afwezig. Verwacht mag worden, dat

het rendement van de bruto-produktie nu veel hoger is dan onder natte omstandigheden. In droge perioden is bij lage grondwaterstand de grasgroei weliswaar geringer dan in vochtige perioden, doch gezien het hogere rendement is de netto-opbrengstderving minder erg dan uit de bruto-cijfers tot uiting komt. Het handhaven van hoge grondwaterstanden in droge tijden stuit op grote praktische moeilijkheden; bovendien zijn voor de meeste akkerbouwgewassen, ook in droge jaren, hoge grondwaterstanden schadelijk.

Gezien de afhankelijkheid van de weersomstandigheden en de wisselvalligheid van de laatste, blijkt voor een langere periode geen grondwaterstand aan te wijzen te zijn, die optimaal is voor de bruto-opbrengst; slechts voor korte perioden is een „optimum" te vinden. Verder moet worden geconstateerd, dat het ontwateringsdiepteprobleem van komkleigrasland aan de hand van bruto-opbrengsten slechts zeer moeilijk kan worden benaderd.

Bij de uiteindelijke keuze van een voor een reeks van jaren voor intensief gebruikt kleigrasland gunstige grondwaterstand is — bij gebrek aan andere gegevens — uitgegaan van bruto-opbrengsten. Gemiddeld over een zesjarige periode, die representatief is voor een langer tijdvak, blijken de bij verschillende waterstanden behaalde bruto-jaaropbrengsten maar weinig uiteen te lopen; alleen de hoogste waterstand (25 cm) geeft een duidelijk hogere opbrengst. Deze waterstand is echter op de lange duur ten ene male onaanvaardbaar, gezien het gevaar voor plasvorming en vertrapping. Dit gevaar neemt bij toenemende ontwateringsdiepte af, terwijl verwacht mag worden, dat bij de diepste waterstand het beweidingsrendement het hoogst zal zijn. Verschuivingen in de botanische samenstelling van de grasmat zijn bij intensief verzorgd komkleigrasland te gering om bepalend te zijn voor de keuze van de ontwateringsdiepte.

Alle aspecten afwegende blijven er uiteindelijk twee waterstandstrajecten over, die duidelijke voordelen bieden: het traject 60—70 cm, waarbij nog een merkbare watertoevoer door middel van capillaire opstijging kan plaatsvinden en waarbij de gevaren van plasvorming en vertrapping niet erg groot meer zijn en het traject 100 cm en dieper, waarbij de watertoevoer aan het gras uiterst gering is, doch de gevaren van plasvorming en vertrapping minimaal zijn. Beide standen zijn in de praktijk te verwezenlijken. Indien er mogelijkheden bestaan om in bijzonder droge perioden de watertoevoer op andere wijze veilig te stellen, verdient de diepste waterstand op grond van de te verwachten nevenvoordelen voor intensief gebruikt komkleigrasland beslist de voorkeur.

Bij het hier beschreven onderzoek werd aan de ontwateringsdiepte van extensief gebruikt komkleigrasland geen aandacht besteed. Elders is echter reeds de mening gepubliceerd, dat bij deze gebruikswijze het (zomer)grondwaterstandstraject 40—70 cm het meest aanbevelenswaardig zou zijn; dit traject geldt alleen voor die gevallen waar in de winter hogere grondwaterstanden optreden. Dat hier een totaal andere ontwateringsdiepte wordt aanbevolen, vloeit voort uit de geringere beweidingsmoeilijkheden bij nat weer, uit de lagere stikstofbemesting en uit het feit dat op extensief gebruikt gras-

land bij diepere grondwaterstanden wél een grasmat pleegt voor te komen die tengevolge van het hoge percentage droogteresistente soorten slecht van kwaliteit is.

9. Een globale berekening over de omvang en veelvuldigheid van bruto-opbrengstdepressies, die op komkleigrasland als gevolg van droogte kunnen optreden, leert, dat gemiddeld een bruto-opbrengstderving van *f* 50,—/ha/jaar te verwachten is. Dit getal wordt gebruikt om de rendabiliteit van de maatregelen te toetsen, die genomen kunnen worden, om groeistagnatie tijdens droog weer te voorkomen.

Als maatregelen, die genomen zouden kunnen worden om in droge perioden de grasgroei te verzekeren, worden achtereenvolgens besproken periodieke herinzaai, infiltratie, beregening en bevloeiing.

Periodieke herinzaai is op zichzelf geen afdoende maatregel; aan dit systeem zijn op komgrond bovendien vrij ernstige bezwaren verbonden, terwijl de kosten ook niet gering zijn.

Infiltratie blijkt evenmin een redelijke oplossing te geven. Tegen de verwachting in werden de bruto-jaaropbrengsten, gemiddeld over een langere periode, niet begunstigd. Het voordeel, dat een hoge grondwaterstand in de zomer ten opzichte van een constant lage grondwaterstand met zich meebrengt wordt in het daarop volgende voorjaar weer teniet gedaan. Met tijdelijk hoge grondwaterstanden werd beoogd het gevaar van plasvorming en vertrapping te verminderen; dit is niet gelukt. Bij een tijdelijke verhoging van de grondwaterstand in de zomermaanden blijkt het gevaar praktisch even groot te zijn als wanneer de grondwaterstand constant hoog wordt gehouden. Op kleigrasland is een uitdroging van de grond in de zomer klaarblijkelijk voorwaarde om het land in de nazomer en herfst goed beweidbaar te houden. Gezien het feit, dat het bij verhoging van de grondwaterstand geruime tijd duurt voor de grond voldoende van vocht is voorzien, zou een systeem, waarbij de grondwaterstand ingesteld werd op basis van de waterbehoefte van het gras, alleen uitvoerbaar zijn wannee: over een betrouwbare weersvoorspelling op lange termijn kon worden beschikt.

Voor beregening en bevloeiing zijn op intensief gebruikt komkleigrasland de perspectieven gunstig. Vele moeilijkheden die bij het hanteren van grondwaterstanden aan de orde kwamen, kunnen bij deze systemen worden omzeild. Een voordeel is ook de snelle uitvoerbaarheid, waardoor risico's bij weersomslag enigzins kunnen worden beperkt. Beregenen van komkleigrasland vraagt aanzienlijk minder arbeid dan van zandgrasland, daar de maatregel, evenals bevloeiing, gemiddeld slechts één maal per vier jaar zal behoeven te worden toegepast. Bevloeiing vraagt nog minder arbeid doch stelt meer eisen aan de capaciteit van de toevoersloten.

Bij een bruto-opbrengstderving van *f* 50,—/ha/jaar is bevloeiing van komkleigrasland in het algemeen rendabel, mits de kosten van watertoevoer buiten beschouwing kunnen blijven. Voor beregening is de rendabiliteit dubieus. Vóór- en nadelen van beide systemen dienen op komkleigrasland echter nog nauwkeurig te worden onderzocht.

SUMMARY

1. A great part of the Netherlands is covered by permanent grassland, occurring mainly on low lying soils. Drainage is a first requisite to make intensive use of these soils possible. Although works, aiming at the improvement of the water management have already been carried out and been maintained since many ages, the knowledge concerning the most desirable depth of drainage for permanent grassland is still limited. This problem was also raised at the river-clay district a few years ago. In consequence of this an experimental field for ground-water levels was laid out on basin-clay soil in 1953. The results obtained from this experimental field from 1954 up to 1957 inclusive, have been discussed in this publication. In addition attention has also been payed to the results of the part of this experimental field used for arable crops and to those of a ground-water table experimental field for permanent grassland on peat soil.

   For the discussion on the most desirable draining depth of grassland on basin clay, the results obtained from the experimental field in 1958 and 1959 have been used as well.

2. The first investigations into the importance of the ground-water level for the growth of grass date from before the first world war. In the Netherlands as well as in Germany it was found that the reaction of the growth of grass to the ground-water table in a wet year was usually different from that in a dry year, while the botanical composition of the sward appeared to be influenced by the ground-water level as well. Moreover it was established that the crude-protein content of grass decreased according to a rising ground-water table. The results of ground-water level experimental fields laid out in the Netherlands and in England later on, also indicated that the ground-water table had influenced the nitrogen supply of the herbage in one way or another.

3. The description of the experimental fields begins with a survey of the precipitation (table 1) and evaporation (table 2) during the years of investigation. The period 1954 until 1958 appears to have been wetter than normal. In case of the river-clay experimental field the period 1954 until 1960 on the contrary is representative (table 3) for a longer lapse of time.

   The river-clay experimental field (figure 1) presented the possibility to investigate for old permanent grassland the importance of constant ground-water levels (varying from 25 to 140 cm below the surface) as well as alternating ground-water tables (40 cm in the summer months and from 40 to 140 cm during the remaining part of the year). The ground-water levels for the part of the experimental field used for arable crops ranged from 40 to 140 cm below the surface.

   The soil of the experimental field consists of heavy river clay (table 4—5),

the topmost meter of which is poorly pervious to water. This clay soil has low air contents, while the upper layer of the grassland profile may contain about 25 percentages by volume of available water (table 6—7).

On the part of the experimental field used for grassland (figure 2), the gross-yields were determined by means of sampling cages. The grass under these cages was mown every five weeks; at the same time samples were taken for dry-matter determination and chemical analysis. Nitrochalk was applied under the cages in the total amount of 70 kg N/ha/annum. After the first year also other amounts of nitrogen were given under some of the sampling cages. Nett-yields could only be determined for the field as a whole; these reached a high level, as the grassland was used intensively. The botanical composition was assessed three times a year by means of a sample analysis. The most important species was perennial ryegrass (*Lolium perenne* (table 8).

On the part of the river-clay experimental field used for arable crops at first only one crop a year and later on more crops were grown side by side (table 9). At one time perennial ryegrass, which was mown every five weeks, had been sown in this way. To this ley different amounts of nitrogen were applied as well as to some of the other arable crops grown.

By means of controlling the water level in the ditches it was tried to realize the mentioned ground-water tables on the trial field. To be able to check this there were ground-water observation wells in which the water level was periodically measured. The ground-water levels measured, appeared to deviate sometimes rather widely from the water levels aimed at. The contemplated differences in ground-water table, however, were approached quite well as a rule (table 10—11).

Three summer ground-water levels (30, 45 and 60 cm below the surface) and one winter ground-water table (70 cm) have been studied on the experimental field for grassland on peat soil (table 14). The experimental field has been laid out on old permanent grassland on wood-peat soil with a thin moulded surface-layer (table 12).

The gross-yields of this experimental field were also determined by means of sampling cages. The first few years only one amount of nitrogen has been applied, in the last year yields have been obtained with two amounts of nitrogen. The botanical composition of the sward (table 13) was assessed once a year on this experimental field.

4. The yield determinations carried out on these experimental fields, led to the following conclusions:

a. *Permanent grassland on river clay*

The dry-matter content of grass increases according to a decreasing dry-matter yield (table 15). This increase is particularly sharp with an increasing depth of the ground-water table in dry periods (figure 3); in all probability this is a reaction to a moisture deficit. With an increasing depth of drainage the crude-protein content often increases; this is especially so in

late summer and when much nitrogen has been applied (table 16, figure 7) The fact that the nitrogen supply of the plant is influenced by the ground-water table might be the explanation of this phenomenon. The reaction of dry-matter yield to ground-water level varies considerably for each cut (figure 4 and 6) and appears to be related to the precipitation and evaporation in the period concerned (figure 5). In dry periods the yield decreases contrary to wet periods when the yield increases with an increasing depth of drainage. This may be explained by the water and air content of the top-soil (table 17), being determined by the ground-water table (table 18), and which in their turn are supposed to influence the water and nitrogen supply of the herbage. The reaction of crude-protein yields to the ground-water level is especially evident in the late summer (fourth and fifth cut) of wet years.

b. *Arable crops on river clay*

The yield of most arable crops grown increases according to an increasing depth of drainage (table 19); with some legumes, however, the reaction to the ground-water table is just the reverse (table 20), while also some crops have been treated which have no or hardly any reaction at all (table 21).

c. *Leys on river clay*

The reactions of dry-matter content, crude-protein content, dry-matter yield and crude-protein yield to the ground-water level found on permanent grassland are confirmed in general by the results obtained from a crop of perennial ryegrass, used as a ley for mowing (table 22). Concerning the dry-matter yield the ley was more in character with a permanent grassland than with a cereal crop. The reaction of the crude-protein content and the dry-matter yield to the ground-water table was dependent on the nitrogen fertilization; a similar tendency had been observed on permanent grassland.

d. *Permanent grassland on peat soil*

In nearly all cases of the grassland on peat soil the dry-matter yields increased according to an increasing depth of drainage (table 23); the crude-protein contents of the grass in general reacted more distinctly here than on the permanent grassland on river clay.

5. Beside yield determinations also an investigation was made into the rooting of the crops; at the experimental field for grassland on river-clay soil also soil samples for moisture determination were taken now and again.

   Permanent grassland on river clay clearly has a larger quantity of roots than leys or arable crops on the same soil (table 24); as a consequence of the possibility of dead roots being present, the difference, established from root-material which is alive, is perhaps smaller. With permanent grassland relatively the greater part of the roots is to be found in the top-soil (0—20 cm). There are no indications that rooting may be considerably deepened by draining measures (table 25). With losses in moisture there will be a quick decrease in the capillary conductivity of the soil. In view of this

a considerable water-transport to the roots will be possible only if the ground-water table is close under the intensively rooted layer. With grassland on river clay this layer (0—20 cm) may contain ample 25 per cent by volume of water between the borders pF = 2.0 and pF = 4.2; with grassland this zone appears to be quite desiccated when the ground water is low in dry periods (table 26, figure 8). With higher ground-water levels the moisture content has also decreased very much, but there is still an ample amount of water available. In view of the deeper rooting much larger amounts of soil moisture may be expected for some of the arable crops on river-clay soil contrary to the permanent grassland; this is the explanation of the phenomenon that arable crops, in contrast to permanent grassland, also with low ground-water tables often do not show any signs of water-shortage in dry periods.

The nitrogen effect caused by the ground-water level in principle may be explained by two parts of the nitrogen cycle: the mineralization and accumulation of organic matter and the nitrogen losses as a result of leaching and denitrification.

As to the first many investigators have already established a correlation between the organic-matter content of the soil and the depth of drainage. Next to compaction the drainage of peat soils generally also leads to a decomposition of organic matter with a corresponding liberation of nitrogen. The good nitrogen situation of many peat soils in the Netherlands is probably due to this effect. Only at the experimental field on river clay used for grassland it could be inferred from soil analyses that the organic-matter content of the soil was influenced by the ground-water table (table 27—28); the period of investigation was too short, however, to give a definite opinion upon it. In view of the fact that the influence of the ground-water level on the nitrogen supply was increased by higher applications of nitrogen fertilizer, there should be still another factor playing a part.

The second part of the nitrogen cycle mentioned above is looked upon as to be the most important cause of the nitrogen effect. Calculations on the recovery of the nitrogen fertilizer applied on different soils namely (table 29—30), indicate clearly that with higher ground-water tables a larger amount of nitrogen disappears than with lower ones (table 31). Since losses by leaching are improbable, the phase: volatilization of nitrogen after denitrification remains as the principal explaining factor. This effect caused by the aeration condition of the soil, which is determined by the ground-water level, is so pronounced that it may possibly cover up other effects, such as of mineralization and accumulation of organic matter in the soil.

The unfavourable effect of high ground-water tables on the dry-matter and crude-protein production of the crops apparently may be compensated by the application of extra nitrogen fertilizer, partly given as a late top-dressing (table 34). Contrary to non-leguminous arable crops (table 32), legumes grown on the river-clay experimental field (table 33) were not damaged by high ground-water levels.

From the preceding the conclusion may be drawn that the growth of

plants is influenced in two ways by the ground-water table viz. via the water supply and the nitrogen supply. These factors originate from the water and air contents of the soil which are dependent on the ground-water level. For crops having a relatively good water supply, such as rather deep rooting cereal crops on river clay, the factor nitrogen supply is the determinant for differences in growth. For crops growing on the same soil with a good nitrogen supply, for instance legumes, which have a less favourable water supply because they are shallow rooting here, the factor water supply may be the most important.

Grassland may react quite differently to the ground-water table (figure 9). In dry periods the water supply may be the determinant and the highest gross-yields will occur with the very high ground-water levels. With profuse rainfall, however, the highest yield will occur with the lower water levels, because now the nitrogen supply becomes the determinant. This will be especially so when much nitrogen has been given (figure 10) or when the soil contains much nitrogen to be mineralized. Both factors often occur simultaneously in practice, consequently it will depend on the circumstances which one will have the greatest influence.

6. At the experimental fields for ground-water tables also data have been collected on the influence of the ground-water level on the utility of the land and on the quality of the crops. Especially on the experimental field on river clay attention was paid to these factors.

   An important matter is the forming of puddles on the grassland and the poaching of it, from which especially the intensively grazed grassland on river clay suffered much (figure 11). This phenomenon occurring frequently in wet summers and autumns probably arises from the deterioration of the structure of the surface-layer of soil, which causes rainwater to stagnate. It involved very serious trouble for grazing and an important decrease in nett-production (table 35). With ground-water tables of about 25 cm, the grassland on river clay decidedly could not be grazed in some periods; with ground-water levels of about 40 cm difficulties were bound to occur as well. According to the ground-water table being lower and the storage capacity of the soil being larger the difficulties clearly diminished. At grasslands on river clay used extensively the defect was observed only with very high ground-water levels in the same period. At the arable land on river clay sometimes difficulties of the same kind were met, as well as on the experimental field for grassland on peat soil.

   The botanical composition of the sward was watched closely on the experimental field on river clay. After the adjustment of the ground-water tables, at the beginning of the experiment, some changes in the botanical composition, related to the ground-water level, occurred (table 36). This was especially the case with the species indicating wet conditions (table 38), which is not surprising, as the years of investigation discussed were wet in general. From the reaction of the botanical composition to the ground-water table the following conclusions may be drawn:

a. Under the circumstances of the investigation, during which the land was intensively used, the influence of the ground-water level on the botanical quality of the river-clay grassland was infinitesimal (table 37); on the other hand the peat-soil grassland did show quite considerable differences in botanical composition (table 39).

b. With the highest ground-water tables (25 cm) occurring on the river-clay experimental field, the change in the botanical composition was still so slight that the insufficient carrying capacity of the sod during wet weather did not show. With this it has been proved that the grassland-vegetation survey as carried out in the Netherlands nowadays can only give a rough judgement on the grassland-use-value of intensively fertilized and well tended grassland on clay soil.

Except for the crude protein which has already been discussed, only little attention has been payed to the reaction of the chemical composition of the crops to the ground-water level. In as far as they were determined the contents of some minerals ran parallel to the crude-protein percentage. With the exception of the Na_2O-content, which distinctly increased with some crops with increasing drainage on both water-table experimental fields, however, no pronounced influence of the ground-water table on the chemical composition of the crops was found. Quite possibly the behaviour of the Na_2O-content is caused by a scanty potassium supply.

7. The river-clay experimental field offered at the same time the opportunity to compare the effect for grassland of varying ground-water levels (high in the period May until about mid-August, low during the remaining part of the year) with that of a constantly high and a constantly low water level. The following conclusions may be drawn from this investigation:

   a. The combination low winter water table — high summer water table is usually more unfavourable for the spring yield, than a constantly high one (table 41); constantly low water levels mostly had the highest spring production. It is apparently desirable that the soil desiccates somewhat in the preceding summer.

   b. In dry summers a raised water table has about the same favourable effect as a constantly high one (table 42). Sometimes, however, a raised water level gave a somewhat lower yield than a constantly high one. In wet summers too, when constantly high water tables are detrimental, there is only a slight difference in yield between temporarily and constantly high water levels.

   c. In predominantly wet years a distinctly less favourable annual yield is obtained with a temporarily raised water table than with a constantly low one (table 40).

Lowering the ground-water level at the moment the precipitation begins to exceed the evapotranspiration does not make much sense in view of pre-

venting the forming of puddles and the grazing difficulties attendant on this. It suggested that the risk of the forming of puddles and poaching could only be prevented then, when the ground-water tables were lowered at such an early stage that the soil could still desiccate to a high degree.

Arable crops grown with winter water levels of 140 cm and summer water levels of 40 cm in general gave yields which lay between those obtained with constant water levels of 40 and 65 cm. A temporary higher water level in the summer months consequently was very unfavourable to most crops.

Varying ground-water tables did not come up to the expectation that they would combine the advantages of the high and the low ground-water levels. The advantages of constantly low water levels, occurring in wet years, could not even be reached with a temporarily raised water level in the summer months. The favourable effect brought about by a constantly low ground-water table, arises in the period when the crop still consumes a considerable amount of water. From the preceding the conclusion may be drawn that aiming at an optimal water supply in the summer months will have a harmful effect, which cannot be compensated anymore by deep drainage later in the year.

In addition it may be expected that raising the water table roundabout May will make the rooting zone initially less moist than in case of a constantly high level; possibly this is caused by the enclosure of air in the pores of the soil. Accordingly, the advantages occurring with constantly high water levels in dry years, neither could always be reached completely by temporarily raising the level in summer.

8. Many opinions have already been published on the desired depth of drainage (table 43) of basin-clay grassland or clay grassland in general. These opinions which differ widely with regard to the summer as well as to the winter water level, have been based on practical experience and practical observations and sometimes also on the results of experimental fields. Also the botanical composition of the sward has been used as a starting-point.

The investigation discussed here concerns intensively used grassland; consequently the following conclusions apply only to this kind of grassland exploitation.

In predominantly wet years a low ground-water table (100 cm or more) is preferred by far, not only because the dry-matter and the crude-protein yields are the highest with this drainage, but also because the risk of the forming of puddles and poaching is the smallest then. At basin-clay districts these low ground-water levels apparently are to be realized in practice. This depth of drainage is favourable for arable crops as well.

Concerning the yield determinations in this investigation, they have been based solely on the gross-production. In predominantly wet years it may be expected that the nett-yields will be damaged far more by high ground-water tables than the gross-yields. The gross-yields only, therefore, cannot be used as a standard to judge the ground-water level.

In predominantly dry years the highest gross-yields of dry matter and

crude protein are obtained on the contrary with extremely high ground-water levels, while the growth of grass is the most regular too (figure 12). The risk of the forming of puddles and poaching is not present now. It may be expected that the utilization of the gross-production (the ratio between the nett-yield and the gross-yield) is much higher than under wet circumstances. In dry periods the growth of grass with low water tables is less vigorous than in wet periods as a rule, but in view of the better utilization the nett-yield lack is much less than is expressed by the gross-yield figures. The maintenance of high ground-water levels in dry periods meets with great practical difficulties. Moreover, high ground-water tables are damaging to most arable crops, also in dry periods.

In view of the dependence of the weather conditions and the uncertainty of them, it appears that no ground-water level is to be indicated which is optimal for the gross-production of a longer period; an „optimum" is to be found only for shorter periods. Furthermore it has to be stated that the problem of the depth of drainage of basin-clay soil with the aid of gross-yields is very difficult to approach.

For want of other data, the gross-yields were taken as a starting-point for the final choice of the most favourable ground-water table for a number of years for intensively used basin-clay grassland. On an average the gross-yields obtained with various water levels during a period of six years, representative for a longer period, apparently differed only slightly (table 44), except for the highest water level (25 cm) which had a distinctly higher production. This water table, however, is quite unacceptable in the long run, in view of the risk of puddle-forming and poaching. This risk decreases according to an increasing depth of drainage, while it may be expected that with the lowest water table the grazing-losses will be the smallest. Changes in the botanical composition of the sward of well tended basin-clay grassland are too small to be determining for the choice of the depth of drainage.

Weighing all aspects against each other finally two water-level ranges remain, presenting distinct advantages:

a. The range 60—70 cm, with which still a perceptible amount of water may be supplied by means of the capillary rise and with which the risk of puddle-forming and poaching is not very great anymore.

b. The range 100 cm and lower, with which the supply of water to the grass is extremely small, but without the risk of pool-forming and poaching.

Both tables are to be realized in practice. If there are other possibilities of making safe the supply of water to the grassland in very dry periods, the lowest water table is positively to be preferred in view of the additional advantages to be expected for intensively used grassland on basin clay.

In the investigation described here no attention was paid to the depth of drainage of extensively used grassland on basin clay. Elsewhere the opinion has already been published, however, that with this kind of use the (sum-

mer) ground-water-level range 40—70 cm would be most recommendable. This range applies only to those cases which have higher ground-water tables in winter. The fact that a completely different depth of drainage is recommended here, arises from the three facts following. The grazing difficulties are much slighter during wet weather, the amounts of nitrogen fertilizer are smaller and with lower water levels a sward is to be expected which, as a result of the higher percentage of drought-resistant species, will be of inferior quality.

9. A rough calculation on the size and the frequency of the gross-yield depressions, which may occur on basin-clay grassland as a result of drought, showed that on an average a gross-yield lack of *f* 50,—/ha/year is to be expected (table 45). This figure is used to test the productiveness of the measures which may be taken to prevent the stagnation of growth during drought.

As measures to be taken to ensure the growth of grass in dry periods subsequently the periodical re-seeding, sub-irrigation, overhead irrigation and surface irrigation are discussed.

Periodical re-seeding in itself is not an effective measure. Moreover rather serious difficulties are related to this system on basin clay, while the costs are high.

Infiltration neither appears to be a reasonable solution. Against expectations the gross-annual-yields, averaged over a longer period were not favoured by it (table 46). The advantage coupled to a high ground-water table in summer (table 47) with regard to a constantly low one is undone again in the spring following (table 48—49). The aim of temporarily high water levels (sub-irrigation) was to decrease the risk of puddle-forming and poaching, which was not successful. The risk of raising the ground-water table temporarily in summer appeared to be almost as great as that occurring with a constantly high one. On clay grassland desiccation of the soil in summer is apparently necessary to be able to have the land grazed properly in late summer and autumn. In view of the fact that it takes a long time to supply the soil sufficiently with moisture when raising the ground-water level, a system by which the ground-water table is adjusted according to the water-need of grass, should only be feasible if reliable weather-forecasts were available at long-term (figure 13).

Perspectives are favourable on intensively used basin-clay grassland for overhead and surface irrigation (table 50). Many difficulties arising with handling the ground-water tables may thus be avoided. Another advantage is the quick way in which it may be carried out. Any risks caused by changes in the weather may be limited somewhat in this way. The overhead irrigation on basin clay demands far less labour than that of grassland on sandy soil, as this measure like surface irrigation, on an average only has to be applied once in four years. Surface irrigation demands still less labour but makes high demands upon the capacity of the inlet ditches.

With a gross-yield lack of *f* 50,—/ha/annum the surface irrigation of

basin-clay grassland is generally remunerative, provided the cost of the water supply is left out of consideration. It is doubtful whether overhead irrigation will pay. Advantages as well as disadvantages of both systems, however, still have to be examined closely on basin-clay grassland.

LITERATUUROPGAVE

ALLISON, F. E.: The enigma of soil nitrogen balance sheets; Advances in Agronomy, vol. 7, p. 213—250 (1955)

ANDRIES, A.: Landbouwkundig waarderen van grasland in de praktijk op grond van de plantkundige samenstelling; Landbouwtijdschrift, jg. 3, nr. 12, p. 1302—1316 (1950)

ANONYMUS: Opmerkingen en adviezen ten aanzien van de landbouw in de Tielerwaard; Tiel (1958)

BAARS, C. et al.: Beregening in de landbouw; Meppel (1956)

BAUMANN, H. und M. L. KLAUSS: Über die Wurzelbildung bei hohem Grundwasserstand; Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Band 99, Heft 4, S. 410—426 (1955)

BENNEMA, J.: Bodem- en zeespiegelbewegingen in het Nederlandse kustgebied; Boor en Spade 7, p. 1—96 (1954)

BIERHUIZEN, J. F.: Some observations on the relation between transpiration and soil moisture; Netherlands Journal of Agricultural Science, vol. 6, nr. 2, p. 94—98 (1958)

BLACKMAN, G. E.: The influence of temperature and available nitrogen supply on the growth of pasture in the spring; The Journal of Agricultural Science, vol. 26, part 4, p. 620—647 (1936)

BOEKER, P.: Basenversorgung und Humusgehalte von Böden der Pflanzengesellschaften des Grünlandes; Decheniana Beihefte 4, Bonn (1957)

DE BOER, Th. A.: Een globale graslandkartering van Nederland; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, nr. 62.5 (1956)

DE BOER, Th. A. en W. D. JAGTENBERG: De grasopbrengsten in 1955; Verslag van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek over 1955, p. 82—88 (1956)

DE BOER, Th. A. en Th. J. FERRARI: De samenhang tussen graslandvegetatiekarteringseenheden, bodemvruchtbaarheid en opbrengst in de Gelderse Vallei; Landbouwvoorlichting, jg. 13, nr. 12, p. 686—692 (1956)

DE BOER, Th. A. en H. H. DE GOOIJER: Een graslandvegetatiekartering van de Tielerwaard-West; Mededeling nr. 8, Proefstation voor de Akker- en Weidebouw (1958)

BRAAK, C.: Het klimaat van Nederland A (vervolg), Neerslag; Mededelingen en Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut 34a (1933)

BROADBENT, F. E. and B. F. STOJANOVIC: The effect of partial pressure of oxygen on some soil nitrogen transformations; Proceedings of the Soil Science Society of America, vol. 16, nr. 4, p. 359—363 (1952)

C.I.L.O.: Niet gepubliceerde gegevens van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek (1952)

CLAYTON, B. S. et al.: Water control in the peat and muck soils of the Florida Everglades; Bulletin nr. 378 Agricultural Experiment Station Gainesville, Florida (1942)

CNOSSEN, W. P.: Ons grasland (E.L.T.O.-Serie nr. 16); Groningen (1951)

VAN DIEPEN, D.: De bodemgesteldheid van de Maaskant; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, nr. 58.9 (1952)

DIJKEMA, L. R.: Rendementsonderzoek 1954 t/m 1958; Verslagen van Onderzoekingen Rijkslandbouwconsulentschappen in Noord-Holland nr. 7 (1959)

DIJKSHOORN, W.: Nitrate accumulation, nitrogen balance and cation/anion ratio during the regrowth of perennial ryegrass; Netherlands Journal of Agricultural Science, vol. 6, nr. 3, p. 211—221 (1958)

VAN DOBBEN, W. H.: Persoonlijke mededeling (1960)

DUYVERMAN, J. J.: De landbouwscheikundige basis van het streekplan; Wageningen (1948)

EDELMAN, C. H.: Over de bodemgesteldheid van Midden-Nederland; Utrecht (1947)

EDELMAN, C. H. et al.: Een bodemkartering van de Bommelerwaard boven den Meidijk; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, nr. 56.18 (1950)

EDEN, A. et al.: The effect of ground water-level upon productivity and composition of Fenland grass; The Journal of Agricultural Science, vol. 41, part 3, p. 191—202 (1951)

VAN EGMOND, Th.: Interne mededeling (men zie het artikel: „De kunstweiden op de wisselbouwproefbedrijven"; Groene Schakels, jg. 3, nr. 4, p. 9—13 (1959))

ELLIS, N. K. and R. MORRIS: Preliminary observations on the relation of yield of crops grown on organic soil with controlled water table and the area of aeration in the soil and subsidence of the soil; Proceedings 1945 Soil Science Society of America, vol. 10, p. 282—283 (1946)

ERINGA, L.: Problemen van de komgronden en resultaten van enige tot en met 1949 op rivierkleigrasland verrichte landbouwkundige onderzoekingen; Rapport nr. 1 Commissie Onderzoek Komgronden (1952)

FERRARI, Th. J.: Stikstofbemesting en bodemfactoren; Landbouwkundig Tijdschrift, jg. 61, nr. 2, p. 111—120 (1949)

FERRARI, Th. J.: Een onderzoek over de stroomruggronden van de Bommelerwaard met als proefgewas de aardappel; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, nr. 58.1 (1952)

FRANKENA, H. J. en M. A. J. GOEDEWAAGEN: Een vakkenproef over den invloed van verschillende waterstanden op den grasgroei bij drie grondsoorten; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, nr. 48 (6) (1942)

FRECKMANN, W.: Über den Einflusz des Grundwasserstandes auf Höhe und Eiweiszgehalt des Ertrages von Mähwiesen; 9. Jahrbuch über neuere Erfahrungen auf dem Gebiete der Weidewirtschaft und des Futterbaues, S. 46—51 (1927)

GERRETSEN, F. C.: Bodem-bacteriologie in dienst van land- en tuinbouw; 's-Gravenhage (1939)

GOEDEWAAGEN, M. A. J. en J. J. SCHUURMAN: Wortelproduktie op bouw- en grasland als bron van organische stof in de grond; Landbouwkundig Tijdschrift, jg. 62, nr. 6, p. 469—482 (1950)

GOEDEWAAGEN, M. A. J. and J. J. SCHUURMAN: Root development of grassland with special reference to water conditions of the soil; Paper nr. 3 of Session nr. 1 of the 7th International Grassland Congress, Palmerston North, New Zealand (1956)

HAANS, J. C. F. M.: Available moisture in soils of the Netherlands; Verslagen van Technische Bijeenkomsten van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O. (in voorbereiding) (1960)

HARLAN, J. R.: Theory and dynamics of grassland agriculture; Princeton (N.J.) (1956)

HARMSEN, G. W.: Die Bedeutung der Bodenoberfläche für die Humusbildung; Plant and Soil, vol. 3, nr. 2, p. 110—140 (1951)

HARMSEN, G. W.: Was kann uns die Bestimmung des Gehaltes löslichen Stickstoffs im Boden lehren?; Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, 84. (129.) Band, Heft 1—3, S. 98—102 (1959)

HARMSEN, G. W. and D. A. VAN SCHREVEN: Mineralization of organic nitrogen in soil: Advances in Agronomy, vol. 7, p. 299—398 (1955)

'T HART, M. L.: Organische stof en grasland; Landbouwkundig Tijdschrift, jg. 62, nr. 7, p. 532—542 (1950)

'T HART, M. L.: De opbrengst van het grasland op de stikstofproefbedrijven; Stikstof, nr. 25, band 3, p. 21—27 (1960)

HOOGHOUDT, S. B.: Resultaten van het grondwaterstandsproefveld te Nieuw-Beerta; Verslagen Technische Bijeenkomsten van de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek T.N.O. 1—6, p. 56—63 (1952)

VAN HOORN, J. W.: Results of a ground water level experimental field with arable crops on clay soil; Netherlands Journal of Agricultural Science, vol. 6, nr. 1, p. 1—10 (1958)

VAN HOORN, J. W.: Grondwaterstroming in komgrond en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwateringssysteem; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen (in druk) (1960)

JAGTENBERG, W. D. en Th. A. DE BOER: De invloed van graskooien op de grasopbrengst; Landbouwkundig Tijdschrift, jg. 70, nr. 12, p. 879—889 (1958)

JANSSON, S. L.: Tracer studies on nitrogen transformations in soil with special attention to mineralisation-immobilization relationships; Annals of the Royal Agricultural College of Sweden, vol. 24, 101—361 (1958)

JENNY, H.: Factors of soil formation; New York and London (1941)

KALISVAART, C.: Influence of sub-irrigation on grassland; Report of the Fifth International Grassland Congres, p. 47—50 (1949)

KLAPP, E.: Wiesen und Weiden; Berlin und Hamburg (1954)

KMOCH, H. G.: Über den Umfang und einige Gesetzmässigkeiten der Wurzelmassenbildung unter Grasnarben; Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau, Band 95, Heft 4, S. 363—380 (1952)

KÖNEKAMP, A. und F. KÖNIG: Untersuchungen über den Einflusz des Grundwassers auf die Entwicklung eines Kleegrasgemisches; Landwirtschaftliche Jahrbücher, Jg. 69, S. 209—252 (1929)

KRAMER, C.: Berekening van de gemiddelde grootte van de verdamping voor verschillende delen van Nederland volgens de methode van Penman; Mededelingen en Verhandelingen van het Koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Instituut 70 (1957)

KRAMER, M. en H. DE GROOT: Grasland (Leiddraad voor het Land- en Tuinbouwonderwijs, serie A, nr. 14); Zwolle (1952)

KRAMER, P. J.: Plant and soil water relationships; New York, London and Toronto (1949)

KRUIJNE, A. A.: Bruikbaarheid en betekenis van relatieve veelvuldigheidscijfers, indicatiegetallen en indicatiegraden in de graslandoecologie; Jaarboek 1960 van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen (1960) (in druk)

KRUIJNE, A. A. en D. M. DE VRIES: Een methode tot benadering van de voornaamste milieueigenschappen van grasland aan de hand van de botanische samenstelling; Jaarboek 1958 van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen, p. 93—98 (1958)

KRIJGER, P. D. en R. MARIS: Cultuurtechniek; Nederlandse Land- en Tuinbouwbibliotheek, Groningen (1959)

LEWIS, A. H.: The effects of ammonium and nitrate nitrogen on the growth of perennial rye grass; The Journal of Agricultural Science, vol. 26, part 2, p. 249—257 (1936)

VAN DER LINDEN, H: De Cope - Bijdrage tot de rechtsgeschiedenis van de openlegging der Hollands-Utrechtse laagvlakte; Dissertatie Utrecht, Assen (1955)

MAANDELIJKSE OVERZICHTEN van het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut te De Bilt

MAKKINK, G. F.: Wenselijkheid en mogelijkheid van watertoevoer op grasland; Maandblad voor de Landbouwvoorlichtingsdienst, jg. 8, nr. 9, p. 341—351 (1951)

MAKKINK, G. F.: Grasopbrengst en vochtspanning; Verslag van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek over 1951, p. 58—63 (1952)

MAKKINK, G. F.: Lysimeterstation C.I.L.O., Wageningen, januari 1954 t/m december 1954;

stencils 1805, 1806, 1838, 1854, 1865, 1917, 1927 en 1948 van 1954 en stencils 2052, 2067, 2075 en 2076 van 1955 van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek (1954/55)

MAKKINK, G. F.: De evapotranspiratie van grasland in 1954; Verslag van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek over 1954, p. 121—126 (1955a)

MAKKINK, G. F.: De grasopbrengst en de waterhuishouding; Verslag van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek over 1954, p. 115—120 (1955b)

MAKKINK, G. F.: De grasopbrengst en de grondwaterstand; Landbouwkundig Tijdschrift, jg. 67, nr. 10, p. 713—731 (1955c)

MAKKINK, G. F.: De evapotranspiratie van grasland in 1955; Verslag van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek over 1955, p. 74—79 (1956a)

MAKKINK, G. F.: Lysimeterstation C.I.L.O., Wageningen, 1955; stencils 2418 t/m 2429 van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek (1956b)

MAKKINK, G. F.: De evapotranspiratie van grasland in 1956; Jaarboek 1957 van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen, p. 69—72 (1957a)

MAKKINK, G. F.: Maandoverzichten over 1956 van het lysimeterstation; Gestencilde Mededelingen, jg. 1956, nr. 20, van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek (1957b)

MAKKINK, G. F.: Ekzameno de la formulo de Penman; Netherlands Journal of Agricultural Science, vol. 5, nr. 4, p. 290—305 (1957c)

MAKKINK, G. F.: Stencil 265 van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen, (1959)

MINDERHOUD, J. W.: Komgronden zijn nog niet zo slecht; Jaarverslag 1958 van de Stichting tot Ontwikkeling van Komgrondengebieden, p. 58—65 (1959)

MINDERHOUD, J. W. et al.: De grondwaterstand en zijn betekenis voor bruto-opbrengst, beworteling en botanische samenstelling van komkleigrasland; Mededeling Proefstation voor de Akker- en Weidebouw (1960) (in voorbereiding)

MULDER, E. G.: Onderzoekingen over de stikstofvoeding van landbouwgewassen I (Proeven met kalkammonsalpeter op grasland); Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, nr. 55.7 (1949)

MULDER, E. G.: De kringloop van stikstof in de natuur (rede Landbouwhogeschool); 's-Gravenhage (1957)

NICHOLSON, H. H.: The control of ground water level in crop production; Reprint from the "Report of the Thirteenth International Horticultural Congress, London 1952" (1952)

NICHOLSON, H. H. and D. H. FIRTH: The effect of ground water-level on the performance and yield of some common crops; The Journal of Agricultural Science, vol. 43, part 1, p. 95—104 (1953)

NICHOLSON, H. H. et al.: The effect of ground water-level upon productivity and composition of Fenland grass (II); The Journal of Agricultural Science, vol. 43, part 3, p. 265—274 (1953)

NICHOLSON, H. H. and D. H. FIRTH: The effect of ground water-level on the yield of some common crops on a Fen peat soil; The Journal of Agricultural Science, vol. 50, part 3, p. 243—252 (1958)

PENMAN, H. L.: Recent Rothamsted studies in natural evaporation; Landbouwkundig Tijdschrift, jg. 62, nr. 3, p. 166—178 (1950)

PITSCH, O.: Proefneming over den invloed van de hoogte van den grondwaterstand op de grootte van den oogst aan gras of hooi; Mededelingen van de Rijks Hoogere Land-, Tuin- en Boschbouwschool, deel 6, p. 1—41 (1913)

PONS, L. J.: Rapport waterhuishouding van komkleigronden; Intern Rapport (1949)

REUTER, K. N. en J. J. KOUWE: De landbouwwaterhuishouding in de provincie Gelderland; Rapport nr. 6 Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland - T.N.O. (1958)

RICHARDSON, H. L.: The nitrogen cycle in grassland soils: with especial reference to the Rothamsted Park Grass Experiment; The Journal of Agricultural Science, vol. 28, p. 73—121 (1938)

RIJTEMA, P. E.: Maandoverzichten over 1957 van het lysimeterstation; Rapport 3 van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (1958)

ROE, H. B.: A study of influence of depth of ground-water level on yields of crops grown on peat lands; Bulletin nr. 330, Agricultural Experiment Station University of Minnesota (1936)

RUSSELL, E. J.: Soil conditions and plant growth; London (1950)

RUSSELL, J. S. and H. F. RHOADES: Water table as a factor in soil formation: Soil Science, vol. 82, nr. 4, p. 319—328 (1956)

VAN SCHREVEN, D. A.: Stikstofomloop en stikstofanalyse voor het schatten van de stikstofbehoefte; Mededelingen Directeur van de Tuinbouw, jg. 19, nr. 8/9, p. 641—655 (1956)

SCHWARZ, R.: Der Einflusz des Grundwassers auf das Wachstum des Rohrglanzgrases; Der Kulturtechniker, Jg. 35, S. 448—473 (1932)

SHALTEVET, J. and P. J. ZWERMAN: Nitrogen response of corn under variable conditions of drainage — A preliminary greenhouse study; Soil Science, vol. 85, nr. 5, p. 255—260 (1958)

SIEBEN, W. H. en H. SMITS: De invloed van het weer in 1949 en 1950 op de opbrengsten van grasland; Maandblad voor de Landbouwvoorlichtingsdienst, jg. 8, nr. 2, p. 71—79 (1951)

SONNEVELD, F.: Bodemkartering en daarop afgestemde landbouwkundige onderzoekingen in het Land van Heusden en Altena; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, nr. 64.4 (1958)

STANHILL, G.: The effect of differences in soil moisture status on plant growth; Soil Science, vol. 84, nr. 3, p. 205—215 (1957)

VEIHMEYER, F. J. and A. H. HENDRICKSON: Does transpiration decrease as the soil moisture decreases?; Transactions of the American Geophysical Union, vol. 36, nr. 3, p. 425—448 (1955)

VISSER, W. C.: De vochthuishouding van de komkleigebieden; Intern Rapport (1949)

VISSER, W. C.: De landbouwwaterhuishouding van Nederland; Rapport nr. 1 Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland T.N.O., (1958)

DE VRIES, D. M. et al.: Veelvuldigheid van graslandplanten en hun aanwijzing van milieueigenschappen; Jaarboek 1957 van het Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek van Landbouwgewassen, p. 183—191 (1957)

DE VRIES, O. en F. J. A. DECHERING: Grondonderzoek (Beschrijving en toelichting bij het grondonderzoek zoals dat in het Bedrijfslaboratorium verricht wordt); Groningen (1948)

WALKER, T. W.: The nitrogen cycle in grassland soils; Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 7, nr. 1, p. 66—72 (1956)

WÄRE, M.: Pohjavedenkorkeuden vaikutusta selvittäviä kokeita nurmikasveilla vuosina 1939—1954; Maatalous ja Koetoiminta IX, Helsinki (1955)

WESSELING, J.: Enige aspecten van de waterbeheersing in landbouwgronden; Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen, nr. 63.5 (1957)

WIGGERS, A. J.: De gehalten aan organische stof in Nederlandse gronden; Landbouwkundig Tijdschrift, jg. 62, nr. 6, p. 455—468 (1950)

WILLEMSEN, W.: Tien jaar voorbeeldbedrijven; Publikatie nr. 12, Proefstation voor de Akker- en Weidebouw (1960)

WIND, G. P.: A field experiment concerning capillary rise of moisture in a heavy clay soil; Netherlands Journal of Agricultural Science, vol. 3, nr. 1, p. 60—69 (1955a)

WIND, G. P.: Verschillen in waterhuishouding tussen grasland en bouwland; Verslag van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek over 1954, p. 126—132 (1955b)

WIND, G. P.: Nylonelementen als vochtmeters; Landbouwkundig Tijdschrift, jg. 67, nr. 8, p. 541—551 (1955c)

VAN DER WOERDT, D.: Nadelen van het overschrijden van de optimale watervoorziening bij blijvend grasland; Landbouwvoorlichting, jg. 10, nr. 4, p. 137—142 (1953)

WOLDRING, J. J. en G. KRIST: Bruto-opbrengst en botanische samenstelling van heringezaaid komkleigrasland; Jaarverslag 1959 van de Stichting tot Ontwikkeling van Komgrondengebieden, p. 52—56 (1960)

Bijlage 1. Gemeten grondwaterstanden in cm beneden maaiveld van de beide graslandpercelen van het rivierkleiproefveld

	Jaar	1954										
Periode	Eerste datum	–	3/4	4/5	15/6	20/7	24/8	31/8	28/9	17/11	7/12	–
	Laatste datum	–	27/4	8/6	13/7	17/8	24/8	21/9	9/11	26/11	28/12	–
	Snede	–	1	2	3	4	5	5	–	–	–	–
Perceel	Waterstand											
A	25– 25	–	31	29	29	25	6	25	8	71[1]	5	–
	40– 40	–	42	43	44	29	33	39	29	150	26	–
	65– 65	–	66	69	69	56	32	55	45	103	49	–
	95– 95	–	94	94	95	90	81	92	68	134	88	–
	140–140	–	137	134	135	127	114	128	124	134	130	–
B	40– 40	–	51	53	49	42	26	39	37	116[1]	39	–
	40– 65	–	65	43	41	39	30	65	62	140	63	–
	40– 95[3]	–	64	42	42	40	25	59	52	142	52	–
	40–140	–	131	43	41	39	21	119	100	134	119	–
	140–140	–	150	146	148	142	124	141	139	143	144	–

	Jaar	1956										
Periode	Eerste datum	3/1	7/2	13/3	3/4	8/5	12/6	17/7	21/8	25/9	16/10	30/10
	Laatste datum	31/1	28/2	27/3	1/5	5/6	10/7	14/8	19/9	9/10	23/10	27/12
	Snede	–	–	–	1	2	3	4	5	–	–	–
Perceel	Waterstand											
A	25– 25	11	72[2]	22	26	27	20	11	17	14	132[1]	15
	40– 40	21	68	40	49	47	36	31	38	32	117	28
	65– 65	42	72	53	50	68	67	62	61	64	104	55
	95– 95	86	73	93	93	93	92	91	91	91	127	89
	140–140	131	64	138	121	139	139	133	133	130	146	137
B	40– 40	36	73[2]	45	47	46	39	32	39	33	120[1]	38
	40– 65	55	68	57	62	40	39	36	58	57	140	64
	40– 95[3]	44	70	50	64	41	33	26	83	70	122	66
	40–140	120	68	126	131	49	38	37	116	115	141	103
	140–140	134	68	139	144	142	139	139	136	135	147	141

[1] Sloten niet op peil wegens reparatie- of onderhoudswerkzaamheden
[2] Sloten niet op peil wegens strenge vorst
[3] Vóór 16/8/1956: 40-65

(de cijfers zijn gemiddelden en hebben betrekking op drie waterstandsbuizen (zes in 1957), die wekelijks werden opgenomen)

1955

4/1 29/3	5/4 5/4	12/4 20/4	26/4 26/4	3/5 3/5	10/5 7/6	14/6 12/7	19/7 16/8	23/8 6/9	13/9 20/9	4/10 8/11	15/11 22/11	29/11 27/12
—	1	1	1	1	2	3	4	5	5	—	—	—
6	21	104[1]	36	38	37	35	33	31	21	14	138[1]	15
25	40	124	49	45	46	45	43	41	41	31	138	26
50	64	103	67	62	64	70	67	68	57	58	101	54
84	86	122	95	95	93	93	91	90	88	87	134	84
126	138	118	141	135	132	130	127	126	124	128	135	132
34	51	119[1]	51	49	49	50	48	48	43	30	109[1]	39
59	66	126	66	52	45	43	41	42	59	47	133	54
45	67	128	66	45	42	37	33	35	50	49	141	45
117	136	124	134	66	51	34	42	33	120	121	140	122
145	151	131	148	142	143	138	138	134	135	141	149	144

1957

2/1 20/3	26/3 23/4	1/5 1/5	7/5 28/5	4/6 3/7	9/7 6/8	14/8 10/9	17/9 3/12	— —	— —	— —	— —
—	1	2	2	3	4	5	—	—	—	—	—
23	34	—	35	35	34	32	24	—	—	—	—
37	45	—	45	43	45	37	35	—	—	—	—
59	67	—	69	69	69	66	60	—	—	—	—
88	95	—	95	96	95	92	91	—	—	—	—
131	139	—	141	141	140	137	134	—	—	—	—
40	51	52	51	52	50	37	40	—	—	—	—
61	68	69	48	46	46	61	58	—	—	—	—
67	95	97	44	45	44	65	62	—	—	—	—
116	128	133	44	41	43	103	107	—	—	—	—
132	137	152	148	150	148	146	141	—	—	—	—

Bijlage 2. Gemeten grondwaterstanden van het akkerbouwperceel van het rivierkleiproefveld (de cijfers zijn gemiddelden en hebben betrekking op drie waterstandsbuizen, die wekelijks werden opgenomen)

Maand	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Waterstand	Grondwaterstand in cm beneden maaiveld (1954)											
40–40	—	—	44	39	39	41	40	41	38	36	38 139[1]	35
65–65	—	—	70	68	66	67	65	65	60	60	62 136	64
95–95	—	—	99	95	95	97	94	90	94	93	95 145	75
140–140	—	—	141	136	137	139	137	131	140	139	143 145	126
40–140	—	—	139	139	42	42	40	40	127	134	133 129	115
Waterstand	Grondwaterstand in cm beneden maaiveld (1955)											
40– 40	38	42	47	49	37	43	41	39	28	30	—[2]	—[2]
65– 65	60	51	65	69	62	71	69	61	59	59	—	—
95– 95	91	84	93	100	90	92	90	89	86	85	—	—
140–140	133	125	137	137	128	130	129	129	133	135	—	—
40–140	129	130	139	141	42	45	43	40	123	124	—	—
Waterstand	Grondwaterstand in cm beneden maaiveld (1956)											
40– 40	38	64[3]	43	48	45	45	50	52 53	55	53 130[1]	32	31
65– 65	47	69	60	64	65	63	63	63 61	62	62 133	63	64
95– 95	85	73	89	92	92	91	91	90 90	92	92 137	90	91
140–140	137	74	140	141	135	131	131	131 136	137	138 142	138	141
40–140	128	73	128	135	46	51	45	45 129	134	135 143	129	128
Waterstand	Grondwaterstand in cm beneden maaiveld (1957)											
40– 40	37	38	41	44	39	45	39	40 44	33	35	39	40
65– 65	71	65	67	71	70	72	70	66 63	60	60	65	67
95– 95	96	94	94	94	94	96	96	93 91	86	85	87	94
140–140	145	144	133	144	138	138	140	140 140	131	134	142	142
40–140	133	131	126	135	40	41	41	67 127	124	125	129	132
Waterstand	Grondwaterstand in cm beneden maaiveld (1958)											
40– 40	29	33	34	36	39 36	36	35 37	—[2]	—[2]	—[2]	—[2]	33
65– 65	57	54	65	67	66 62	62	67 67	—	—	—	—	60
95– 95	87	81	91	93	92 90	90	95 95	—	—	—	—	84
140–140	139	134	139	145	148 140	138	138 141	—	—	—	—	136
40–140	116	113	127	130	129 44	44	41 130	—	—	—	—	115

[1] Sloten niet op peil wegens reparatie- of onderhoudswerkzaamheden
[2] Waterstandsbuizen afwezig
[3] Sloten niet op peil wegens strenge vorst

Bijlage 3. Gemeten grondwaterstanden in cm beneden maaiveld van het veengraslandproefveld (de cijfers zijn gemiddelden en hebben betrekking op drie waterstandsbuizen, die periodiek werden opgenomen)

		Snede						
		–	1	2	3	4	5	–
Eerste datum		3/11	14/4	17/5	16/6	14/7	6/9	8/10
Laatste datum		25/3	30/4	31/5	29/6	28/8	15/9	27/12
Waterstand								
30 – 70		64	68	27	27	27	63	62
45 – 70	1954	61	69	44	43	42	59	58
60 – 70		61	65	61	59	52	65	59
Eerste datum		15/1	1/4	17/5	16/6	26/7	3/9	1/10
Laatste datum		16/3	5/4	24/5	11/7	15/8	21/9	6/12
Waterstand								
30 – 70		69	71	32	33	31	63	65
45 – 70	1955	64	67	51	48	47	59	62
60 – 70		62	63	63	63	61	62	64
Eerste datum		10/1	28/3	12/5	20/6	25/7	15/9	29/9
Laatste datum		13/3	25/4	25/5	11/7	9/8	22/9	15/12
Waterstand								
30 – 70		69	73	32	32	31	63	53
45 – 70	1956	67	69	64	60	47	59	51
60 – 70		59	64	63	60	54	64	59
Eerste datum		16/1	23/3	27/4 13/5	29/5	15/7	29/8 10/9	3/10
Laatste datum		6/3	6/4	27/4 13/5	24/6	8/8	29/8 10/9	23/12
Waterstand								
30 – 70		61	63	71 28	31	30	28 60	47
45 – 70	1957	54	55	70 55	61	55	36 30	37
60 – 70		61	60	72 63	70	63	50 62	47

Bijlage 4. De invloed van de grondwaterstand op de droge-stof- en ruw-eiwitgehalten en op de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van kleigras in verschillende perioden van het jaar 1954

	Waterstand (cm)	Maaidatum en snede					1954
		7/5	10/6	15/7	19/8	23/9	
		1	2	3	4	5	
% ds	25	20,7	17,4	15,7	15,9	14,7	16,9
	40	20,7	15,3	13,4	13,9	14,1	15,5
	65	23,8	18,5	16,8	14,2	14,1	17,5
	95	22,0	16,7	15,1	13,1	14,1	16,2
	140	22,2	17,2	16,2	13,0	14,2	16,6
% re	25	17,3	15,7	16,4	14,0	16,2	16,0
	40	15,5	15,2	16,6	16,0	17,7	16,0
	65	16,0	16,3	15,8	18,1	20,1	17,1
	95	16,5	16,7	16,7	16,9	20,7	17,2
	140	16,9	16,4	15,4	17,2	20,4	17,2
kg ds/a	25	26,4	19,2	16,8	17,4	13,8	93,6
	40	27,0	20,9	16,0	15,2	13,2	92,3
	65	27,1	18,3	18,1	21,5	13,4	98,4
	95	25,9	18,6	18,2	22,0	13,7	98,4
	140	28,8	20,1	18,9	23,5	18,3	109,6
m[1]		+15	0	+22	+ 65	+ 38	+ 140
kg re/a	25	4,6	3,0	2,8	2,4	2,2	15,0
	40	4,2	3,2	2,7	2,4	2,3	14,8
	65	4,3	3,0	2,9	3,9	2,7	16,8
	95	4,3	3,1	3,0	3,7	2,8	16,9
	140	4,9	3,3	2,9	4,0	3,7	18,8
V + N − E[1]		− 12	− 92	− 34	+ 75	+ 88	−

[1] Voor een verklaring van m en van V + N − E zie hoofdstuk IV: 1.1 op blz. 41

Bijlage 5. De invloed van de grondwaterstand en de hoeveelheid stikstof op de droge-stof- en ruw-eiwitgehalten en op de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van kleigras in verschillende perioden van het jaar 1955

	Water-stand (cm)	Stikstofbemesting 70 kg N/ha						Stikstofbemesting 220 kg N/ha					
		Maaidatum en snede					1955	Maaidatum en snede					1955
		9/5	13/6	18/7	22/8	26/9		9/5	13/6	18/7	22/8	26/9	
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
% ds	25	16,9	16,5	15,1	21,4	17,9	17,6	16,9	13,5	15,2	18 9	14,8	15,9
	40	16,7	16,7	15,8	20,0	17,5	17,3	15,5	15,0	16,3	21,1	14,5	16,5
	65	17,1	16,7	16,7	21,2	18,5	18,0	16,4	14,7	16,8	22,7	16,7	17,5
	95	17,2	16,3	17,4	21,6	18,2	18,1	16,7	14,8	17,3	23,5	15,6	17,6
	140	17,3	17,0	17,3	22,9	18,4	18,6	16,0	15,5	17,8	23,4	16,6	17,9
% re	25	18,7	14,4	14,9	16,5	16,9	16,4	19,4	18,7	15,3	19,8	20,8	18,6
	40	16,7	14,9	15,7	17,8	17,6	16,4	17,9	15,8	14,6	18,4	21,5	17,2
	65	17,0	15,6	14,3	18,6	19,1	16,5	16,7	15,8	14,6	19,0	21,8	16,8
	95	16,1	15,2	15,4	19,7	21,6	16,7	17,2	15,0	15,6	21,0	24,8	17,6
	140	16,0	14,1	15,1	19,8	20,6	16,1	18,0	15,6	15,9	19,0	24,9	17,8
kg ds/a	25	33,3	25,2	21,1	13,1	11,8	104,5	38,5	25,3	24,8	14,9	16,2	119,7
	40	30,5	20,2	21,5	14,8	17,1	104,1	34,3	25,4	26,6	17,2	14,8	118,3
	65	34,8	21,1	20,4	10,9	11,0	98,2	37,7	24,6	24,8	12,8	13,0	112,9
	95	32,7	18,4	19,1	8,5	9,3	88,0	38,6	24,1	23,5	12,0	12,2	110,4
	140	35,2	21,2	19,7	8,7	8,8	93,6	38,4	26,1	22,5	10,9	11,4	109,3
m		+ 23	− 26	− 17	− 52	− 50	− 122	+ 12	+ 3	− 29	− 46	− 40	− 95
kg re/a	25	6,2	3,6	3,1	2,2	2,0	17,1	7,5	4,7	3,8	2,9	3,4	22,3
	40	5,1	3,0	3,4	2,6	3,0	17,1	6,1	4,0	3,9	3,2	3,2	20,4
	65	5,9	3,3	2,9	2,0	2,1	16,2	6,3	3,9	3,6	2,4	2,8	19,0
	95	5,3	2,8	2,9	1,7	2,0	14,7	6,6	3,6	3,7	2,5	3,0	19,4
	140	5,6	3,0	3,0	1,7	1,8	15,1	6,9	4,1	3,6	2,1	2,8	19,5
V + N − E		+ 13	0	− 84	− 44	− 31	−	+ 13	0	− 84	− 44	− 31	−

N.B. Bijlage 6 op blz. 188

Bijlage 7. De invloed van de grondwaterstand en de hoeveelheid stikstof op de droge-stof- en ruw-eiwitgehalten en op de droge-stof- en ruw-

	Waterstand (cm)	Stikstofbemesting 0 kg N/ha					
		Maaidatum en snede					1957
		26/4	31/5	5/7	9/8	17/9	
		1	2	3	4	5	
% ds	25	24,1	22,0	21,2	14,7	10,2	18,1
	40	24,3	22,4	23,9	12,6	13,6	19,4
	65	23,3	23,2	28,6	16,7	13,7	21,1
	95	23,4	25,8	32,5	19,2	11,7	22,5
	140	22,5	24,8	31,3	17,9	12,7	21,8
% re	25	14,4	12,9	17,1	18,9	16,9	16,1
	40	14,4	13,3	15,6	17,8	18,6	15,9
	65	15,2	13,8	15,7	17,6	18,4	16,3
	95	15,7	14,3	16,0	17,6	20,6	16,9
	140	15,3	13,3	15,0	17,9	19,7	16,4
kg ds/a	25	13,7	19,9	14,8	21,2	14,9	84,5
	40	12,2	17,0	14,6	14,2	15,6	73,6
	65	12,0	12,0	8,2	11,7	15,6	59,5
	95	16,5	12,8	6,6	10,7	15,5	62,1
	140	12,5	12,5	5,5	10,0	13,7	54,2
m		+ 5	− 58	− 88	− 80	− 11	− 233
kg re/a	25	2,0	2,6	2,5	4,0	2,5	13,6
	40	1,8	2,3	2,3	2,5	2,9	11,7
	65	1,8	1,7	1,3	2,1	2,9	9,7
	95	2,6	1,8	1,1	1,9	3,2	10,5
	140	1,9	1,7	0,8	1,8	2,7	8,9
V + N − E		+ 42	− 12	− 95	− 34	+ 175	−

eiwitopbrengsten van kleigras in verschillende perioden van het jaar 1957

Stikstofbemesting 70 kg N/ha						Stikstofbemesting 220 kg N/ha					
Maaidatum en snede						Maaidatum en snede					
26/4	31/5	5/7	9/8	17/9	1957	26/4	31/5	5/7	9/8	17/9	1957
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
21,5	21,5	22,1	14,1	11,5	18,1	18,9	19,2	20,2	13,5	10,2	16,4
19,9	20,1	21,9	14,2	13,8	18,0	18,9	10,2	21,3	14,7	11,3	17,1
21,5	23,0	26,8	16,6	11,8	19,9	20,2	21,3	24,8	13,9	11,4	18,3
20,5	23,7	30,4	16,1	11,3	20,4	18,0	20,7	29,6	13,8	11,4	18,7
20,9	24,1	31,9	18,0	12,6	21,5	19,6	22,0	30,8	14,5	10,6	19,5
15,8	13,4	15,3	17,3	16,3	15,5	19,6	14,5	16,5	18,0	17,3	16,9
16,7	13,7	15,5	17,9	16,9	16,1	20,1	14,8	17,0	18,2	17,2	17,2
16,9	13,8	16,0	16,8	18,7	16,5	19,9	15,9	17,9	19,1	18,7	18,2
17,4	14,7	16,7	18,0	19,8	17,4	19,8	16,1	18,6	21,1	19,8	19,1
17,5	14,4	17,5	18,5	18,8	17,2	18,6	15,9	17,8	21,3	21,7	19,2
17,2	25,5	17,1	20,8	17,3	97,9	17,8	31,7	20,8	22,2	17,2	109,7
14,4	22,0	14,8	17,2	16,9	85,3	15,7	27,6	17,4	24,6	17,3	102,6
16,8	16,8	7,9	18,7	15,7	75,9	14,3	22,9	11,5	24,0	23,1	95,8
16,0	14,8	6,8	13,1	16,5	67,2	18,1	21,5	8,1	18,4	26,5	92,6
18,5	17,9	6,5	13,1	17,3	73,3	21,0	22,8	8,1	18,0	24,3	94,2
+ 19	− 66	− 93	− 65	+ 5	−205	+ 38	− 73	− 112	− 54	+ 75	− 127
2,7	3,4	2,6	3,6	2,8	15,2	3,5	4,6	3,4	4,0	3,0	18,5
2,4	3,0	2,3	3,1	2,9	13,7	3,2	4,1	3,0	4,5	3,0	17,7
2,8	2,3	1,3	3,1	2,9	12,5	2,8	3,6	2,1	4,6	4,3	17,4
2,8	2,2	1,1	2,4	3,3	11,7	3,6	3,5	1,5	3,9	5,3	17,7
3,2	2,6	1,1	2,4	3,3	12,6	3,9	3,6	1,4	3,8	5,3	18,1
+ 42	− 12	− 95	− 34	+ 175	−	+ 42	− 12	− 95	− 34	+ 175	−

Bijlage 8. De invloed van de grondwaterstand en de hoeveelheid stikstof op de droge-stof- en ruw-eiwitgehalten en op de droge-stof en ruw-

	Waterstand (cm)	Stikstofbemesting 0 kg N/ha					
		Maaidatum en snede					1957
		29/4	3/6	8/7	12/8	18/9	
		1	2	3	4	5	
% ds	40– 40	23,6	22,1	21,2	18,1	16,5	20,3
	65– 65	26,3	24,9	26,1	20,3	17,0	22,9
	95– 95	25,4	24,7	27,4	20,7	15,9	22,8
	140–140	26,4	24,5	27,7	21,2	16,9	23,3
	40–140	25,0	24,3	23,1	18,2	15,2	21,2
% re	40– 40	10,2	10,6	13,9	17,4	14,8	13,5
	65– 65	9,5	10,1	12,8	15,6	13,8	12,4
	95– 95	10,1	10,0	12,1	14,5	15,4	12,5
	140–140	9,3	9,1	11,4	13,4	14,0	11,5
	40–140	10,8	9,2	14,5	17,7	16,8	13,4
kg ds/a	40– 40	8,7	9,5	14,6	11,2	4,2	48,2
	65– 65	6,5	8,2	7,3	9,0	5,4	36,4
	95– 95	5,6	8,5	7,1	10,0	6,2	37,4
	140–140	5,0	7,5	7,0	8,3	6,3	34,1
	40–140	7,3	9,2	9,6	7,5	4,2	37,8
kg re/a	40– 40	0,9	1,0	2,0	2,0	0,6	6,5
	65– 65	0,6	0,8	0,9	1,4	0,8	4,5
	95– 95	0,6	0,8	0,9	1,4	1,0	4,7
	140–140	0,5	0,7	0,8	1,1	0,9	3,9
	40–140	0,8	0,9	1,4	1,3	0,7	5,1

eiwitopbrengsten van een éénjarige kunstweide op rivierkleigrond in verschillende perioden van het jaar 1957

Stikstofbemesting 70 kg N/ha						Stikstofbemesting 220 kg N/ha					
Maaidatum en snede					1957	Maaidatum en snede					1957
29/4	3/6	8/7	12/8	18/9		29/4	3/6	8/7	12/8	18/9	
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
20,5	22,0	22,2	19,6	16,1	20,1	19,9	20,7	21,6	19,1	13,9	19,0
23,2	24,7	25,7	20,0	14,6	21,6	20,3	23,1	23,7	17,5	13,2	19,6
22,7	24,6	27,5	20,7	14,9	22,8	20,4	21,9	25,9	17,7	12,5	19,7
23,6	24,4	27,9	19,4	15,0	22,1	21,7	22,0	26,3	17,5	12,3	20,0
22,2	23,1	25,4	19,7	14,7	21,0	20,0	21,4	24,4	19,8	13,7	19,9
11,4	9,9	12,6	13,0	12,6	11,8	11,9	9,5	11,6	11,8	11,6	11,1
10,2	8,7	12,5	13,8	14,4	11,4	12,4	8,6	11,1	12,8	12,9	11,2
10,4	8,7	11,1	12,8	13,8	11,1	12,0	8,7	11,1	13,0	13,4	11,4
9,9	8,5	11,3	11,7	14,2	10,8	11,6	9,1	11,6	12,5	13,6	11,4
10,8	8,6	11,9	14,4	14,6	11,5	12,5	9,2	10,9	12,5	12,7	11,3
14,8	16,8	17,4	12,4	7,6	69,0	18,6	32,3	25,7	22,9	17,4	116,9
13,1	17,8	9,8	12,3	8,3	61,3	18,3	32,4	19,6	21,8	19,8	111,9
12,2	16,8	9,3	12,3	9,2	59,8	18,3	31,9	17,5	23,4	21,2	112,3
13,0	16,2	9,5	11,4	9,5	59,6	17,5	32,6	17,9	23,5	21.4	112,9
14,7	16,8	11,5	10,3	7,1	60,4	20,3	33,7	20,2	21,8	17,7	113,7
1,7	1,7	2,2	1,6	0,9	8,1	2,2	3,1	3,0	2,7	2,0	13,0
1,3	1,6	1,2	1,7	1,2	7,0	2,3	2,8	2,2	2,8	2,5	12,6
1,3	1,4	1,0	1,6	1,3	6,6	2,2	2,8	1,9	3,1	2,8	12,8
1,3	1,4	1,1	1,3	1,3	6,4	2,0	3,0	2,1	2,9	2,9	12,9
1,6	1,4	1,4	1,5	1,0	6,9	2,5	3,1	2,2	2,7	2,3	12,8

Bijlage 6. De invloed van de grondwaterstand en de hoeveelheid stikstof op de droge-stof- en ruw-eiwitgehalten en op de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van kleigras in verschillende perioden van het jaar 1956

	Waterstand (cm)	Stikstofbemesting 70 kg N/ha						Stikstofbemesting 220 kg N/ha					
		Maaidatum en snede					1956	Maaidatum en snede					1956
		4/5	8/6	13/7	17/8	21/9		4/5	8/6	13/7	17/8	21/9	
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
% ds	25	17,5	15,6	15,3	17,7	17,0	16,6	16,0	14,8	15,2	15,7	15,7	15,5
	40	17,7	16,9	15,6	16,6	16,1	16,6	15,8	15,1	14,0	15,4	15,8	15,2
	65	17,6	18,4	15,7	14,8	16,0	16,5	16,7	15,4	15,2	14,1	14,3	15,1
	95	18,7	18,9	15,9	14,8	14,9	16,6	16,2	18,4	15,4	15,2	15,4	16,1
	140	18,3	17,9	15,8	15,2	15,7	16,6	17,4	14,8	15,5	15,9	14,4	15,6
% re	25	19,2	11,7	15,3	14,4	16,2	14,8	21,8	12,0	16,1	15,7	16,8	15,3
	40	19,1	11,7	15,8	15,2	16,2	14,6	23,2	13,2	16,3	15,3	17,1	16,0
	65	19,1	11,4	16,7	16,8	17,6	15,3	21,2	13,6	18,2	16,2	21,8	17,6
	95	20,7	12,2	17,8	18,8	19,4	16,9	22,5	12,4	19,1	18,2	21,4	17,7
	140	19,5	13,2	17,0	18,2	18,7	16,7	21,5	14,1	19,1	19,0	22,6	18,5
kg ds/a	25	14,6	29,0	14,4	10,4	10,2	78,6	15,8	37,8	18,8	12,9	13,1	98,4
	40	13,4	34,3	14,6	11,4	9,4	83,1	15,6	39,6	17,2	16,2	14,2	102,8
	65	18,5	33,4	13,4	17,2	11,6	94,1	20,9	36,0	18,2	25,1	16,6	116,8
	95	19,2	35,4	14,0	19,5	15,3	103,4	20,2	42,8	18,3	27,3	20,0	128,6
	140	18,8	33,5	13,8	19,7	16,9	102,7	20,6	33,9	17,4	25,2	16,9	114,0
m		+ 46	+ 28	− 11	+ 87	+ 68	+ 226	+ 46	− 75	− 6	+ 111	+ 41	+ 168
kg re/a	25	2,8	3,4	2,2	1,5	1,7	11,6	3,4	4,5	3,0	2,0	2,2	15,1
	40	2,6	4,0	2,3	1,7	1,5	12,1	3,6	5,2	2,8	2,5	2,4	16,5
	65	3,5	3,8	2,2	2,9	2,0	14,4	4,4	4,9	3,3	4,1	3,6	20,5
	95	4,0	4,3	2,5	3,7	3,0	17,5	4,5	5,3	3,5	5,0	4,5	22,8
	140	3,7	4,4	2,3	3,6	3,2	17,2	4,4	4,8	3,3	4,8	3,8	21,1
V + N − E		+ 37	− 10	− 11	+ 59	+ 93	−	+ 37	− 10	− 11	+ 59	+ 93	−

Bijlage 9. De invloed van de grondwaterstand op de ruw-eiwitgehalten en de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van veengras in de jaren 1954, 1955, 1956 en 1957 (in het laatste jaar bij twee hoeveelheden stikstof)

Jaar	Stikstof-bemesting in kg N/ha	Snede	Maai-datum	% re			kg ds/a			kg re/a		
				Zomerwaterstand (cm)								
				30	45	60	30	45	60	30	45	60
1954	70	1	10/5	20,1	23,1	25,7	26,8	30,0	19,2	5,4	6,9	4,9
		2	9/6	16,1	18,7	18,3	28,1	35,5	40,6	4,5	6,6	7,4
		3	13/7	19,3	19,4	21,6	18,5	24,3	23,0	3,6	4,7	5,0
		4	23/8	16,4	20,3	21,2	23,7	34,9	32,9	3,9	7,1	7,0
		5	28/9	21,3	22,2	24,1	15,3	22,7	18,3	3,3	5,0	4,4
			1954	18,4	20,6	21,3	112,4	147,4	134,0	20,7	30,3	28,7
1955	70	1	6/5	19,4	20,7	24,3	20,2	24,1	21,9	3,9	5,0	5,3
		2	10/6	13,4	13,7	14,1	25,1	23,6	27,5	3,4	3,2	3,9
		3	14/7	15,9	16,5	16,4	20,9	19,5	20,9	3,3	3,2	3,4
		4	19/8	16,3	18,1	20,2	19,1	19,9	19,7	3,1	3,6	4,0
		5	23/9	19,0	20,1	24,8	17,1	15,5	13,9	3,3	3,1	3,5
			1955	16,6	17,7	19,4	102,4	102,6	103,9	17,0	18,1	20,1
1956	70	1	7/5	22,3	23,3	25,2	14,5	17,8	20,7	3,2	4,2	5,2
		2	11/6	12,6	14,5	18,7	25,4	25,5	28,9	3,2	3,7	5,4
		3	16/7	17,1	19,7	21,4	17,2	17,7	18,0	2,9	3,5	3,9
		4	20/8	19,4	20,3	21,0	21,3	18,8	23,8	4,1	3,8	5,0
		5	24/9	18,6	19,9	23,0	11,5	12,5	20,2	2,1	2,5	4,7
			1956	17,3	19,1	21,8	89,9	92,3	111,6	15,5	17,7	24,2
1957	70	1	24/4	17,4	20,5	19,1	9,3	13,0	17,3	1,6	2,7	3,3
		2	28/5	14,3	13,6	15,1	17,4	20,5	25,2	2,5	2,8	3,8
		3	2/7	15,2	16,3	16,1	15,3	15,1	15,0	2,3	2,5	2,4
		4	7/8	16,0	18,6	19,3	21,8	19,2	17,9	3,5	3,6	3,5
		5	19/9	17,4	19,9	21,5	18,6	21,7	20,5	3,2	4,3	4,4
			1957	15,9	17,8	18,1	82,4	89,5	95,9	13,1	15,9	17,4
1957	220	1	24/4	21,2	20,7	19,0	12,3	15,7	19,5	2,6	3,3	3,7
		2	28/5	15,5	17,3	17,8	25,9	26,4	30,7	4,0	4,6	5,5
		3	2/7	15,6	16,8	18,6	17,0	19,8	18,9	2,7	3,3	3,5
		4	7/8	16,2	19,9	21,6	25,5	21,6	23,9	4,1	4,3	5,2
		5	19/9	18,3	22,3	24,1	19,3	23,5	21,3	3,5	5,2	5,1
			1957	16,9	19,3	20,1	100,0	107,0	114,3	16,9	20,7	23,0

Bijlage 10. Wortelgewichten van grasland en akkerbouwgewassen op rivierklei en van veengrasland bij verschillende grondwaterstanden

Grond	Rivierklei												
Gewas	Blijvend grasland									Kunstweide			
Jaar	1953	1955	55-53	1953	1955	55-53	1953	1955	55-53	1957			
Waterstand	25			65			140			40	65	95	140
Laag (cm)	Wortelgewicht in kg/ha												
0- 10	4300	5012	+ 712	4135	4506	+ 371	4195	3686	− 509	1828	1651	2184	1713
10- 20	826	1075	+ 249	433	781	+ 348	296	597	+ 301	244	187	231	185
20- 30	402	350	− 52	231	295	+ 64	134	263	+ 129	104	114	143	145
30- 40	154	199	+ 45	134	183	+ 49	70	151	+ 81	62	73	88	93
40- 50	110	143	+ 33	81	111	+ 30	32	104	+ 72	39	78	79	62
50- 60	82	80	− 2	68	80	+ 12	34	80	+ 46	16	62	73	62
60- 70	24	80	+ 56	22	64	+ 42	28	72	+ 44	3	36	58	49
70- 80	6	−	− 6	10	48	+ 38	4	48	+ 44	−	18	61	49
80- 90	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	8	61	57
90-100	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	32	39
0-100	5904	6939	+1035	5114	6068	+ 954	4793	5001	+ 208	2296	2227	3010	2454
	Wortelgewichten per laag in % van de totale wortelhoeveelheid												
0- 10	73	72	−	81	74	−	87	74	−	79	74	73	70
10- 20	14	16	−	8	13	−	6	12	−	11	8	8	7
20- 30	7	5	−	5	5	−	3	5	−	5	5	5	6
30- 40	3	3	−	3	3	−	1	3	−	3	3	3	4
40- 50	2	2	−	2	2	−	1	2	−	2	4	3	3
50- 60	1	1	−	1	1	−	1	2	−	+	3	2	3
60- 70	+	1	−	+	1	−	1	1	−	+	2	1	2
70- 80	+	−	−	−	1	−	+	1	−	−	1	2	2
80- 90	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	2	2
90-100	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	1	1
0-100	100	100	−	100	100	−	100	100	−	100	100	100	100

Rivierklei											Veen								
Haver					Erwten		Rode klaver				Blijvend grasland								
1954					1955		1957				1952	1953	53-52	1952	1953	53-52	1952	1953	53–52
40	65	95	140	40-140	40	140	40	65	95	140	30[1]			45[1]			60[1]		
Wortelgewicht in kg/ha																			
808	641	509	575	630	372	312	1439	1503	1402	1783	1282	1826	+544	1352	1864	+512	996	1534	+ 538
104	80	77	94	84	155	97	192	116	118	163	78	203	+125	55	130	+ 75	60	138	+ 78
90	79	66	78	73	79	43	54	100	123	114	23	65	+ 42	29	49	+ 20	13	44	+ 31
57	61	56	62	47	54	33	41	68	64	67	23	13	− 10	3	26	+ 23	26	23	− 3
44	58	37	47	39	23	24	31	129	60	35	5	3	− 2	−	10	+ 10	3	21	+ 18
20	54	48	41	30	5	15	+	65	48	50	−	−	−	−	5	+ 5	3	5	+ 2
8	42	40	33	7	3	8	−	35	55	40	−	−	−	−	1	+ 1	−	5	+ 5
1	20	46	31	1	−	7	−	13	60	48	−	−	−	−	−	−	−	−	−
+	1	51	38	+	−	4	−	+	84	44	−	−	−	−	−	−	−	−	−
−	+	43	29	+	−	+	−	−	15	32	−	−	−	−	−	−	−	−	−
1132	1036	973	1028	911	691	543	1757	2029	2029	2376	1411	2110	+699	1439	2085	+646	1101	1770	+ 669
Wortelgewichten per laag in % van de totale wortelhoeveelheid																			
71	62	52	56	69	54	57	82	74	69	75	91	87	−	94	89	−	91	87	−
9	8	8	9	9	23	18	11	6	6	7	5	10	−	4	6	−	5	8	−
8	8	7	8	8	11	8	3	5	6	5	2	3	−	2	2	−	1	3	−
5	6	6	6	5	8	6	2	3	3	3	2	+	−	+	1	−	2	1	−
4	5	4	4	4	3	4	2	6	3	1	+	+	−	−	1	−	+	1	−
2	5	5	4	4	1	3	+	3	2	2	−	+	−	−	1	−	+	+	−
1	4	4	3	1	+	2	−	2	3	2	−	−	−	−	+	−	−	+	−
+	2	5	3	+	−	2	−	1	3	2	−	−	−	−	−	−	−	−	−
+	+	5	4	−	−	+	−	+	4	2	−	−	−	−	−	−	−	−	−
−	+	4	3	−	−	+	−	−	1	1	−	−	−	−	−	−	−	−	−
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	−	100	100	−	100	100	−

[1]) Zomerwaterstand

Bijlage 11. De invloed van de grondwaterstand op de gehalten aan de belangrijkste minerale bestanddelen van rivierkleigra s in 1955

Waterstand (cm)	Snede	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Cl	SO_3	P_2O_5	re	kg ds/a
		% in de droge stof								
25	1	3,55	0,52	0,94	0,26	2,07	0,63	0,75	18,7	33,3
40		3,91	0,43	1,03	0,19	2,18	0,55	0,90	16,7	30,5
65		4,04	0,45	0,89	0,21	2,21	0,60	0,85	17,0	34,8
95		3,62	0,48	1,02	0,22	2,10	0,53	0,88	16,1	32,7
140		3,68	0,53	0,96	0,24	2,07	0,64	0,85	16,0	35,2
25	2	3,15	0,53	0,86	0,25	1,89	0,70	0,63	14,4	25,2
40		3,49	0,47	0,90	0,27	2,01	0,71	0,77	14,9	20,2
65		3,42	0,48	0,97	0,27	1,94	0,74	0,68	15,6	21,1
95		3,37	0,56	0,95	0,28	2,09	0,76	0,79	15,2	18,4
140		3,11	0,62	0,96	0,26	2,01	0,86	0,78	14,1	21,2
25	4	2,38	0,72	1,16	0,37	1,44	1,29	0,82	16,5	13,1
40		2,52	0,92	1,17	0,28	1,65	1,19	0,92	17,8	14,8
65		2,76	0,87	1,12	0,42	1,72	1,47	0,89	18,6	10,9
95		2,48	1,01	1,19	0,46	1,75	1,32	1,02	19,7	8,5
140		2,29	1,29	1,10	0,47	1,72	1,34	0,94	19,8	8,7

Bijlage 12. De invloed van de grondwaterstand op de gehalten aan de belangrijkste minerale bestanddelen van veengras in 1956

Zomerwaterstand (cm)	Snede	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Cl	SO_3	P_2O_5	re	kg ds/a
		% in de droge stof								
30	1	3,92	0,33	1,21	0,28	1,99	0,92	1,03	22,3	14,5
45		4,02	0,39	1,19	0,30	2,15	0,84	1,15	23,3	17,8
60		3,68	0,54	1,18	0,32	1,98	0,88	1,08	25,2	20,7
30	3	3,98	0 47	1,36	0,34	2,42	1,04	1,17	17,1	17,2
45		3,80	0,57	1,17	0,45	2,34	1,19	1,22	19,7	17,7
60		3,61	1,00	1,21	0,47	2,48	1,08	1,07	21,4	18,0
30	5	2,90	0,71	1,41	0,44	1,84	1,06	1,18	18,6	11,5
45		2,42	0,80	1,46	0,43	1,24	1,18	1,22	19,9	12,5
60		2,48	1,38	1,24	0,50	1,28	1,16	1,12	23,0	20,2

Bijlage 13. De invloed van de grondwaterstand op de gehalten aan enkele minerale bestanddelen van suikerbieten op rivierklei

Waterstand (cm)	Gewasdeel	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	P_2O_5	re	kg ds/a
		% in de droge stof						
40	loof + kop	2,70	1,56	0,77	0,45	0,25	8,6	59,3
65		2,70	1,68	0,85	0,36	0,27	9,9	71,3
95		2,78	2,32	0,64	0,33	0,27	12,1	81,9
140		2,53	2,65	0,78	0,40	0,30	13,6	82,4
40–140		2,64	1,87	0,83	0,40	0,23	9,6	77,5
40	wortel	0,93	0,09	0,18	0,17	0,11	3,3	89,6
65		0,92	0,12	0,22	0,18	0,14	3,7	101,4
95		0,93	0,19	0,15	0,23	0,14	4,3	99,0
140		1,02	0,30	0,15	0,22	0,14	4,7	97,6
40–140		0,93	0,13	0,18	0,18	0,11	3,6	101,0

Bijlage 14. De invloed van constante en van wisselende grondwaterstanden op de droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van rivierkleigras-

	Waterstand (cm)	Stikstofbemesting 0 kg N/ha					
		Maaidatum en snede					1957
		26/4	31/5	5/7	9/8	17/9	
		1	2	3	4	5	
kg ds/a	40- 40	9,4	15,3	12,2	17,4	14,9	69,2
	40- 65	13,6	18,7	10,0	16,5	14,8	73,6
	40- 95	10,5	19,2	10,2	14,6	11,9	66,4
	40-140	8,8	17,1	9,9	15,2	12,7	63,7
	140-140	13,8	16,6	6,8	12,9	11,9	62,0
kg re/a	40- 40	1,3	2,0	2,2	3,3	2,9	11,7
	40- 65	2,0	2,1	1,5	2,8	2,7	11,1
	40- 95	1,4	2,1	1,5	2,9	2,2	10,1
	40-140	1,2	2,1	1,6	2,9	2,5	10,3
	140-140	2,2	2,1	1,2	2,3	2,3	10,1
V + N − E[1]		+ 42	− 12	− 95	− 34	+ 175	−

[1]) Een verklaring voor V + N − E is in hoofdstuk IV: 1.1 op blz. 41 gegeven

land in verschillende perioden van het jaar 1957 bij drie hoeveelheden stikstof

Stikstofbemesting 70 kg N/ha						Stikstofbemesting 220 kg/ha					
Maaidatum en snede						Maaidatum en snede					
26/4	31/5	5/7	9/8	17/9	1957	26/4	31/5	5/7	9/8	17/9	1957
1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
17,8	21,9	13,5	18,1	13,1	84,4	16,4	28,6	17,4	21,5	16,4	100,3
17,1	24,2	11,9	17,9	12,6	83,7	19,2	27,3	18,3	24,0	15,7	104,5
17,6	25,4	11,9	16,5	11,6	83,0	22,1	36,3	19,7	22,6	14,3	115,0
13,8	23,6	12,8	17,9	14,8	82,9	16,2	34,0	19,4	22,5	17,3	109,4
17,5	20,1	8,0	16,8	16,4	78,8	19,8	28,7	9,3	22,0	23,2	103,0
2,7	2,8	2,2	3,2	2,1	13,0	3,1	3,9	3,0	3,8	2,9	16,7
2,8	3,0	1,8	3,0	2,1	12,7	3,7	3,8	3,0	4,0	2,7	17,2
2,7	2,9	1,7	2,8	2,0	12,1	4,1	4,7	3,2	3,9	2,5	18,4
1,2	2,9	1,9	3,3	2,6	11,9	3,1	4,6	3,1	4,1	3,2	18,1
2,8	2,7	1,4	3,0	3,1	13,0	3,9	4,0	1,8	4,3	4,7	18,7
+ 42	− 12	− 95	− 34	+ 175	−	+ 42	− 12	− 95	− 34	+ 175	−

INHOUDSOPGAVE

		Blz.
	Woord vooraf	5
I.	**Inleiding**	7
II.	**Literatuur over de betekenis van de grondwaterstand voor de groei van gras en van akkerbouwgewassen**	10
III.	**Beschrijving van de proefvelden**	15
1.	Regenval en verdamping in de jaren van onderzoek	15
2.	Het grondwaterstandsproefveld op rivierklei	20
2.*1*.	De kringloop van het water op het rivierkleiproefveld	22
2.2.	De bodemgesteldheid van het rivierkleiproefveld	23
2.*3*.	Het graslandgebruik, de bruto-opbrengstbepaling en de grasmat van het rivierkleiproefveld	26
2.*4*.	Het bouwland op het rivierkleiproefveld	29
2.5.	De grondwaterstanden van het rivierkleiproefveld	31
3.	Het grondwaterstandsproefveld op veengrasland	34
3.*1*.	De bodemgesteldheid van het veengraslandproefveld	35
3.2.	Het graslandgebruik, de bruto-opbrengstbepaling en de grasmat van het veengraslandproefveld	35
3.*3*.	De grondwaterstanden van het veengraslandproefveld	37
IV.	**Op de proefvelden waargenomen invloeden van de grondwaterstand op de groei der gewassen**	39
1.	Het grondwaterstandsproefveld op rivierkleigrond	39
1.*1*.	Blijvend grasland	39
1.*1*.1.	Het droge-stofgehalte van het gras	41
1.*1*.2.	Het ruw-eiwitgehalte van het gras	43
1.*1*.3.	De droge-stofopbrengsten	44
1.*1*.4.	De ruw-eiwitopbrengsten	49
1.2.	Akkerbouwgewassen	50
1.2.1.	De gewassen waarvan de opbrengst toeneemt bij toenemende ontwateringsdiepte	51
1.2.2.	De gewassen waarvan de opbrengst afneemt bij toenemende ontwateringsdiepte	55
1.2.3.	De gewassen die geen duidelijke reactie vertonen op de diepte van de grondwaterstand	55
1.*3*.	Kunstweide	57
2.	Het grondwaterstandsproefveld op veengrasland	60
V.	**De betekenis van de grondwaterstand voor de groei van gras en van akkerbouwgewassen**	62
1.	De betekenis van de grondwaterstand voor de watervoorziening van rivierkleigrasland, rivierkleibouwland en van veengrasland	62
1.*1*.	Bewortelingsdiepte en ontwateringsdiepte	64
1.2.	Capillaire opstijging in rivierkleigrasland, vochtvoorraad, neerslag en verdamping	67
1.*3*.	Conclusies over de betekenis van de grondwaterstand uit een oogpunt van watervoorziening	71
2.	De betekenis van de grondwaterstand voor de stikstofhuishouding van rivierkleigrasland, rivierkleibouwland en veengrasland	72
2.*1*.	De stikstofhuishouding van gras- en bouwland	72
2.*1*.1.	Mineralisatie van organische stof in de grond	73
2.*1*.1.1.	Het organische-stofniveau van het rivierkleigrasland	76

2.1.1.2. Het organische-stofniveau van het rivierkleibouwland 77
2.1.1.3. Het organische-stofniveau van het veengrasland 78
2.1.2. Uitspoeling en vervluchtiging van stikstof en stikstofverbindingen 79
2.1.2.1. Het effect van de grondwaterstand op het z.g. stikstofrendement 79
2.1.2.2. Het effect van de grondwaterstand op de stikstofopname bij verschillende niveaus van stikstofvoorziening 82
2.1.2.3. Het effect van de grondwaterstand op de groei van vlinderbloemige gewassen op rivierkleigrond 84
2.1.2.4. Het compenseren van een nadelige invloed van hoge grondwaterstanden door extra stikstofbemesting 85
2.1.3. De beïnvloeding van de beworteling door de grondwaterstand als oorzaak van de waargenomen verschillen in stikstofopname 87
2.1.4. Verklaringen voor de waargenomen beïnvloeding van de stikstofhuishouding der gewassen door de grondwaterstand 87
2.2. Conclusies over de betekenis van de grondwaterstand uit een oogpunt van stikstofhuishouding 89
3. Conclusies over de betekenis van de grondwaterstand voor de groei van akkerbouwgewassen en van gras 90

VI. Andere, op de proefvelden waargenomen grondwaterstandsinvloeden 94

1. De betekenis van de grondwaterstand voor de beweidbaarheid van rivierklei- en veengrasland en voor de bewerkbaarheid van rivierkleibouwland 94
1.1. Grondwaterstandsstijgingen bij overvloedige neerslag 94
1.2. Het verschijnsel van de plasvorming 95
1.3. Betekenis van de grondwaterstand van rivierkleigrasland, uit een oogpunt van plasvorming en vertrapping 98
1.4. Betekenis van de grondwaterstand uit een oogpunt van bewerkbaarheid van rivierkleibouwland 99
2. De betekenis van de ontwateringsdiepte voor de botanische samenstelling van blijvend rivierklei- en veengrasland 100
2.1. Waarnemingen op het rivierkleiproefveld betreffende de beïnvloeding van de botanische samenstelling van de grasmat door de grondwaterstand 100
2.2. Waarnemingen op het veengraslandproefveld betreffende de beïnvloeding van de botanische samenstelling door de grondwaterstand 108
2.3. Enige conclusies over de betekenis van de grondwaterstand voor de botanische samenstelling van grasland 108
3. Enige gegevens over de betekenis van de grondwaterstand voor de chemische samenstelling van gras en suikerbieten op rivierklei en van gras op veen . . . 109

VII. Wisselende grondwaterstanden op het rivierkleiproefveld 110

1. Wisselende grondwaterstanden in rivierkleigrasland 111
1.1. De droge-stof- en ruw-eiwitopbrengsten van rivierkleigrasland met wisselende grondwaterstanden in vergelijking met de bij constante waterstanden verkregen opbrengsten 112
1.2. Andere, op het rivierkleigraslandproefveld waargenomen invloeden van wisselende grondwaterstanden 115
2. De opbrengst van akkerbouwgewassen op rivierklei bij een hoge grondwaterstand in de zomermaanden en een lage grondwaterstand gedurende de rest van het jaar 116
3. Interpretatie van de op rivierkleigrasland en -bouwland verkregen resultaten bij wisselende grondwaterstanden 117

VIII. Beschouwingen over de gewenste grondwaterstand voor komkleigrasland . . . 120

1. Enige problemen van de komgronden 120
1.1. Enige gegevens over de ontwateringsdiepte van rivierkleigronden 121

1.2. Bespreking van enige reeds bestaande meningen over de gewenste ontwateringsdiepte van komkleigrasland 121
2. Uit het eigen onderzoek getrokken conclusies ten aanzien van de gewenste grondwaterstand voor intensief gebruikt komkleigrasland 124
2.1. De gewenste grondwaterstand voor komkleigrasland in overwegend natte jaren 124
2.2. De gewenste grondwaterstand van komkleigrasland in overwegend droge jaren 126
2.3. De zogenaamde optimale grondwaterstand 127
2.4. Het kiezen van een voor een reeks van jaren gunstige grondwaterstand voor intensief gebruikt komkleigrasland 128
3. Enige opmerkingen over de gewenste grondwaterstand voor extensief gebruikt komkleigrasland 133

IX. Bruto-opbrengstderving op diep ontwaterd komkleigrasland in droge jaren, en maatregelen om deze opbrengstderving te voorkomen 136

1. Omvang en veelvuldigheid van bruto-opbrengstdepressies bij droog weer op diep ontwaterd komkleigrasland 136
2. Maatregelen om bruto-opbrengstdepressies in perioden van droogte te voorkomen 140
2.1. Periodieke herinzaai 140
2.2. Infiltratie 140
2.2.1. Het effect van infiltratie op de gemiddelde opbrengsten aan droge stof en ruw eiwit 141
2.2.2. Infiltratie en beweidingsmoeilijkheden 144
2.2.3. Enige beschouwingen over het tijdstip en de kosten van infiltratie 144
2.2.4. Terugblik op de in hoofdstuk VIII: 1.2. besproken meningen over de gewenste ontwateringsdiepte van komkleigrasland 147
2.3. Beregening en bevloeiing 149

X Samenvatting 153

Summary 162

Literatuuropgave 172

Bijlagen 178