

Grondwaterstanden onder verschillende klimatologische omstandigheden

Ground-water levels in the Netherlands under dry and wet climatological circumstances

Summary see page 755

PH. TH. STOL,

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding

Voor het verkrijgen van een inzicht omtrent het gedrag van grondwaterstanden onder verschillende klimatologische omstandigheden is het noodzakelijk eerst nader op het laatste deel van het onderwerp in te gaan.

NEERSLAG EN VERDAMPING.

Voor het cultuurtechnisch onderzoek dat gericht is op bestudering van waterhuishoudkundige problemen zijn neerslag en verdamping de belangrijkste balansposten.

Het jaarlijks verloop van deze beide grootheden kan gekarakteriseerd worden met behulp van de gegevens, zoals deze door het K.N.M.I. in de maandoverzichten verstrekt worden. Door van een reeks van deze gegevens een nieuwe reeks van gesommeerde hoeveelheden samen te stellen, kan worden nagegaan hoe vanaf een bepaalde datum de neerslag, respectievelijk de verdamping, cumuleert. Het beginpunt van een dergelijke sommatie behoeft niet noodzakelijkerwijs op de eerste dag van het kalenderjaar genomen te worden. In waterhuishoudkundig opzicht is veel meer die datum geschikt waarop aangenomen kan worden, dat in de waterbalans een zekere evenwichtstoestand is ingetreden. De sommatie kan dan ongeveer een jaar later afgesloten worden op het tijdstip waarop het evenwicht opnieuw bereikt is. Deze evenwichtstoestand zal in de verschillende jaren niet steeds in eenzelfde periode liggen, doch eenvoudigheidshalve zal hieraan voorbijgegaan worden en zal een gemiddelde datum als uitgangspunt genomen worden.

Als eerste benadering voor een dergelijk gemiddeld tijdstip kan de datum 1 mei gekozen worden. Bij het bestuderen van bundels tijd-stijghoogtelijnen valt namelijk op, dat de definitieve daling van de grondwaterstand in het voorjaar veelal in de tweede helft van april plaatsvindt en dat in deze maand de onderlinge waterstandsverschillen over een reeks van jaren relatief gering zijn. Voor het sommeren van klimatologische gegevens zou daarom de periode van 1 mei tot 30 april als een waterhuishoudkundig jaar gedefinieerd kunnen worden.

Voor Vlissingen werd nu nagegaan hoe het verloop van neerslag en verdamping was voor een reeks van jaren. De gegevens over de verdamping werden samengesteld door middel van de berekende verdamping volgens Penman, gereduceerd met een gemiddelde factor van 0,7. Hiermee is een bruikbare

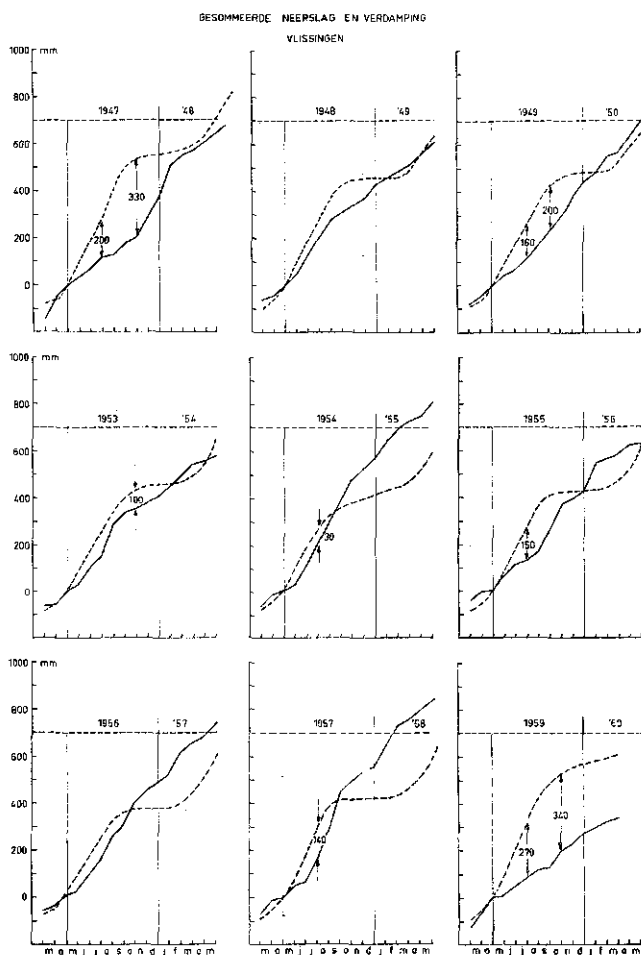


Fig. 1 Voor een aantal jaren geeft de figuur de vanaf 1 mei gesommeerde hoeveelheid neerslag (—) en verdamping (---). Droge jaren komen tot uiting door de grote onderlinge afstand tussen de beide lijnen. In jaren met een natte zomer wordt het verdampingsoverschot spoedig aangevuld en valt het snijpunt van de lijnen op een vroeg tijdstip

Fig. 1 For several years the figure gives the precipitation (—) and evaporation (---) in mm summated from May 1st. In dry years the vertical distance between both curves is large

maat voor de verdamping onder niet al te extreme omstandigheden verkregen. In figuur 1 is een aantal markante jaren op deze wijze gekarakteriseerd. De getrokken lijnen geven vanaf 1 mei de gesommeerde hoeveelheid neerslag weer; de gestreepte lijnen de gesommeerde verdamping. Opgemerkt kan eerst nog worden dat een verschuiving van de begindatum naar een vroeger tijdstip — indien dit juist zou zijn — over het algemeen slechts een geringe verandering in de onderlinge ligging van de lijnen zou teweegbrengen.

Uit de figuur valt af te lezen dat de verdamping in de eerste weken van het waterhuishoudkundig jaar de neerslag overtreft en dat vanaf 1 mei bijna steeds een verdampingsoverschot zal optreden. Dit overschot — de verticale afstand tussen de beide curven — blijft eerst nog toenemen, doch de maximale grootte is sterk afhankelijk van de ontwikkeling van de weersomstandigheden. Na aanvulling van het verdampingsoverschot — het snijpunt van

beide lijnen — treedt de periode van neerslagoverschotten op. Het zal duidelijk zijn dat deze overschotten in de loop van de winterperiode tot afvoer zullen komen, hetgeen in de gegeven figuren niet afgelezen kan worden. Steeds werd aangenomen dat op de gefixeerde datum 1 mei de cyclus gesloten zal zijn en de sommatie van het volgend jaar zal kunnen beginnen.

De serie diagrammen begint met het droge jaar 1947 waarin een verdampingsoverschot van 330 mm als maximum is voorgekomen, een waarde die eind oktober bereikt werd. Na de eerste drie maanden, mei tot en met juli, bedroeg het verdampingsoverschot reeds 200 mm. Een periode van afvoer is in dit jaar nauwelijks of niet voorgekomen. Het volgende droge jaar dat in de herinnering is blijven voortleven is 1949. Minder extreem weliswaar dan 1947, maar toch met een hoog verdampingsoverschot van 180 mm over de eerste drie maanden. Eind september loopt dit verdampingsoverschot op tot 200 mm. In de loop van januari 1950 raakt het verdampingsoverschot genivelleerd en valt in de figuur een korte periode met neerslagoverschotten af te lezen.

In deze serie diagrammen vallen voorts nog op de droge herfst van 1953 toen na de septembermaand het verdampingsoverschot weer ging toenemen doordat oktober en november met respectievelijk 8 en 17 mm neerslag weinig aan de neerslagsom toevoegden. Vervolgens het natte jaar 1954 en de jaren 1956 en 1957 die vooral in de nazomer vrij nat waren.

Tot slot het jaar 1959. In de eerste drie maanden (mei, juni en juli) bedroeg het verdampingsoverschot reeds 270 mm om daarna nog op te lopen tot een berekende waarde van 370 mm omstreeks eind september. In dit waterhuishoudkundig jaar bedroeg de neerslag in totaal slechts 484 mm, hetgeen in sterke tegenstelling is met de 915 mm in het natte jaar 1950.

Met de in de grafieken van figuur 1 getekende lijnen voor neerslag en verdamping kon — door de verticale afstand tussen de lijnen onderling uit te meten — gerekend worden met verdampings-, respectievelijk neerslagoverschotten. Deze grootheden kunnen ook zelf op een verticale as uitgezet worden, zodat als het ware de verdampingslijn recht getrokken wordt en tot abscis wordt gemaakt. De neerslaglijn wordt dan de curve die de totale hoeveelheid aan verdampings- of neerslagoverschotten aangeeft, hetgeen in figuur 2 is uitgewerkt. Afzonderlijke neerslag- of verdampingshoeveelheden kunnen uit deze figuur niet meer afgelezen worden, maar wel is het voordeel verkregen dat de weersomstandigheden met één enkele lijn beschreven zijn, waardoor de jaren onderling gemakkelijk met elkaar vergeleken kunnen worden.

De periode waarover de gegevens uit figuur 1 en 2 zich uitstrekken is te kort om tot het opstellen van frequentieoverzichten over te gaan. Toch kan geprobeerd worden in dergelijke verzamelfiguren gemiddelde en extreme toestanden kwantitatief te scheiden. In figuur 2 werd dit gedaan door zowel aan de natte als aan de droge kant telkens twee extremen afzonderlijk weer te geven en het resterende deel van de bundel curven in een arcering op te nemen. Op deze wijze liggen nu 9 van de 13 gegevens per maand — dus ca. 70 % — binnen het gearceerde gebied.

Fig. 2 Van de curven uit figuur 1 is de verticale afstand tussen de neerslag- en de verdampingslijn op de verticale as uitgezet. Het centrale gedeelte van de bundel curven is in een arcering opgenomen; hierbinnen zijn gemiddelde lijnen getekend voor de jaren 1949-1958 en 1947-1959

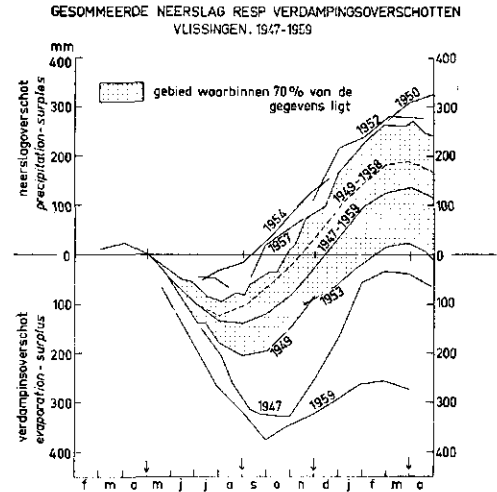


Fig. 2 From the curves in fig. 1, the vertical distance between both curves is plotted on the ordinate. In the shaded part — in which appr. 70 % of the data falls — no details are given

Figuur 2 kan nu gelden als samenvatting van hetgeen in het voorgaande besproken is. Zo manifesteert zich bijvoorbeeld het natte jaar 1954 als het jaar waarin op het vroegste tijdstip het verdampingsoverschot werd aangevuld, dadelijk gevolgd door 1957. Onder in de figuur staan de extreme gevallen van verdampingsoverschotten aangegeven, namelijk de jaren 1947 en 1959. Het 70 %-gebied wordt omsloten door 1949 voorzover het de zomermaanden en het vroege najaar betreft en vanaf midden november door 1953, het jaar met de opvallend droge herfst.

Op lichte en hooggelegen gronden en in die jaren waarin van een langdurig en groot verdampingsoverschot sprake is, zal de werkelijke verdamping op den duur geringer zijn dan de potentiële. Dit houdt in dat curven voor die gevallen geen juist beeld meer geven.

De droge jaren 1947 en 1949 waren de oorzaak van een streven naar het verkrijgen van meer inzicht in de landbouw-waterhuishoudkundige toestand in geheel Nederland. In het kader van het Produktie Niveau Onderzoek, waarvan in 1950 de eerste waarnemingen werden verricht, werden onder meer grondwaterstanden opgemeten. Daarna kwam de Commissie Onderzoek Landbouwwaterhuishouding Nederland (C.O.L.N.), die van 1952 tot 1955 in ruim 23 000 peilbuizen over het gehele land verspreid gegevens over de waterstand verzamelde. In deze buizen die met een dichtheid van één per 100 à 130 ha cultuurgrond waren geplaatst werd 4 keer per jaar op enkele markante tijdstippen de waterstand opgemeten, terwijl in 2000 zgn. stambuizen de waterstand 2 keer per maand gepeild werd. De aldus verzamelde gegevens werden omgerekend op een gemiddelde winterstand en een gemiddelde zomerstand en daarna in kaart gebracht. Deze kaarten, op schaal 1 : 200 000, werden als provinciekaarten aan de eindrapporten van de C.O.L.N. toegevoegd. Een dergelijk landelijk onderzoek kon uiteraard niet in dezelfde vorm ge-



Fig. 3 Overzicht van de ligging van de stambuizen die in fig. 4 als voorbeeld zijn gegeven

Fig. 3 Situation of the test wells mentioned in fig. 4

continueerd blijven. In 1955 werd de periode van opmeten van waterstanden door de C.O.L.N. afgesloten. Het in 1948 opgerichte Archief voor Grondwaterstanden in Den Haag heeft echter niet alleen de door het Productie Niveau Onderzoek en de door de C.O.L.N. verzamelde grondwaterstandsgegevens geregistreerd, maar zich tevens tot taak gesteld een groot aantal peilen en stambuizen voorlopig te blijven opnemen. Het Archief kan daarmee veertiendaagse waterstanden verstrekken van een groot aantal stambuizen. Van sommige van deze buizen heeft de waarnemingsreeks reeds een lengte van meer dan 10 jaar.

Aan de hand van een achttal van deze stambuizen kan een indruk gegeven worden van het verloop van de grondwaterstand op verschillende profielen in Nederland. De ligging van deze buizen wordt schematisch weergegeven in figuur 3.

VORSTPERIODEN

Bij de bespreking van de tijd-stijghoogtelijnen zal voorzover de gegevens dit toelaten ook gewezen worden op twee belangrijke vorstperioden. De eerste is die welke in 1954 in de laatste week van januari inzette en voortduurde tot medio februari. De gemiddelde etmaaltemperatuur lag toen tussen -5° en -10° C. De tweede periode kwam voor in 1956 en duurde vrijwel de gehele maand februari. De gemiddelde etmaaltemperatuur lag lange tijd rond -10° C en bedroeg op de 16e te De Bilt $-14,9^{\circ}$ C.

GRONDWATERSTANDEN

a Benthuizen, oude zeeklei

De eerste stambuis (Benthuizen, oude zeeklei, fig. 4 a) geeft een goed voorbeeld van de algemene gedaante van een tijd-stijghoogtediagram. In de figuur staan de curven voor de jaren 1952 tot en met 1955 en voorts voor 1959 en 1960 gedeeltelijk ingetekend.¹

Beginnend bij de winter kan — in het algemeen — gezegd worden dat in december de hoogste waterstanden gemeten worden; in dit geval op diepten van 30–50 cm onder maaiveld. Reeds in januari treedt een verlaging van het niveau op. Het nieuwe niveau blijft in februari en maart grotendeels gehandhaafd. In de loop van april begint zich de voorjaarsdaling te manifesteren, terwijl vanaf 1 mei deze daling definitief wordt en de bundel curven zich opvallend vernauwt. De daling van de grondwaterstand gaat nu geleidelijk door om na het bereiken van het diepste punt, bij het inzetten van de najaarsregens, binnen soms 2 à 3 weken weer op winterniveau te komen. Het gedeelte van januari tot juni geeft geen aanleiding in nadere details te treden, maar in de andere periode valt een groot onderscheid tussen de jaren onderling waar te nemen.

Afhankelijk van het tijdstip waarop de verdampingsoverschotten genivelleerd worden, zet de stijging van de zomerwaterstand naar winterwaterstand in. In de vrij normale zomers van 1952 en 1955 lag de laagst bereikte waterstand ongeveer 2 meter onder maaiveld. In de maand oktober beginnen dan de standen op te lopen om een niveau van 60 cm —m.v. te bereiken. De stijging van 1952 zet nog door tot 35 cm —m.v. als gevolg van het grote neerslagoverschot in het najaar (vergelijk fig. 2). Geheel anders ligt de lijn voor 1954. Medio juli zet de stijging in, die dezelfde maand reeds de waterstand op het winterniveau brengt.

Een uiterste aan de andere kant vertoont het jaar 1953 dat door het droge najaar pas medio december een stijging van de waterstanden laat zien, waarop medio januari het winterniveau van 65 cm —m.v. bereikt wordt. Tevens manifesteert zich nog de belangrijke vorstperiode in de eerste helft van februari 1954 door een tijdelijke daling van de waterstand.

Resteert tenslotte in dit voorbeeld een bespreking van het verloop van de waterstanden in 1959. In maart, april en mei is de grondwaterstand nog steeds hoger dan die in de eerstgenoemde jaren om daarna in een steile daling dieper dan 2 meter te worden en uiteindelijk zelfs waarden van ruim 2,5 m te bereiken. In januari 1960 zet echter de stijging van de waterstanden in, die de curve binnen een maand tot in de bundel terugbrengt, waarna terstond de voorjaarsdaling inzet om de grondwaterstand eind april op een afstand van 95 cm —m.v. te brengen.

De volgende figuren (4 b tot en met 4 h) geven de volledige verzameling

¹ De waterstandsgegevens over 1960 konden worden bijgewerkt tot en met 28 augustus.

tijd-stijghoogtelijnen van een aantal andere stambuizen. Evenals in figuur 2 is het centrale gedeelte van de figuren in een arcering opgenomen. Uitzonderd werden hier alleen de hoogste en de laagste waarneming. In de herfst werd soms nog afzonderlijk de invloed van 1953 aangegeven. Voorts staan de waterstanden in het voorjaar van 1960 met een stippellijn ingetekend.

Over het bepalen van een gemiddelde waterstandscurve moet nog het volgende worden gezegd. Uit de gevolgde wijze van voorstellen krijgt men de indruk dat de gemiddelde waterstand midden in het gearceerde gedeelte zal liggen, doch vergelijking met figuur 4 a toont aan dat dit niet juist kan zijn. Het gedeelte van de figuur dat tussen juli en december ligt wordt opgevuld met lijnen die voor de verschillende jaren de stijging van het zomer- naar het winterniveau aangeven. Het blijkt dat de snelheid van deze stijging over de verschillende jaren nagenoeg constant is. Met andere woorden: de lijnen zijn bij benadering evenwijdig. Het gemiddelde wordt nu gevonden door bij de gemiddelde helling de gemiddelde datum te zoeken waarop de stijging begint.

Van de overige voorbeelden kan nu het volgende overzicht gegeven worden.

b Het Bildt, jonge zeelei

Bij de hoge waterstanden komt in het voorjaar het jaar 1951 en in het najaar het jaar 1950 tot uiting. De vroegste tijdstippen van de stijgingen naar het winterniveau lagen achtereenvolgens in 1954; 1956 en 1957 en de laatste tijdstippen in 1955; 1953 en 1959. De vorstperiode van 1954 manifesteert zich in een waterstandsdaling van ongeveer 40 cm; bij het inzetten van de dooi wordt deze daling weer teniet gedaan. De voorjaarsstanden van 1960 zijn iets onder de normale gebleven.

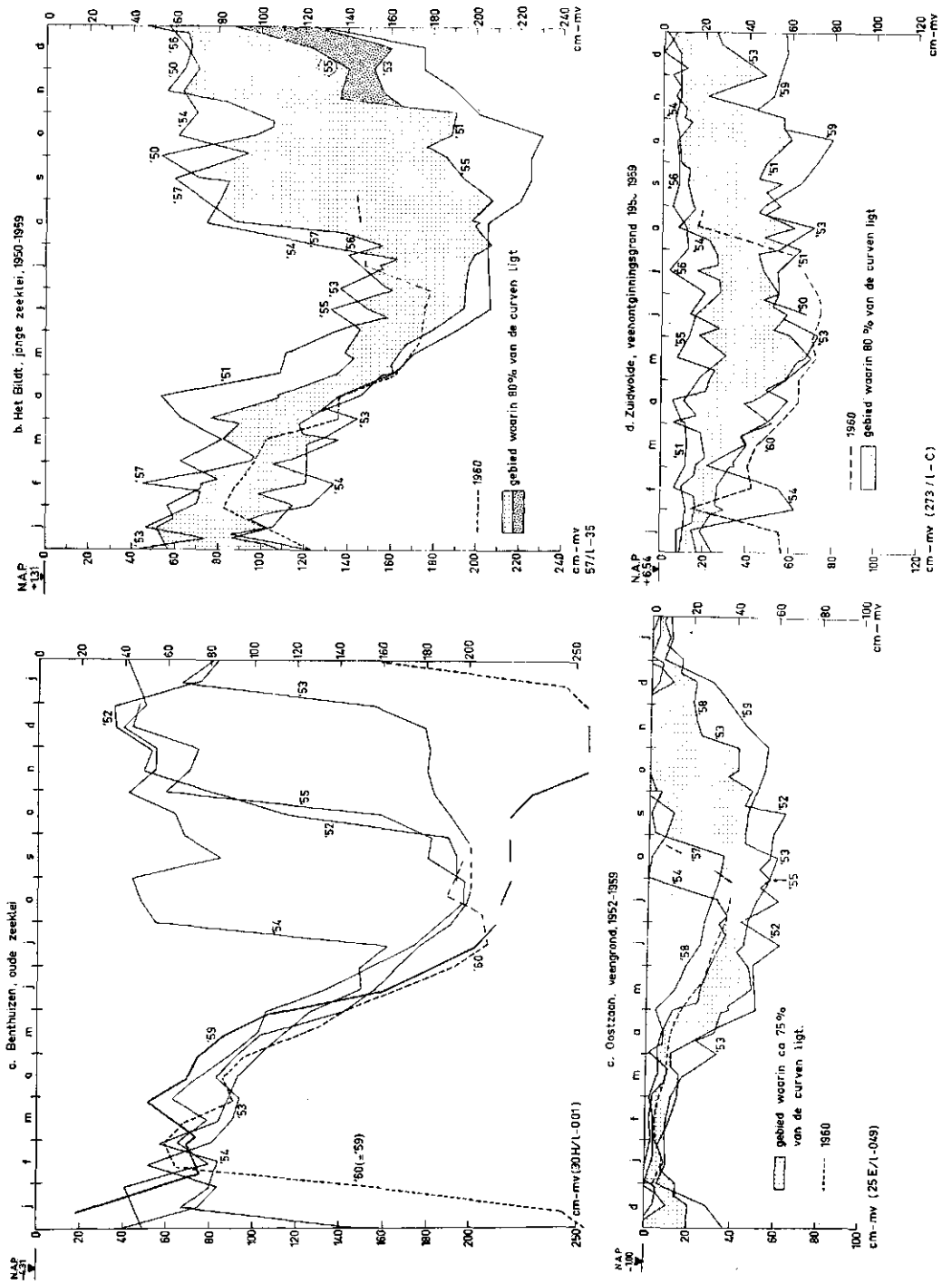
c Oostzaan, veengrond

De waterstandsbeweging speelt zich, zoals op deze grond te verwachten is, hoog in het profiel af. Ook hier worden natte jaren als 1954 en 1957 en droge perioden als die van 1953 teruggevonden, terwijl blijkt dat de standen in 1959 op een vrij laat tijdstip tot de laagste gaan behoren. De curve voor 1960 sluit weer aan bij de gemiddelde standen.

d Zuidwolde, veenontginningsgrond

Het valt op dat het kenmerkende seizoen-effect hier grotendeels ontbreekt. Hoge waterstanden kunnen het gehele jaar door optreden, doch komen zelden tot in het maaiveld. Een stand van ongeveer 10 cm -m.v. kan als plafond beschouwd worden. Dit is in grote tegenstelling met het gegeven voorbeeld te Oostzaan, waar de waterstanden wel in eenzelfde orde van grootte liggen doch het seizoen-effect veel meer geprononceerd is. Waterstanden van-

Fig. 4 Verzamelde tijd-stijghoogtelijnen van een aantal stamhuizen verspreid over Nederland



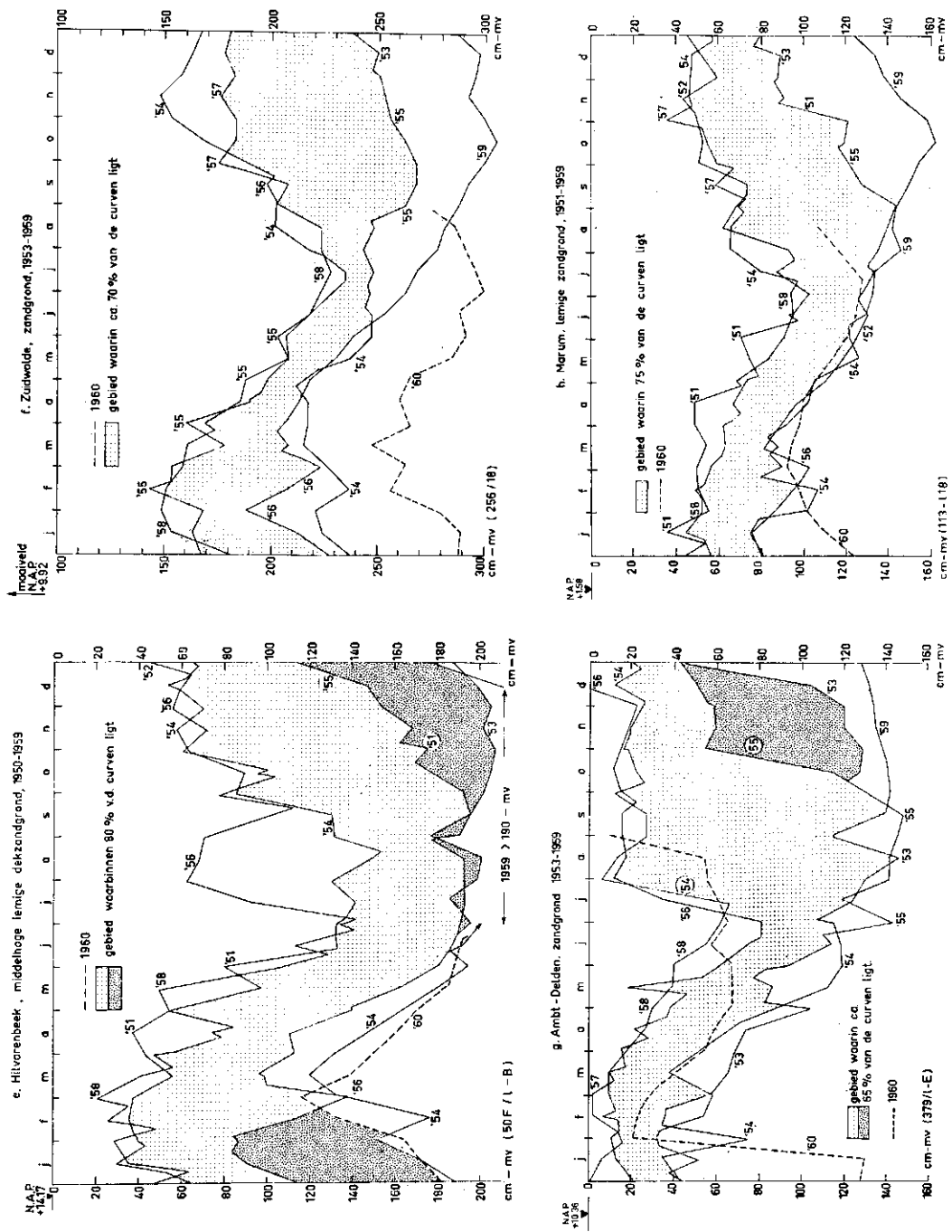


Fig. 4 Collected curves of ground-water level data, in cm below surface

af 60 cm moeten reeds tot de diepe gerekend worden, waarbij men wel de indruk krijgt dat deze overigens in elke maand bereikt kunnen worden. In de winter is dit het geval tijdens de vorstperiode van 1954; van 1956 ontbreken deze gegevens. Op deze veenontginningsgrond neemt het jaar 1959 eerst vanaf eind augustus een extreme plaats in. Deze blijft behouden tot in januari 1960. Na een korte tijd van hogere waterstanden volgt al vroeg de voorjaarsdaling met standen die in april ongeveer 30 cm beneden de normale liggen.

e Hilvarenbeek, middelhoge lemige dekzandgrond

Opvallend is hier dat in de zomer het jaar 1956 aanleiding tot hogere waterstanden heeft gegeven dan 1954. Overigens zijn alle elementen uit de vorige besprekingen ook hier terug te vinden. Duidelijk manifesteren zich de belangrijke vorstperioden van 1954 en 1956. In 1956 bedroeg de tijdelijke grondwaterstands daling meer dan een halve meter. Vanaf juni 1959 heeft de buis op ongeveer 2 meter diepte drooggestaan. De stijging van het grondwater in december daaropvolgend doet de waterstandsbeweging sterk gelijken op die van 1953, zodat het beeld van het voorjaar 1960 vergelijkbaar is met dat van het voorjaar 1954. In de loop van mei 1960 waren de standen 50 à 60 cm lager dan normaal.

f Zuidwolde (Ten Arlo), zandgrond

Opgemerkt moet eerst worden dat de verdeling op de verticale as hier bij 1 meter onder maaiveld begint. Alle tot nu toe genoemde effecten van natte en droge jaren zijn weliswaar nog slechts zwak aanwezig, maar toch nog te onderscheiden. De vroege inval van de periode met neerslagoverschotten in 1954, en de natte jaren 1956 en 1957 vormen ook nu weer markante gedeelten van de figuur. Ook de beide vorstperioden komen hier tot uiting. De waterstanden in het voorjaar van 1954 blijven laag, onder invloed van de voorafgegane droge herfst. Een herhaling van dit verschijnsel treedt op in 1959. Medio oktober werd een diepste stand van ruim 3 meter onder maaiveld bereikt. Het blijkt dat vanaf dit moment de waterstanden ruwweg een halve meter onder de laagste waterstanden uit voorgaande jaren zijn gebleven, een niveauverschil dat tot in 1960 aanwezig blijft.

g Ambt-Delden, zandgrond

Hier blijkt dat in het oosten van het land in de zomer het jaar 1954 overtroffen is door het natte jaar 1956. De vorstperiode van 1954 komt ook hier duidelijk tot uiting; die van 1956 heeft echter geen opvallende grondwaterstands daling veroorzaakt. Het jaar 1959 heeft absoluut gezien geen extreem lage standen opgeleverd, maar wel lage standen in een ongewone periode namelijk de herfst en winter waardoor een drogere toestand dan in 1953 ontstaan is. De stijging naar het winterniveau vindt eerst in januari 1960 plaats.

b Marum, lemige zandgrond

Bij de hoge waterstanden manifesteren zich ook nu weer de jaren 1951, 1954, 1957 en 1952 en bij de lage waterstanden in de herfst 1955, 1951 en 1953. De vorstperiode van 1954 en die van 1956, welke iets later is gevallen, hebben ook hier lage waterstanden veroorzaakt. Het jaar 1959 vertoont vanaf midden juli de laagste waterstanden uit de bundel om deze vol te houden tot in januari 1960, waarna de waterstanden iets onder het gemiddelde blijven.

Overziet men het totaal aan tijd-stijghoogtediagrammen in figuur 4, dan blijkt met betrekking tot het droge jaar 1959 dat voornamelijk de diep ontwaterde en hooggelegen gronden in de zomer extreem lage waterstanden hebben gehad. Vooral de hoge en lichte gronden hebben zich in het voorjaar van 1960 nog niet kunnen herstellen en vertonen waterstanden, die tot meer dan een halve meter onder de normale kunnen liggen. De overige voorbeelden, met zomerwaterstanden van niet dieper dan anderhalve meter, hebben in de zomer van 1959 geen extreme waarden opgeleverd. Wel blijkt dat het zomerniveau tot ver in de herfst gehandhaafd bleef. Na de stijging in december respectievelijk januari treden voorjaarswaterstanden op die de normale standen weer dicht benaderen. Toch kan nauwelijks sprake zijn geweest van het instellen van een evenwichtstoestand van de vochtverdeling in het profiel. Na het bereiken van de hoogste waterstand treedt dadelijk de voorjaarsdaling op, onder invloed van de relatief droge maanden februari tot en met mei waarmede 1960 inzette.

LANGJARIGE NEERSLAGREEKSEN

Sinds het vorige jaar is de belangstelling weer sterk uitgegaan naar de aspecten welke een droge zomer met zich brengen. De jaren 1947 en 1949, die oorzaak waren van grote activiteiten op waterhuishoudkundig gebied, werden gevolgd door een aantal natte jaren. Toen het er op ging lijken dat natte zomers tot een normaal verschijnsel zouden gaan behoren kwam het jaar 1959 dat met een neerslaghoeveelheid (te De Bilt) van 123 mm over de maanden mei tot en met september nog iets onder het jaar 1921 bleef, toen in dezelfde maanden 126 mm geregistreerd werd. Daarmee werd 1959 in dit opzicht het uitzonderlijkste jaar sinds 1849.

Om dit toe te lichten moge ook figuur 5 dienen, waarin de totale hoeveelheid neerslag in de maanden mei tot en met september te De Bilt gevallen vanaf 1849 staat aangegeven.

Het bestuderen van deze lange reeks neerslagcijfers brengt aan het licht dat jaren met minder dan 200 mm neerslag over de maanden mei tot en met september 4 keer zijn voorgekomen en dat er 9 jaren zijn geweest waarin deze hoeveelheid minder dan 250 mm was. Zelfs komt er rond 1885 een periode van 5 achtereenvolgende jaren voor die wat de genoemde neerslag-

Fig. 5 Totale hoeveelheid neerslag in de maanden mei tot en met september te De Bilt van 1849 tot en met 1959

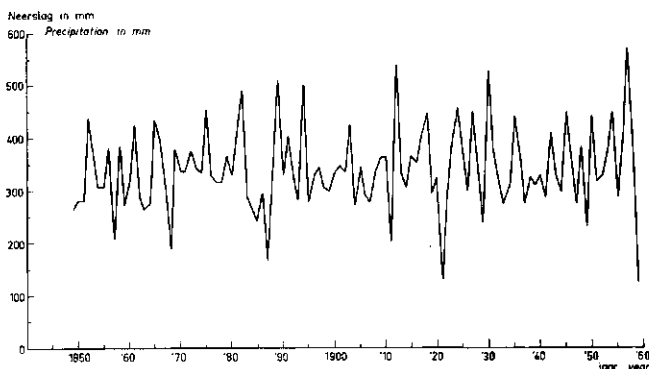


Fig. 5 Total amount of precipitation from May 1st to October 1st at De Bilt, from 1849 to and including 1959

hoeveelheden betreft te vergelijken zijn met achtereenvolgens de recente jaren 1955, 1947, 1949, 1955 en 1959.

Zonder in details te treden van verdere frequentieberekeningen en afgezien van een uitzonderlijk jaar als 1959 is het wellicht toch goed te constateren, dat de droge zomers die in de herinnering zijn blijven voortleven geenszins tot de zeldzame verschijnselen behoren.

SUMMARY

The dry summers of 1947 and 1949 have lead to an intensification of the studies on water management conditions in the Netherlands. From 1950, numerous test wells have been observed, resulting in a survey of the behaviour of the ground-water level from 1952 to 1955, covering the entire country.

From the many observations, some diagrams with families of curves showing the course of the ground-water depth for several years on various profiles were constructed and are given in fig. 4. To bring these groundwater level diagrams in relation with the weather conditions of the past years the last were characterized by summated precipitation- and evaporation curves. Dry summers occurred in 1947, 1949 and 1959; wet summers in 1954 and 1956; a typical dry autumn occurred in 1953 (fig. 1 and 2).

In fig. 4 the wet summers are indicated by high ground-water levels in the months July and August. The dry autumn of 1953 can be found in every diagram given. In the deeply drained, often sandy, soils the very dry summer of 1959 caused extremely low ground-water levels. On other soils with average summer levels of less than appr. 150 cm. below surface, the mid-summer levels were not extremely low but during the whole autumn relatively low levels occurred. In the spring of 1960 the deeply drained soils had ground-water levels deeper than is normal for such soils at that time of the year. In the other soils the levels did not differ much from those regarded as normal.

In several of the diagrams given in fig 4 a temporary descending of the ground-water level, of sometimes more than 50 cm, in February 1954 and 1956 were caused by periods of severe frost.