

Terschud

Ter Hoeve
1951

OVERDRUK UIT HET LANDBOUWKUNDIG TIJDSCRIFT
63ste JAARGANG No. 11 NOVEMBER 1951

EEN VERGELIJKING TUSSEN WEERSGESTELDHEID EN GRONDWATERSTAND IN DE DUNGEBIEDEN VAN VLIELAND EN TERSCHELLING¹⁾

J. TER HOEVE

Afdeling Natuurbescherming en Landschap van het Staatsbosbeheer

*A comparison between weather-conditions and water-level in the dunes of
the isles of Vlieland and Terschelling*

Summary see p. 725

INLEIDING

In 1948 bereikte het grondwater o.m. in de duinen van Vlieland en Terschelling een lage stand. Bovendien viel het op, dat de gemiddelde waterstand in de periode 1944-1948 lager was geweest dan in de periode 1938-1943.

De vraag rees, of deze daling wel *uitsluitend* een gevolg zou zijn van de weersgesteldheid in de voorafgegane jaren. Wateronttrekking, bv. door duinbebossing of peilverlaging in een aangrenzende polder, zou immers eveneens tot een daling van het duinwater kunnen leiden.

De waarnemingen van de grondwaterhoogten gingen in dit geval niet verder terug dan 1938. Onder deze omstandigheden dient men de invloed van het weer op de grondwaterstand te berekenen, wil men nagaan welke invloeden drainage, bebossing e.d. uitoefenen op de stand van het grondwater. Ofschoon zulke problemen zeer belangrijk kunnen zijn, ook voor bepaalde soorten van cultuurland, is er toch slechts betrekkelijk weinig in de literatuur te vinden over vergelijkingen tussen weersgesteldheid en grondwaterstand. Mede om deze reden wordt hier een nadere mededeling gedaan over de wijze waarop ge- tracht werd de bovengestelde vraag te beantwoorden.

1 THEORETISCH VERBAND TUSSEN WEERSGESTELDHEID EN GRONDWATERSTAND

De grondwaterstand is in het algemeen afhankelijk van de verhouding tussen aan- en afvoer van water. Voor een duingebied bestaat de *aanvoer* uit de nuttige neerslag, waarmee dat gedeelte van de neerslag wordt bedoeld, dat zich bij het grondwater voegt. Het zal duidelijk zijn, dat vooral in het zomerhalfjaar een belangrijk gedeelte van de neerslag van maaiveld en vegetatie verdampt, zonder door te kunnen zakken naar het ondergrondse duinwaterreservoir. De *afvoer* uit de betrokken duingebieden vindt vrijwel geheel plaats door ondergrondse afvloeiing naar zee en polders, alsmede door drainage via een slotenstelsel.

Verheft de nuttige neerslag zich in een bepaald jaar boven het gemiddelde, dan zal na een bepaalde tijd, die vereist is voor het doorzakken van de nuttige neerslag, de grondwaterstand eveneens boven het gemiddelde stijgen. Hierdoor wordt voor het duinwater het drukverschil met de gebieden, waarheen de afvoer plaats vindt, naar verhouding vergroot.

¹⁾ Gepubliceerd met toestemming van de Directeur van het Staatsbosbeheer. Ter publicatie ontvangen 10 Juli 1951.

De waterafvoer zal dan, ingevolge de Wet van Darcy evenredig met de toename in drukverschil stijgen (KOEHNE 1928). Het omgekeerde vindt plaats na jaren waarin de nuttige neerslag beneden het gemiddelde blijft.

Indien er een bepaalde evenwichtstoestand heert, zullen nuttige neerslag en duinwaterstand evenredig met elkaar moeten stijgen en dalen. Als de aan-en/of afvoer van water kunstmatig worden beïnvloed, dan zal de waterbalans een wijziging ondergaan. Er zal zich dan een nieuwe evenwichtstoestand moeten instellen.

De aanvoer van water kan men beïnvloeden door het grondgebruik te wijzigen. Door bv. bebossing van een oorspronkelijk nagenoeg onbegroeid duingebied zal de nuttige neerslag gaan afnemen. De afvoer kan men vergroten door drainage, waterwinning, peilverlaging in een aangrenzende polder enz.

Ook langs natuurlijke weg kan een oorspronkelijke evenwichtstoestand wijziging ondergaan. Het spontaan begroeid geraken van aanvankelijk vrijwel kale gebieden leidt veelal tot verlaging van de nuttige neerslag. Door kustafslag kan de kwel naar zee gaan toenemen enz.

De hier bedoelde wijzigingen kunnen, voorzover zij in een bepaald duingebied een rol spelen, elkaar zowel versterken als verzwakken. Indien echter de jaarlijkse fluctuaties van het duinwater blijken overeen te stemmen met de jaarlijkse variaties in de hoeveelheid nuttige neerslag gedurende een bv. 15-jarige periode, dan kan men aannemen, dat er een waterstaatkundige evenwichtstoestand heert, met slechts de natuurlijke afwisseling in nuttige neerslag als variabele invloed.

2 GEVOLGDE METHODE VAN ONDERZOEK

In 1937 werden door het Staatsbosbeheer o.a. op Vlieland 4 en op Terschelling 8 peilschalen geplaatst, teneinde de schommeling van de duinwaterstanden te kunnen bestuderen. Een behandeling van al deze waterstanden zou onnodig ruimte vergen; ook is dit niet noodzakelijk om de hier bedoelde vergelijking nader toe te lichten. Hier wordt derhalve volstaan met een nader onderzoek van de waterstanden in de omgeving van slechts twee peilschalen, waarvan één op Vlieland en één op Terschelling. De waterstanden worden maandelijks 2 × afgelezen.

Het phreatisch vlak blijkt in de loop van een jaar grote schommelingen te vertonen, welke voor deze waddeneilanden ongeveer 1,00 m bedragen. Dit maakt het gewenst om ter vereenvoudiging te volstaan met het verwerken van de jaargemiddelden der grondwaterstanden.

De grootte van de *nuttige neerslag* wordt hier gelijkgesteld met het verschil tussen neerslag en meest waarschijnlijke verdamping. Andere factoren, voor zover bekend van geringer betekenis voor de nuttige neerslag, zoals condensatie, worden hier verwaarloosd.

De hoeveelheid *neerslag* die op de betrokken duingebieden valt is uiteraard niet nauwkeurig bekend. Hier wordt verondersteld, dat deze in hoogte slechts in onbeduidende mate afwijkt van de neerslag, welke in de dichtstbijzijnde regenmeters van het K.N.M.I. resp. te Vlieland en West Terschelling wordt opgemeten.

Over de *verdamping* is in het algemeen betrekkelijk weinig bekend. In verband daarmede bleek het noodzakelijk een werkwijze te ontwikkelen, volgens welke de verdamping benaderend kan worden berekend. Hierbij wordt om nader te noemen redenen uitgegaan van de jaartemperatuur, zoals deze in

den Helder werd geregistreerd door het K.N.M.I. Een onderbreking in deze temperatuurwaarneming, gedurende 1944 en 1945, kon worden aangevuld door omrekening van de waargenomen temperaturen te Kornwerderzand en Groningen.

Ten slotte wordt uit neerslag en verdamping de *nuttige* neerslag afgeleid en deze vergeleken met de jaargemiddelen der grondwaterstanden.

3 GEGEVENS TER BEREKENING VAN DE NUTTIGE NEERSLAG

Uit het voorgaande blijkt reeds, dat de verdamping minder eenvoudig is te bepalen dan de neerslaghoeveelheid. De gegevens over de neerslag worden, zoals bekend, verzameld en gepubliceerd door het K.N.M.I. Weliswaar heeft laatstgenoemd instituut zich ook met verdampingsproeven bezig gehouden, doch in het algemeen is deze toepassing van de meteorologie nog betrekkelijk weinig onderzocht.

De verdamping van bodem en vegetatie is afhankelijk van klimatologische factoren, zoals zonbestraling, temperatuur, luchtvuchtigheid, intensiteit en verdeling van de neerslag en windsterkte, doch tevens oefenen andere, ten dele meer constante factoren invloed uit op de verdamping. Als voorbeeld hiervan zijn te noemen de aard der begroeiing, de bodemkleur, de expositie van het terrein, de watercapaciteit van de bovengrond, de capillaire opstijging.

De mate van verdamping wordt echter vooral door de temperatuur beïnvloed. DENGLER (1930) neemt aan, dat de verdamping onder bepaalde omstandigheden evenredig is met de temperatuur. THORNTHWAITE (1948) concludeert, dat voor gebieden van voldoende omvang een rechtlijnige betrekking bestaat tussen de logarithme van temperatuur en die van de ongecorrigeerde potentiële verdamping. BRAAK (1936) bespreekt vooral de verdamping van een wateroppervlak, welke o.a. zou variëren met temperatuur en verzadigingstekort van de lucht. Voorts noemt deze ELINK-STERK en VAN EVERDINGEN, die de verdamping uit bepaalde terreinen benaderend berekenden.

Indien men naar concrete, voor het onderhavige onderzoek bruikbare gegevens over de verdamping zoekt, dan blijken er slechts weinig waarnemingen zich over enige decennia uit te strekken. Men zie o.a. de verwijzingen in het Rapport Wateronttrekking aan de Veluwe (1933).

Een gunstig geval vormen de waarnemingen te Oude Wetering, welke vanwege het Hoogheemraadschap Rijnland geschiedden gedurende het tijdvak 1876-1895. De gegevens hierover zijn o.a. gepubliceerd in het Verslag van de Staatscommissie Bevloeien (1897). Ofschoon de absolute waarde van deze gegevens valt te betwijfelen, geven de verdampingscijfers van dit rapport als verhoudingsgetallen stellig een aanwijzing.

4 DE VERDAMPING

Willen wij de jaarlijkse nuttige neerslag berekenen, dan moeten allereerst de volgende vragen over de verdamping worden beantwoord.

- 1e. Hoeveel bedraagt de jaarlijkse verdamping uit de betrokken duingebieden *gemiddeld* over de vergelijgingsperiode 1938-1948?
- 2e. Hoe groot zijn de *jaarlijkse* schommelingen in de verdamping gedurende deze vergelijgingsperiode?

In de rapporten over Wateronttrekking aan de Veluwe (1933) en Drinkwatervoorziening Westen des Lands (1940) wordt o.a. de uitslag van enige lysimeter-

proeven vermeld. Over het algemeen blijkt de verdamping uit sterk ontwaterde duingebieden, zoals deze op het vaste land van Noord- en Zuidholland voorkomen, te variëren tussen 0,25 en 0,35 m per jaar. Op de bedoelde eilanden komen naar verhouding meer vochtige valleien voor, welke ten dele des winters zelfs onder water geraken. Men denke bv. aan het Grintjeplak op Terschelling.

Het is derhalve aannemelijk, dat de gemiddelde verdamping op Vlieland en Terschelling hoger is dan 0,25–0,35 m per jaar. Bij gebrek aan gegevens wordt hier verondersteld, dat de verdamping op genoemde eilanden *gemiddeld* over de vergelijkingsperiode een hoeveelheid bedraagt, gelegen tussen 0,30 m en 0,40 m per jaar. Nauwkeuriger is de eerstgestelde vraag hier niet te beantwoorden.

Vervolgens dienen de *jaarlijkse* schommelingen in de verdamping te worden nagegaan. De opvattingen van DENGLER en THORNTHWAITE geven aanleiding om het verband tussen temperatuur en verdamping nader te onderzoeken. Als uitgangspunt worden hier genomen de eerder aangehaalde waarnemingen door het Hoogheemraadschap Rijnland (Staatscommissie Bevloeiingen 1897), die zich o.a. op veengrond uitstrekken over grasland en zwarte aarde.

Ten einde het verband tussen temperatuur en verdamping nader te bestuderen, worden allereerst de gemiddelde maandtemperaturen vergeleken met de gemiddelde maandelijkse verdampingshoeveelheden van het gebied te Oude Wetering. Nadat de maandgemiddelen van temperatuur en verdamping over de periode 1877–1895 zijn berekend, valt het op, dat de stijging van de maandtemperatuur van Januari tot Juli min of meer het spiegelbeeld vertoont van de daling der maandtemperatuur van Juli tot Januari. Dit regelmatige temperatuurbeloep is ook terug te vinden in de maandelijkse gemiddelden van de daglengte.

Volgens de proef te Oude Wetering blijkt de maandelijkse verdamping van Maart tot Juli gemiddeld groter te zijn dan in het tijdvak van Juli tot November. In de voorzomer is o.a. de groei der gewassen sterker dan in de nazomer, hetgeen mede de oorzaak van dit verschijnsel zal zijn. Voor het verkrijgen van een indruk van de verhouding tussen de gemiddelde verdamping per maand en de gemiddelde temperatuur per maand, wordt bij het grafisch uitzetten een vereenvoudiging toegepast.

Met uitzondering van Januari en Juli, welke in Nederland gemiddeld de koudste en de warmste maand zijn, kunnen temperatuur en verdampete hoeveelheid water in de 10 overige maanden paarsgewijze worden gecombineerd. Februari wordt samengenomen met December, Maart met November enz.

Zet men bovenbedoelde gegevens aldus verwerkt uit, met de temperatuur in °C als abscis en de verdamping in cm als ordinaat, dan verkrijgt men fig. 1. Een zuiver rechtlijnige betrekking tussen temperatuur en verdamping is eveneens geconstrueerd in fig. 1. Hierbij is van de veronderstelling uitgegaan, dat de verdamping bij 0° C praktisch nihil is. Vervolgens zijn uit het nulpunt twee rechte lijnen getrokken door de punten die als abscis de gemiddelde temperatuur, als ordinaat de gemiddelde maandelijkse verdamping hebben van respectievelijk zwarte aarde en grasland.

Fig. 1 leert ons, dat er in ieder geval een bijna rechtlijnige betrekking bestaat tussen temperatuur en verdamping, zowel voor grasland als zwarte aarde, mits men de beschikbare gegevens middelt over een vrij lange, in dit geval 19-jarige periode.

Indien men temperatuur en verdamping over kortere perioden vergelijkt, van

k ontwaterde
holland voor-
elde eilandens
e des winters
Terschelling
op Vlieland
aan gegevens
en gemiddeld
ussen 0,30 m
r niet te be-

ng te worden
vanleiding om
eke. Als uit-
mingen door
897), die zich

der te bestu-
leken met de
oied te Oude
damping over
an de maand-
troont van de
iatige tempe-
elden van de

damping van
li tot Novem-
de nazomer,
verkrijgen van
g per maand
isch uitzetten

gemeld de
mpte hoeveel-
gecombineerd.
ember enz.
temperatuur
gt men fig. 1.
ping is even-
uitgegaan, dat
het nulpunt
e gemiddelde
g hebben van

betrekking be-
zwarte aarde,
in dit geval

vergelijkt, van

FIG. 1. VERBAND TUSSEN TEMPERATUUR EN VERDAMPING TE OUDE WETERING GEMIDDELD OVER DE PERIODE 1877-1895.

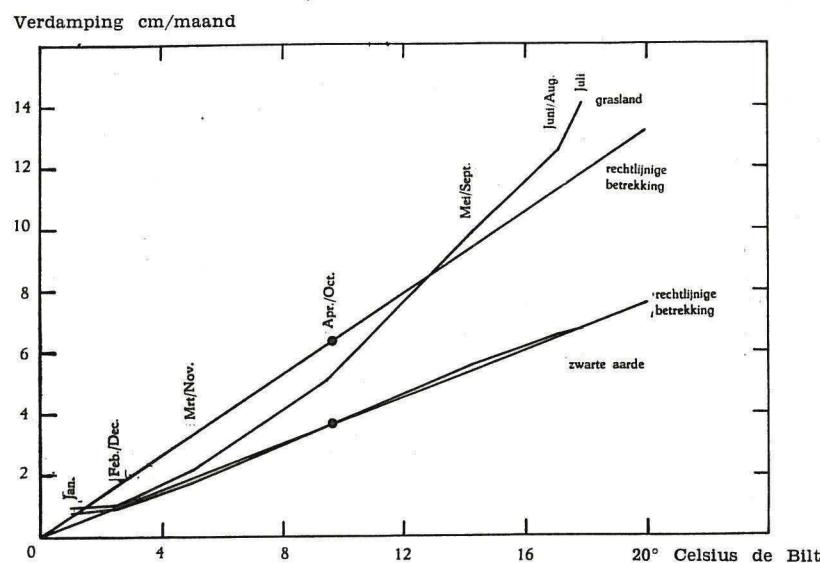


Fig. 1. Relation between temperature and evo-transpiration at Oude Wetering averaged over the period 1877-1895.

bv. één jaar, dan zullen grotere afwijkingen optreden tussen het werkelijke en het als rechtlijnig aangenomen verband. Deze incidentele verdampingsverschillen worden vooral veroorzaakt doordat verzadigingsgebrek van de lucht, neerslag enz. in de loop van elk jaar weer anders verdeeld voorkomen.

5 CONTRÔLE OP AFWIJKINGEN

Het is noodzakelijk een inzicht te verkrijgen in de grootte van de *jaarlijks* te verwachten afwijkingen tussen werkelijke en rechtlijnig afgeleide verdamping, omdat uiteindelijk een vergelijking zal moeten worden gemaakt tussen de jaarlijkse nuttige neerslag en de jaarlijkse grondwaterstand.

Hiertoe is te werk gegaan als in fig. 2 aangegeven. In een assenstelsel geeft de abscis de jaartemperatuur in °C, de ordinat de verdamping in cm per jaar aan.

Een rechtlijnige betrekking tussen jaartemperatuur en jaarlijkse verdamping kan hierin als volgt worden aangegeven. Men berekent over de gehele periode 1877-1895 de gemiddelde jaartemperatuur en de gemiddelde jaarlijkse verdamping voor grasland en zwarte aarde. Vervolgens zet men twee punten uit, waarvan de abscis de *gemiddelde jaartemperatuur*, de ordinaten de respectieve *gemiddelde* jaarlijkse verdampingswaarden van grasland en zwarte aarde zijn. Van het nulpunt uit trekt men door elk punt een rechte lijn, waarmee de bedoelde rechtlijnige betrekkingen zijn aangegeven.

Uit fig. 2 blijkt dan, dat in het onderhavige geval bij een jaartemperatuur van bv. 8° C een jaarlijkse verdamping zou moeten plaats vinden die voor grasland 0,64 m en voor zwarte aarde 0,37 m bedraagt, indien men dus van een rechtlijnig verband tussen jaartemperatuur en jaarlijkse verdamping uitgaat.

Vervolgens zet men van jaar tot jaar de *waargenomen* jaarlijkse verdampingshoeveelheden en de jaartemperaturen uit in dit assenstelsel. Het blijkt

FIG. 2. JAARLIJKS VERBAND TUSSEN TEMPERATUUR EN VERDAMPING TE OUDE WETERING GE-DURENDE DE PERIODE 1877-1895.

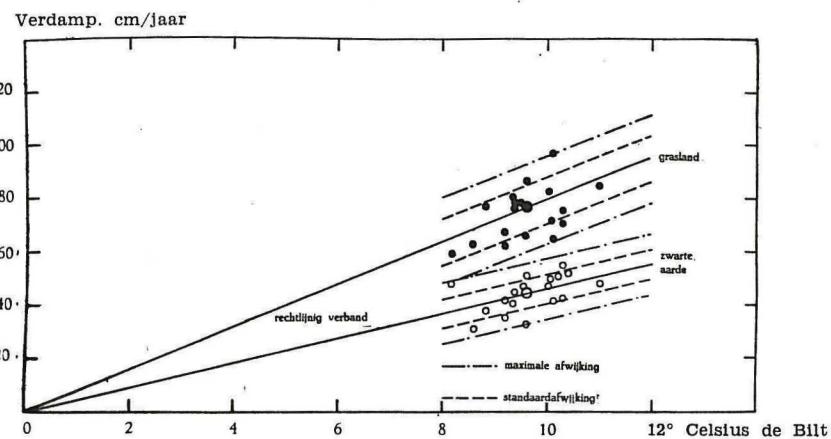


Fig. 2. Annual relations between temperature and evo-transpiration at Oude Wetering during the period 1877-1895.

dan, dat voor de zwarte aarde, waarvan de gemiddelde jaarlijkse verdamping 0,44 m bedraagt, de maximale afwijking van de rechtlijnige betrekking 0,11 m is, terwijl de middelbare fout der afzonderlijke bepaling, dus de standaardafwijking, op ca 0,06 m is te berekenen volgens de formule $S = \sqrt{\frac{\text{som } v^2}{n - 1}}$.

Daarbij is v de afwijking van een afzonderlijke bepaling t.o.v. het gemiddelde en n het aantal waarnemingen (GROBBEN 1940).

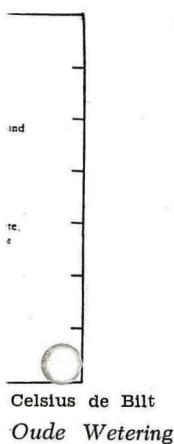
Voor grasland zijn de afwijkingen groter. Bij een gemiddelde jaarlijkse verdamping van 0,77 m is hier de maximale afwijking 0,16 m, terwijl de standaardafwijking hier ca 0,09 m blijkt te bedragen. Procentueel zijn echter bij grasland de afwijkingen tussen werkelijke en rechtlijnig afgeleide verdamping, geringer dan bij zwarte aarde.

Voor grasland bedraagt de maximale afwijking in procenten van de gemiddelde jaarlijkse verdamping 21%, de standaardafwijking 11%. Voor zwarte aarde bedraagt de maximale afwijking in procenten van de gemiddelde jaarlijkse verdamping 25%, de standaardafwijking 13%.

Men kan de afgeleide en werkelijke verdamping ook vergelijken in tijdsvolgorde, zoals in fig. 3 is geschied. Bovenaan is voor ieder jaar de gemiddelde temperatuur te De Bilt aangegeven. Daaronder zijn voor ieder jaar de verdamping van grasland en zwarte aarde ingetekend. Bovendien is weergegeven hoe de verdamping van jaar tot jaar zou verlopen indien deze evenredig met de jaartemperatuur zou variëren. Deze weergave werkt wellicht verduidelijkend, doch verschafft uiteindelijk dezelfde gegevens als fig. 2.

6 GEVOLGTREKKINGEN VOOR DE ONDERHAVIGE DUINGEBIEDEN

De hierboven verwerkte verdampingscijfers zijn, zoals gezegd, gevonden op veengrond te Oude Wetering (Z.H.). Het duinzand laat over het algemeen het neerslagwater sneller en dieper doorzakken dan de bovenbedoelde veengrond. Hierdoor wordt de verdamping beperkt, zodat het onwaarschijnlijk is te achten, dat per jaar voor een duingebied een grotere standaardafwijking dan 11-13% of een grotere maximale fout dan 21-25% van de gemiddelde jaarlijkse ver-



de verdamping
verdamping
rekking 0,11 m
de standaard-
= $\sqrt{\frac{\text{som } v^2}{n-1}}$.
et gemiddelde

jaarlijkse ver-
de standaard-
er bij grasland
ping, geringer

an de gemid-
Voor zwarte
niddelde jaar-

ijken in tijds-
tar de gemid-
ieder jaar de
en is weerge-
leze evenredig
icht verduide-

gevonden op
algemeen het
de veengrond.
k is te achten,
; dan 11–13 %
jaarlijkse ver-

FIG. 3. JAARLIJKS VERBAND TUSSEN TEMPERATUUR EN VERDAMPING TE OUDE WETERING GE-
DURENDE DE PERIODE 1877–1895, VERGELEKEN MET DE AFGELEIDE WAARDE VAN DE
VERDAMPING.

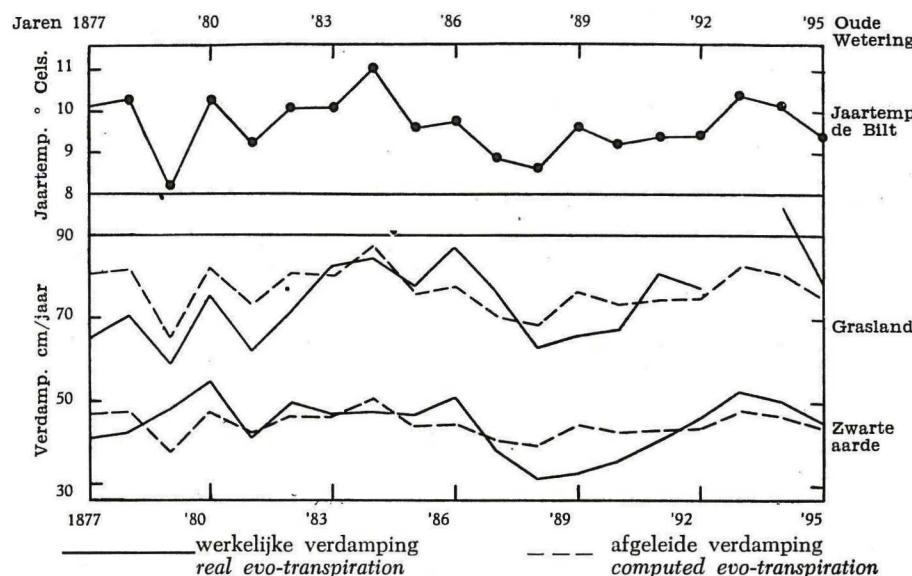


Fig. 3. Annual relations between temperature and evo-transpiration at Oude Wetering during the period 1877–1895, compared with the computed value of the evo-transpiration.

damping wordt gemaakt als men van het bovenbedoelde rechtlijnige verband uitgaat.

Ondertussen is echter nog niet precies bekend hoeveel die gemiddelde jaarlijkse verdamping over de vergelijgingsperiode 1938–1948 uit de betrokken duingebieden bedraagt. Wel werd reeds afgeleid, dat het jaargemiddelde waarschijnlijk is gelegen tussen 0,30 en 0,40 m.

Deze lacune maakt het gewenst om over te schakelen van de absolute waarden naar de afwijkingen van het gemiddelde. De waarde van de vergelijking tussen nuttige neerslag en grondwaterstand blijft uiteindelijk voor dit doel dezelfde, terwijl aan deze handelwijze het volgende voordeel is verbonden.

De jaartemperaturen lopen voor de waddeneilanden in de periode 1938–1948 slechts uiteen van ca 8–10° C, bij een gemiddelde jaartemperatuur van ca 9° C.

De maximale jaarlijkse afwijking van de gemiddelde verdamping zal bij het aangenomen rechtlijnig verband derhalve ca $1/9$ daarvan kunnen bedragen, dus resp. $\frac{0,30}{9} = \text{ca } 0,033 \text{ m}$ en $\frac{0,40}{9} = \text{ca } 0,044 \text{ m}$. Deze maximale afwijkingen

van de gemiddelde jaarlijkse verdamping lopen dus slechts 0,044–0,033 = 0,011 m uiteen, indien wij zowel van 0,30 m als van 0,40 m gemiddelde jaarlijkse verdamping uitgaan.

De absolute waarden der verdamping kunnen daarentegen maximaal $10/9$ $(0,40–0,30) = 0,11 \text{ m}$ uiteenlopen, hetgeen een minder eenvoudig beeld zou opleveren bij de hier te bereiken vergelijking.

Om echter een inzicht te verschaffen in de grootte waarin de absolute waarden van neerslag en verdamping variëren, werd fig. 4 toegevoegd.

FIG. 4. VERDELING VAN NEERSLAG TUSSEN VERDAMPING EN NUTTIGE NEERSLAG OP VLIELAND GEDURENDE DE PERIODE 1938-1948.

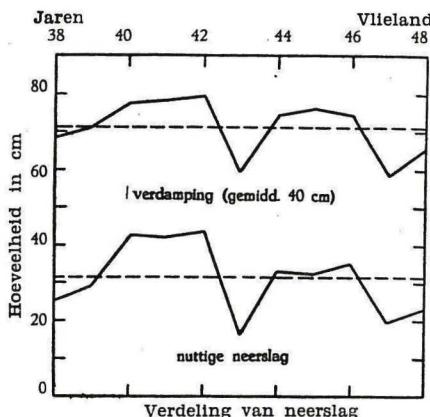


Fig. 4. Distribution of precipitation between evo-transpiration and effective precipitation on the isle of Vlieland during the period 1938-1948.

FIG. 5. LIGGING DER PEILSCHALEN.

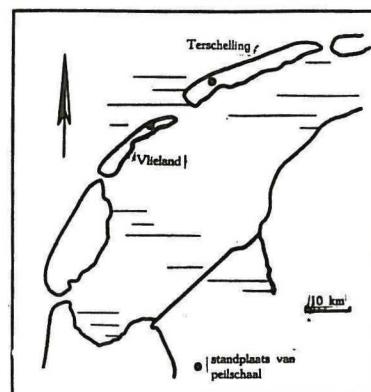


Fig. 5. Position of gauges to check the water-table.

7 VERGELIJKING TUSSEN NUTTIGE NEERSLAG EN GRONDWATERSTAND

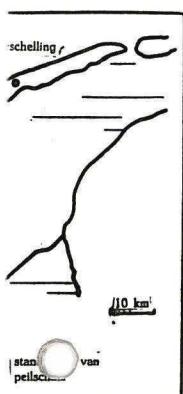
Zowel voor de neerslag als voor de verdamping kunnen nu de jaarlijkse afwijkingen van het gemiddelde over de periode 1938-1948 worden berekend. Het jaarlijks verschil tussen beide afwijkingen geeft dan de jaarlijkse afwijking van de gemiddelde nuttige neerslag, uitgedrukt in meters.

Zoals hierboven reeds werd besproken, krijgen wij in feite een dubbele serie van jaarlijkse afwijkingen van de gemiddelde nuttige neerslag, welke in de praktijk echter zeer weinig van elkaar verschillen. Grafisch uitgedrukt zullen beide series elkaar nagenoeg bedekken.

Het zal duidelijk zijn, dat 0,01 m nuttige neerslag het grondwater meer dan 0,01 m zal doen stijgen. De bodem in de capillaire zone van het duinzand bestaat immers slechts voor een beperkt gedeelte uit met lucht gevulde poriën. Reeds door deze oorzaak zullen nuttige neerslag en grondwaterstand niet op gelijke schaal kunnen variëren.

Bovendien fluctueert het phreatisch vlak in het centrale duingebied in sterke mate dan in de randgebieden. Zoals bekend, staat dit verschijnsel in verband met het potentiaal-verhang, dat vereist is voor de afvoer van het duinwater. Bij een grotere transportafstand zal immers een grotere wijziging in drukverschil noodzakelijk zijn bij een bepaalde verandering in de hoeveelheid nuttige neerslag. Dit blijkt o.m. uit de volgende waarnemingen: Voor Vlieland, waar de betrokken peilschaal niet centraal in het duingebied staat opgesteld, blijkt een gemiddelde verhouding tussen de schommelingen in resp. nuttige neerslag en grondwaterstand te bestaan van 1 : 1,91. De betrokken peilschaal op Terschelling staat vrijwel centraal opgesteld in het duingebied. Hier vinden wij een verhouding van 1 : 2,95. In fig. 5 is aangegeven, waar de beide peilschalen staan opgesteld.

Dit aldus veroorzaakte verschil in grootte van schaal maakt het gewenst om bij het vergelijken van nuttige neerslag en grondwaterstand niet de meter



ges to check the

de jaarlijkse af-
rden berekend.
lijke afwijking

n dubbele serie
, welke in de
gedrukt zullen

water meer dan
het duinzand
gevulde poriën.
erstand niet op

gebied in ster-
verschijnsel in
van het duin-
re wijziging in
de hoeveelheid
Voor Vlieland,
staat opgesteld,
n resp. nuttige
kken peilschaal
ed. Hier vinden
de beide peil-

kt het gewenst
l niet de meter

FIG. 6. VERGELIJKING TUSSEN NUTTIGE NEERSLAG EN GRONDWATERSTAND IN DE LANGE BAAN OP VLIELAND, GEDURENDE DE PERIODE 1938-1948.

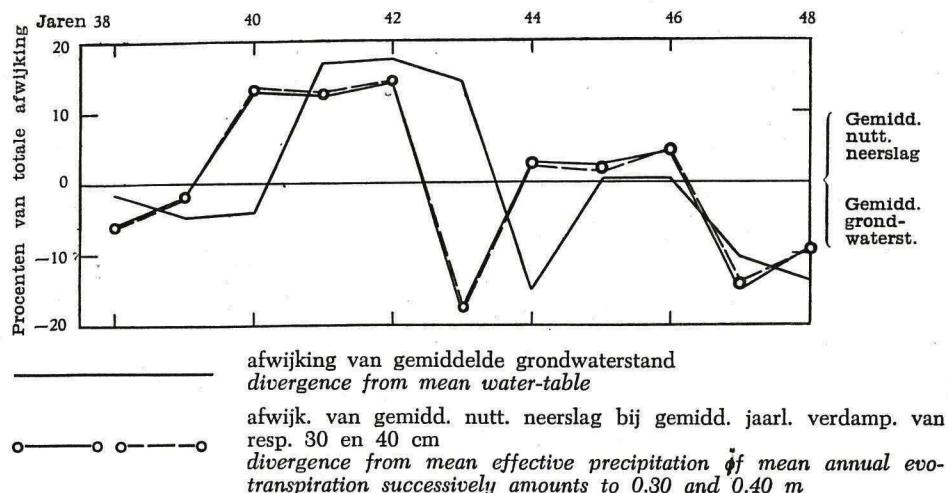


Fig. 6. Comparison between effective precipitation and water-level at the Lange Baan on the isle of Vlieland during the period 1938-1948.

als eenheid te nemen, doch de jaarlijkse afwijkingen in *procenten* van de gemiddelde of totale afwijking uit te drukken. Onder totale afwijking wordt hier verstaan de som van alle jaarlijkse afwijkingen van de gemiddelde waarde.

Hier wordt 1% van de *totale* afwijking als eenheid gekozen, ofschoon men dit totaal ook door het aantal jaren zou kunnen delen, om dan 1% van de *gemiddelde* afwijking als eenheid te nemen.

8 HET RESULTAAT DER VERGELIJKING

In de figuren 6 en 7 is het resultaat van deze vergelijkingsmethode weergegeven. Duidelijk blijkt voor beide gebieden een overeenkomst te bestaan tussen het beloop van de grondwaterstandlijn en dat van de (dubbele) nuttige neerslaglijn.

Indien men rekening houdt met het vertraagd reageren van het grondwater en de verdere logische verschijnselen in het verband tussen beide lijnen, dan blijkt de nuttige neerslaglijn maximaal 9% af te wijken van de grondwaterstandlijn (Terschelling 1943-1944). Deze maximale afwijking van de nuttige neerslaglijn bedraagt: $9 \times \frac{(0,593 + 0,640)}{2} = 5,544 \text{ cm}$. De getallen tussen haakjes stellen 1% van de totale nuttige neerslag afwijking in cm voor bij een gemiddelde jaarlijkse verdamping van respectievelijk 0,30 en 0,40 m.

Hierboven werd een maximale verdampingsfout voorspeld van 21-25% van de gemiddelde jaarlijkse verdamping. Dit zou bij een gemiddelde jaarlijkse verdamping van respectievelijk 0,30 en 0,40 m een fout betekenen van resp. 0,06 à 0,08 m en 0,08 à 0,10 m. Waarschijnlijk is de fout bij het berekenen van de neerslagafwijkingen gering en oefenen het vrij snelle doorzakken van de nuttige neerslag en de gemiddeld diepe ligging van de capillaire zone in de duinen dus inderdaad een beperkende invloed uit zowel op de maximale

FIG. 7. VERGELIJKING TUSSEN NUTTIGE NEERSLAG EN GRONDWATERSTAND IN HET BOLLEPLEKJE OP TERSCHELLING GEDURENDE DE PERIODE 1938-1948.

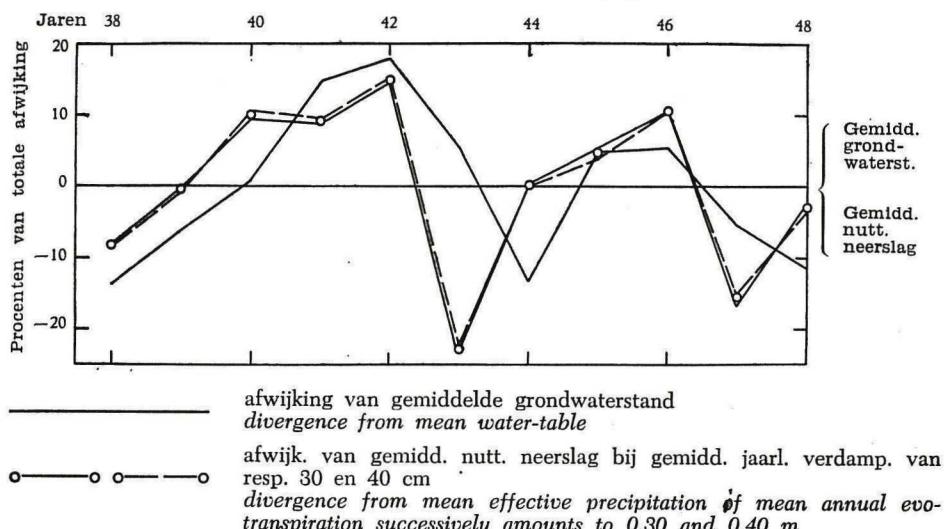


Fig. 7. Comparison between effective precipitation and water-level at the Bolleplekje on the isle of Terschelling during the period 1938-1948.

grootte van de verdampingsfout als op de maximale grootte van de uiteindelijke nuttige-neerslagfout.

Reeds eerder werd geconcludeerd, dat men een principieel ongewijzigde duinwaterhuishouding gedurende een bv. 15-jarige periode kan aannemen, indien de jaarlijkse schommelingen van het duinwater blijken overeen te stemmen met de jaarlijkse variaties in de hoeveelheid nuttige neerslag.

Het getal 15 is hier gekozen om een orde van grootte aan te duiden. Al

strekkende de onderhavige vergelijkingen zich dan ook slechts over 11 jaren uit i.p.v. over 15 jaren, toch is het aannemelijk, op grond van de overeenkomst die bestaat tussen het beloop van beide lijnen in resp. fig. 6 en 7, dat in de periode 1938-1948 een evenwichtstoestand heeft geheerst in de betrokken duingebieden van Vlieland en Terschelling, waarbij slechts de afwisselende weersgesteldheid de veranderlijke invloed was. Van bv. een versterkte wateronttrekking, die op het evenredige beloop van beide lijnen een opvallend storende invloed zou uitoefenen, blijkt hier niets.

Blijkaar heeft zich dus na de drainage en duinbebossing een gewijzigde evenwichtstoestand van het duinwater kunnen instellen, welke, voor zover merkbaar, reeds was bereikt in 1938 en tot het eind der vergelijkingsperiode voortduurde.

De bij sommigen bestaande ongerustheid over een dreigende verdroging dezer duingebieden bleek dus ongemotiveerd te zijn.

NABESCHOUWING

De hoogte van het grondwater is op vele plaatsen een belangrijke factor, hetzij voor de begroeiing van de grond, hetzij als maatstaf van de beschikbare watervoorraad. Hierbij wordt bv. gedacht aan sommige soorten van cultuurgronden met een bouwvoor die het water onvoldoende kan vasthouden en dus

aanvulling van o.m. capillair water nodig heeft, wil de vegetatie tijden van droogte kunnen doorstaan. In verschillende streken ondervinden de cultuurgronden een nadelige invloed van een daling van de grondwaterspiegel.

Voorts is contrôlé op de grondwaterstanden gewenst in de waterwingebieden. Vele waterleidingbedrijven bestuderen dan ook regelmatig de stijghoogte van het grondwater in peilbuizen, waarbij niet slechts op het phreatisch vlak doch ook op de potentiaal van het dieper gelegen grondwater wordt gelet.

Voor natuurterreinen, die binnen de invloedsfeer van het grondwater zijn gelegen, is gewoonlijk het handhaven van de oorspronkelijke waterstanden een gebiedende eis.

De schommelingen van het grondwaterniveau dienen, voor zover dit mogelijk is, te worden verklaard uit de heersende omstandigheden. Jaarlijkse schommelingen dienen daarbij van meer langdurige tendensen te worden onderscheiden. Slechts op deze wijze kan men tijdig doelbewuste maatregelen treffen om bv. een bepaalde gemiddelde grondwaterstand te handhaven.

Welke vergelijkingsmethoden op den duur voor de verschillende gevallen het meest doeltreffend zullen zijn, kan hier uiteraard niet worden voorspeld. Dat er verschillende mogelijkheden zijn, moge bv. blijken uit het vegetatiekundig terreinonderzoek, waardoor men veelal met zekerheid een langdurige tendens in het verloop van de grondwaterstand kan afleiden uit veranderingen in de natuurlijke vegetaties, ongeacht de jaarlijks optredende, tijdelijke schommelingen ten gevolge van de variabele hoeveelheid nuttige neerslag.

SAMENVATTING

Het Staatsbosbeheer heeft een onderzoek ingesteld naar de oorzaak van de lage grondwaterstand van 1948 in de duinen van Vlieland en Terschelling. Hierbij is van het volgende uitgegaan :

Men kan bij een duinwaterhuishouding van een evenwichtstoestand spreken, indien de hoeveelheid nuttige neerslag, die het grondwater voedt, in evenredige mate met de grondwaterstand schommelt.

Wordt bv. de afvoer vergroot, dan zullen in het algemeen de neerwaartse schommelingen van het grondwater groter, de opwaartse schommelingen kleiner zijn dan wel uit de nuttige neerslag alleen kan worden verklaard. Het verband tussen nuttige neerslag en grondwaterstand is dan niet meer evenredig. Bij verkleining van de afvoer vindt het omgekeerde plaats.

Wegens gebrek aan gegevens over de verdamping blijkt het slechts mogelijk om hier de jaarlijkse afwijkingen van de gemiddelde nuttige neerslag benaderend te berekenen. Deze afwijkingen worden vergeleken met de jaarlijkse afwijkingen van de gemiddelde grondwaterstand.

Het blijkt dan, dat het duinwater in de betrokken gebieden op *Vlieland* en *Terschelling* in een evenwichtstoestand heeft verkeerd gedurende de vergelijkingsperiode, met de natuurlijke afwisseling in de jaarlijkse hoeveelheid nuttige neerslag als enige variabele primaire invloed.

Er wordt op gewezen, dat men bij het controleren van de grondwaterstand verschil dient te maken tussen tijdelijke schommelingen, die uit de weersgesteldheid voortvloeien en langdurige wijzigingen in de gemiddelde waterstand, die bv. door vergroting van de oorspronkelijke waterafvoer kunnen worden veroorzaakt.

Overigens zijn er verschillende mogelijkheden om het verloop van de grondwaterstand te controleren. Genoemd wordt als voorbeeld het vegetatiekundig onderzoek van een terreingedeelte met natuurlijke begroeiing, waaruit men vaak met zekerheid een wijziging in het oorspronkelijke gemiddelde grondwaterniveau kan afleiden.

SUMMARY : A COMPARISON BETWEEN WEATHER-CONDITIONS AND WATER-LEVEL IN THE DUNES OF THE ISLES OF VLIELAND AND TERSCHELLING

One of the various tasks of the Dutch State Forestry is the administration of the state nature-reserves in the dunes on the islands of Vlieland and Terschelling, which are notorious for their splendid scenery and interesting wildlife.

By 1948 the watertable in those dune-sites had sunk alarmingly low. An investigation by the State Forestry into the cause of this descent has been described in the preceding pages.

A dune-area is hydrologically in equilibrium if the watertable fluctuates proportionally to the effective precipitation (= precipitation minus evaporation and transpiration). If the balance is disturbed by increasing the eduction, the down-ward fluctuations of the groundwater-level will surpass the upward fluctuations and the relation between water-level and effective precipitation will no longer be proportional.

On account of insufficient data on real evaporation and transpiration here only the annual divergences from the mean effective precipitation could be computed. These divergences were compared with the annual divergences of the groundwater-level from its mean value.

It is evident from this comparison that during the period 1938-1948 the groundwater-level in the dunes on the islands of Vlieland and Terschelling was influenced only by fluctuations of the effective precipitation.

The necessity is pointed out to discriminate between temporary divergences of the water-level from the mean level, as caused by weather-conditions, and a lasting alteration in the *mean* water-level, which may be caused e.g. by a continual increase in the original outflow.

Apart from the above-mentioned method several other possibilities exist to check the course of the groundwater-level. The examination of the natural vegetations e.g. often gives evidence about a shifting of the original mean watertable.

LITERATUUR

- BRAAK, DR C.: Het klimaat van Nederland. Verdamping no 39. *Mededelingen en Verhandelingen K.N.M.I.*, Den Haag, 1936.
Centrale Commissie voor Drinkwatervoorziening: Rapport van de Commissie Drinkwatervoorziening Westen des Lands. Den Haag, 1940.
Commissie ingesteld bij beschikking van de Minister van Binnenlandse Zaken en Landbouw, dd. 24 Februari 1927 : Rapport Wateronttrekking aan de Veluwe, Den Haag, 1933.
DENGLER, A.: Oekologie des Waldes (J. SPRINGER), 1930, pag. 129.
GROBBEN, IR J. A. J.: Waarschijnlijkheidsrekening (W. VAN HOEVE), 1940.
KOEHNE, PROF. DR W.: Grundwasserkunde (E. SCHWEIZERBART), 1928, pag. 127.
Staatscommissie benoemd bij K.B. van 5 Mei 1893, no 16 : Verslag der Staatscommissie benoemd tot het instellen van een Onderzoek omtrent Bevloeieningen (GEBR. VAN CLEEF), 1897, pag. 217.
THORNTHTWAITE, C. W.: An approach toward a rational classification of climate. *The Geographical Review*, 38 (1948) 91.