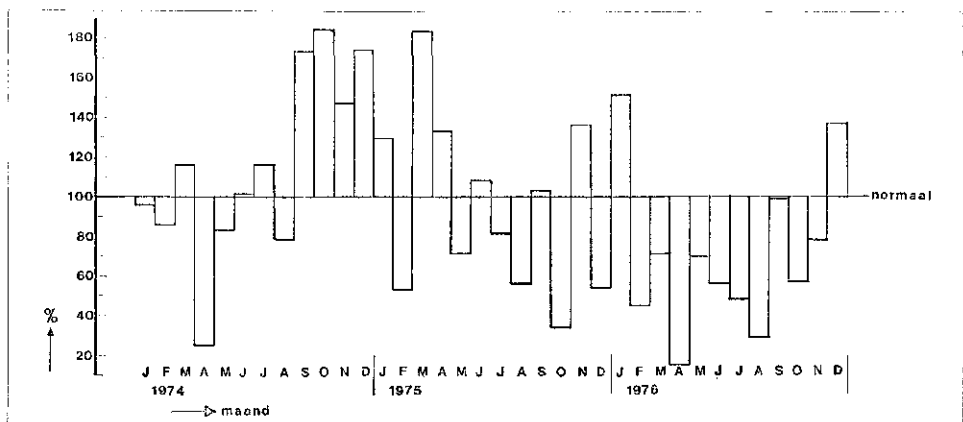


In Nederland, maar ook in andere delen van West-Europa, is het in 1976 opvallend droog geweest. Dit gaf aanleiding tot vele vragen, zowel vanuit de maatschappij (met name vanuit die sectoren die door de droogte werden getroffen, zoals landbouw, drinkwatervoorziening, enz.), als vanuit de kring van de meteorologen zelf. Op het KNMI werden n.a.v. deze vragen een aantal onderzoeken verricht, waarvan de resultaten zijn gepubliceerd in De droogte van 1976, KNMI Publicatie no. 154, december 1976. De gegevens voor dit



Afb. 1 - Gebiedsgemiddelde neerslag Nederland, afwijking van normaal.



DR. C. J. E. SCHUURMANS
KNMI, De Bilt

samenvattende artikel zijn in hoofdzaak aan deze KNMI-publicatie ontleend.

De omvang van de droogte

Het jaar 1976 was in het hele land een erg droog jaar. Gemiddeld over Nederland viel er slechts 534 mm neerslag, tegen 742 mm normaal. Het tekort van neerslag ontstond voornamelijk in het voorjaar en in de zomer, zoals uit afb. 1 blijkt. (Afb. 2 geeft de waarde van de maandnormalen.)

In de maanden maart t/m augustus, waarop de verdere beschouwingen in hoofdzaak zijn gericht, viel er gemiddeld over Nederland 162 mm neerslag, dit is slechts 46 % van de normale hoeveelheid.

De verdeling over Nederland

De droogte in voorjaar en zomer was het ernstigst in de kustprovincies (zie ook afb. 3). In Zeeland viel slechts 41 % van de normale hoeveelheid neerslag. Zuidelijk Drente en een groot deel van Overijssel kwamen er het minst slecht vanaf. Hier werd 54 % van de normale hoeveelheid neerslag geregistreerd.

Elders in Europa

In ieder van de voorjaars- en zomermaanden viel er in grote delen van West-Europa minder neerslag dan normaal. Van maand tot maand traden geringe verschuivingen op in het door de droogte getroffen gebied maar gemiddeld genomen lag het centrum ervan in de buurt van Nederland en waren de afmetingen van de orde van 1000 bij 1000 km.

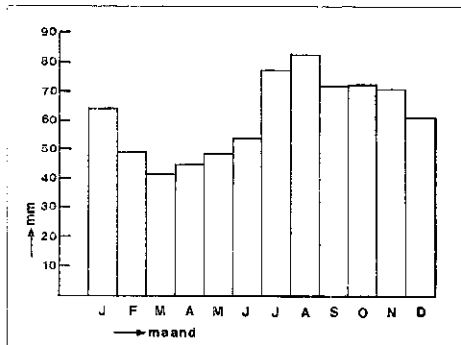
De invloed van de verdamping

Voor agrarische en hydrologische doeleinden moet naast de hoeveelheid neerslag

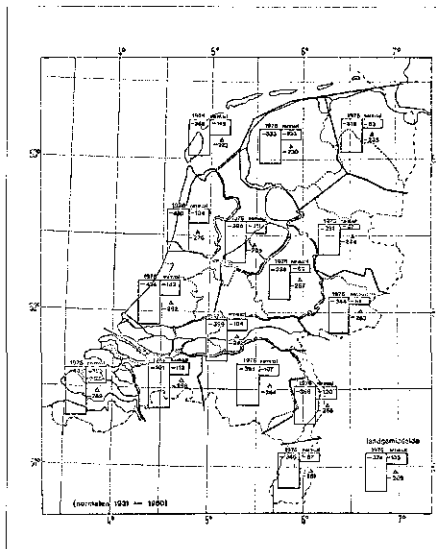
ook de verdamping in beschouwing worden genomen. Waar de werkelijke verdamping niet bekend is wordt gewerkt met het begrip potentiële verdamping E_p . Deze grootheid kan redelijk nauwkeurig worden berekend op basis van de routinematige gemeten grootheden zonneshijnduur, windsnelheid, luchtvochtigheid en luchttemperatuur. Op het KNMI worden deze berekeningen uitgevoerd

m.b.v. de formule van Penman. Deze geeft in feite de zgn. open waterverdamping E_o . Voor de potentiële verdamping wordt dan aangehouden $E_p = 0,8 E_o$. Beschouwt men de neerslagsom N verminderd met E_p dan verkrijgt men het potentieel netto neerslagoverschot, c.q.-deficiet. De waarden van deze grootheid over de droogteperiode maart t/m augustus 1976 zijn voor de verschillende gebieden van Nederland in kaart gebracht (afb. 3).

Afb. 2 - Normaal gebiedsgemiddelde neerslag Nederland (1931-1960).



Afb. 3 - Het potentieel netto neerslagoverschot (mm) per district, maart t/m augustus 1976.

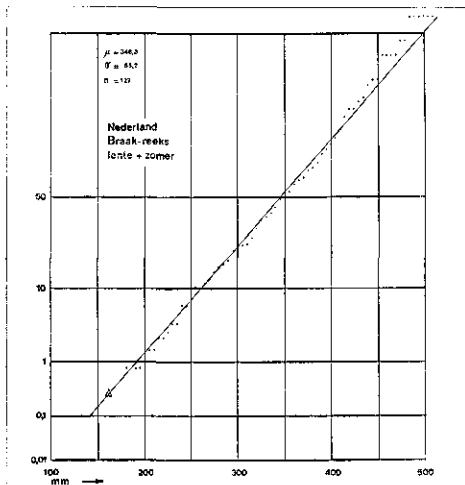


Neerslagreeksen

In de gebiedsgemiddelde neerslagreeks voor Nederland die aanvangt in 1849 werd geen voorjaar + zomer aangetroffen die droger was dan voorjaar + zomer 1976. Ook in de lange neerslagreeks van de plaats Hoofddorp (vanaf 1734) komt voorjaar + zomer 1976 als droogste uit de bus. De zeldzaamheid van het verschijnsel werd geschat op 0,3 % (ca. 1 keer per 300 jaar). Deze schatting kwam tot stand d.m.v. een analyse van de cumulatieve frequentieverdeling van de neerslag in voorjaar + zomer. In afb. 4 is deze weergegeven voor de gebiedsgemiddelde reeks voor Nederland. Zoals blijkt kan de verdeling uitgezet op waarschijnlijkheidspapier redelijk benaderd worden door een rechte lijn (hetgeen inhoudt dat we bij benadering met een normale verdeling te maken hebben). De waarneming van 1976 (zijnde 162 mm) is op deze rechte uitgezet (Δ -teken). Hierna kan worden afgelezen dat een neerslaghoeveelheid gelijk aan of minder dan 162 mm slechts in ca. 0,3 % van de gevallen verwacht mag worden.

Reeks potentieel netto neerslagoverschot

De lengte van de beschikbare reeks van deze grootheid is nog tamelijk gering (aanvangsjaar 1911). Een potentieel netto neerslagdeficiet over de maanden maart t/m augustus, dat gemiddeld over Nederland 374 mm bedroeg, kwam in de reeks nog niet eerder voor. De frequentieverdeling van deze grootheid wijkt te zeer af van



Afb. 4 - Cumulatieve frequentieverdeling van de neerslag in procenten.

een normale verdeling om op dezelfde manier als bij de neerslagreeksen tot een schatting van de zeldzaamheid te komen. Afb. 5 laat zien dat vergelijkbare, maar iets minder extreme gevallen zich voordeden in 1911, 1921, 1959.

Verschoven of ander tijdvak

Bij deze beschouwingen over de zeldzaamheid van het droogteverschijnsel in 1976 mag niet uit het oog worden verloren dat de genoemde getallen uitsluitend betrekking hebben op het tijdvak van 6 maanden dat gelegen is tussen 1 maart en 1 september. Voor eenzelfde tijdvak, maar niet gebonden aan een vaste begindatum zullen de getallen er anders uit komen te zien. Het zelfde geldt voor een korter of langer tijdvak dan de hier gehanteerde 6 maanden. Illustratief in dit verband is dat de berekende kans op een minstens zo droog voorjaar als 1976 (gemiddeld over Nederland) 2,5 % bedraagt en op een minstens zo droge zomer als 1976 1,5 %.

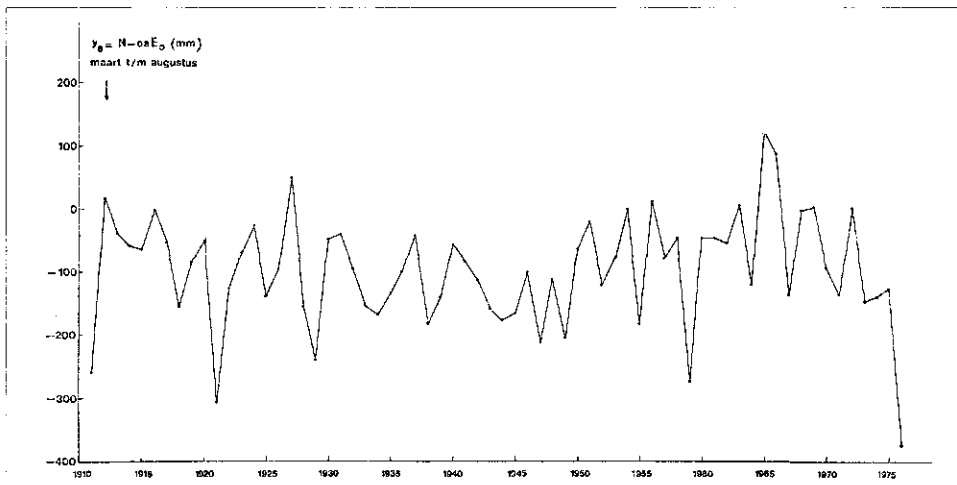
Meteorologische verklaring

Geringe dagsommen

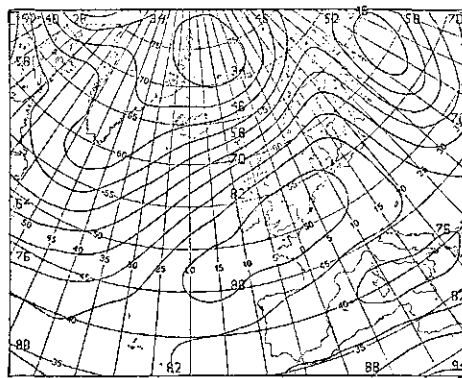
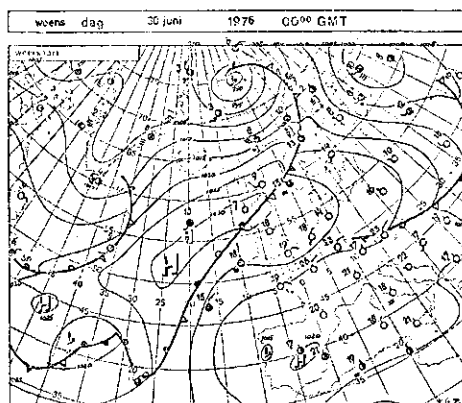
Niet alleen telde de droogteperiode veel droge dagen, maar ook op dagen dat er wel neerslag viel waren de hoeveelheden doorgaans klein, zoals uit onderstaande tabel van de verdeling van de dagsommen te De Bilt (1 maart t/m 31 augustus) volgt.

	Droog ($< 0,3$ mm)	Matig ($0,3$ t/m $4,9$ mm)	Veel > 5 mm)
1976	139 (76 %)	36 (20 %)	8 (4 %)
Normaal	102 (56 %)	57 (31 %)	24 (13 %)

Dit was zowel het gevolg van het feit dat de passerende fronten slechts weinig neerslag brachten, alsook van het nagenoeg uitblijven van zware zomerse buien. Een



Afb. 5 - Potentieel netto neerslagoverschot (maart t/m augustus; landgemiddelden).



Afb. 6.

meteorologische verklaring hiervan is nog niet voorhanden.

Circulatiepatroon

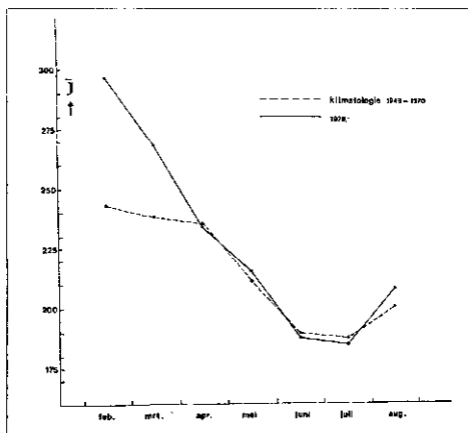
Het feitelijke weerbeeld, aan de hand van dagelijkse weerkaarten, laat zien dat de droogte vooral het gevolg was van het sinds eind januari nagenoeg ontbreken van westelijke luchtstromingen die vochtige lucht van maritieme oorsprong aanvoeren. Circulatiepatronen met een hogedrukgebied boven Scandinavië of een brug van hoge luchtdruk tussen de Azoren en Scandinavië had-

den in de gehele periode overhand. De weerkaart van 30 juni 1976 geeft hiervan een representatief beeld (afb. 6). Voor de voorjaarsmaanden zijn deze blokkerende hogedrukgebieden in onze omgeving niet abnormaal, maar het uitblijven van de westelijke en noordwestelijke circulatietypen in juli en augustus is in ons klimaat zeer uitzonderlijk.

Oorzaken

Het afwijkende circulatiepatroon als kort weergegeven hiervoor, roept uiteraard weer nieuwe vragen op. Allereerst is onderzocht of er tijdens de droogteperiode in West-Europa iets bijzonders aan de hand was met de luchtcirculatie gemiddeld over het Noordelijk Halfrond. Als maat voor de sterkte van de luchtstroming is gekozen het relatief impulsmoment van de gehele dampkring ten noorden van $42,5^{\circ}$ NB. Zoals uit afb. 7 blijkt, vertoont deze grootheid juist in de droge maanden geen noemenswaardige afwijking van normaal. De afgezwakte westelijke stroming boven Europa besloeg een relatief klein gebied en werd bovendien gecompenseerd door een iets boven normale westelijke circulatie op de Stille Oceaan.

Verder is nagegaan in hoeverre er een samenhang bestond tussen het circulatiepatroon boven het Atlantisch-Europese gebied enerzijds en de verdeling van zee-watertemperatuur van de Atlantische Oceaan en de ligging van de ijsgrens in de Noordelijke IJszee anderzijds. Onderzoek door de Engelse meteorologische dienst heeft aangetoond dat de verplaatsing van de westenwindgordel in de zomermaanden van West-Europa naar het gebied tussen Schotland en IJsland samenging met een markante noordwaartse verplaatsing van de ijsgrens tussen Groenland en Nova Zembla (zie Morris, R. H. en Ratcliffe,



Afb. 7 - Het verloop van de maandgemiddelde waarde van het zonaal relatief impulsmoment van de atmosfeer poolwaarts van 42.5° NB. Eenheden zijn $10^{23} \text{ kgm}^2 \text{ sec}^{-1}$.

R. A. S., Under the Weather (Europe's drought), Nature, 264, 4, nov. 4, 1976). Omdat bij deze samenhang oorzaak en gevolg moeilijk zijn te scheiden, blijft het onzeker of de verklaring van het droogteverschijnsel hierin moet worden gezocht. Tenslotte kan de vraag worden gesteld of de handhaving en voortdurende regeneratie van het blokkerende hogedrukgebied in onze omgeving misschien medeveroorzaakt werd door de droogte zelf. Het is duidelijk dat de droge ondergrond en de geringe bewolking tijdens een droogteperiode de stralings- en energiehuishouding van de atmosfeer veranderen, maar het is nog niet goed mogelijk om de invloed hiervan op de luchtdrukverdeling te berekenen.

Lange termijnvoorspellingen; klimaatsverandering

Voorspellingen op lange termijn van een dergelijk droogteverschijnsel zijn nog niet mogelijk. In de beschikbare neerslagreeksen zijn tot op heden geen duidelijke periodiciiteiten gevonden. Ook zijn er geen aanwijzingen voor een jaar-op-jaar persistentie van droge voorjaren + zomers. De kans op een droge zomer (gemiddeld over Nederland) is mogelijk iets groter dan normaal als het voorafgaande voorjaar reeds aan de droge kant was.

Een toeneming van droge voorjaren + zomers valt uit de beschikbare reeksen niet vast te stellen. Wel komen in de laatste 10 jaar opmerkelijk veel jaren voor met weinig west-circulatie. Of deze trend zich voortzet is niet bekend. Bovendien hoeft het ontbreken van westelijke luchtstromingen niet persé aanleiding te geven tot het ontstaan van droogte.