

Navorsingsbriewe

Die aanwending van 'n eenvoudige grondwaterbalans om droogte in natuurlike veld te karakteriseer

Ontvang 19 Junie 1990; aanvaar 31 Januarie 1991

ABSTRACT

Application of a simple soil water balance to characterise drought in natural veld

The characterisation of drought is something which has caused much debate and investigation and is even in the nineties still a thorny problem. This article describes a method whereby drought in natural veld is characterised by using a soil water balance to build a "climatology" of soil water content. The real time situation is then compared to the "soil water climate" and described in terms of probabilities. A sensitivity analysis showed that it will be necessary to know the actual available soil moisture capacity of the soil to a high degree of accuracy, especially in shallow soils, but in deeper soils it should be known to the nearest 50 mm, before this proposed method can yield acceptable results.

INLEIDING

Droogte is een van daardie konsepte waarvoor die gemiddelde mens 'n intuïtiewe aanvoeling het, maar wat nogtans moeilik is om te kwantifiseer. In Suid-Afrika is die droogte van die 1930's wat met die depressiejare saamgeval het, vir dekades beskou as die "Groot Droogte". Hierdie droogte is in baie gevalle oortref deur die droogte wat in die vroeë tot middel tagtigerjare geheers het. Daar is heelwat polemiek oor watter van dié twee droogtes, vyf dekades van mekaar verwyder, nou die ergste was. Dit wil dikwels voorkom of dit soos skoonheid 'n kwessie van smaak is van water die ergste (of mooiste) is. Tannehill¹ het beweer dat daar geen goeie definisie van droogte bestaan nie en dat ons skaars 'n droogte ken as ons dit sien. Wilhite & Glantz² het gereken dat ons moet konsentreer op operationele definisies van droogte, wat almal die uitgangspunt het dat droogte veroorsaak word deur 'n gebrek aan neerslag en dit dan op 'n spesifieke manier uitdruk en verder ander parameters byvoeg soos evapotranspirasie, temperatuur, wind en andere soos wat in die bepaalde geval nodig mag wees.

Sedert 1982 word die Palmer-metode³ in Suid-Afrika gebruik om droogte te kwantifiseer. Dit is so ver moontlik verfyn wat die berekening en interpolasie betref, dog dit voldoen nie aan die vereistes van die beleidmakers⁴ nie. Daarom is daar besluit om voort te gaan met die daarstelling van gewasspesifieke indekse. In 'n vorige artikel⁵ is 'n metode beskryf om droogte van mielies te kwantifiseer deur gebruik te maak van 'n deterministiese groei-model. In hierdie artikel word 'n heel ander benadering vir natuurlike veld beskryf na aanleiding van die FoDews-model⁶ wat in Kanada gebruik word.

LITERATUUROORSIG

Aangesien die Palmer-metode³ nie vir die beleidmakers aanvaarbaar was nie en Booysen⁷ ook gevind het dat dit nie 'n goeie aanduiding van die groei van klimaksgrasse by Glen was nie, is hierdie metode as nie geskik beskou om verder te probeer verfyn vir die daarstelling van 'n

droogte-indeks vir natuurlike veld in Suid-Afrika nie. 'n Alternatief is die FoDews-model⁶ wat in die prairieprovincies van Kanada gebruik word. Daar is gevind dat hierdie model nie in Suid-Afrika as 'n voorspelling van droogtetoestande oor drie maande gebruik kan word nie,⁵ omdat die grondwater in die vroeë somer in Kanada hoofsaaklik van gesmelte sneeu afkomstig is, wat nie die geval in Suid-Afrika is nie. Daar is egter geen rede waarom dit nie getoets sou word om intydse evaluasies van die droogtetoestand te maak nie. Hierdie model bereken grondwaterinhoud deur van 'n grondwaterbalansmodel gebruik te maak. Hierdie grondwaterwaardes kan dan bereken word vir 'n hele aantal jare, sodat daar dan 'n "klimatologie" van hierdie waardes (analoog aan die klimatologie van reënval, wind of temperatuur) opgebou word. Dan kan die oombliklike (intydse) waardes gedurende die seisoen vergelyk word met die geskiedkundige "klimatologie" en dan kan bepaal word of dit droër of natter as normaal is. Indien die "grondwaterklimaat" vir 'n genoegsame aantal jare bereken is, kan die intydse situasie dan statisties uitgedruk word in terme van waarskynlikhede of herhalingsperiodes soos 'n een uit tien jaar droogte.

MATERIAAL EN METODEDES

As 'n beginpunt is 'n eenvoudige grondwaterbalansmodel ontwikkel vir natuurlike veld, gebaseer op die evapotranspirasiestudie van Opperman⁹ en soortgelyke modelle vir koring¹⁰ en mielies.¹¹ Hierdie model gebruik daaglikse Klas A-panverdamping en reënval as insette en die primêre afvoer is die daaglikse berekende grondwaterinhoud (GWI). Hierdie parameter kan dan maklik omgeskakel word na die persentasie beskikbare grondwater (%BGW), oftewel die werklike grondwater uitgedruk as 'n persentasie van die grondwaterhou vermoë wat vergelyking tussen verskillende grondsoorte en plekke meer sinvol maak. As 'n beginpunt is die "klimatologie" van hierdie parameter vir 'n paar plekke met lang weerrekords geëvalueer. Die model is met die rekenaar bedryf en 'n waarskynlikheidsanalise is op

TABEL 1

Mediane, eerste en derde kwartiele van % beskikbare grondwater (%BGW) vir 'n natuurlike veld by 'n paar geselekteerde weerstasies

Stasie	Potchefstroom (110)			Cedara (150)			Cedara (100)*		
	Q1	Mediaan	Q3	Q1	Mediaan	Q3	Q1	Mediaan	Q3
Sept.	-5,3	-0,1	19,2	25,9	46,0	69,9	29,5	57,8	92,4
Okt.	9,8	21,5	49,0	57,4	88,4	99,7	76,0	98,6	100,0
Nov.	27,6	61,2	85,9	95,7	98,7	99,5	96,9	98,4	100,0
Des.	31,5	62,4	84,9	94,7	97,6	100,0	92,2	96,5	99,9
Jan.	14,8	52,4	83,6	83,3	93,9	99,6	75,0	90,9	99,4
Feb.	8,1	33,6	67,1	70,8	86,3	95,1	56,2	79,5	85,1
Maart	-3,5	3,5	52,3	56,1	74,0	90,1	37,2	61,0	85,1
April	-6,2	-2,6	13,6	18,8	51,8	72,3	-0,5	30,9	58,5
Mei	-10,3	-5,0	-2,0	-1,2	27,6	44,7	-3,5	-0,6	21,5
Junie	-14,0	-7,3	-2,6	-1,5	8,5	27,2	-4,6	-1,8	9,2
Julie	-15,1	-6,7	-0,9	-0,9	7,6	29,3	-3,2	-0,5	14,3
Aug.	-10,8	-3,6	-0,4	3,2	18,8	44,4	0,2	16,6	52,2
Stasie	Grootfontein (100)			Elsenburg (125)			Langgewens (100)		
Maand	Q1	Mediaan	Q3	Q1	Mediaan	Q3	Q1	Mediaan	Q3
Sept.	-2,3	7,5	26,5	98,0	99,5	99,9	84,6	97,8	99,7
Okt.	-0,6	5,7	33,4	90,7	97,9	99,4	70,4	85,3	93,8
Nov.	-1,9	4,9	47,3	65,3	85,9	93,1	20,7	46,8	78,3
Des.	-5,0	-1,7	23,6	11,7	42,4	69,2	-6,3	-1,5	25,3
Jan.	-4,9	-0,5	19,3	-5,5	-1,6	44,8	-15,5	-8,6	-2,8
Feb.	-6,9	-1,2	27,2	-10,5	-2,9	2,3	-23,8	-12,5	-2,8
Maart	-6,7	-0,8	13,3	-11,1	-3,2	-1,2	-24,4	-17,9	-4,7
April	-9,9	-4,7	0,8	-4,9	-1,1	17,5	-24,1	-4,5	1,3
Mei	-13,2	-7,3	-2,9	8,6	36,6	63,5	-2,7	0,6	28,2
Junie	-15,9	-6,8	-2,3	48,0	73,6	96,6	8,9	25,4	71,4
Julie	-12,9	-3,3	0,0	87,6	97,1	99,1	36,2	53,9	95,9
Aug.	-10,2	-1,0	10,4	98,9	99,7	100,0	74,1	97,6	99,7

*Die syfers in hakies is die totale beskikbare grondwaterhouvermoë in mm

die berekende %BGW-waardes aan die einde van elke maand gedoen. In tabel 1 word die kwartielwaardes aangegee van %BGW vir 'n paar plekke met uiteenlopende reënvalkarakteristieke, van droog tot nat en van somer- tot winterreënvalgebiede. Die eerste en derde kwartiele verteenwoordig die onderste en boonste grense van die gebied waarbinne die grondvoghoud 50 persent van die tyd behoort te wees en dus as redelik normaal beskryf kan word. In een jaar uit vier sal dit óf bokant die derde kwartiel (dus bonormaal nat) óf onder die eerste kwartiel (dus bonormaal droog) lê.

Hierdie metode lyk op die oog af belowend, aangesien dit maklik is om vir enige plek eers die "grondwaterklimatologie" te bereken en daarna intyds die model aan die einde van elke maand te bedryf en dan die berekende %BGW te vergelyk met die historiese rekord en dit as 'n waarskynlikheid of herhalingsperiode uit te druk wat vir die beleidmakers 'n sinvolle idee kan gee van hoe droog of hoe nat dit is. Dit is egter nodig om vas te stel hoe goed hierdie metode in die praktyk sal vaar. Die grootste praktiese probleem is die feit dat die beskikbare grondopnames nie in soveel detail gedoen is dat die werklike grondwaterhouvermoë van die gronde in situ noukeurig bekend is nie. Dit is dus nodig om vas te stel tot watter mate van noukeurigheid hierdie laasgenoemde parameter bekend moet wees om vir praktiese doeleindes van droogte-

TABEL 2

Weerstasies en die jare uit die historiese rekord wat gebruik is, en die gemiddelde en mediaan jaarlikse reënval vir dié jare

Weerstasie	Jare uit rekord gebruik	Jaarlikse reënval (mm)	
		Gemiddelde	Mediaan
Grootfontein, Middelburg	1916-84	360,3	283,9
Langgewens, Swartland	1931-84	393,0	337,0
Mara, Louis Trichardt	1950-70	395,4	336,6
Armoedsvlakte, Vryburg	1934-84	447,1	378,6
Glen, Bloemfontein	1922-84	539,1	457,0
Potchefstroom	1914-84	626,7	548,4
Nooitgedacht, Ermelo	1942-84	728,4	666,5
Döhne, Stutterheim	1939-84	744,3	639,0
Bien Donné, Paarl	1941-83	810,3	691,5
Cedara, Howick	1950-84	872,0	769,0

evaluering nog nuttig te kan wees. Om die effek van grondwaterhouvermoë met hierdie metode vas te stel, is die grondwatermodel laat loop met weergegewens van 10 weerstasies met langtermynrekords in uiteenlopende klimaatgebiede (tabel 2). Die berekende %BGW vir die einde van elke maand, asook die totale reënval (R) van elke maand is in 'n rekenaarlêer geberg. 'n Program wat van Dyer⁶ in Kanada verkry is, is gebruik om die volgende waarskynlikheidswaardes vir sowel R as %BGW te bereken:

10%	-een jaar uit tien
25%	-een jaar uit vier
33,3%	-een jaar uit drie
50%	-een jaar uit twee
66,7%	-twee jare uit drie
75%	-drie jare uit vier

Hierdie program het terselfdertyd vir elke maand in die historiese rekord sowel R as %BGW in een van die bogemelde ses klasse geklassifiseer. Die program is vir elke weerstasie bedryf vir vier waardes van totale grondwaterhouvermoë (GWH), naamlik 50, 100, 150 en 200 mm. Daar was dus vir elke maand van die historiese rekord behalwe die waardes van R, die waardes van %BGW vir die vier veronderstelde waardes van GWH, asook die klassifikasie van R en die %BGW in een van die ses klasse hier bo aangedui. Dus kon vasgestel word of droogte vir 'n spesifieke maand - soos uitgedruk in herhalings tydperke vir die parameters reënval (R) en persentasie beskikbare grondwater (%BGW) - vir elk van vier grondsoorte met grondwaterhouvermoëns wat strek van 50 tot 200 mm, ooreenstem al dan nie. Die historiese rekord is nagegaan en die aantal kere wat die droogteklassifikasie vir byvoorbeeld R ooreengestem het met dié vir %BGW50 (%BGW as GWH 50 mm is), is dit uitgedruk as 'n persentasie van die totale aantal gevalle in die historiese rekord waarvoor die parameters bereken is.

RESULTATE EN BESPREKING

Soos reeds vermeld word die weerstasies waarvoor die analise gedoen is, in tabel 2 aangedui. Hierdie weerstasies verteenwoordig 'n wye reeks van klimaatstoestande in Suid-

TABEL 3

Persentasieooreenkoms tussen droogteklassifikasies met reënval (R) as parameter en met persentasie beskikbare grondwater (%BGW) vir vier verskillende grondwaterhouvermoëns as parameter

Weerstasie	Parameters vergelyk	Persentasie ooreenkoms
Grootfontein	*R/%BGW50	34,9
	R/%BGW100	34,7
	R/%BGW150	34,6
	R/%BGW200	34,3
	%BGW50/%BGW100	75,0
	%BGW100/%BGW150	85,4
	%BGW150/%BGW200	87,5
Langgewens	R/%BGW50	31,8
	R/%BGW100	32,5
	R/%BGW150	33,3
	R/%BGW200	30,2
	%BGW50/%BGW100	59,3
	%BGW100/%BGW150	56,6
	%BGW150/%BGW200	64,2
Mara	R/%BGW50	37,1
	R/%BGW100	39,6
	R/%BGW150	37,9
	R/%BGW200	33,3
	%BGW50/%BGW100	67,1
	%BGW100/%BGW150	74,2
	%BGW150/%BGW200	84,6
Armoedsvlakte	R/%BGW50	34,2
	R/%BGW100	36,7
	R/%BGW150	36,8
	R/%BGW200	36,8
	%BGW50/%BGW100	67,8
	%BGW100/%BGW150	85,0
	%BGW150/%BGW200	93,5
Glen	R/%BGW50	21,6
	R/%BGW100	22,7
	R/%BGW150	22,3
	R/%BGW200	21,8
	%BGW50/%BGW100	78,4
	%BGW100/%BGW150	84,0
	%BGW150/%BGW200	84,4

Potchefstroom	*R/%BGW50	37,5
	R/%BGW100	37,1
	R/%BGW150	33,9
	R/%BGW200	33,7
	%BGW50/%BGW100	52,4
	%BGW100/%BGW150	64,2
	%BGW150/%BGW200	80,1
Nooitgedacht	R/%BGW50	33,3
	R/%BGW100	34,3
	R/%BGW150	34,5
	R/%BGW200	29,2
	%BGW50/%BGW100	60,1
	%BGW100/%BGW150	58,5
	%BGW150/%BGW200	56,9
Döhne	R/%BGW50	29,8
	R/%BGW100	31,3
	R/%BGW150	28,7
	R/%BGW200	28,7
	%BGW50/%BGW100	59,1
	%BGW100/%BGW150	85,7
	%BGW150/%BGW200	93,5
Dien Donné	R/%BGW50	29,5
	R/%BGW100	28,5
	R/%BGW150	30,0
	R/%BGW200	27,5
	%BGW50/%BGW100	68,4
	%BGW100/%BGW150	69,0
	%BGW150/%BGW200	77,1
Cedara	R/%BGW50	34,3
	R/%BGW100	30,6
	R/%BGW150	27,9
	R/%BGW200	28,4
	%BGW50/%BGW100	55,6
	%BGW100/%BGW150	65,9
	%BGW150/%BGW200	80,9

*R = totale maandelikse reënval
 %BGW50 = %BGW vir 50 mm grondwaterhouvermoë
 %BGW100 = %BGW vir 100 mm grondwaterhouvermoë
 %BGW150 = %BGW vir 150 mm grondwaterhouvermoë
 %BGW200 = %BGW vir 200 mm grondwaterhouvermoë

Afrika, wat ook die spektrum van winter- tot somerreënvaltoestande insluit. In tabel 3 word die ooreenstemmings van die klassifikasie van droogte gegee deur van reënval (R) en die %BGW vir grondsoorte met voghouvermoëns van 50 tot 200 mm gebruik te maak.

Dit is duidelik dat daar nie juis 'n ooreenkoms bestaan tussen die klassifikasie met reënval as weerkundige parameter en enige van die grondwaterparameters nie. Dit wil sê waar die maandelikse reënval miskien op 'n droë maand in die kategorie een jaar uit tien dui as daar net na die reënval gekyk word, sal selfs vir vlak grond met slegs 50 mm grondwaterhouvermoë dit slegs in ongeveer 30% van die gevalle ook dui op 'n een uit tien jaar droogte. Dit is egter duidelik dat waar die grondwaterhouvermoë nie meer as 50 mm verskil nie, die ooreenkoms heelwat hoër is en in sommige gevalle bokant 90 persent. Dit is ook duidelik dat hoe groter die grondwaterhouvermoë, hoe minder word die klassifikasie versteur deur die feit dat die presiese grondwaterhouvermoë nie bekend is nie, aange-

sien 'n verskil van 50 mm in grondwaterhouvermoë 'n meer as 80 persent ooreenstemming in droogteklassifikasie veroorsaak, weens die feit dat die effek van reënval dan gebuffer word. Uitsonderings op die reël is Langgewens in die Swartland en Nooitgedacht naby Ermelo, waar die ooreenkomste in die orde van 60 persent is.

GEVOLGTREKking

Die resultate dui daarop dat enige droogteklassifikasie wat slegs van reënval gebruik maak, met groot omsigtigheid hanteer moet word, aangesien daar min ooreenkoms bestaan tussen so 'n klassifikasie en een wat van grondwaterinhoud gebruik maak. Dit is dus uiters gevaarlik om stellings te maak oor die graad van droogte wat slegs op reënval gebaseer is, aangesien dit deur die waterhouvermoë van die grond is wat reënval die groei en produksie van plante beïnvloed. Dit wil voorkom of 'n skema wat van die "grondwaterklimatologie" gebruik maak, wel waarde kan hê indien die grondwaterhouvermoë van die grondsoorte waarop

die natuurlike veld voorkom, tot 'n hoë mate van noukeurigheid bekend is – liefst binne 50 mm vir grondsoorte met 'n waterhouvermoë van meer as 50 mm, en heelwaarskynlik nog noukeuriger vir vlakke grondsoorte. (Met die gegewens tot ons beskikking is dit nie moontlik om 'n presiese syfer hieraan te koppel nie.) Hierdie werk moet as voorlopig beskou word; daar sal verdere werk nodig wees om hierdie metode vir die praktyk af te rond.

A.L. DU PISANI

S.A. Weerburo, Privaat sak X97, Pretoria 0001

LITERATUURVERWYSINGS

1. Tannehill, I.R. (1947). *Drought, Its causes and effects* (Princeton University Press, Princeton, New Jersey).
2. Wilhite, D.A. & Glantz, M.H. (1987). Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. In *Planning for Drought*, Wilhite, D.A. & Easterling, W.E. eds. (Westview, Boulder and London) p. 11-27.
3. Palmer, W.C. (1965). Meteorological Drought, Res. Paper No. 45, U.S. Department of Commerce, Weather Bureau.
4. Bruwer, J.J. (1989). Drought Policy in the Republic of South Africa. Paper presented to SARCCUS workshop on Drought, 27 June 1989.
5. Du Pisani, A.L. (1987). The CERES-MAIZE model as a potential tool for drought assessment in South Africa, *Water SA*, 13, 159-164.
6. Dyer, J.A., Stewart, R.B. & Muma, R.W. (1982). A weather based early warning system for spring forage in Western Canada, *Can. Farm Econ.*, 17(4), 9-16.
7. Booysen, J. (1983). Twee metodes vir die kwantitatiewe simulering van groeitoestande van klimaksgras. UOVS, Bloemfontein, Ongepub. M.Sc.-verhandeling.
8. Dyer, J.A. & De Jager, J.M. (1984). The predictability of Summer Drought Conditions in South African Grassland, *Water Intl.*, 11, 78-87.
9. Opperman, D.P.J. (1975). Vog- en ontblaringstudies op meerjarige grasse in die Sentrale Oranje-Vrystaat. Ongepub. D.Sc.-verhandeling.
10. Du Pisani, A.L. (1976). The use of a simple computer model to calculate the moisture supply potential for wheat for certain inland areas of South Africa, *Crop Prod.*, 5, 31-35.
11. Du Pisani, A.L. (1978). The application of a moisture budget in determining maize yield potential, Dept. ATS, *Tech. Comm.* No. 165, p. 21-215.