

Kwaliteit van water wat aan wild in die Kalahari-gemsbok Nasionale Park voorsien word

H. VAN A. DREYER

Dreyer, H. van A. 1989. Kwaliteit van water wat aan wild in die Kalahari-gemsbok Nasionale Park voorsien word. — *Koedoe* 32 (1): 121-131. Pretoria. ISSN 0075-6458.

Kwaliteit van boorgatwater in die Kalahari-gemsbok Nasionale Park wissel van vars (<5 dele per duisend totale opgeloste soute) tot hoogs gemineraleiseerd (>10 dpd). Water in krippe waaruit wild drink, het altyd 'n swakker kwaliteit as dié uit 'n boorgat of uit 'n dam. Die hoë konsentrasie van soute in kripwater, wat tot gevolg het dat die water van 'n groot aantal waterpunte as ondrinkbaar vir vee geklassifiseer kan word, word veroorsaak deur volgehoue verdamping uit damme en krippe. Damwater word egter gereeld met "varser" water vanuit boorgate aangevul, maar 'n vlotterklep verhoed dit by krippe. Die belangrikste minerale en ione wat in hoë konsentrasies in hierdie waters voorkom, is Na^+ , SO_4^- , Cl^- , en in enkele gevalle ook Ca^{++} .

Sleutelwoorde: Saliniteit, verdamping, varswater, waterkwaliteit, soutwater, Kalahari.

H. van A. Dreyer, Departement Soölogie, Universiteit Stellenbosch, 7600 Republiek van Suid-Afrika.

Summary

The quality of the water originating from boreholes in the Kalahari Gemsbok National Park (KGNP) varies from fresh (<5 ppm TDS), to mineralised (5-10 ppm TDS), to highly mineralised (>10 ppm TDS). According to the water standards of Boocock & Van Straaten (1962) 35 percent of the dams (reservoirs) and 48.8 percent of the troughs in the KGNP can be classified as non-potable for domestic stock. If the standards for livestock set by the SWA/Namibian Department of Water Affairs are used only 40 percent of drinking points can be classified as potable for livestock. If their upper limits set for specific ions are applied, 56.2 percent of the troughs contained excessive sodium levels (>2 000 ppt), 7.5 percent excessive calcium (>1 000 ppt), 5 percent excessive magnesium (>500 ppt) and 40 percent excessive chloride levels (>3 000 ppt). Earlier workers reported that wild animals in the KGNP use water that is highly mineralised and personal observations revealed that antelopes in the KGNP use water with a salinity up to 18 parts per thousand total dissolved salts.

The water in troughs and dams is generally more mineralised than that in the boreholes, which can be ascribed to evaporation from the dams and troughs, with a resultant concentration of the elements. The salts that occur in the highest concentrations are Na^+ , SO_4^- , Cl^- and sometimes Ca^{++} as well. The volume of water evaporated from the troughs (capacity 1 200 l), was 63 litres per day in summer. Water in the dams is of a better quality than that in the troughs because dams are allowed to overflow, and their water is regularly supplemented with "fresher" water from the boreholes. In the case of the troughs this process of overflowing and supplementing of water is regulated by a ball valve inside the trough.

It was mainly water in troughs at salt water boreholes which contained the highest concentrations, and is thus influenced by evaporation. This results from the fact that the animals drink large quantities of water at the fresh-water localities, which, in turn, allows regular supplementing of "fresher" water from the dam.

During strong winds the dams sometimes overflow. At the salt water localities the antelope prefer this overflow water because, although more mineralised than that in the dams, it is less mineralised than the water in the troughs.

The sodium content of the water in the two boreholes that were monitored throughout the year corresponded in seasonal variation with an increase during summer-autumn and a decrease during winter. This could result from the infiltration of rainwater during summer, to reach the watertable a few months later, thus reducing the sodium concentration. A second possibility is that the strong northwesterly winds prevailing from June to September cause windmills to withdraw so much water from the boreholes that the water table falls and is then supplemented with fresher water from adjacent aquifers. A third possibility is that water from different levels, and thus different geological strata, is removed by strong winds, causing variations in sodium concentrations. It is suggested that in the KGNP the first two explanations could apply.

Inleiding

Die kwaliteit of soutinhoud van ondergrondse water word grootliks bepaal deur die tipe gesteente wat as waterdraer optree, veral wat betref die wateroplosbare minerale in die gesteentes. Die ondergrondse water in die Kalahari kom meestal in pre-Kalahari gesteentes en op sekere plekke in die Kalahari Groep voor (Verhagen 1985). Arad (1984) beweer dat die gemineraliseerde water van die suidelike Kalahari gevorm is toe oppervlaktwater tydens die laaste nat siklus (17 000-15 000 jaar gelede) uit mere in die gebied begin verdamp het (lakustriene toestand het toe in die pansisteam geheers). Hyde (1971) beweer egter dat water tydens droë siklusse vir lang tye aan die oplosbare gesteentes van die ondergrondse waterdraer blootgestel was en sonder aanvulling deur vars water kon versout.

Volgens Mazor, Bielsky, Verhagen, Sellschop, Hutton & Jones (1980) kan die NaCl , wat algemeen in die water van die Kalahari voorkom, moontlik ontstaan met vrystelling vanuit die *Ecca* skalies in die pre-Kalahari gesteentes.

Ondersoeke deur Van Straaten (1955, 1961), Martin (1961), Vogel & Brendenkamp (1969), Dincer, Al-Murgin & Zimmermann (1974) en Levin (1980) dui daarop dat geen of baie min (De Vries 1984) aanvulling van die ondergrondse water geskied in gebiede waar die sandbedekking dikker as ses meter is nie. Hierdie siening word ook deur Boocock & Van Straaten (1961, 1962) en Foster, Bath, Farr & Lewis (1982) ondersteun. Dit is teenstrydig met resultate van Mazor, Verhagen & Sellschop (1974), Verhagen, Mazor & Sellschop (1974) en Mazor (1982), waarin aangetoon word dat aanvulling deur 'n dik sandlaag in Botswana, waar die reënval ietwat hoër is as in die suidelike Kalahari, wel nog plaasvind. Hyde (1971) en Arad (1984) huldig die mening dat ondergrondse water in die suidelike Kalahari wel by riviere en waar pre-Kalahari gesteentes dagsoom aangevul word, terwyl Verhagen (1985) glo dat aanvulling ook in die Kalahari-lae weg van dié gebiede plaasvind.

In die suidelike Kalahari kom daar geen permanente oppervlaktwater voor nie en is die voorsiening van drinkwater aan wilde diere op ondergrondse bronne aangewese. In die Kalahari-gemsbok Nasionale Park (KGNP) word kunsmatige waterpunte vir wilde diere tans vanuit 85 boorgate voorsien en die kwaliteit van die water uit hierdie boorgate wissel geweldig. Enkele verslae in laasgenoemde verband is al deur Brynard (1958), Louw (1964), Child, Parris & Le Riche (1971) en Parris (1984) gepubliseer. Gemineraleerde water in suipings in die Kalahari kan ook as 'n bron van noodsaaklike minerale vir wilde diere dien (Parris 1984).

Materiaal en Metodes

Watermonsters is eenmalig en waar moontlik uit die pyp, dam en oorloop van die dam en krip by 80 boorgate versamel. Vier geselekteerde windpompe is gekies waarby watermonsters op 'n maandelikse basis versamel is om seisoenale variasie in soutinhoud te bepaal ('n herhalende seisoenale verandering kan moontlik 'n aanduiding van ondergrondse aanvulling verskaf). Die vier windpompe staan by 'n soutwater- (Bedinkt) en 'n varswater- (Kwang) boorgat in die rivier, sowel as 'n soutwater- (Sewe Panne) en 'n varswater- (Stoffeldsdraai) boorgat in die duine.

Die totale soutinhoud (saliniteit) van die water is bepaal met 'n American Optical handrefraktometer as dele per duisend (dpd totale opgeloste soute), terwyl die konsentrasie van die belangrikste elemente met behulp van 'n Varian AA-1275 atoomabsorpsie-spektrofotometer (A.A.) bepaal is as dele per miljoen (dpm). Al die ontledings met die A.A. is gedoen volgens riglyne soos deur Allan (1970) voorgestel. 'n Paar monsters is na die Kaapse streeklaboratorium van die WNNR te Bellville gestuur om 'n aantal anione soos HCO_3^- , CO_3^- en SO_4^- te bepaal. Die totale Cl^- konsentrasies is met 'n CMT 10 chloriedtitrator bepaal.

'n Glasveselkrip, soortgelyk aan dié waaruit die wild drink, is met water van wisselende soutgehalte opgevolg en dan aan die wilde diere beskikbaar gestel om te sien in watter mate die verwydering van soutwater die saliniteitstoename beïnvloed. Die hoeveelheid water wat op 'n seisoenale basis uit 'n krip verdamp, is met behulp van 'n verdampingshouer, waarvan die blootgestelde oppervlak bekend is, bepaal.

Statistiek is die verband tussen die konsentrasies van die konsentrasies van die verskillende minerale in die watermonsters en die saliniteit daarvan met behulp van korrelasie-analise (r) getoets. Student se t-toets (t) is uitgevoer om te sien of die verskille in mineraalinhoud van die water in die pyp, dam, oorloop en krip betekenisvol was.

Resultate

(i) *Variasies in waterkwaliteit*

Die kwaliteit van die watermonsters het gewissel vanaf vars tot hoogs gemineraliseerd. Vir die doel van hierdie studie is die water soos volg ingedeel: (1) Varswater is water met 'n saliniteit van minder as vyf dele per duisend, dit wil sê wat minder as 5 000 dele per miljoen totale opgeloste soute bevat en geskik is vir menslike gebruik. (2) Gemineraliseerde water is dié waarvan die saliniteit wissel van vyf tot 10 dele per duisend (5 000-10 000 dpm) en nog geskik is vir gebruik deur vee. (3) Hoogs gemineraliseerde water het 'n saliniteit van meer as 10 dpd (>10 000 dpm) en is ongeskik vir menslike en makvee gebruik (Boocock & Van Straaten 1962). Na laasgenoemde twee word gesamentlik verwys as soutwater.

Van die 80 boorgate waarvan die water ontleed is, is 17 (21,2 persent) in die Auobrivier, 26 (32,5 persent) in die Nossobrivier, 29 (36,3 persent) in die gebied tussen die twee riviere en agt (10 persent) in die gebied suidwes van die Auobrivier geleë. Water uit hoofsaaklik damme en krippe is vir ontleding gebruik, aangesien dit geredelik bekombaar was. Daar was duidelike verskille tussen die waterkwaliteit van damme en krippe onderling, en tussen damme en krippe van bogenoemde gebiede (Tabel 1).

Tabel 1

Die persentasie damme (D) en krippe (K) in die verskillende areas waarvan die water as vars (V) d.w.s. < 5 dpd opgeloste soute, gemineraliseerd (G) (5-10 dpd) en hoogs gemineraliseerd (HG) (>10 dpd) geklassifiseer kan word.

AREA	V	G	HG
Auobrivier (D)	94,0%	6,0%	0,0%
(K)	88,0%	12,0%	0,0%
Nossobrivier (D)	30,8%	23,1%	46,2%
(K)	30,8%	7,7%	61,5%
Sentrale-duinevela (D)	34,5%	27,6%	37,9%
(K)	31,0%	13,8%	55,2%
Suidwestelike-duineveld (D)	12,5%	25,0%	62,5%
(K)	0,0%	12,5%	87,5%
Gemiddeld (D)	43,7%	21,3%	35,0%
(K)	40,0%	11,2%	48,8%

Die verskil tussen die kwaliteit van water in damme en krippe kan hoofsaaklik aan verdamping toegeskryf word en daarom is daar 'n toename in soutkonsentrasie (mineralisasie) vanaf die pyp (boorgat), deur die dam en tot in die krip. Die oorloopwater stem ooreen met die water in die dam en is dan ook oor die algemeen minder gemineraliseerd as die water in die krip. Daar is ook duidelike verskille tussen die kwaliteit (soutinhoud) van water by vars- en soutwaterlokaliteite (Fig. 1).

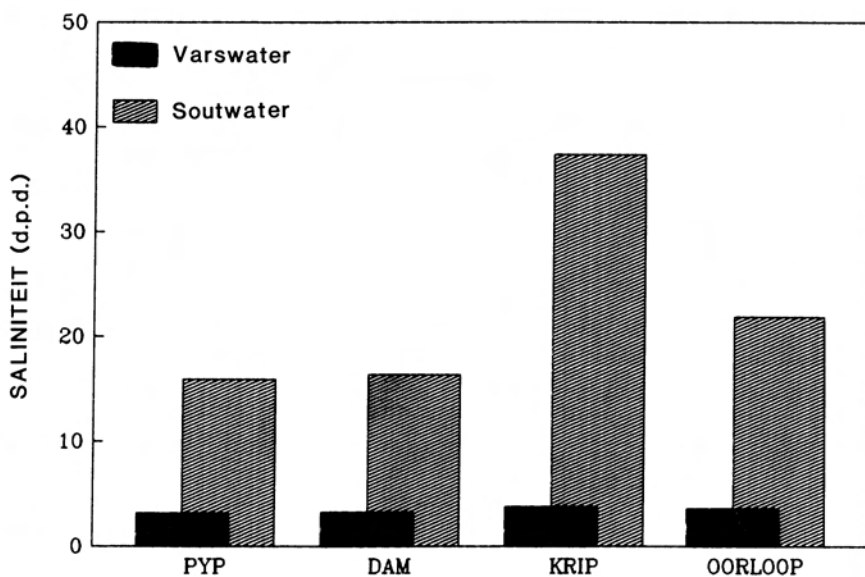


Fig. 1. Die gemiddelde saliniteit van die water in die pyp, dam, oorloop en krip soos gemeet by die vars- ($n=52$) en soutwaterlokaliteite ($n=28$) in die KGNP.

'n Vergelyking tussen die water uit die pyp by varswaterlokaliteite en die water in die damme by dieselfde lokaliteite toon dat die gemiddelde saliniteit by die pyp ($\bar{x}=3,13$ dpd; Standaard afwyking $\pm 1,07$; $n=18$) nie betekenisvol van die gemiddelde saliniteit in die damme ($\bar{x}=3,22$ dpd; $SA\pm 1,09$; $n=30$) verskil nie ($t=0,79$; $gv=46$; $P>0,05$). As die saliniteit van water uit die pyp ($\bar{x}=15,89$ dpd; $SA\pm 2,11$; $n=25$) met dié in damme ($\bar{x}=16,36$ dpd; $SA\pm 8,09$; $n=39$) by die soutwaterlokaliteite vergelyk word, is daar ook nie statisties betekenisvolle verskille nie ($t=0,28$; $gv=62$; $P>0,5$). Die saliniteit van water in die damme by soutwaterlokaliteite ($\bar{x}=37,36$ dpd; $SA\pm 35,78$; $n=39$) verskil hoogs betekenisvol ($t=15,79$; $gv=76$; $P<0,00005$) van die water in die krippe, terwyl die verskil by die varswaterlokaliteite ($\bar{x}=3,73$ dpd; $SA\pm 1,56$; $n=30$) statisties nie betekenisvol is nie ($t=1,73$; $gv=58$; $P>0,05$). Statisties verskil die kwaliteit van die die oorloopwater ($\bar{x}=3,66$ dpd; $SA\pm 1,08$; $n=9$) by varswaterboorgate nie betekenisvol van die water in die krippe ($\bar{x}=3,73$ dpd; $SA\pm 1,56$; $n=30$) ($t=1,84$; $gv=16$; $P>0,5$) terwyl dit by die krippe van soutwaterlokaliteite betekenisvol ($t=2,46$; $gv=28$; $P<0,02$) verskil van die oorloopwater ($\bar{x}=21,8$ dpd; $SA\pm 13,32$; $n=15$).

(ii) Die invloed van verdamping op saliniteitstoename

Saliniteitstoename in damme en krippe kan toegeskryf word aan verdamping uit blootgestelde oppervlaktes. Dit is waarskynlik dat die saliniteit van water by standaardkrippe (Oppervlakte = $5,575$ m²; Volume = $1\ 200$ liter) met gemiddeld 8,3 persent sal toeneem met elke 100 liter water wat verdamp. Die hoeveelheid water wat per tydseenheid uit die krip verdamp, hang nou saam met faktore soos wind, vogtigheid en veral temperatuur, en varieer aansienlik op 'n maandelikse basis (Fig. 2).

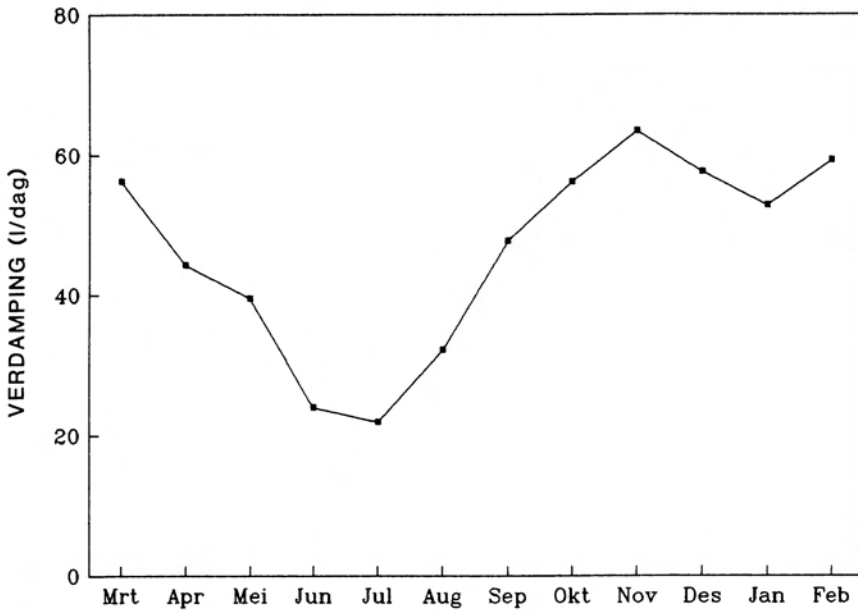


Fig. 2. Die gemiddelde hoeveelheid (liter) water wat per dag in die KGNP vanuit 'n standaardkrip verdamp het vanaf Maart 1986 tot Februarie 1987.

Soos hierbo genoem, verander die saliniteit van water in varswaterkrippe min met verdamping en verskil dus ook min van dié van water in damme en pype. By soutwaterlokaliteite verskil die toename in saliniteit in krippe gedurende die somer betekenisvol van die toename gedurende die winter ($t=2,269$; $gv=12$; $P<0,05$). In die somer vertoon dit 'n verhoogde toename sodra die saliniteit ongeveer 20 dpd bereik, aangesien verdamping vinniger plaasvind en al minder water dan deur wilde diere gedrink word (Fig. 3).

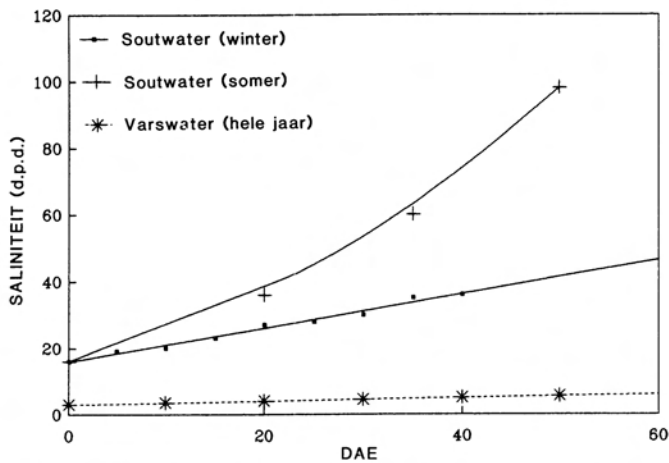


Fig. 3. Die saliniteitstoename van kripwater in die somer en winter in die KGNP.

(iii) Die verband tussen mineraalkonsentrasie en saliniteit

Die saliniteit van watermonsters wat by die verskillende lokaliteite geneem is, verteenwoordig die konsentrasie van totale opgeloste sout. Na^+ , Cl^- en SO_4^- is die belangrikste komponente, terwyl die ander ione en verbindings slegs in enkele gevalle 'n waarneembare rol speel.

Statisties is die korrelasie tussen saliniteit en konsentrasies van Na^+ ($r=0,73$; $P<0,001$), Cl^- ($r=0,93$; $P<0,001$) en SO_4^- ($r=0,933$; $P<0,001$) baie hoog en betekenisvol. Die korrelasie tussen saliniteit en die konsentrasie van K^+ ($r=0,69$; $P<0,001$) sowel as CO_3^- ($r=0,601$; $P<0,005$) is hoog en betekenisvol, terwyl daar 'n matige korrelasie met Ca^{++} ($r=0,55$; $P<0,01$) en Mg^{++} ($r=0,43$; $P<0,05$) bestaan wat ook nog betekenisvol is. 'n Baie lae korrelasie — statisties nie betekenisvol nie — is tussen saliniteit en konsentrasies van HCO_3^- ($r=0,108$; $P>0,1$) gevind. Figuur 4 toon die konsentrasies van natrium, kalium, kalsium en magnesium ten opsigte van toenemende saliniteit.

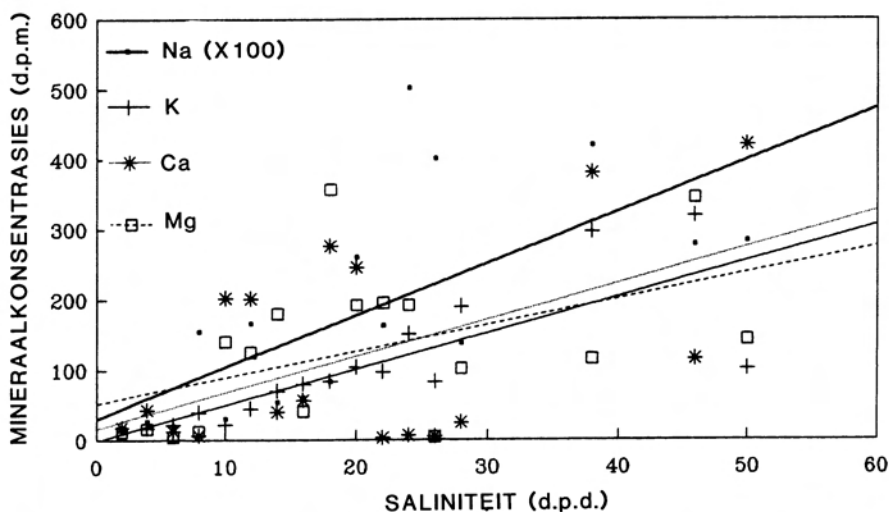


Fig. 4. Die verband tussen die saliniteit van die kripwater en die konsentrasies van Na^+ , K^+ , Ca^{++} en Mg^{++} in die KGNP.

(iv) Seisoenale variasie in ondergrondse waterkwaliteit

Aangesien die twee windpompe, Sewe Panne en Bedinkt (soutwater), wat gemonitor is, vir lang tye buite werking was, kon geen gereelde watermonsters by die bek van die pyp vir ontleding geneem word nie. Die paar monsters wat wel bekom is, dui op 'n hoër natriumkonsentrasie in die somer as in die winter. Die twee windpompe Kwang en Stoffeldraai se varswater verskaf egter 'n redelike aanduiding van seisoenale fluktuasies. Op 'n maandelikse basis was Na^+ die enigste element wat in redelike groot konsentrasies voorgekom het. Die konsentrasies van die ander ione was so laag dat die verandering onbeduidend was.

By Stoffeldraai is die laagste (637 dpm) natriumkonsentrasie in Sep-

tember en die hoogste (1 530 dpm) in Januarie aangeteken. Kwang toon ook 'n laagtepunt (739 dpm) in September, maar 'n hoogtepunt (1 910 dpm) in April (Fig. 5).

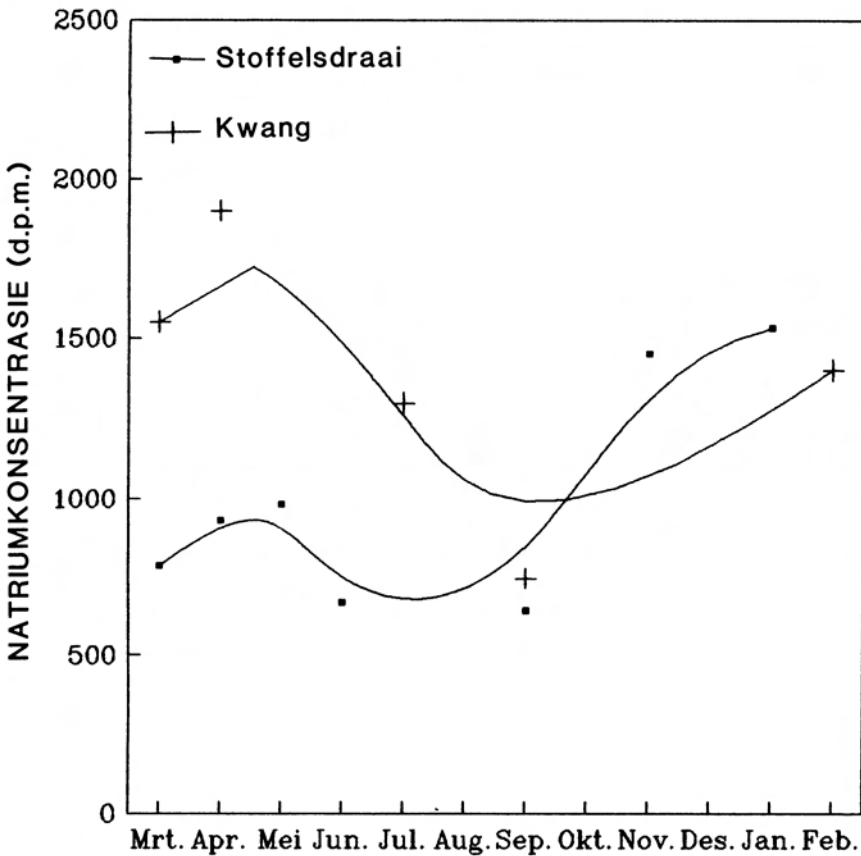


Fig. 5. Die seisoenale verandering in die Na^+ konsentrasie van die grondwater by Kwang en Stoffelsdraai boorgate in die KGNP.

Bespreking

As die standaarde van Boocock & Van Straaten (1962) aanvaar word, kan 35 persent van alle damme en 48,8 persent van die krippe in die KGNP se water as ondrinkbaar vir vee beskou word. Gemeet aan die Drinkwaterstandaarde vir Lewende Hawe van die Departement van Waterwese, SWA/Namibië (Winter 1985) is slegs 40 persent van die krippe se water geskik vir dierlike gebruik. Volgens hulle beperkings vir sekere soutkonsentrasies sou 56,2 persent as te hoë natriumvlakke (>2 000 dpm), 7.5 persent as te hoëkalsiumvlakke (>1 000 dpm), 5 persent as te hoë magnesiumvlakke (>500 dpm) en 40 persent (>3 000 dpm) as te hoë chloriedvlakke nie aan die standaarde voldoen nie. Uit die ontledings van die

ander elemente blyk dit dat sulfaat ook soms te hoë konsentrasies bereik, maar enkele uitsonderings ten opsigte van ander soute en ione is egter moontlik. Church (1979) het 'n maksimum toleransievlak van tussen 13 en 17 dpd totale opgeloste soute vir vee voorgestel. Wild in die KGNP benut egter wel gemineraliseerde en hoogs gemineraliseerde water wat as ondrinkbaar vir vee beskou sou word (Brynard 1958; Child *et al.* 1971; Le Riche, KGNP, *pers. med.*). Persoonlike waarnemings toon dat wild in die KGNP water met 'n saliniteit van tot 18 dpd sal drink.

Die verskille in toenemende saliniteit van kripwater uit sout- en varswater-boorgate kan nofsaaklik daaraan toegeskryf word dat varswater in groter volumes per dier, en deur 'n groter getal diere benut word as soutwater (Dreyer 1987). Meer water word dus onttrek uit die varswaterkrippe wat gedurig aangevul word deur varser water uit die dam. Oor die algemeen is gevind dat water met 'n saliniteit van >10 dpd nie vinnig genoeg deur die wild gedrink word om die versoutingsproses deur middel van aanvulling uit die dam teen te werk nie. By die soutwaterkrippe met 'n saliniteit van >10 dpd is dit dus hoofsaaklik die water wat verdamp wat vervang word. 'n Verdere aspek wat tot die toenemende saliniteit van water in krippe bydra, is die vorm van laasgenoemde. Die glasveselkrippe wat tans meestal in die KGNP gebruik word, vernou trapsgewys na onder en dit veroorsaak dat daar 'n groot blootgestelde oppervlak in verhouding tot die volume van die water bestaan. Dit het tot gevolg gehad dat tot 63 liter water per dag in die somer uit dié krippe met 'n inhoudsmaat van 1 200 liter, verdamp het (Fig.2). Kriel (1967) het bereken dat die verdamping vanaf 'n klas A-pan 3 300 mm per jaar oorskry.

Die water in damme het 'n laer soutgehalte as water in krippe aangesien water in 'n dam sodra die wind waai gereeld aangevul word deur varser water uit die boorgat. Tydens sterk wind loop die damme soms oor. By die soutwaterlokaliteite is hierdie oorloopwater beskikbaar vir wild, en alhoewel dit 'n laer soutgehalte as die kripwater het, is dit nogtans hoër as die damwater. Die rede hiervoor is dat die oplosbare soute wat van vorige uitkristalliserings in die grond rondom die dam teenwoordig is, weer in die water oplos en die saliniteit daarvan sodoende verhoog.

Die boorgate by Kwang en Stoffelsdraai — in die rivierbedding en duineveld onderskeidelik en sowat 60 km uit mekaar — wat gemonitor is vir moontlike seisoenale wisseling in waterkwaliteit, toon 'n duidelike ooreenkoms met 'n toename in natriumkonsentrasie in die somer-herfs en 'n afname in die winter. Die rede vir hierdie seisoenale verandering in die saliniteit kan drieërlei van aard wees. Eerstens, moontlik as gevolg van aanvulling van die ondergrondse watertafel met water wat tydens die reënseisoen in die grond infiltreer het. Sulke water bereik die ondergrondse water dan eers 'n paar maande nadat die reënseisoen verby is, om sodoende die natriumkonsentrasie te verlaag. Mazor (1982) het bepaal dat daar 'n tydperk van vier tot ses maande na reënval verloop voordat daar 'n styging in die ondergrondse watervlak is. Tweedens kan die sterk noordwestewinde wat van Junie tot September oor die Kalahari waai veroorsaak dat soveel water uit die boorgate onttrek word dat die watertafel hier daal en uit aangrensende bronne met 'n hoër kwaliteit water aangevul word

(Mazor, Verhagen, Sellschop, Jones, Robins, Hutton & Jennings 1977). Child *et al.* (1971) noem 'n derde moontlikheid, naamlik dat die seisoenale variasie in saliniteit hoofsaaklik toegeskryf kan word aan die feit dat die water teen verskillende tempo's uit die boorgate onttrek word vanweë die variasie in windsnelheid. Dit het dan tot gevolg dat die water op verskillende dieptes relatief tot die oppervlak onttrek word. Die water afkomstig uit verskillende geologiese formasies, is dus gestratifiseer en skep so-doende die moontlikheid dat die kwaliteit van die water wat uitgepomp word, binne enkele dae kan wissel. 'n Kombinasie van eersgenoemde twee moontlikhede is die waarskynlikste aangesien die kwaliteit van die water eerder op 'n seisoenale as daaglikse basis varieer.

Gevolgtrekking

Dit is hoofsaaklik elemente soos natrium, kalsium, magnesium, chloried en sulfaat wat bydra tot die versouting van 'n groot persentasie van die water wat aan wilde diere in die KGNP voorsien word. Hierdie versouting word grotendeels deur verdamping veroorsaak. Wysigings aan die huidige kriptstelsel kan egter die saliniteit van sekere gemineraliseerde suipings betekenisvol verlaag.

Dankbetuigings

Ek wil graag die Raad van Kuratore vir Nasionale Parke, en veral dr. A. Hall-Martin bedank vir die geleentheid om die studie te onderneem. Die onderskraging en vriendelike hulp sowel as gasvryheid van die Parkhoof, mnr. E.A.N. le Riche, word baie waardeer en het veel bygedra tot die suksesvolle voltooiing van die studie. My opregte dank ook aan my studieleier, prof. J.A.J. Nel, vir sy ondersteuning, asook aan Mike en Anette Knight vir hul raad en bystand tydens my verblyf in Nossobkamp. Die studie is gefinansier deur 'n beurs van die WNNR (SNO), die Raad van Kuratore vir Nasionale Parke en die Bob Blundell Memorial Scholarship.

Verwysings

- ALLAN, J.E. 1970. *The Preparation of Agricultural Samples for Analysis by Atomic Absorption Spectroscopy*. Varian Techtron; California, U.S.A.
- ARAD, A. 1984. Relationship of salinity of groundwater to recharge in the southern Kalahari desert. *J. Hydrol.* 71: 225-238.
- BOOCOCK, C. and O.J. VAN STRAATEN. 1961. A note on the development of potable water supplies at depth in the central Kalahari. *Bechuanaland Prot., Rec. Geol. Surv., 1957/1958*: 11-14.
- BOOCOCK, C and O.J. VAN STRAATEN. 1962. Notes on the geology and hydrogeology of the Central Kalahari Region, Bechuanaland Protectorate. *Trans. geol. Soc. S. Afr.* 65: 125-171.
- BRYNARD, A.M. 1958. Verslag insake voorlopige ondersoek rakende toestande in die Nasionale Gemsbokpark. *Koedoe* 1: 162-183.
- CHILD, G., R. PARRIS and E. LE RICHE. 1971. Use of mineralised water by Kalahari wildlife and its effects on habitats. *E. Afr. Wildl. J.* 9: 125-142.

- CHURCH, D.C. 1979. *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*. Vol. 2. Nutrition. Oregon: Oxford Press.
- DE VRIES, J.J. 1984. Holocene depletion and active recharge of the Kalahari groundwaters — a review and an indicative model. *J. Hydrol.* 70: 221-232.
- DINCER, A., A. AL-MURGIN and U. ZIMMERMANN. 1974. Study of the infiltration and recharge through the sand dunes in arid zones with special reference to stable isotopes and thermonuclear tritium. *J. Hydrol.* 23: 79-109.
- DREYER, H. van A. 1987. *Die gebruik van water en soutlekkende deur die groter hoefdier in die Kalahari-gemsbok Nasionale Park*. M.Sc. tesis, Universiteit van Stellenbosch.
- FOSTER, S.S.D., A.H. BATH, J.L. FARR and W.J. LEWIS. 1982. The likelihood of active groundwater recharge in Botswana Kalahari. *Hydrol.* 55: 113-136.
- HYDE, L.W. 1971. Ground-water supplies in the Kalahari area, Botswana. *Botswana Notes and Records Spec.* Ed. 1: 76-87.
- KRIEL, J.P. 1967. Monthly rainfall and evaporation records of evaporation stations up to September, 1967. *Div. Hydro. Dept. Water Affairs*. Pretoria.
- LEVIN, M. 1980. A geological and hydrogeochemical investigation of the uranium potential of an area between the Orange and Kuruman rivers, northwestern Cape Province. Atomic Energy Board (A.E.B.), Pretoria.
- LOUW, P.A. 1964. Bodemkundige aspekte van die Kalahari-gemsbokpark. *Koedoe* 7: 156-172.
- MARTIN, H. 1961. Hydrology and water balance of some regions covered by Kalahari sands in South West Africa. *Inter Afr. Conf. on Hydrol.*, Nairobi, 1960.
- MAZOR, E. 1982. Rain recharge in the Kalahari — a note on some approaches to the problem. *J. Hydrol.* 55: 137-144.
- MAZOR, E., B.Th. VERHAGEN and J.P.F. SELLSCHOP. 1974. Kalahari groundwater: their hydrogen, carbon and oxygen isotopes. Pp. 203-225. In: *Isotope Techniques in Groundwater Hydrology*. Inst. Atomic Energy Agency (I.A.E.A.), Vienna.
- MAZOR, E., B.Th. VERHAGEN, J.P.F. SELLSCHOP, M.T. JONES, N.E. ROBINS, L. HUTTON and C.M.H. JENNINGS. 1977. Northern Kalahari groundwaters: hydrologic, isotopic and chemical studies at Orapa, Botswana. *J. Hydrol.* 34: 203-234.
- MAZOR, E., M. BIELSKY, B.Th. VERHAGEN, J.P.F. SELLSCHOP, L. HUTTON and M.T. JONES. 1980. Chemical composition of ground-waters in the vast Kalahari flatland. *J. Hydrol.* 48: 147-165.
- PARRIS, R. 1984. Pans, rivers and artificial waterholes in the protected areas of the south-western Kalahari. *Koedoe* 27 (Suppl.):63-82.
- VAN STRAATEN, O.J. 1955. The geology and groundwater of the Ghanzi Cattle Route. *Ann.Rep., Geol. Surv. Bechuanaland Protectorate*: 28-39.
- VAN STRAATEN, O.J. 1961. A note on the chemical composition of some ground waters from the Bechuanaland Protectorate. *Bechuanaland Prot., Rec. Geol. Surv., 1957/1958*: 24-35.
- VERHAGEN, B.Th. 1985. Isotope hydrology of ground waters of the Kalahari, Gordonia. *Trans. geol. Soc. S. Afr.* 88: 517-522.
- VERHAGEN, B.Th., E. MAZOR and J.P.F. SELLSCHOP. 1974. Radiocarbon and tritium evidence for direct rain recharge to ground-waters in the northern Kalahari. *Nature (Lond.)* 249: 643-644.
- VOGEL, J.C. and D.B. BREDEKAMP. 1969. A study of subterranean water in the southern Kalahari with the aid of carbon-14 dating and isotope analysis. *Nat. Phys. Res. Lab., CSIR. Internal report. Unpubl.*
- WINTER, C.T. 1985. The water quality of waterholes utilised by game in the Etosha National Park. *Madoqua* 14: 145-153.