

## Verspreiding en habitats van *Gyraulus costulatus*, potensiële slaktussengasheer van ingewandsbotte van die familie Echinostomatidae in Suid-Afrika

K.N. DE KOCK\* & C.T. WOLMARANS

Skool vir Omgewingswetenskappe en -ontwikkeling, Vakgroep Dierkunde, Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus, Privaat sak X6001, Potchefstroom, 2520

E-pos: drkndk@puknet.puk.ac.za

### UITTREKSEL

Hierdie artikel fokus op die geografiese verspreiding en habitats van *Gyraulus costulatus* soos weerspieël deur die 736 vindplekke wat tans in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling (NVWSV) van Suid-Afrika op rekord is. Alhoewel 'n wye verskeidenheid tipes waterliggame vir hierdie spesie gerapporteer is, was die grootste getal monsters afkomstig uit riviere, spruite en damme waarvan die water oorwegend as standhoudend, vars en helderkleurig aangeteken is. 'n Hoofsaaklik klipperige substraat en die teenwoordigheid van waterplante is vir die meerderheid vindplekke tydens opnames gerapporteer. 'n Geïntegreerde besluitnemingsboom wat uit die data saamgestel is, het aangetoon dat hoogte bo seevlak, temperatuur en waterliggame die belangrikste van die ondersoekte faktore is wat die gedokumenteerde geografiese verspreiding van hierdie spesie in Suid-Afrika bepaal het en dit word ondersteun deur die effekgrootwaardes wat vir elke veranderlike afsonderlik bereken is. Die lae prioriteit wat veldopnames om die geografiese verspreiding van varswaterslakke en slakgedraagde parasitiese siektes te monitor en op te dateer sedert die vroeë tagtigerjare van die vorige eeu en tans nog geniet, is kommerwekkend. Dit word aanbeveel dat die presiese rol van *G. costulatus* in die epidemiologie van ekonomies belangrike wurmparasiete in Suid-Afrika ondersoek word.

### ABSTRACT

***Distribution and habitats of Gyraulus costulatus, potential snail intermediate host of intestinal flukes of the family Echinostomatidae in South Africa***

*This paper focuses on the geographical distribution and habitats of Gyraulus costulatus as reflected by the 736 localities currently on record in the database of the National Freshwater Snail Collection (NFSC) of South Africa. Although a wide variety of water body types was reported for this species, the largest number of samples were yielded by rivers, streams and dams which were described as perennial with predominantly fresh and clear water. A mainly stony substrate and the presence of aquatic vegetation were recorded for the majority of localities at the time of survey. An integrated decision tree constructed from the data indicated that altitude, temperature and water bodies were the most important of the factors investigated that determined the documented geographical distribution of this species in South Africa. This was supported by the effect size values calculated separately for each factor. Since the early eighties of the previous century, surveys to monitor and update the geographical distribution of freshwater snails and snail-borne parasitic diseases have been relegated to a low priority issue and this is a matter of concern. It is recommended that the exact role of G. costulatus in the epidemiology of economically important helminth parasites in South Africa should be investigated.*

### INLEIDING

Hierdie artikel handel oor die geografiese verspreiding en habitats van *Gyraulus costulatus* soos gereflekteer deur data wat tans in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling (NVWSV) op rekord is. Die genus *Gyraulus* het 'n wêreldwye verspreiding en word in Suid-Afrika deur twee spesies verteenwoordig. In teenstelling met *G. costulatus* wat ook elders in Afrika aangetref word, is die ander spesie wat hier voorkom, *Gyraulus connollyi*, uniek aan Suid-Afrika. *Gyraulus*-spesies dien as eerste tussengashere vir ingewandshelminthe van die genus

*Echinostoma* wat in Suidoos-Asië mense besmet, maar wat tot dusver nie in Afrika aangemeld is nie. Besonderhede van die plekke waar *G. costulatus* gevind is, asook die gemiddelde hoogte bo seevlak en gemiddelde jaarlikse reënval en lugtemperatuur, is verwerk en chi-kwadrat- en effekgrootewaardes bereken. Daarbenewens is ook 'n geïntegreerde besluitnemingsboom opgestel waarvolgens 'n keuse gemaak word van veranderlikes wat maksimaal kan diskrimineer tussen *G. costulatus* en al die ander Mollusca-spesies in die databasis. Die resultate het getoon dat temperatuur, hoogte bo seevlak en waterliggame die belangrikste van die ondersoekte faktore is wat die geografiese verspreiding van hierdie spesie in Suid-Afrika beïnvloed het. Die moontlike rol wat *G. costulatus* as tussengasheer in die lewensiklus van wurmparasiete speel, word kortliks bespreek.

## MATERIAAL EN METODEDES

Inligting met betrekking tot die habitats en geografiese verspreiding van *G. costulatus* wat vanaf 1956 tot die hede dateer, is uit die databasis van die NVWSV onttrek. Slegs monsters waarvan die vindplekke op die 1:250 000 topo-kadastraal-kaartreëks van Suid-Afrika aangedui kon word, is vir die analises in aanmerking geneem. Die meerderheid van hierdie monsters is tydens opnames deur personeel van regerings- en plaaslike gesondheidsowerhede versamel en vir identifikasie na die voormalige Slaknavorsingseenheid by die Potchefstroomse Universiteit versend. Besonderhede van die vindplekke en habitats is tydens opnames gedokumenteer deur 'n seleksie te maak van toepaslike alternatiewe op vorms wat vir die spesifieke doel deur personeel van die Slaknavorsingseenheid opgestel en verskaf is.

Die getal lokusse ( $1/16$  vierkante grade) waarin die vindplekke geleë is, is in intervalle van gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur en reënval, asook gemiddelde hoogte bo seevlak ingedeel om die voorkomfrequentie in spesifieke intervalle te illustreer. Reënval-, temperatuur- en hoogte bo seevlakdata is goedgegunstiglik deur die Computing Centre for Water Research (CCWR), Universiteit van Natal, beskikbaar gestel. 'n Temperatuurindeks is vir elke spesie in die databasis aan die hand van die voorkomfrequentie in die geselekteerde temperatuurintervalle opgestel en die resultate is gebruik om elke spesie in rangorde te plaas op grond van sy assosiasie met lae tot hoë klimatologiese temperature. Daarbenewens is berekeninge gedoen om te bepaal in welke mate die temperatuurindeks wat vir *G. costulatus* bepaal is, betekenisvol van die waardes van die al die ander spesies in die databasis verskil.<sup>1,2,3</sup>

Chi-kwadratwaardes is bereken om te bepaal of daar betekenisvolle verskille in voorkoms in, op of by die verskillende alternatiewe vir elke veranderlike, soos tipe waterliggaam, tipe substratum of temperatuurinterval bestaan. Vervolgens is ook die effekgrootte volgens die metode van Cohen<sup>4</sup> vir die verskillende veranderlikes wat in hierdie artikel bespreek word, bereken om die invloed daarvan op die geografiese verspreiding van *G. costulatus* te evalueer. Die effekgrootte is 'n indeks wat die graad van diskrepansie meet tussen die voorkomfrequentie van 'n gegewe spesie in die stel alternatiewe vir 'n gegewe veranderlike, soos byvoorbeeld waterliggame, in vergelyking met die voorkomfrequentie van al die ander Mollusca-spesies in die databasis in die stel alternatiewe vir dieselfde veranderlike. Volgens Cohen<sup>4</sup> dui waardes vir hierdie indeks in die orde van 0.1 en 0.3 onderskeidelik op klein en matige groot effekte, terwyl waardes in die orde van 0.5 en hoër op prakties-betekenisvolle groot effekte dui. Indien 'n waarde in die orde van 0.5 vir byvoorbeeld temperatuur vir 'n bepaalde spesie bereken sou word, sou die implikasie daarvan wees dat temperatuur as sodanig 'n belangrike rol gespeel het in die bepaling van die geografiese verspreiding van hierdie spesie soos gereflekteer deur die data in die databasis.

Die data is ook verwerk om 'n geïntegreerde besluitnemingsboom saam te stel.<sup>5</sup> Dit is 'n statistiese model waarvolgens daardie veranderlikes geselekteer en in rangorde geplaas kan word wat maksimaal kan diskrimineer tussen die voorkomfrequentie van 'n gegewe spesie onder

bepaalde toestande in vergelyking met al die ander spesies in die databasis. Vir hierdie doel is van die SAS Enterprise Miner vir Windows NT Release 4.0, April 19, 2000-program en Decision Tree Modeling Course Notes<sup>6</sup> gebruikgemaak.

## RESULTATE

Die 736 monsters waarvan die vindplekke op die reeds genoemde kaartreeks gelokaliseer kon word, was oor 246 verskillende lokusse versprei en word in figuur 1 weergegee.

Van die verskeidenheid van 14 verskillende tipes waterliggame wat in die databasis verteenwoordig word, is *G. costulatus* net nie in gruisgroewe aangetref nie (tabel 1). Die grootste persentasie monsters (36.5%) is egter uit riviere gerapporteer (tabel 1) maar dit het nie statisties betekenisvol verskil van damme waarin die tweede meeste monsters (16.3%) aangetref is nie (chi-kwadraatwaarde: ( $\chi^2 = 12.06$ ,  $vg = 1$ ;  $p < 0.05$ ). Die voorkomsvrekwensie van *G. costulatus* in spruite, fonteine en panne het in elk van die gevalle meer as 2.0% uitgemaak van die totale getal monsters van alle Mollusca-spesies wat in elkeen van hierdie drie waterliggaamtipes versamel is (tabel 1). Die teenwoordigheid van waterplante in die habitat ten tye van versameling is in 80.3% van die gevalle gerapporteer.

Meer as 80.0% van die monsters is in standhoudende habitats versamel (tabel 2) en dit het betekenisvol verskil van die getal monsters uit seisoenale habitats ( $\chi^2 = 106.41$ ,  $vg = 1$ ;  $p < 0.05$ ). Daar was egter geen betekenisvolle verskil tussen die getal monsters uit habitats met stadigvloeiende water (284) (tabel 2) en habitats met vinnigvloeiende water (94) nie ( $\chi^2 = 8.73$ ,  $vg = 1$ ;  $p < 0.05$ ). Die meerderheid monsters (69.3%; tabel 2) was afkomstig van habitats waarvan die water helder was en dit het beduidend verskil van die getal wat in modderige water aangetref is ( $\chi^2 = 48.36$ ,  $vg = 1$ ;  $p < 0.05$ ). Alhoewel die oorgrote meerderheid van monsters (72.3%) in habitats met varswater versamel is, het dit nie betekenisvol verskil van die voorkoms in brakwater nie ( $\chi^2 = 12.10$ ,  $vg = 1$ ;  $p > 0.05$ ).

Veel meer monsters (35.9%) is in habitats met 'n oorwegend klipperige substraat versamel, maar dit het nogtans nie betekenisvol verskil van die 1.8% monsters wat in habitats met 'n substratum van verrottende plantmateriaal aangetref is nie ( $\chi^2 = 3.02$ ,  $vg = 1$ ;  $p > 0.05$ ). Die verklaring hiervoor is dat die persentasievoorkoms van *G. costulatus* in habitats met hierdie twee substratumtipes, in vergelyking met die totale voorkoms van alle Mollusca in die databasis by hierdie twee substratumtipes (onderskeidelik 3.3% en 2.1%, tabel 2), nie beduidend van mekaar verskil het nie.

Die vindplekke van verreweg die grootste getal monsters (580) het in die temperatuurinterval wat vanaf 16 - 20°C strek, geval maar dit het nogtans nie betekenisvol van die voorkoms by die interval wat vanaf 26 - 30°C strek, verskil nie ( $\chi^2 = 0.02$ ,  $vg = 1$ ;  $p > 0.05$ ). Die enkele monster wat by die laasgenoemde temperatuurinterval voorgekom het, het 2.7% van die 37 keer wat alle Mollusca-spesies in die databasis in totaal by hierdie interval versamel is, verteenwoordig en dit is hoër as die vergelykbare persentasie wat vir die 16 - 20°C interval op rekord is (tabel 4). Betreffende hierdie aspek, is die hoogste persentasie vir die 135 keer wat *G. costulatus* by die temperatuurinterval wat vanaf 21 - 25°C strek, aangeteken (tabel 4).

**TABEL 1:** Waterliggaamtipes waarin *Gyraulus costulatus* in 736 versamelpunte aangetref is soos tydens versameling opgeteken is

Waterliggaamtipes	A	B	C	D
Besproeiingsvoor	2	0.3%	113	1.8%
Dam	120	16.3%	8 400	1.4%
Dammetjie	26	3.5%	1 566	1.7%
Fontein	7	1.0%	301	2.3%
Kanaal	3	0.4%	169	1.8%
Moeras	15	2.0%	2 076	0.7%
Pan	9	1.2%	306	2.9%
Rivier	269	36.5%	7 507	3.6%
Sementdam	1	0.1%	221	0.5%
Sloot	5	0.7%	636	0.8%
Spruit	156	21.2	7 211	2.2%
Vlei	1	0.1%	103	1.0%
Watergat	1	0.1%	225	0.4%
Effekgrootte	$w = 0.46$ (medium tot groot effek)			

A = voorkomsvrekwensie in 'n spesifieke waterliggaamtipe. B = % van die totale getal versamelings (736) wat vir hierdie spesie op rekord is. C = voorkomsvrekwensie van enige verteenwoordiger van die Mollusca in 'n spesifieke waterliggaamtipe. D = voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings in 'n spesifieke waterliggaamtipe.

Die grootste getal monsters is in habitats versamel met 'n gemiddelde jaarlikse reënval van 601 – 900 mm (tabel 4) en die frekwensievoorkoms by hierdie interval het statisties betekenisvol verskil van die ander vier intervalle ( $p < 0.05$ ). Beide die 121 monsters wat in die 901 – 1 200 mm interval geval het en die drie monsters wat in die 1 201 – 1 500 mm interval geval het, het egter groter persentasies verteenwoordig van die totale getal monsters van alle Mollusca-spesies wat by hierdie twee intervalle voorgekom het (tabel 4). Die grootste persentasie van die monsters is in lokusse tussen 1 001 – 1 500 m bo seevlak versamel. Die 154 monsters en die 203 monsters is in lokusse versamel is wat onderskeidelik in die 0 – 500 m en 501 – 1 000 m interval ingedeel is, het egter hoër persentasies van al die Mollusca-spesies in die databasis wat by hierdie twee intervalle versamel is, verteenwoordig (tabel 4).

Die voorkomsvrekwensie in habitats wat in die vyf geselekteerde temperatuurintervalte geval het en die temperatuurindekse wat aan die hand van hierdie data bereken is, asook die rangskikking van die spesies in rangorde op grond van hul assosiasie met lae na hoër temperature, word in tabel 5 saamgevat. Die effekgroottes wat vir die temperatuurindekse bereken is, dui daarop dat twaalf van die 53 Mollusca-spesies in die databasis in hierdie opsig nie betekenisvol ( $w < 0.5$ ) van *G. costulatus* verskil het nie (tabel 5).

'n Effekgrootte wat as groot gereken word,<sup>4</sup> is slegs vir gemiddelde jaarlikse reënval bereken (tabel 4). Die besluitnemingsboom wat al die ondersoekte veranderlikes integreer en dan gesamentlik evalueer, het temperatuur, hoogte bo seevlak en waterliggame as die belangrikste van die ondersoekte faktore wat die geografiese verspreiding van *G. costulatus* in Suid-Afrika beïnvloed het, uitgewys (figuur 2). Die voorkomsvrekwensies en -persentasies van *G. costulatus* in vergelyking met die somtotaal van die res van die spesies in die databasis word ook in figuur 2 weergegee.

**TABEL 2:** Watertoostande in die habitats van *Gyraulus costulatus* soos tydens die versameling opgeteken

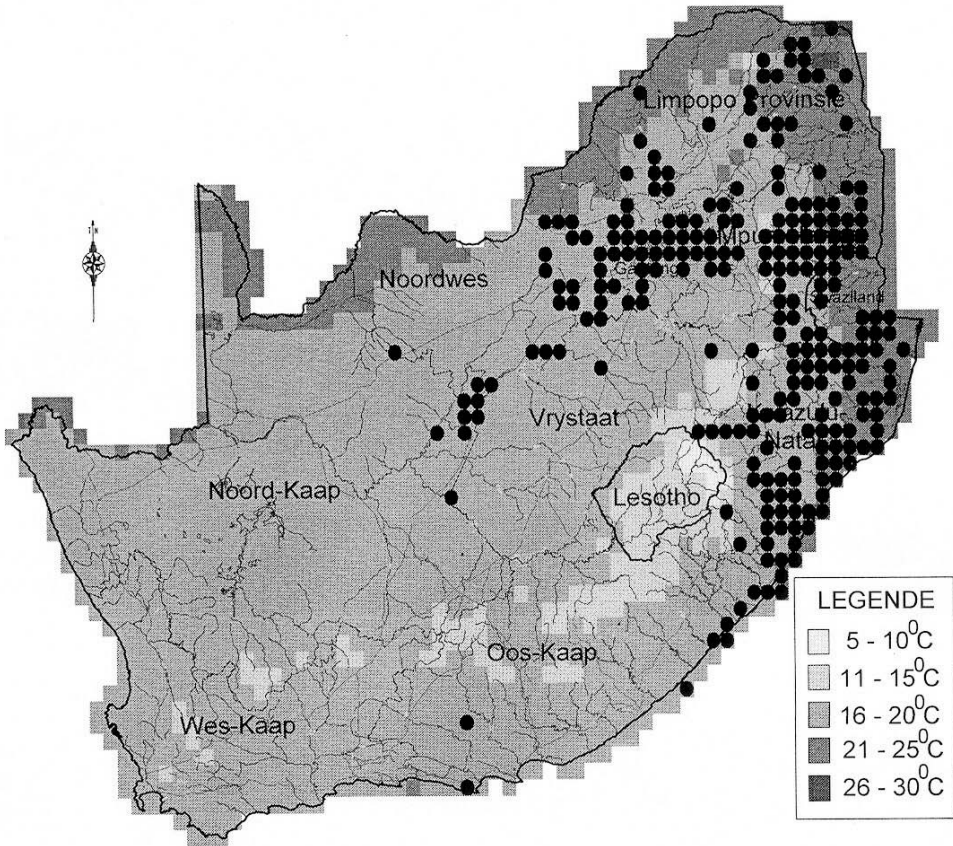
	Tipe		Vloeisnelheid			Kleur		Saliniteit	
	Stand-houdend	Seisoenaal	Vinnig	Stadig	Staande	Helder	Modderig	Vars	Brak
A	591	18	94	284	226	510	68	532	9
B	80.3%	2.4%	12.8%	38.6%	30.7%	69.3%	9.2%	72.3%	1.2%
C	22 432	5 350	2 229	9 501	16 147	20 408	6 438	24 089	657
D	2.6%	0.3%	4.2%	3.0%	1.4%	2.5%	1.1%	2.2%	1.4%
E	$w = 0.42$ (matige tot groot effek)		$w = 0.44$ (matige tot groot effek)			$w = 0.29$ (matige effek)		$w = 0.07$ (klein effek)	

A = voorkomsvrekwensie in 'n spesifieke watertoestand. B = % van die totale getal versamelings (736) wat vir hierdie spesie op rekord is. C = voorkomsvrekwensie van enige verteenwoordigers van die Mollusca in 'n spesifieke watertoestand. D = voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings in 'n spesifieke watertoestand. E = effekgrootte bereken vir 'n bepaalde watertoestand.

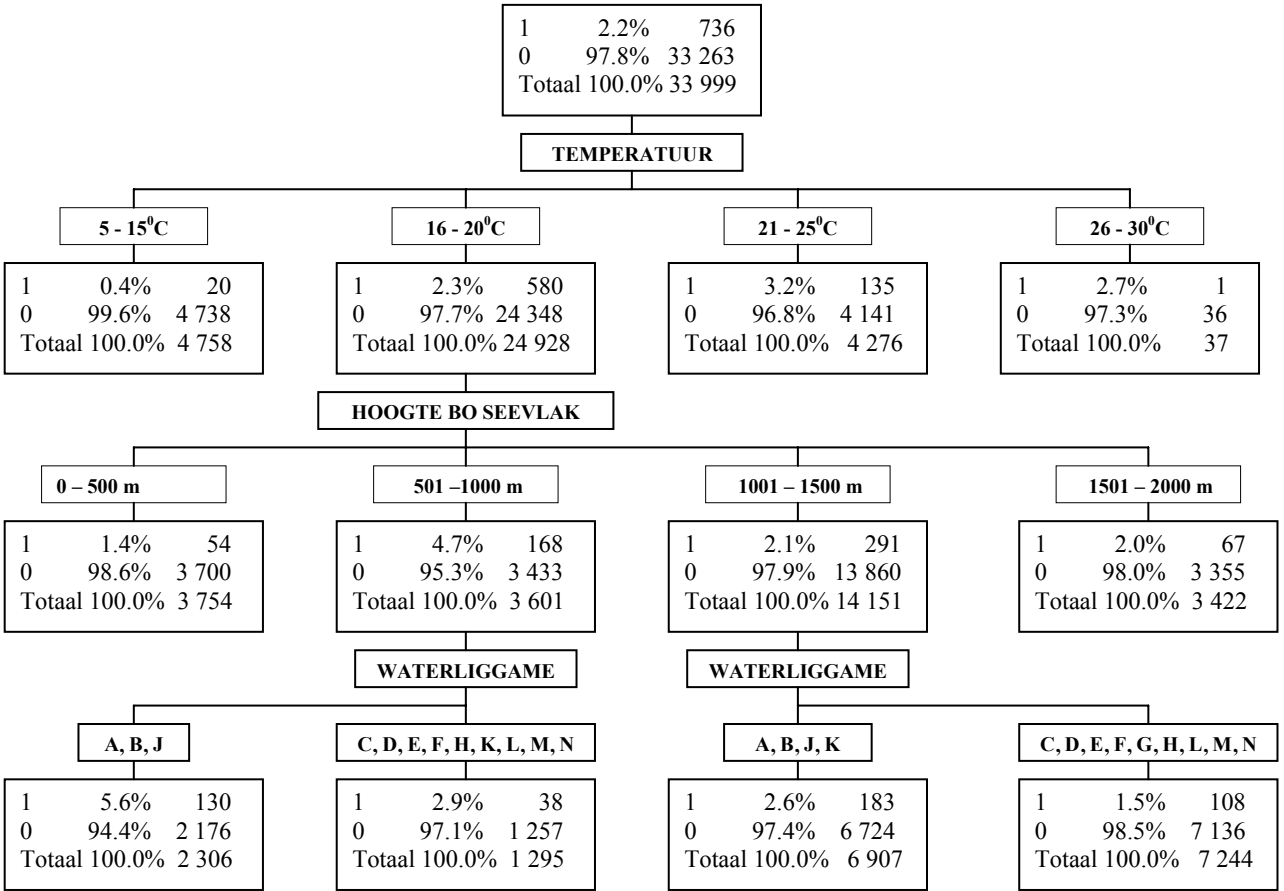
**TABEL 3:** Substratumtipes in die habitats van *Gyraulus costulatus* soos tydens versameling beskryf

	Substratumtipes			
	Modderig	Klipperig	Sanderig	Verrottende materiaal
A	199	264	125	13
B	27.0%	35.9%	17.0%	1.8%
C	12 835	7 934	6 523	632
D	1.6%	3.3%	1.9%	2.1%
E	$w = 0.35$ (matige effek)			

A = voorkomsvrekwensie op 'n spesifieke substratumtipe. B = % van die totale getal versamelings (736) wat vir hierdie spesie op rekord is. C = voorkomsvrekwensie van enige verteenwoordiger van die Mollusca op 'n spesifieke substratumtipe. D = voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings op 'n spesifieke substratumtipe. E = effekgrootte bereken vir substratumtipes.



Figuur 1: Kaart van Suid-Afrika waarop die geografiese verspreiding van *Gyraulus costulatus* per  $1/16$  vierkantgraadlokus en gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur in Suid-Afrika aangetoon word.



**Figuur 2:** Bestuimingsboom van die voorkoningsfrekwensie van *Gyranalus costulatus* by bepaalde veranderlikes teenoor die voorkoningsfrekwensie van alle ander spesies wat in die databasis van die Nasionale Varwaterstakwersameling opgeneem is. 0 = persentasies en getalle van alle ander spesies. 1 = persentasies en getalle van *Gyranalus costulatus*. Waterliggaamtipes: A = spruit, B = kanaal, C = sementdam, D = dam, E = sloot, F = besproeiingsvoor, G = pan, H = dammetjie, J = rivier, K = fontein, L = moeras, M = vlei, N = watergat.

**TABEL 4:** Voorkomsfrekwensie van die 736 versamelpunte van *Gyraulus costulatus* in geselekteerde intervale van gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur en reënval, asook die gemiddelde hoogtes bo seevlak in Suid-Afrika

	Temperatuur (OC)				Reënval (mm)					Hoogte bo seevlak (m)			
	5-15	16-20	21-25	26-30	0-300	301-600	601-900	901-1200	1201-1500	0-500	501-1000	1001-1500	1501-2000
A	20	580	135	1	14	156	442	121	3	154	203	292	87
B	2.7%	78.8%	18.3%	0.01%	1.9%	21.2%	57.3%	16.4%	0.4%	20.9%	27.6%	39.7%	11.8%
C	4 758	24 928	4 276	37	975	11 994	19 799	1 203	28	6 747	4 491	14 918	6 998
D	0.4%	2.3%	3.2%	2.7%	1.4%	1.3%	2.2%	10.1%	10.7%	2.3%	4.5%	2.0%	1.2%
E	w = 0.33 (matige effek)				w = 0.73 (groot effek)					w = 0.45 (matige tot groot effek)			

**TABEL 5:** Frekwensieverspreiding in temperatuurintervalle en temperatuurindeks van *Gyraulus costulatus* in vergelyking met al die ander Mollusca in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling.

\*Indeks = Temperatuurindeks \*\*SA = Standaardafwyking \*\*\*VK = Variansiekoëffisiënt

Mollusca	Temperatuurintervalle en -indekse						Indeks	**SA	***VK	Effekgrootte (w)
	Getal monsters	5 -10°C	11 - 15°C	16 - 20°C	21 - 25°C	26 - 30°C				
<i>Pisidium viridarium</i>	636	201	270	163	2		1.947	0.764	39.22	-2.775
<i>Lymnaea truncatula</i>	723	95	281	343	4		2.354	0.709	30.14	-1.842
<i>Pisidium casertanum</i>	5		2	3			2.600	0.548	21.07	-1.279
<i>Pisidium langleyanum</i>	627	18	173	430	6		2.676	0.544	20.33	-1.105
<i>Pisidium costulosum</i>	425	1	138	282	4		2.680	0.492	18.34	-1.096
<i>Bulinus tropicus</i>	8 448	32	2 326	5 860	230		2.744	0.502	18.31	-0.949
<i>Gyraulus connollyi</i>	969		185	777	7		2.816	0.406	14.40	-0.784
<i>Ceratophallus natalensis</i>	1 797		299	1 430	68		2.871	0.433	15.09	-0.658
<i>Burnupia</i> (alle spesies)	2 778	7	287	2 384	100		2.928	0.380	12.97	-0.529
<i>Ferrissia</i> (alle spesies)	540		72	420	47	1	2.957	0.476	16.09	-0.461
<i>Bulinus reticulatus</i>	296		6	287	3		2.990	0.174	5.83	-0.387
<i>Assimineea umlaasiana</i>	2			2			3.000	0.000	0.00	-0.364
<i>Tomichia cawstoni</i>	4			4			3.000	0.000	0.00	-0.364
<i>Tomichia deferens</i>	10			10			3.000	0.000	0.00	-0.364
<i>Tomichia lirata</i>	2			2			3.000	0.000	0.00	-0.364
<i>Tomichia ventricosa</i>	89			89			3.000	0.000	0.00	-0.364
<i>Tomichia tristis</i>	81			79	2		3.025	0.156	5.16	-0.307
<i>Unio caffer</i>	76		6	63	6	1	3.026	0.461	15.24	-0.304
<i>Physa acuta</i>	755			719	36		3.048	0.213	7.00	-0.255
<i>Bulinus depressus</i>	552			519	33		3.060	0.237	7.76	-0.227
<i>Arcuatula capensis</i>	15			14	1		3.067	0.258	8.42	-0.211
<i>Lymnaea columella</i>	2 302		81	1 977	243	1	3.071	0.371	12.07	-0.201
<i>Lymnaea natalensis</i>	4 721		205	3 802	713	1	3.108	0.429	13.79	-0.117
<i>Assimineea bifasciata</i>	17			15	2		3.118	0.332	10.65	-0.095



**TABEL 5:** (vervolg) Frekwensieverspreiding in temperatuurintervalle en temperatuurindeks van *Gyraulus costulatus* in vergelyking met al die ander Mollusca in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling.

*Indeks = Temperatuurindeks **SA = Standaardafwyking ***VK = Variansiekoëffisiënt										
Mollusca	Temperatuurintervalle en -indekse						Indeks	**SA	***VK	Effekgrootte (w)
	Getal monsters	5 - 10°C	11 - 15°C	16 - 20°C	21 - 25°C	26 - 30°C				
<i>Gyraulus costulatus</i>	736		20	580	135	1	3.159	0.437	13.84	0.000
<i>Bulinus forskalii</i>	1 209		17	985	204	3	3.160	0.409	12.95	0.001
<i>Pisidium ovampicum</i>	6			5	1		3.167	0.408	12.89	0.018
<i>Sphaerium capense</i>	25		1	17	7		3.240	0.523	16.14	0.185
<i>Bulinus africanus</i> spp. groep	2 930		9	2 155	760	6	3.260	0.450	13.82	0.232
<i>Corbicula fluminalis</i>	390		1	291	94	4	3.267	0.437	13.38	0.248
<i>Tomichia natalensis</i>	23			16	7		3.304	0.470	14.24	0.333
<i>Thiara amarula</i>	10			6	4		3.400	0.516	15.19	0.551
<i>Assiminea ovata</i>	5			3	2		3.400	0.548	16.11	0.551
<i>Melanooides victoriae</i>	49			29	19	1	3.429	0.540	15.75	0.617
<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	1 639		5	880	751	3	3.459	0.508	14.69	0.686
<i>Septaria tessellaria</i>	2			1	1		3.500	0.707	20.20	0.780
<i>Coelatura framesi</i>	6			3	3		3.500	0.548	15.65	0.780
<i>Neritina natalensis</i>	16			8	8		3.500	0.516	14.75	0.780
<i>Bulinus natalensis</i>	244		2	97	145		3.588	0.510	14.20	0.981
<i>Segmentorbis planodiscus</i>	27			9	18		3.667	0.480	13.10	1.162
<i>Segmentorbis angustus</i>	32			7	25		3.781	0.420	11.11	1.424
<i>Melanooides tuberculata</i>	305			64	237	4	3.803	0.430	11.30	1.474
<i>Pisidium pirothi</i>	23			4	19		3.826	0.388	10.13	1.527
<i>Spathopsis wahlbergi</i>	36			7	28	1	3.932	0.398	10.11	1.768
<i>Aplexa marmorata</i>	9				9		4.000	0.000	0.00	1.924
<i>Bellamyia capillata</i>	31				31		4.000	0.000	0.00	1.924
<i>Eupera ferruginea</i>	169			6	157	6	4.000	0.267	6.68	1.924
<i>Lentorbis carringtoni</i>	8				8		4.000	0.000	0.00	1.924
<i>Lentorbis junodi</i>	12				12		4.000	0.000	0.00	1.924
<i>Segmentorbis kanisaensis</i>	9				9		4.000	0.000	0.00	1.924
<i>Spathopsis petersi</i>	39			1	36	2	4.000	0.272	6.80	1.924
<i>Cleopatra ferruginea</i>	73				71	2	4.027	0.164	4.08	1.987
<i>Lanistes ovum</i>	41				38	3	4.073	0.264	6.47	2.092

## BESPREKING

Die sentrum van oorsprong en differensiasie van die genus *Gyraulus* was waarskynlik in die westelike Palearktiese soögeografiese wyk en splitsing van die stamspesies het waarskynlik reeds tydens die Jura plaasgevind aangesien *Gyraulus*-slakke uit hierdie periode dateer.<sup>7,8</sup> Tans het die genus *Gyraulus* 'n Holarktiese, Oriëntale en Australiese verspreiding. Die enigste geïsoleerde subgenus, *Caillaudia*, kom egter in die Afrotropiese wyk voor. Die subgenus *Caillaudia* verskil van al die ander subgenera daarin dat die geslagsorgane hoofsaaklik in grootte en kompleksiteit gereduseer is.<sup>7</sup> Isolاسie is bewerkstellig deur die skeiding van Europa en Afrika tydens die Krytperiode en is veel later versterk deur die totstandkoming van die Saharawoestyn.<sup>8</sup> Die afwesigheid van huidige geografiese oorvleueling kan waarskynlik ook aan die bestaan van die Saharawoestyn toegeskryf word.<sup>8</sup>

Die geografiese verspreiding van *G. costulatus* soos weerspieël deur die data in die databasis van die NVWSV stem grootliks ooreen met dit wat deur Brown en Van Eeden<sup>9</sup> gerapporteer is. Nuwe vindplekke wat sedert 1969 in die databasis opgeneem is, toon egter dat die omvang van sy verspreiding tog noordwaarts in die Limpopo-provinsie, suidwaarts in die Vrystaat en suid-weswaarts in die Oos-Kaap uitgebrei het. Dat temperatuur 'n belangrike rol in die bepaling van die geografiese verspreiding van *G. costulatus* speel, word volgens Brown<sup>10</sup>

gesuggereer deur sy smal beperking tot kuslokaliteite na aan die suidelike grense van sy verspreidingsomvang en weerspieël dit vermoedelik die nadelige effekte van die strawwer klimatologiese toestande wat in die binneland heers. Volgens hierdie outeur is so 'n verspreidingspatroon kenmerkend van organismes wat die suidelike grense van hul verspreidingsomvang in Suidoos-Afrika bereik en gevolglik na verwys kan word as tropies. Die resultate van die besluitnemingsboom (figuur 2) het ook uitgewys dat temperatuur een van die belangrike faktore in die bepaling van die geografiese verspreiding van hierdie spesie is.

Die bevinding dat die grootste getal monsters van *G. costulatus* tydens die huidige ondersoek in riviere en spruite aangetref is (tabel 1), bevestig die waarnemings van Wright<sup>11</sup> in Angola en Brown<sup>12</sup> in Ethiopië dat hierdie spesie in die besonder met standhoudende spruite en stadig-vloeiende riviere geassosieer is. Brown en Van Eeden<sup>9</sup> meld ook dat *G. costulatus* nie bekend staan as 'n spesie wat klein, tydelike poele kan beset nie. Hierdie stelling word ondersteun deur resultate van die huidige ondersoek wat toon dat meer as 80% van die monsters uit standhoudende habitats afkomstig was (tabel 2). Dit is derhalwe nie verbasend nie dat *G. costulatus* gelys word as een van die varswaterslakspesies wat beskik oor 'n swak vermoë om uitdroging te kan weerstaan.<sup>13</sup> Ondersoeke na die filogenie van die familie Planorbinae wat ook die genus *Gyraulus* insluit, het getoon dat hierdie genus nie geïnkrimineer kan word as tussengasheer in die lewensloop van enige van die *Schistosoma*-bloedvatparasiete nie.<sup>14</sup> *Gyraulus* spesies tree egter as eerste tussengashere op vir ingewandsbotte van die genus *Echinostoma* wat echinostomose by die mens in Asië veroorsaak.<sup>15</sup> Die voorkoms van hierdie siekte is, sover bekend, nog nie by mense in Afrika gerapporteer nie.<sup>13</sup> Malek<sup>15</sup> wys egter daarop dat die potensiaal vir infeksie wel bestaan, gesien in die lig van die wye verspreiding in Afrika van die slakgenera, *Gyraulus* en *Pila* wat onderskeidelik as eerste en tweede tussengashere vir *Echinostoma ilocanum* optree, 'n parasiet van mense en ander soogdiere in Suidoos-Asië. Alhoewel daar tot dusver, na ons wete, nog geen besonderhede bekend is oor die verskillende tipes serkarië wat deur *G. costulatus* afgeskei kan word nie, is dit in 'n langtermynstudie in die Mooirivier (Noordwes Provinsie) gevind dat die naverwante *G. connollyi* by meer as een geleentheid serkarië afgeskei het wat onder die echinostome-groep geklassifiseer kon word.<sup>16</sup>

Dit is te betreur dat staatsgegesubsidieerde en -gekoördineerde opnames om die geografiese verspreiding van varswaterslakke en slakgedraagde parasitiese siektes vas te stel en te monitor sedert die vroeë tagtigerjare van die vorige eeu nie meer in Suid-Afrika onderneem word nie. Die gedokumenteerde geografiese verspreiding van die meerderheid varswaterslakspesies in Suid-Afrika is tans grootliks verouder. Hierdie stelling geld ook die omvang van verspreiding van ekonomies belangrike helmintparasiete wat van varswaterslakke afhanklik is om hul lewensloop te voltooi. Die vordering wat verskeie eksotiese, indringer-varswaterslakspesies tot dusver gemaak het in hul besetting van natuurlike habitats is sorgwekkend, veral gesien in die lig daarvan dat die ontdekking van hul teenwoordigheid in natuurlike habitats in Suid-Afrika in die meerderheid gevalle toevallig was. Die dringende behoefte om kennis aangaande die huidige verspreiding van varswaterslakke in Suid-Afrika op te dateer, word beklemtoon deur die betreklik onlangse rapportering van twee nuwe indringerspesies, *Aplexa marmorata*<sup>17</sup> en *Tarebia granifera*<sup>18</sup> in natuurlike habitats in die RSA. Op grond van die betreklik wye verspreiding van *G. costulatus* en *G. connollyi*<sup>2</sup> is dit wenslik dat ondersoeke geloods word om hul moontlike rol in die epidemiologie van ekonomies belangrike helmintparasiete in Suid-Afrika te evalueer en om hul gedokumenteerde geografiese verspreiding op te dateer.

## BEDANKINGS

Hiermee betuig ons ons opregte dank en waardering aan prof. H.S. Steyn van die Statistiese Konsultasiediens en prof. D.A. de Waal van die Sentrum vir Bedryfswiskunde en Informatika van die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus vir hul hoogs gewaardeerde hulp met statistiese

verwerkings en prosessering van die data. Die finansiële steun van die Nasionale Navorsingstigting en die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus word met dank erken.

## SUMMARY

*This article focuses on the geographical distribution and habitats of Gyraulus costulatus as reflected by data on record in the database of the National Freshwater Snail Collection (NFSC) of South Africa. The genus Gyraulus has a worldwide distribution and is represented by two species in South Africa. While G. costulatus also occurs elsewhere in Africa, the other species G. connollyi is unique to South Africa. Elsewhere in the world, Gyraulus species serve as first intermediate hosts for intestinal flukes of the genus Echinostoma, but this parasite has not yet been reported as causing disease in humans in Africa.*

*Data pertaining to the habitats and geographical distribution of this species were extracted from the database of the NFSC. The number of loci ( $1/16$ th square degrees) in which the collection sites were located, was distributed in intervals of mean annual rainfall, temperature, as well as intervals of mean altitude, to illustrate the frequency of occurrence within specific intervals. A temperature index was calculated for all mollusc species in the database from their frequencies of occurrence within the selected temperature intervals and the results used to rank them in order of association with low to high climatic temperatures.*

*Chi-square values were calculated to determine the significance of the difference between the frequency of occurrence in, on, or at the different options for each variable, such as type of water body, type of substratum and temperature interval. Furthermore, an effect size was calculated for all the different variables discussed in this paper to investigate their influence on the geographical distribution of G. costulatus. The effect size is an index which measures the degree of discrepancy between the frequency distribution of a given species within the set of alternatives of a given variable such as water bodies, as compared to the frequency distribution of all other mollusc species in the database within the set of alternatives of the same variable. The data were also processed to construct an integrated decision tree, a statistical model that enables the selection and ranking of those variables that can maximally discriminate between the frequency of occurrence of a given species under specific conditions as compared to all other species in the database.*

*The 736 samples of which the sites could be located on the 1:250 000 topo-cadastral map series of South Africa came from 246 different loci and are presented in a map. Gyraulus costulatus was reported from 13 of the 14 different types of water body represented in the database. However, the largest percentage (36.5%) came from dams and the presence of aquatic vegetation was reported in 80.3% of the cases. More than 80% of the samples were collected in perennial habitats and 38.6% from habitats with slow-flowing water. Respectively 69.3% and 72.3% of the samples were recovered from habitats with clear and fresh water while a predominantly stony substratum was mentioned in 35.9% of the cases. Although 580 samples fell within the temperature interval ranging from 16 – 20 °C, the single specimen collected from a locality that fell within the temperature interval ranging from 26 – 30 °C represented a larger percentage of all mollusc species that fell within a specific temperature interval. With regard to rainfall and altitude, the largest percentages were collected from localities which respectively fell within the 601 – 900 mm interval (57.3%) and the 1 001 – 1 500 m interval (39.7%).*

*The effect sizes calculated for the temperature indexes of all mollusc species in the database revealed that 12 of the 53 species did not differ significantly from G. costulatus in this respect. An effect size considered as large was calculated only for mean annual rainfall, while mean yearly air temperature, altitude and water-bodies respectively yielded moderate and moderate to large effect size values. This was supported by the results of the decision tree analysis that selected temperature, altitude and water bodies as the more important factors that significantly influenced the documented geographical distribution of G. costulatus in South Africa.*

*The centre of origin and differentiation of the genus Gyraulus was probably in the western Palearctic realm and splitting of the stem species may have occurred as early as the Jurassic from which snails identified as Gyraulus have been reported. This genus currently has a Holarctic, Oriental and Australian distribution. The only isolated subgenus, Caillaudia, however, occurs in the Afrotropical realm and differs from all the other subgenera in that the reproductive organs are largely reduced in size and*

complexity. Isolation was accomplished by the disconnection of Europe and Africa and reinforced much later when the Sahara Desert came into being. The absence of current geographical overlap is most probably also due to the Sahara Desert.

The geographical distribution of *G. costulatus* as reflected by the data in the database of the NFSC largely supports earlier reports in literature. However, new localities recorded in the database since 1969 show that this species has extended its distribution range northwards in the Limpopo Province, southwards in the Free State and south-westwards in the Eastern Cape.

The finding during the present investigation that rivers and streams yielded the largest number of samples, supports observations from Angola and Ethiopia. The poor ability of *G. costulatus* to aestivate as reported in literature, is confirmed by the fact that more than 80% of the samples in the database were recovered from perennial habitats.

None of the *Gyraulus* species has been incriminated as a possible intermediate host for any schistosome species. However, some of them can serve as first intermediate hosts for intestinal flukes of the genus *Echinostoma* which causes echinostomosis in man in Asia. Although echinostomosis of man has not yet been reported from Africa, it is pointed out in literature that the potential for infection does exist in view of the extensive distribution in Africa of the snail genera *Gyraulus* and *Pila* which respectively can serve as first and second intermediate hosts for *Echinostoma ilocanum* that infects man and other mammals in South-east Asia. To our knowledge no details are yet available with regard to the different types of cercaria that can be shed by *G. costulatus* but it was established on more than one occasion during a long-term study of the Mooi River (North West Province) that the closely related *G. connollyi* shed echinostome cercariae.

It is regrettable that co-ordinated surveys subsidised by the government to establish and to monitor the geographical distribution of freshwater snails and snail-borne parasitic diseases were discontinued during the early eighties of the previous century. The geographical distribution of the majority of freshwater snail species in South Africa is currently largely outdated. This statement is also valid with regard to the range of the distribution of economically important helminth parasites that are dependent on freshwater snails for completion of their life cycle. The progress made by exotic, invader freshwater snail species in colonising natural habitats is cause for concern, especially in view of the fact that their discovery in natural habitats in South Africa was coincidental in most cases. The urgent need to update our knowledge with regard to the current distribution of freshwater snails in South Africa is emphasised by fairly recent reports in the literature of two new invader species, *Aplexa marmorata* and *Tarebia granifera* from natural habitats in the RSA. In view of the relatively wide distribution of *G. costulatus* and *G. connollyi* it is advisable to investigate their possible role in the epidemiology of economically important helminth parasites in South Africa and to conduct surveys to update their geographical distribution.

## BIBLIOGRAFIE

1. De Kock, K.N., Wolmarans, C.T., Bornman, M. (2004). Distribution and habitats of *Biomphalaria pfeifferi*, snail intermediate host of *Schistosoma mansoni*, in South Africa, *Water SA*, 30, 29-36.
2. De Kock, K.N., Wolmarans, C.T. (2004). Verspreiding en habitats van *Gyraulus connollyi*, slaktussengasheer van ingewandsbotte van die familie Echinostomatidae, in Suid-Afrika, *S. Afr. Tydskr. Natuurwet. Tegnol.*, 23, 79-86.
3. De Kock, K.N., Wolmarans, C.T. (2005). Distribution and habitats of the *Bulinus africanus* species group, snail intermediate hosts of *Schistosoma haematobium* and *Schistosoma mattheei* in South Africa, *Water SA*, 31, 117-125.
4. Cohen, J. (1977). *Power analysis for the behavior sciences*, revised edn. Orlando: Academic Press.
5. Breiman, L., Friedman, J.H., Olsen, R.A., Stone, C.J. (1984). *Classification and regression trees*. London: Chapman & Hall.
6. Potts, W.J.E. (1999). *Decision tree modeling course notes*. SAS Institute Inc. Cary, USA.
7. Meier-Brook, C. (1983). Taxonomic studies on *Gyraulus* (Gastropoda: Planorbinae), *Malacologia*, 24, 1-113.
8. Meier-Brook, C. (1984). A preliminary biogeography of freshwater pulmonate gastropods. In *World-wide snails. Biogeographical studies on non-marine Mollusca*, Solem, A., Van Bruggen, A.C. eds. Leiden: Brill.
9. Brown, D.S., Van Eeden, J.A. (1969). The molluscan genus *Gyraulus* (Gastropoda: Planorbidae) in southern Africa, *Zool. J. Linn. Soc.*, 48, 305-331.
10. Brown, D.S. (1967). A review of the freshwater Mollusca of Natal and their distribution. *Ann. Natal Mus.*, 18, 474-494.
11. Wright, C. (1963). The freshwater gastropod Mollusca of Angola, *Bull. Br. Mus. Nat. Hist. (Zool)*, 10, 447-528.
12. Brown, D.S. (1964). Observations on the distribution and ecology of freshwater gastropod Mollusca in Ethiopia, *Univ. Addis Ababa Contr. Fac. Sci. C (Zool.)*, 5-6, 9-60.
13. Brown, D.S. (1994). *Freshwater snails of Africa and their medical importance*, revised 2<sup>nd</sup> edn. London: Taylor & Francis.
14. Morgan, J.A.T., DeJong, R.J., Jung, Y., Khallaayoune, K., Kock, S., Mkoji, G.M., Loker, S. (2002). A phylogeny of planorbid snails, with implications for the evolution of *Schistosoma* parasites, *Mol. Phylog. Evol.* 25, 477-488.
15. Malek, E.A. (1980). *Snail-transmitted parasitic diseases*, vol. 2 Florida: CRC Press.
16. King, P.H. (1988). 'n Ondersoek van die slakgeassosieerde trematode parasiete in die Mooirivier, Transvaal, MSc-verhandeling, Randse Afrikaanse Universiteit.
17. Appleton, C.C., Brackenbury, T.D., Tonin, A.F.G. (1989). *Physa mosambiquensis* (Clessin, 1886) rediscovered?, *S. Afr. J. Zool.*, 24, 340-344.
18. Appleton, C.C., Nadasan, D.S. (2002). First report of *Tarebia granifera* (Lamarck, 1816) (Gastropoda: Thiaridae) from Africa, *J. Moll. Stud.*, 68, 399-402.