

Verspreiding en habitats van *Unio caffer* Krauss, 1848 (Bivalvia: Unionoida: Unionidae) in Suid-Afrika gebaseer op die rekords in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling

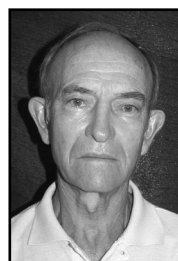
Distribution and habitats of Unio caffer Krauss, 1848 (Bivalvia: Unionoida: Unionidae) in South Africa based on the records in the database of the National Freshwater Snail Collection

KN DE KOCK*

Eenheid vir Omgewingswetenskappe en -Bestuur,
Noordwes-Universiteit
Privaat Sak X6001, Potchefstroom, 2520, Suid-Afrika
kenne.dekock@nwu.ac.za

CT WOLMARANS

Skool vir Omgewingswetenskappe en -Ontwikkeling,
Noordwes-Universiteit
Privaat Sak X6001, Potchefstroom, 2520, Suid-Afrika
corrie.wolmarans@nwu.ac.za



Kenné de Kock



Corrie Wolmarans

EMERITUS PROFESSOR KENNÉ DE KOCK is tans werksaam by die Eenheid vir Omgewingswetenskappe en Bestuur van die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus. Hy was sedert 1961 verbonde aan die Nasionale Varswaterslakeenheid wat in 1986 ontbind is, maar is tans steeds betrokke by die Nasionale Varswaterslakversameling wat by die Skool vir Omgewingswetenskappe en -Ontwikkeling van die Noordwes-Universiteit gehuisves word. Sy navorsingsbelangstelling is die ekologie, geografiese verspreiding, en taksonomie van varswater Mollusca en die rol wat hulle as tussengashere van 'n groot verskeidenheid helminparasiete in die gesondheid van mens en dier speel. Hy is outeur en medeouteur van talle wetenskaplike artikels en het vir baie jare onderrig in sitogenetika en soögeografie aan dierkunde studente van die Noordwes-Universiteit en Unisa gegee.

EMERITUS PROFESSOR KENNÉ DE KOCK of the Unit of Environmental Sciences and Management of the North-West University, Potchefstroom Campus was closely associated with the National Freshwater Snail Unit from 1961 until it was disbanded in 1986. He is currently still involved in activities with regard to the National Freshwater Snail Collection housed at the School of Environmental Sciences and Development of the North-West University. His research interests focus on the ecology, geographical distribution and the taxonomy of freshwater molluscs and their role as intermediate hosts of a large variety of helminth parasites in the health of man and animal. He is author and co-author of a large number of scientific papers and has for many years lectured in cytogenetics and zoogeography both at the North-West University and the University of South Africa (Unisa).

CORRIE WOLMARANS is medeprofessor in die vakgroep Dierkunde aan die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus waar hy sedert 1984 werksaam is. Sy navorsingsbelangstelling behels die epidemiologie en beheer van skistosomose. Hy is outeur en medeouteur van bykans 80 vakwetenskaplike publikasies in nasionale en internasionale tydskrifte.

CORRIE WOLMARANS is associate professor of Zoology at the North-West University, Potchefstroom Campus where he has been employed since 1984. His research interests concern the epidemiology and control of schistosomosis. He is author and co-author of nearly 80 scientific publications in national and international journals.

ABSTRACT***Distribution and habitats of *Unio caffer* Krauss, 1848 (Bivalvia: Unionoida: Unionidae) in South Africa based on the records in the database of the National Freshwater Snail Collection***

*The distribution of the Unionoida is almost cosmopolitan and reaches its greatest diversity in North America with 860 currently recognized valid species. Two genera of the family Unionidae, Unio and Coelatura, comprising four species, occur in South Africa. This article focuses on the distribution and habitats of *Unio caffer* Krauss, 1848 based on the records in the database of the National Freshwater Snail Collection (NFSC) of South Africa. This bivalve is considered to be endemic to South Africa and although it was sporadically reported from elsewhere in South Africa, the Western Cape is the only province from which no samples are on record in the database of the NFSC. The majority of the 58 samples on record was recovered from rivers (32.8%) and dams (20.7%) and from water conditions described as perennial, clear and fresh and 22 of the samples were collected in water bodies with a predominantly sandy substratum. A temperature index calculated for this species ranked it in fifth position of the 12 bivalve species represented in the database on account of its association with low climatic temperatures. An integrated decision-tree analysis indicated that temperature, substratum and water bodies per se were the most important factors of those investigated that played a significant role in establishing the geographical distribution of this species in South Africa. Comprehensive surveys for freshwater molluscs conducted by state and local health authorities were discontinued during the eighties of the previous century and the majority of sampling sites have not been revisited since. Therefore hardly any recent data pertaining to the conservation status and species diversity of the mollusc fauna of South Africa are available. However, during relatively recent surveys conducted by the authors at three previously positive sites for *U. caffer* no specimens of this species could be recovered and it is also reported in literature that its range in the south-western Cape has decreased in recent years. With regard to its conservation status, the above findings seem to suggest that *U. caffer* should at least be considered as vulnerable – if not endangered – as reported for some related species elsewhere in the world. Although speculative, several reasons are suggested to explain the global phenomenon of decline in freshwater bivalves. These include, amongst others, construction of impoundments, introduction of alien species, wetland drainage and canalization and pollution. However, the unique lifecycle of the Unionoida could also play an important role in this respect due to the fact that their larval stages are obligatory parasites on fish. These bivalves are therefore dependent on fish for their survival and dispersal and without their host fish populations will disappear. To sustain a viable population a water body should therefore be suitable not only for the bivalves themselves but also for their host fish. As mentioned earlier, the majority of samples of *U. caffer* were recovered from dams and rivers, water body types both under pressure of over exploitation and pollution. It is therefore recommended that thorough surveys should be planned and conducted in specific areas which could be selected with the documented geographical distribution in the database of the NFSC as guideline. A comparison of the results of such surveys with the data in the database of the NFSC could make a considerable contribution towards assessing the current conservation status and diversity of the freshwater molluscs of South Africa.*

KEY CONCEPTS: Mollusca; Bivalvia; Unionidae; *Unio caffer*; geographical distribution; habitat preferences; South Africa

TREFWOORDE: Mollusca; Bivalvia; Unionidae; *Unio caffer*; geografiese verspreiding; habitatvoorkeure; Suid-Afrika

OPSOMMING

Die kosmopolities-verspreide Unionoida bereik hul grootste diversiteit in Noord-Amerika. In Suid-Afrika word twee genera van die familie Unionidae, naamlik *Unio* en *Coelatura* wat vier spesies insluit, aangetref. Hierdie artikel handel oor die verspreiding en habitats van *Unio caffer* Krauss, 1848 gebaseer op die rekords in die Nasionale Varswaterslakversameling (NVWSV) van Suid-Afrika. Alhoewel dit elders in Suid-Afrika sporadies aangetref is, is die Wes-Kaap die enigste provinsie waarvan geen monster op rekord in die databasis van die NVWSV is nie. Van die 58 monsters wat op rekord is, is die meerderheid in riviere (32.8%) en damme (20.7%) versamel en in watertoestande wat as standhoudend, staande, helder en vars beskryf is. 'n Temperatuur-indeks wat vir hierdie spesie bereken is, het dit vyfde in rangorde geplaas van die 12 *Bivalvia*-spesies wat in die databasis verteenwoordig word op grond van 'n assosiasie met lae omgewingstemperatuur. 'n Besluitnemingsboom-analise het aangedui dat temperatuur, substratum en waterbronne die mees betekenisvolle bydrae gelewer het tot die daarstelling van die gedokumenteerde geografiese verspreiding van *U. caffer*. Omdat omvattende opnames van varswater Mollusca deur staatsinstansies reeds in die tagtigerjare van die vorige eeu uitgefaseer is en die meerderheid versamelpunte sedertdien nie weer gemonster is nie, is kennis oor hul huidige stand van bewaring en spesiediversiteit gebrekkig. Negatiewe resultate by drie voormalige lokaliteite van *U. caffer* wat wel intussen deur die outeurs besoek is, dui egter daarop dat die voortbestaan daarvan, soos van sommige verwante spesies elders in die wêreld, bedreig word. Dit word bepleit dat opnames van varswater Mollusca met die gedokumenteerde verspreiding in die databasis van die NVWSV as riglyn, beplan en uitgevoer behoort te word. Die resultate van sulke opnames behoort 'n groot bydrae te lewer om die huidige stand van die verspreiding en spesiediversiteit van die varswater Mollusca van Suid-Afrika sinvol te evalueer.

INLEIDING

Meer as 30 000 monsters van varswater Mollusca wat van 1952 tot 2010 in Suid-Afrika versamel is, is op rekord in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling (NVWSV). Die outeurs het in 2002 begin om hierdie waardevolle inligting in 'n reeks artikels wat handel oor die lokaliteite en vindplekke van geselekteerde spesies bekend te stel.^{1,2,3,4,5,6} Hierdie artikel handel oor besonderhede van die versamelpunte, verspreiding en habitats van die monsters van *U. caffer* wat in die databasis van die NVWSV op rekord is.

Varswatermossels (*Bivalvia*: Unionoida) is interessant vanweë hul unieke lewensiklusse wat sowel ouersorg as larwale parasitisme op visse insluit en ook op grond van hul kollektiewe verspreidingspatrone en antieke oorsprong.⁷ Daarbenewens is hulle ook van betekenis as gevolg van hul bewaringstatus⁸ en ekonomiese belangrikheid.⁹ Die kosmopolities-verspreide Unionoida bereik hul grootste diversiteit in Noord-Amerika.¹⁰ Onsekerheid bestaan oor die werklike getal geldige spesies maar dit word tans op ongeveer 840 wêreldwyd geraam.⁷ Ten spyte van die onsekerheid oor die getal spesies van die Unionoida, het dit in baie lande waar meer intensiewe biotiese opnames gemaak is, geblyk dat dit ongetwyfeld 'n hoogs bedreigde groep is.⁸ Vaughn & Hakenkamp¹¹ het reeds vroeër bevind dat bevolkings van die Unionidae in Noord-Amerika teen 'n katastrofiese koers agteruitgaan.

Twee genera van die familie Unionidae, naamlik *Unio* en *Coelatura* wat vier spesies insluit, word in suidelike Afrika aangetref.¹² *Unio* is 'n Palearktiese genus¹³ waarvan die verspreiding in Afrika volgens Brown¹⁴ tot die koeler streke van suidelike Afrika beperk is. Daar is derhalwe 'n wye gaping tussen die omvang van verspreiding van *Unio caffer* in Suid-Afrika, Namibië en Zimbabwe en van verwante spesies in Noord-Afrika.¹² Heard & Vail¹⁵ is van mening dat hierdie diskontinue verspreiding suggereer dat *U. caffer* 'n biogeografiese relik mag wees.

Omdat omvattende opnames van varswater Mollusca reeds in die vroeë tagtigerjare van die vorige eeu uitgefaseer is en die meerderheid van vorige versamelpunte sedertdien nie weer ondersoek is nie, is kennis met betrekking tot die huidige stand van die verspreiding en diversiteit van die varswater Mollusca van Suid-Afrika gebrekkig en inligting oor hul bewaringstatus gevolglik spekulatief en onbevredigend. In 'n ondersoek in hierdie verband, vermeld Herbert¹⁶ slegs drie Prosobranchia-spesies wat in die Roodata-lys van die "International Union for the Conservation of Nature" (IUCN 1996) opgeneem is. Hierdie outeur spreek verder ook die mening uit dat *Pisidium harrisoni* Kuiper, 1964, een van die klein verteenwoordigers van die inheemse Bivalvia, moontlik ook mag kwalifiseer om in die Roodata-lys opgeneem te word, maar maak geen melding van die bewaringstatus van *U. caffer* nie. In 'n resente Roodata-lys van Suider Afrikaanse varswater Mollusca wat in 2009 hersien is, word die besorgdheid oor die bewaringstatus van *U. caffer* as gering aangedui.¹⁷ Die resultate van opnames by 'n beperkte getal versamelpunte waar *U. caffer* voorheen versamel is en wat intussen wel weer besoek is, is egter kommerwekkend en ondersteun die bevindinge elders ter wêreld dat die voortbestaan van die Unionoida inderdaad bedreig word.

MATERIAAL EN METODEDES

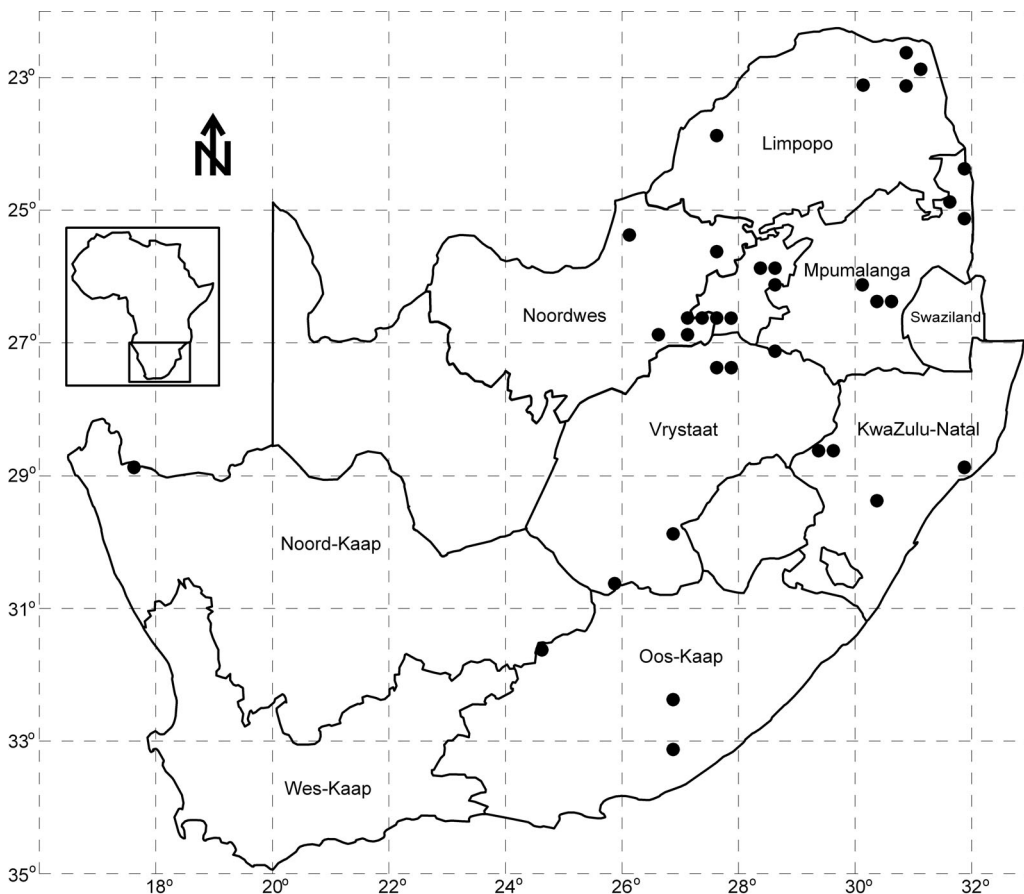
Data met betrekking tot die habitats en geografiese verspreiding van die versamelpunte van die monsters van *U. caffer* wat dateer vanaf 1958 tot 2001 is uit die databasis van die NVWSV onttrek. Die meerderheid van die monsters is deur personeel van staat- en plaaslike gesondheidsowerhede en personeel van die voormalige Slaknavorsingseenheid van die Potchefstroom Universiteit versamel. Oor die algemeen is geen toerusting gebruik wat spesiaal ontwerp was vir die versameling van varswatermossels nie en dit mag moontlik 'n verklaring bied vir die relatief lae getal eksemplare wat gerapporteer is. Monsters afkomstig van versamelpunte wat nie op 'n 1:250 000 topo-kadastraal kaartreeks van Suid-Afrika aangetoon kon word nie, is nie vir verdere verwerking in aanmerking geneem nie. Die lokusse waarin die versamelpunte geleë is, is in intervalle van gemiddelde jaarlikse reënval en lugtemperatuur, asook gemiddelde hoogte bo seevlak gegroepeer om die voorkomingsfrekwensie in spesifieke intervalle uit te beeld. Data met betrekking tot reënval, temperatuur en hoogte bo seevlak is in 2001 deur die Computing Centre for Water Research, Universiteit van KwaZulu-Natal beskikbaar gestel.

Effekgroottes wat dit moontlik gemaak het om die invloed van die verskillende ondersoekte veranderlikes op die gedokumenteerde geografiese verspreiding van *U. caffer* te kwantifiseer en die betekenisvolheid daarvolgens te evalueer, is volgens die metode van Cohen¹¹ bereken. Hiervolgens dui waardes in die orde van 0.1 en 0.3 onderskeidelik op klein en matige groot effekte, terwyl waardes van 0.5 en hoër op prakties betekenisvolle groot effekte dui. Die ekologiese implikasies van effekgroottes in die konteks van soortgelyke ondersoeke as die huidige, word vollediger deur De Kock en Wolmarans bespreek.^{19,20} Chi-kwadraatwaardes is ook bereken om die betekenisvolheid van waargenome verskille in die voorkoms by die verskillende alternatiewe van die ondersoekte parameters aan te dui deur van die Statistica, Release 7, Nonparametrics, 2X2 Tables, McNemar, Fischer exact-sagteware gebruik te maak. Vervolgens is ook 'n multivariansie-analise in die vorm van 'n besluitnemingsboom²¹ uitgevoer. Die ondersoekte veranderlikes is hiervolgens geëvalueer en dié wat die belangrikste rol in die daarstelling van die gedokumenteerde geografiese verspreiding van *U. caffer* gespeel het, is deur die program geselekteer en in volgorde van belangrikheid gerangskik. Met die besluitnemingsboom word ook onderskei tussen die voorkomingsfrekwensies van 'n gegewe spesie by die alternatiewe van die geselekteerde veranderlikes en dié van alle ander spesies in die databasis. Hierdie verwerking is

gedoen deur gebruik te maak van die SAS Miner for Windows NT Release 4.0, April, 2000-program en Decision Tree modelling Course Notes.²²

RESULTATE

Die 58 monsters van *U. caffer* wat vir verdere verwerking in aanmerking geneem is, is in waterliggame versamel wat in 35 lokusse ($1/_{16}$ vierkante grade) geval het (Figuur 1). Alhoewel dit elders in Suid-Afrika uiters sporadies aangetref is, is die Wes-Kaap die enigste provinsie waarvan geen monster in die NVWSV op rekord is nie (Figuur 1). Die oudste monster van *U. caffer* wat in die NVWSV opgeneem is, is in 1958 in 'n dam in die dorpsgebied van Heilbron (Vrystaat) versamel. Groottes van tot 102 X 48 mm is vir hierdie spesie in die literatuur gerapporteer,^{12,13} maar verskeie eksemplare met afmetings van tot 112 X 53 mm is in die NVWSV op rekord. Die oorgrote meerderheid van die monsters is in riviere (32.8%) en damme (20.7%) versamel. Die enkele monster wat in 'n besproeiingsvoor aangetref is, het egter 'n groter persentasie (10.0%) verteenwoordig van die totale getal monsters wat vir alle Bivalvia-spesies



Figuur 1: Geografiese verspreiding van *Unio caffer* per $1/_{16}$ vierkantegraadlokus in Suid-Afrika

in die databasis uit 'n spesifieke waterliggaamtipe gerapporteer is (Tabel 1). Die voorkomswaarskyn in riviere en damme het nie betekenisvol van mekaar verskil nie maar albei hierdie waterliggame het in hierdie opsig slegs betekenisvol van dammetjies verskil ($p < 0,05$). 'n Groot effekwaarde ($w = 0.89$) is vir waterliggaamtipes bereken (Tabel 2).

TABEL 1: Waterliggaamtipes waarin *Unio caffer* aangetref is soos tydens versameling opgeteken

Waterliggaamtipes	A	B	C	D
Besproeiingsvoor	1	1.7%	10	10.0%
Dam	12	20.7%	309	3.9%
Dammetjie	1	1.7%	319	0.3%
Fontein	1	1.7%	38	2.6%
Rivier	19	32.8%	657	2.9%
Spruit	9	15.5%	242	3.7%

Effekgrootte: $w = 0.89$ (groot effek)

A: voorkomswaarskyn in 'n spesifieke waterliggaamtipe. B: % van die totale getal versamelings (58) wat vir hierdie spesie op rekord is. C: voorkomswaarskyn van alle verteenwoordigers van die *Bivalvia* in 'n spesifieke waterliggaamtipe. D: voorkomspersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings in 'n spesifieke waterliggaamtipe.

TABEL 2: Watertoestande in die habitats van *Unio caffer* soos tydens versameling opgeteken

	Tipe		Vloeiensnelheid			Turbiditeit		Saliniteit	
	Standhoudend	Seisoenaal	Vinnig	Stadig	Staande	Helder	Modderig	Vars	Brak
A	43	3	4	17	24	30	15	44	1
B	74.1%	5.2%	6.9%	29.3%	41.4%	51.7%	25.9%	75.9%	1.7%
C	1 927	199	246	834	1 049	1 824	264	1 986	13
D	2.2%	1.5%	1.6%	2.0%	2.3%	1.6%	5.7%	2.2%	7.7%
E	$w = 0.08$ (klein effek)		$w = 0.10$ (klein effek)			$w = 0.58$ (groot effek)		$w = 0.02$ (klein effek)	

A: voorkomswaarskyn in 'n spesifieke watertoestand. B: % van die totale getal versamelings (58) wat vir hierdie spesie op rekord is. C: voorkomswaarskyn van alle verteenwoordigers van die *Bivalvia* 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.

Die meerderheid van die monsters is versamel in waterliggame waarvan die watertoestande as standhoudend, staande, helder en vars beskryf is (Tabel 2). 'n Betekenisvolle verskil ($p < 0,05$) kon egter slegs in die voorkomsvrekwensie tussen waterbronne met helder en modderige water aangedui word. Van die vier parameters van watertoestande wat ondersoek is, het net turbiditeit 'n groot effekwaarde ($w = 0.58$) opgelewer (Tabel 2).

Twee-en-twintig van die 58 monsters op rekord is gerapporteer uit waterbronne waarvan die substratum as oorwegend sanderig beskryf is (Tabel 3) en daar was 'n betekenisvolle verskil ($p < 0.05$) tussen die voorkomsvrekwensie in al drie substratums wat vermeld is. 'n Groot effekwaarde ($w = 0.88$) is ook vir hierdie parameter bereken (Tabel 3).

Betreffende temperatuur is die oorgrote meerderheid (77.6%) van monsters versamel in waterliggame waarvan die lokusse in die 16-20°C-interval geval het (Tabel 4). Die enkele monster wat in 'n waterliggaam wat in die 26-30°C-interval geval het, versamel is, het egter 'n hoër persentasie (7.1%) van die totale getal versamelings op rekord vir 'n spesifieke interval verteenwoordig (Tabel 4). Die voorkomsvrekwensie by die 16-20°C-interval het betekenisvol van al die ander intervale behalwe die 26-30°-interval verskil ($p < 0.05$). 'n Groot effekwaarde is vir temperatuur bereken (Tabel 4).

Verreweg die grootste getal monsters (69.0%) was afkomstig van waterliggame waarvan die lokusse in die 601-900 mm reënval-interval geval het (Tabel 4). Die twee monsters wat in die 0-300 mm-interval geval het, het egter die hoogste persentasie van die totale getal monsters op rekord vir 'n spesifieke interval verteenwoordig (Tabel 4). Die voorkomsvrekwensie by die verskillende reënval-intervalle het in geen geval betekenisvol van mekaar verskil nie ($p > 0.05$).

Nege-en-dertig van die 58 monsters op rekord was afkomstig van waterbronne waarvan die lokusse in die 1 001-1 500 m hoogte bo seevlak-interval geval het (Tabel 4) en die voorkomsvrekwensie by hierdie interval het nie betekenisvol van dit by die 501-1 000 m-interval verskil nie. 'n Groot effekwaarde is vir hierdie parameter bereken (Tabel 4).

TABEL 3: Substratums in the habitats van *Unio caffer* soos tydens versameling opgeteken

	Substratums		
	Modderig	Klipperig	Sanderig
A	14	7	22
B	24.1%	12.1%	37.9%
C	1 195	454	466
D	1.2%	1.5%	4.7%
E	$w = 0.88$ (groot effek)		

A: voorkomsvrekwensie op 'n spesifieke substratums. B: % van die totale getal versamelings (58) wat vir hierdie spesie op rekord is. C: voorkomsvrekwensie van alle verteenwoordigers van die *Bivalvia* op 'n spesifieke substratums. D: voorkoms-persentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings op 'n spesifieke substratums. E: effekgrootte bereken vir substratums.

Die temperatuur-indeks wat vir *U. caffer* bereken is, het betekenisvol ($d > 0.5$) van nege van die ander 11 *Bivalvia*-spesies verskil en dit in die vyfde plek in rangorde geplaas op grond van hierdie spesie se assosiasie met lae klimatologiese temperatuur (Tabel 5).

Die multi-variëansie-analise in die vorm van 'n besluitnemingsboom het temperatuur, substratum en waterliggame in rangorde van belangrikheid geselekteer as die parameters wat 'n betekenisvolle invloed gehad het op die daarstelling van die gedokumenteerde geografiese verspreiding van *U. caffer* soos weerspieël deur die data in die databasis van die NVWSV (Figuur 2). Daarbenewens toon hierdie figuur byvoorbeeld ook dat *U. caffer* 3.5% verteenwoordig het van alle *Bivalvia*-spesies in die databasis wat in

lokusse versamel is wat in die 16-20°C-interval geval het en dat die 21 eksemplare wat van waterliggame met 'n oorwegend sanderige substratum afkomstig was op hulle beurt 8.9% verteenwoordig het van die totale getal Bivalviaspesies wat by hierdie temperatuur-interval in waterliggame met 'n sanderige substraat aangetref is. Figuur 2 toon ook dat 19 van die 21 eksemplare wat op 'n sanderige substratum aangetref is van damme en riviere afkomstig was.

BESPREKING

Alhoewel *Unio caffer* reeds in 1848 vanuit Suid-Afrika beskryf is,²³ is noemenswaardige vindplekke daarna eers in 1936 vir hierdie land gerapporteer.²⁴ Drie jaar later vermeld Connolly²⁵ dat hierdie spesie wydverspreid in Suid-Afrika voorkom en verstrekk 'n lys van lokaliteite, onder andere in die voormalige Natal, Zululand, Oranje Vrystaat, Kaapprovinsie, Namakwaland, Griekwaland-Wes en Betsjoeanaland om hierdie bevinding te staaf. Hierdie aanspraak is in 1988, verskeie dekades later, ondersteun deur die bevinding van Mandahl-Barth¹³ dat *U. caffer* wydverspreid in suidelike Afrika vanaf Zimbabwe tot by die voormalige Kaapprovinsie voorkom. Die wye verspreiding van *U. caffer* in suidelike Afrika word ook in 'n meer onlangse bydrae in 2002 deur Appleton¹² vermeld. Dit is reeds vroeër genoem dat geen rekord van hierdie spesie uit die Wes-Kaap in die databasis van die NVWSV bestaan nie, ten spyte van die feit dat daar wel opnames in die gebied gedoen is wat die voorkoms van verskeie ander spesies van varswater Mollusca op rekord geplaas het.^{1,4,26,27,28} Brown¹⁴ vestig egter die aandag daarop dat die diversiteit van die varswater Mollusca in die betrokke gebied inderdaad oor die algemeen laer

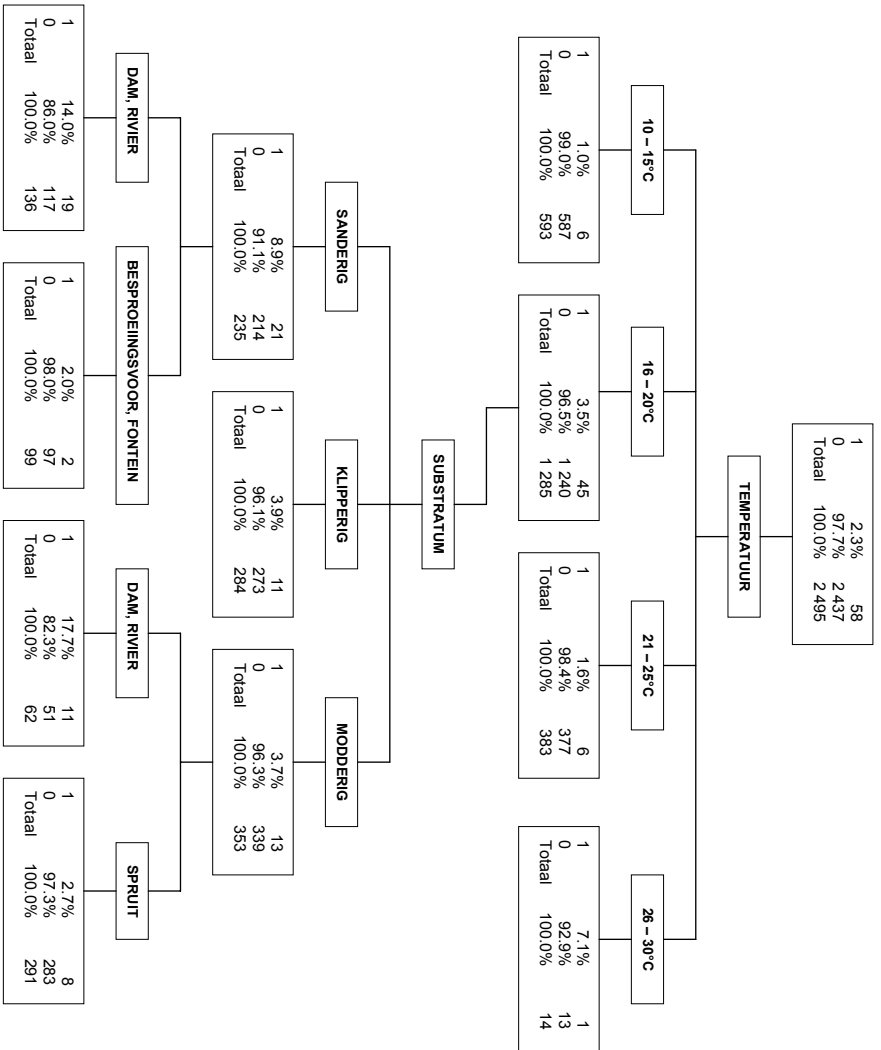
A: voorkomfrequentie in 'n lokaliteit wat in 'n spesifieke interval val. B: % van die totale getal versamelings (58) wat vir hierdie spesie op rekord is. C: voorkomfrequentie van alle verteenwoordigers van die Bivalvia in 'n lokaliteit wat in 'n spesifieke interval val. D: voorkompersentasie van hierdie spesie in die totale getal versamelings in 'n spesifieke interval. E: effekroote bereken vir 'n bepaalde faktor:

	Temperatuur-intervalle °C					Reënval-intervalle (mm)					Hoogte bo seevlak-intervalle (m)				
	10 - 15	16 - 20	21 - 25	26 - 30	0 - 300	301 - 600	601 - 900	0 - 500	501 - 1 000	1 001 - 1 500	1 501 - 2 000				
A	6	45	6	1	2	16	40	7	4	39	8				
B	10.3%	77.6%	10.3%	1.7%	3.4%	27.6%	69.0%	12.1%	6.9%	67.2%	13.8				
C	593	1 285	383	14	34	747	1 654	489	105	928	483				
D	1.0%	3.5%	1.6%	7.1%	5.9%	2.1%	2.4%	1.4%	3.8%	4.2%	1.7%				
E	$w = 0.47$ (groot effek)					$w = 0.14$ (klein effek)					$w = 0.55$ (groot effek)				

TABEL 4: Voorkomfrequentie van die 58 versamelingspunte van *Unio caffer* in geselekteerde intervale van gemiddelde jaarlikse lugtemperatuur en reënval, asook die gemiddelde hoogtes bo seevlak in Suid-Afrika

TABEL 5: Frekwensieverspreiding in temperatuur-intervalle en temperatuur-indeks van *Unio caffer* in vergelyking met die ander Bivalvia-spesies in die databasis van die Nasionale Varswaterslakversameling

Mollusca	*Indeks = Temperatuur-indeks **SA = Standaardafwyking ***VK = Variansiekoëffisiënt										Effek grootte(d)
	Getal	0 – 10°C	11 – 15°C	16 – 20°C	21 – 25°C	26 – 30°C	*Indeks	**SA	***VK		
<i>Pisidium viridarium</i>	639	201	271	164	3	3	1.947	0.764	39.22	-2.342	
<i>Pisidium casertanum</i>	5		2	3			2.600	0.548	21.07	-0.924	
<i>Pisidium langleyanum</i>	632	18	173	435	6	6	2.676	0.544	20.33	-0.759	
<i>Pisidium costulosum</i>	428	1	139	284	4	4	2.680	0.492	18.34	-0.751	
<i>Unio caffer</i>	58		6	45	6	1	3.026	0.461	15.24	0.000	
<i>Pisidium ovampicum</i>	7			5	2	2	3.167	0.408	12.89	0.305	
<i>Sphaerium capense</i>	25		1	17	7	7	3.240	0.523	16.14	0.464	
<i>Corbicula fluminalis</i>											
<i>africana</i>	390		1	291	94	4	3.267	0.437	13.38	0.524	
<i>Pisidium pirothi</i>	39			4	35		3.826	0.388	10.13	1.736	
<i>Chambardia wahlbergi</i>	43			10	32	1	3.932	0.398	10.11	1.965	
<i>Eupera ferruginea</i>	169			6	157	6	4.000	0.267	6.68	2.113	
<i>Chambardia petersi</i>	40			1	37	2	4.000	0.272	6.80	2.113	



Figuur 2: Besluitnemingsboom van die voorkomfrequentie van *Unio caffer* by bepaalde veranderinges teenoor die voorkomfrequentie van alle ander *Bivahvia*-spesies wat in die databasis van die Nasionale Varwaterslakversameling opgeneem is. 0: persentasies en getalle van alle ander *Bivahvia*-spesies, 1: persentasies en getalle van *U. caffer*

as elders in sommige dele van Suid-Afrika is en skryf dit hoofsaaklik aan ’n gebrek aan geskikte habitats toe.

Soos reeds vermeld, is data met betrekking tot die huidige bewaringstatus en spesiediversiteit van die varswater Mollusca uiters beperk omdat die omvattende opnames wat voorheen op ’n min of meer gereelde basis deur staats- en semi-staatsinstansies uitgevoer is, reeds in die tagtigerjare van die vorige eeu uitgefaseer is en die meerderheid van positiewe lokaliteite sedertdien nie weer gemonster is nie. Opnames wat egter intussen in drie van die habitats waarin voorheen eksemplare van *U. caffer* aangetref is, gemaak is, het egter negatiewe resultate opgelewer. So byvoorbeeld het Oberholzer en Van Eeden²⁹ vyf verskillende lokaliteite vir hierdie spesie in die noordelike deel van die Nasionale Krugerwildtuin (NKW) gerapporteer. Tydens ’n omvattende opname deur die outeurs in 1995 kon egter geen eksemplare van hierdie spesie in die noordelike deel van die NKW aangetref word nie, maar is wel eksemplare in die Gudzanidam en Sabierivier

wat verder suid geleë is, aangetref.³⁰ Herbesoeke aan dieselfde waterbronne deur die outeurs in 2001³¹ en 2006³² het geen eksemplare van *U. caffer* opgelewer nie. Tydens verskeie onlangse besoeke aan die spesifieke habitat in die Mooirivier in die dorpsgebied van Potchefstroom (Noordwes) waaruit De Kock en Van Eeden³³ relatief groot getalle van *U. caffer* gerapporteer het, kon ook geen eksemplare van hierdie spesie gevind word nie. Ter ondersteuning van die bogenoemde waarnemings vermeld Appleton¹² dat die omvang van die verspreiding van hierdie spesie in die suid-westelike Kaap afgeneem het in onlangse jare. Soos egter reeds in die inleiding vermeld, word die bewaringstatus van *U. caffer* as gering gelys in die Rooidata-lys van Suider Afrikaanse varswater Mollusca wat in 2009 hersien is, en word die besorgdheid oor die bewaringstatus van *U. caffer* gevolglik as gering aangedui.¹⁷ Die karige data tot ons beskikking suggereer nogtans, na ons mening, dat die voortbestaan van hierdie spesie, net soos dié van verwante spesies elders in die wêreld, in die weegskaal mag wees.^{8,11}

Alhoewel spekulatief, word verskeie redes aangevoer om die skynbaar wêreldwye afname in beide bevolkingsgrootte en verspreidingsgebiede van die Unionoida te verklaar. Elders in die wêreld het indringerspesies, drooglegging van vleilande, kanalisering en besoedeling, maar veral die aanbou van damme wat die vloei van riviere belemmer het, 'n groot rol in hierdie verband gespeel.⁸ Die resultate van die huidige ondersoek het egter getoon dat damme, naas riviere, die tweede meeste rekords van *U. caffer* opgelewer het en derhalwe ook 'n geskikte waterliggaam vir bevolking deur hierdie spesie moet wees. Die unieke lewensgeskiedenis van die Unionoida sou egter as een van die belangrike redes aangevoer kon word om die waargenome verdwyning van bevolking van *U. caffer*, soos hierbo vermeld, te verklaar. Die Unionoida is naamlik afhanklik van 'n visgasheer, nie net om suksesvol te kan voortplant nie, maar ook om spreiding te kan bewerkstellig, omstandighede wat hul uiters kwesbaar vir omgewingsveranderinge maak. Die larwale stadium van *U. caffer*, bekend as 'n glochidium, is 'n verpligte ektoparasiet op varswatervisspesies waaraan dit vasgeheg bly vir 'n periode wat kan duur vanaf 'n week tot verskeie maande voordat dit na die bodem afval om vrylewende mossels te word.¹² Die voltooiing van die lewensgeskiedenis van 'n varswatermossel berus dus geheel en al op die teenwoordigheid van vislewe en die vermoë van die glochidiums om suksesvol aan die gasheervis vas te heg.³⁴ Dit impliseer dat bevolking sal verdwyn as gasheervisse nie langer beskikbaar sou wees nie. Gevolglik sou 'n waterliggaam noodwendig vir beide mossel en gasheervis geskik moes wees om voortbestaan van die mosselbevolking te verseker.

Die effekgroottes wat vir die omgewingsparameters in die huidige ondersoek ontleed is, toon dat waterliggame, substratums, temperatuur, hoogte bo seevlak en turbiditeit 'n belangrike rol gespeel het in die daarstelling van die geografiese verspreiding van *U. caffer* soos weerspieël deur die data in die databasis van die NVWSV. Hierdie resultate is ook bevestig deur die resultate van die multi-variensie-analise wat in Figuur 2 uitgebeeld word. Die mening van Brown¹⁴ dat *U. caffer* tot die koeler dele van suidelike Afrika beperk is, word weerspreek deur die geografiese verspreiding wat in Figuur 1 uitgebeeld is, want monsters van hierdie spesie is ook vanuit die warmer streke van Suid-Afrika in die databasis van die NVWSV op rekord geplaas. Die temperatuur-indeks wat vir hierdie spesie bereken is, plaas dit egter vyfde in rangorde van alle Bivalvia-spesies in die databasis wat toon dat net sommige van die *Pisidium*-spesies nouer met laer omgewingstemperatuur geassosieer is (Tabel 5). Hierdie bevinding dui daarop dat *U. caffer* moontlik wel meer sensitief sou kon wees vir omgewingsveranderinge wat met globale verwarming verband hou. Daarbenewens maak die afhanklikheid van eksemplare van *U. caffer* van gasheervisspesies vir hul voortbestaan hul besonder kwesbaar vir moontlike degradering van die waterliggame wat met antropogeniese aktiwiteite verband hou. Soos reeds genoem, is die meerderheid monsters van *U. caffer* versamel in damme en riviere, twee tipes waterliggame wat

juis onder druk van oorbenutting en verskeie vorme van besoedeling verkeer. Om die huidige bewaringstatus en spesiediversiteit van die varswater Mollusca van Suid-Afrika sinvol te kan evalueer, word aanbeveel dat daadwerklike pogings aangewend behoort te word om opnames van geselekteerde gebiede aan die hand van bestaande rekords in die databasis van die NVWSV te beplan en van stapel te stuur. 'n Vergelyking van die resultate van sulke opnames met die bestaande rekords in die databasis van die NVWSV behoort lig te kan werp op die huidige situasie ten opsigte van die bewaringstatus, spesiediversiteit en omvang van verspreiding van die varswater Mollusca van Suid-Afrika.

BEDANKINGS

Ons opregte dank en waardering word hiermee betuig 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 hulp met die prosessering en statistiese verwerking van die data. Die finansiële steun en beskikbaarstelling van infrastruktuur deur die Noordwes-Universiteit, Potchefstroomkampus word ook met dank erken.

BIBLIOGRAFIE

1. De Kock, K.N., Wolmarans, C.T., Bornman, M. & Maree, D.C. (2002). Verspreiding en habitats van *Bulinus tropicus*, tussengasheerslak van die peervormige bot, *Calicophoron microbothrium*, in Suid-Afrika. *S.Afr. Tydskr. Natuurwet. Teg.*, 21: 114-120.
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. Teg.*, 23: 79-86.
3. De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2006). Verspreiding en habitats van *Gyraulus costulatus*, potensiële slaktussengasheer van ingewandsbotte van die familie Echinostomatidae in Suid-Afrika. *S.Afr. Tydskr. Natuurwet. Teg.*, 25: 19-32.
4. De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2007). Verspreiding en habitats van *Ceratophallus natalensis* (Mollusca: Planorbinae) in Suid-Afrika. *S.Afr. Tydskr. Natuurwet. Teg.*, 26: 109-120.
5. De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2008). Verspreiding en habitats van *Pisidium viridarium* Kuiper, 1956 (Bivalvia: Sphaeriidae) soos weerspieël deur die rekords van die Nasionale Varswaterslakversameling van Suid-Afrika. *S.Afr. Tydskr. Natuurwet. Teg.*, 27: 183-195.
6. De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2009). Verspreiding van *Burnupia capensis* (Walker, 1912) en *Burnupia stenochorias* (Melvill & Ponsonby, 1903) (Gastropoda: Ancyliidae) in Suid-Afrika. *S.Afr. Tydskr. Natuurwet. Teg.*, 28: 220-235.
7. Graf, D.L. & Cummings, K.S. (2007). Review of the systematics and global diversity of freshwater mussel species (Bivalvia: Unionoidea). *J. Moll. Stud.*, 73: 291-314.
8. Lydeard, C., Cowie, R.H., Ponder, W.F., Bogan, A.E., Bouchet, P., Clark, S.A., Cummings, K.S., Frest, T.J., Gargominy, O., Herbert, D.G., Hershler, R., Perez, K.E., Roth, B., Seddon, M., Strong, E.E. & Thompson, F.G. (2004). The global decline of nonmarine Mollusks. *BioScience*, 54: 321-330.
9. Baker, P. (1993). Resource management: a shell exporter's perspective. In Cummings, K.S., Buchanan, A.C., Koch, L.M. (eds). *Conservation and management of freshwater mussels*. Rock Island: Upper Mississippi River Conservation Committee, pp. 69-71.
10. Lydeard, C. & Mayden, R.L. (1995). A diverse and endangered aquatic ecosystem of the southeast United States. *Conserv. Biol.*, 9: 800-805.
11. Vaughn, C.C. & Hakenkamp, C.C. (2001). The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biol.*, 46: 1431-1446.
12. Appleton, C.C. (2002). Mollusca. In De Moor, I.J., Day, J.A. (eds). *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Arachnida & Mollusca, Araneae, Water Mites & Mollusca*. WRC Report No 182/02. Pretoria: Water Research Commission, pp. 42-125.

13. Mandahl-Barth, G. (1988). *Studies on African Freshwater Bivalves*. Denmark: Danish Bilharziasis Laboratory, Charlottenlund.
14. Brown, D.S. (1978). Freshwater molluscs: In Werger, M.J.A. (ed.). *Biogeography and Ecology of Southern Africa*. The Hague: Dr W. Junk b.v. Publishers, pp. 1153-1180.
15. Heard, W.H. & Vail, V.A. (1976). The systematic position of *Unio caffer* (Pelecypoda: Unionoida: Unionidae), *Zool. Afric.*, 11(1): 45-58.
16. Herbert, D.G. (1998). Molluscan conservation in South Africa: diversity, issues and priorities, *J. Conchol. Special Publication*, 2: 61-76.
17. Kristensen T.K., Stensgaard A-S. & Appleton, C. (2007). *Unio caffra*. In: IUCN 2010. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2010.3. www.iucnredlist.org.
18. Cohen, J. (1977). *Power analysis for the behaviour sciences*, revised edn. Orlando: Academic Press.
19. De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2005). Distribution and habitats of the *Bulinus africanus* species group, snail intermediate hosts of *Schistosoma haematobium* and *S. mattheei* in South Africa, *Water SA*, 31: 117-126.
20. De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2005). Distribution and habitats of *Bulinus depressus* and possible role as intermediate host of economically important helminth parasites in South Africa, *Water SA*, 31: 491-496.
21. Breiman, L., Friedman, J.H., Olshen, R.A. & Stone, C.J. (1984). *Classification and Regression Trees*. Chapman & Hall.
22. Potts, W.J.E. (1999). *Decision Tree Modeling Course Notes*. Cary, USA: SAS Institute Inc.
23. Krauss, F. (1848). *Die südafrikanischen Mollusken. Ein Beitrag zur Kenntnis der Mollusken des Kap- und Natallandes und zur geographischen Verbreitung derselben, mit Beschreibung und Abbildung der neuen Arten*. Stuttgart.
24. Haas, F. (1936). Binnen-Mollusken aus Inner Afrika. *Abh. Senckenberg. Naturf. Ges.*, 431: 1-156.
25. Connolly, M. (1939). A monographic survey of the South African non-marine Mollusca, *Ann. S. Afr. Mus.*, 33: 1-660.
26. De Kock, K.N., Joubert, P.H. & Pretorius, S.J. (1989). Geographical distribution and habitat preferences of the invader freshwater snail species *Lymnaea columella* (Mollusca: Gastropoda) in South Africa, *Onderstepoort J. vet. Res.*, 56: 271-275.
27. De Kock, K.N., Wolmarans, C.T., Strauss, H.D. & Killian, M. (2001). Verspreiding en habitats van *Lymnaea natalensis*, tussengasheerslak van die lewerbot *Fasciola gigantica*, in Suid-Afrika. *S.Afr. Tydskr. Natuurwet. Teg.*, 20: 49-53.
28. De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (2007). Distribution and habitats of *Corbicula fluminalis africana* (Mollusca: Bivalvia) in South Africa, *Water SA*, 33: 709-715.
29. Oberholzer, G. & Van Eeden, J.A. (1967). The freshwater molluscs of the Kruger National Park, *Koedoe*, 10: 1-42.
30. De Kock, K.N. & Wolmarans, C.T. (1998). A re-evaluation of the occurrence of freshwater molluscs in the Kruger National Park, *Koedoe*, 41: 1-8.
31. De Kock, K.N., Wolmarans, C.T. & Du Preez, L.H. (2002). Freshwater mollusc diversity in the Kruger National Park: a comparison between a period of prolonged drought and a period of exceptionally high rainfall, *Koedoe*, 45: 1-11.
32. Wolmarans, C.T. & De Kock, K.N. (2006). The current status of freshwater molluscs in the Kruger National Park, *Koedoe*, 49: 39-44.
33. De Kock K.N. & Van Eeden, J.A. (1969). Die verspreiding en habitatseleksie van die Mollusca in die Mooirivier, Transvaal, *Wetenskaplike Bydraes van die PU vir CHO, Reeks B: Natuurwetenskappe*, 8: 1-119.
34. Jubb, R.A. (1976). Freshwater mussels, Unionidae, what is their distribution in South African Inland waters today?, *Piscator*, 97: 73-75.