

'n Algemene oorsig van die makro-invertebraatdiversiteit van die Maricorivier, Noordwes Provinsie, Suid-Afrika

Outeurs:

Mathilde Kemp,
Victor Wepener,
Cornelius T Wolmarans

Affiliaties:

Skool vir Biologiese
Wetenskappe, Noordwes-
Universiteit (Potchefstroom
Kampus), Privaatsak X6001,
Potchefstroom 2520,
Suid Afrika

Korresponderende outeur:

Mathilda Kemp
E-pos:
Hilde.Kemp@nwu.ac.za

Datums:

Ontvang: 30/10/18
Aanvaar: 28/05/19
Gepubliseer: 26/06/19

Hoe om hierdie artikel aan te haal:

Mathilde Kemp, Victor Wepener, Cornelius T Wolmarans, 'n Algemene oorsig van die makro-invertebraatdiversiteit van die Maricorivier, Noordwes Provinsie, Suid-Afrika, *Suid-Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 38(1) (2019). <https://doi.org/10.36303/SATNT.2019.38.1.690>

Kopiereg:

© 2019. Authors.
Licensee: *Die Suid-Afrikaanse Akademie vir Wetenskap en Kuns*.
Hierdie werk is onder die Creative Commons Attribution License gelisensieer.

Die Maricorivier, in die Noordwes Provinsie van Suid Afrika, is in terme van bewaring as 'n prioriteitsgebied verklaar. Die doel van hierdie ondersoek was om die makro-invertebraatdiversiteit van die Maricorivier te bepaal, te dokumenteer en te publiseer. Makroinvertebrate is tydens vyf opnames by ses lokaliteite in die rivier met die gepaste nette en tegnieke versamel, terwyl geselekteerde waterkwaliteitsparameters telkens *in-situ* gemeet is. 'n Totale diversiteit van 172 taksa (20 ordes en 81 families), verteenwoordig deur 12540 organismes, is tydens die ondersoek gevind. Die meeste van die families wat bekend is daarvoor dat hulle 'n voorkeur vir water van hoë kwaliteit vertoon, is gevind. Waardes vir temperatuur, pH, EG, vloeiensnelheid en turbiditeit was deurentyd binne die toleransiereekse vir akwatiese makro-invertebrate. Uit die resultate kan daar afgelei word dat die rivier oorwegend oor 'n hoë taksa-rykheid en diversiteit beskik en dat die taksa eweredig versprei is, wat op 'n gesonde ekosistelsel dui. Die teenwoordigheid van verskeie hoogs sensitiewe taksa ondersteun hierdie stelling.

Sleutelwoorde: Biodiversiteit, akwatiese makro-invertebrate, Maricorivier, waterkwaliteit.

A general overview of the macro-invertebrate diversity in the Marico River, North-West Province, South Africa: The Marico River, in the North West Province of South Africa, has been declared a priority area in terms of conservation. The purpose of this investigation was to determine, document and publish the macro-invertebrate diversity of this river. Macro-invertebrates were collected during five surveys at six sites in the Marico River by means of appropriate nets and techniques, while selected water quality parameters were measured *in situ*. A total diversity of 172 taxa (20 orders and 81 families), represented by 12540 organisms, was found during this investigation. Most of the families which are known to display a preference for high water quality have been found. Values for temperature, pH, EC, flow rate and turbidity were within the tolerance ranges for aquatic macro-invertebrates throughout the study. From the results it can be concluded that the river has predominantly high taxa richness and diversity and that the taxa are evenly distributed, which indicates a healthy ecosystem. The presence of several highly sensitive taxa further supports this statement.

Keywords: Biodiversity, aquatic macro-invertebrates, Marico River, water quality.

Inleiding

Akwatiese makro-invertebrate in riviere speel 'n kritiese rol in die funksionaliteit van ekosisteme. Hulle is onder andere betrokke by die suiwering van water deur die verwerking van organiese materiaal en dien ook as 'n voedselbron vir ander fauna soos predatoriese makro-invertebrate en vis (Weber *et al.* 2004; Eady *et al.* 2014). Hul toleransie vir toksiese stowwe, groot getalle, relatiewe beperkte mobiliteit, omvangryke voedingswyses en variasie in lewensduur gee daartoe aanleiding dat hierdie organismes alom gebruik word om die biotiese integriteit en ekologiese gesondheid van riviersisteme te bepaal, asook om veranderinge in die water- omgewing te monitor (Kiffney & Clements 1994).

Die diversiteit en gemeenskapstruktuur van makro-invertebrate kan deur 'n verskeidenheid faktore, insluitende waterkwaliteit en die beskikbaarheid van geskikte habitats of biotope beïnvloed en bepaal word (Kemp *et al.* 2014). Hierdie habitats of biotope kan op grond van die hidrologie (lotiese of lentiese stelsels) en substraat (klippe, sand modder en plantegroei) onderskei word (Dallas 2007). Biotope word deur verskeie fisiese en chemiese veranderlikes insluitende substraat partikelgrootte, oppervlakkvloei, seisoenale veranderinge, standhoudend-

heid, watertemperatuur, suurstof, troebelheid, pH, elektriese geleidingsvermoë, nutriënte en metale beïnvloed (Hawkins & Sedell 1981; Kiffney & Clements 1994; Dallas 2004; 2007; Heatherly *et al.* 2007; Duan *et al.* 2008; Eady *et al.* 2014). Die wye verspreiding van makro-invertebrata en die feit dat hulle spesifieke biotoopvoorkeure het, maak hulle sensitief vir enige natuurlike of antropogeniese impakte of veranderinge in beskikbaarheid en samestelling van hulle biotope (Dallas 2007).

Die Maricorivier, in die Noordwes Provinsie, word as een van die mees ongerepte riviere in Suid-Afrika beskou (DEAT 2005; Nel 2011). Die opvanggebied word tans geklassifiseer as 'n Nasionale Varswater-ekosistiem Prioriteitsgebied, terwyl die deel van die rivier bo die Marico-Bosvelddam die laaste oorblywende vryvloeiende rivier in die noordwestelike streek van Suid-Afrika is (Nel 2011). Die rivier is ook op 25 Julie 2018 by 'n vergadering in Indonesië as 'n UNESCO (United Nations Education and Scientific Organisation) Biosfeer Reservaat verklaar, wat sy bewaringsstatus verder verhoog (SANews 2018). Die algemene ekologiese toestand van die rivier bokant die genoemde dam word, volgens die laaste beskikbare inligting, as natuurlik tot goed, vry van organiese besoedeling, met 'n hoë diversiteit en algehele goeie waterkwaliteit beskou (DEAT 2005). In meer 'n onlangse studie het Kemp (2016) ook gevind dat die habitat en omgewings-toestande in die Maricorivier geskik is om 'n ryk molluskdiversiteit te kan onderhou.

Die feit dat hierdie rivier as 'n prioriteitsgebied in terme van bewaring verklaar is, het gelei tot die doel van hierdie ondersoek naamlik om 'n omvattende studie van die makro-invertebrate te onderneem om sodoende die verteenwoordigende diversiteit te bepaal, te dokumenteer en te publiseer.

Materiaal en Metodes

Studiegebied

Die Maricorivier ontstaan na die samevloeiing van Kaaloog se Loop en Ribbokfontein se Loop. Kaaloog se Loop ontspring vanuit die Marico Oog, geleë naby Groot Marico in die Noordwes Provinsie van Suid-Afrika. Die rivier vloei daarna in 'n westelike rigting na die Botswana-grens, waar dit by die Krokodilrivier aansluit om die Limpoporivier te vorm (Figuur 1).

Die gemiddelde jaarlikse temperatuur in die opvanggebied wissel tussen 18 en 20 °C met 'n gemiddelde jaarlikse reënval van 400 tot 800 mm (DEAT 2005). Antropogeniese verstourings in die opvanggebied sluit drie damme in die Marico- en Klein Marico-riviere, leiklipmyne asook beperkte landbou en lae impak residensiële aktiwiteite in Kaaloog se Loop, stedelike ontwikkeling naby Zeerust, en informele nedersettings langs die rivier in.

Ses versamelpunte (Figuur 1) in die Maricorivier is so geselekteer dat dit die onderskeie riviersones (bo, middel en

onder) asook al die verskillende biotope (klippe in en uit die stroom, poel, sediment, klipbanke, akwatiese plante in en uit die stroom en randplante) verteenwoordig. Hierdie lokaliteite is oor vier Vlak 1 Ekostreke (Kleynhans *et al.* 2005) naamlik, die Hoëveld, Westelike Bankeveld, Bosveldkom en die Limpopo Vlakte, versprei.

Versamelapparaat en -tegnieke

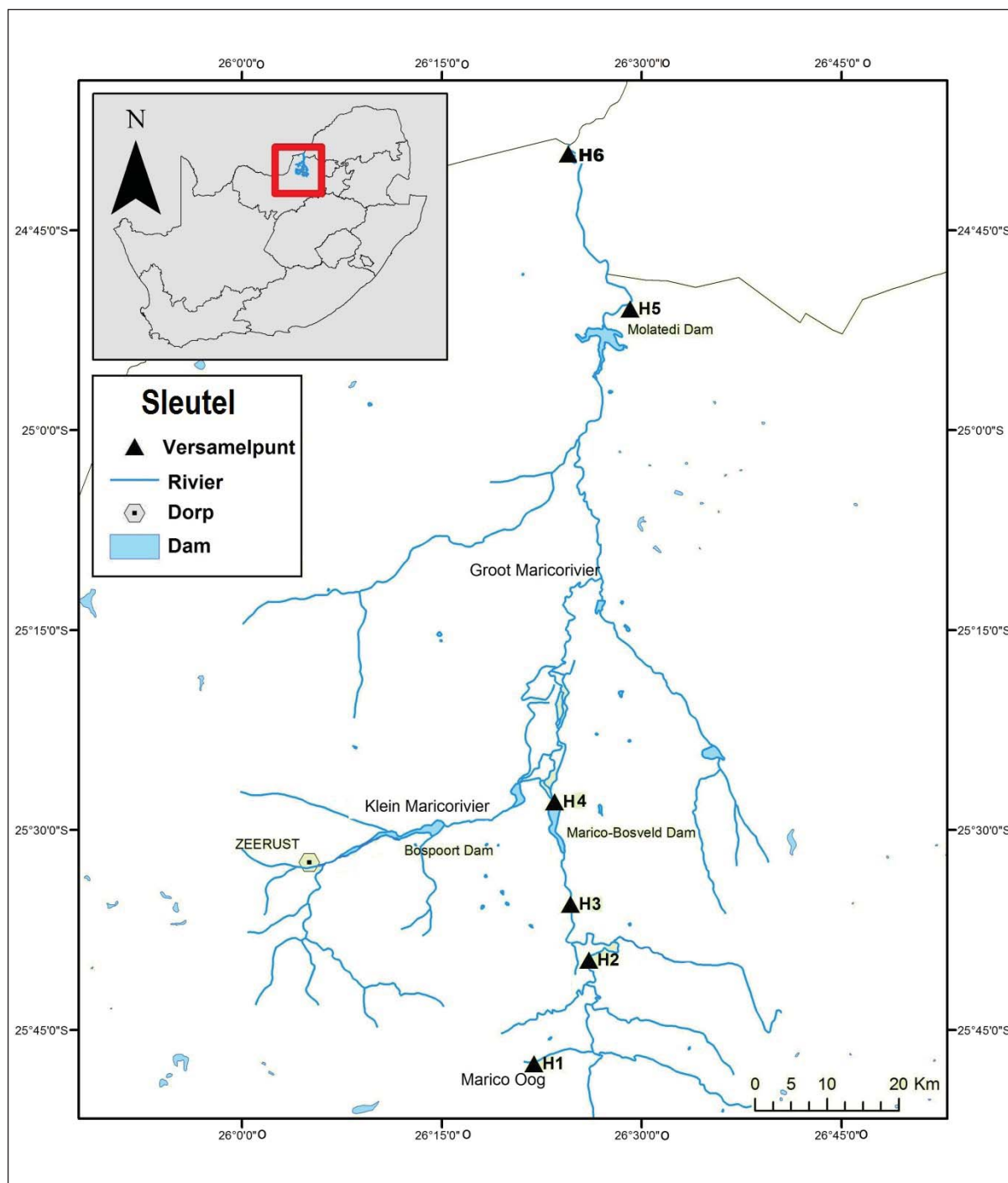
Opnames is slegs tydens die laagvloeiende gedoen, wanneer die hoogste diversiteit gewoonlik verwag word (Dallas 2004; Khoza *et al.* 2012; Wolmarans *et al.* 2014). Redes hiervoor sluit, onder andere, in dat die habitat meer stabiel is en dat meer biotope beskikbaar en toeganklik is. Vyf opnames is uitgevoer, tussen Mei en Oktober in 2013, 2014 en 2015.

Tydens elke opname is makro-invertebrate met gepaste nette en tegnieke versamel. Plantegroei sowel as substraat is by elke lokaliteit met die genoemde skepnette versamel. Klipperige substrate is gemonster deur die klippe te skop en met die skepnet stroomaf oor die versteurde gebied heen en weer te skep (Wolmarans *et al.* 2014). Substrate wat uit gruis, sand of modder bestaan het, is op 'n soortgelyke wyse gemonster deur die oppervlak met die voet in beroering te bring en weereens met die skepnet stroomaf heen en weer oor die versteurde gebied te skep. Die inhoud van die skepnet is telkens na 'n reghoekige, wit plastiekbak (360 X 470 X 80 mm) wat tot op 'n hoogte van ongeveer 40 mm met habitatwater gevul was, oorgedra. Growwe materiaal is vervolgens versigtig met die hand verwyder en die inhoud van die plastiekbak is in 'n kegelvormige net met 'n maasgrootte van 0.25 mm wat op staander gesuspendeer was, gedekanteer. Die inhoud van die net is daarna na 'n 1 000 ml plastiekhoutjie met 'n digsluitende deksel oorgeplaas en 'n voldoende volume 90% etanol is bygevoeg om die monster te preserveer. Die houers is vervolgens met die nodige inligting geëtiketteer. Monsters in die rand- en akwatiese plante is geneem deur die skepnet kragtig heen en weer deur die plante te sleep. Die inhoud van die net is vervolgens op 'n soortgelyke wyse as dié van die substraatmonsters behandel. Die monsters is vir verdere verwerking na die laboratorium vervoer.

Die geleidingsvermoë, pH, temperatuur, vloeiensnelheid en turbiditeit is tydens elke opname *in-situ* by elke lokaliteit met behulp van draagbare, digitale instrumente gemeet. Temperatuur is op verskillende tye van die dag gemeet om 'n verteenwoordigende gemiddeld te kry en vloeiensnelheid is gemeet waar organismes versamel is. Die ruitverwysings en hoogte bo seevlak is eenmalig met behulp van 'n Garmin Nuvi 500 GPS bepaal.

Laboratoriumwerkswyses

In die laboratorium is die makro-invertebraatmonsters met behulp van 'n stereo-mikroskoop, toegerus met beligting van bo en op 'n skuifafel met beligting van onder, ondersoek om die organismes voorlopig te sorteer. Elke groep is in 'n 100 ml glasflessie met 'n digsluitende skroefdeksel



FIGUUR 1: Kaart van die studiegebied met die ses versamelpunte.

oorgeplaas en 70% etanol is as preserveermiddel bygevoeg. Elke flessie is geëtiketteer waarna verdere identifikasie plaasgevind het. Identifikasie is gedoen deur van die bogenoemde mikroskoop, die Gidse tot die Varswater-invertebrata van Suidelike Afrika (Day *et al.* 1999; Day & De Moor 2001; Day *et al.* 2001; Day *et al.* 2002; Day & De Moor 2002a; 2002b; De Moor *et al.* 2003a; 2003b; Stals & De Moor 2007) wat vir die Water Navorsingsraad in Pretoria voorberei is, sowel as aanvullende literatuur (Gerber & Gabriel 2002a; 2002b) gebruik te maak. Waar moontlik is elke organisme tot op genus of spesievlak geïdentifiseer en

getel maar andersins is met identifikasie tot op familievlak volstaan.

Statistiese ontledings

Aantal organismes: die totale aantal organismes wat by elke lokaliteit teenwoordig was.

Takson-rykheid (TR): die totale aantal taksa teenwoordig in 'n gemeenskap (lokaliteit).

Shannon-Wiener-indeks (H'): die waarde van H' kan normaalweg tussen 1.5 en 3.5 varieer, hoe hoër die waarde, hoe groter die diversiteit en hoe meer eweredig is die spesies versprei.

$$H = \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Pielou se eweredigheid (J'): hierdie indeks beskryf die verspreiding van veelheid tussen spesies by 'n gegewe versamelpunt en word as die Shannon-Wiener-indeks (H') gedeel deur die natuurlike logaritme van die totale aantal spesies gedefinieer. In 'n gesonde ekosisteem word aanvaar dat daar konsekwente patrone van eweredigheid in 'n gegewe gemeenskap sal wees wat vervolgens met gemeenskapstabiliteit in verband gebring kan word. Waardes kan tussen 0 en 1 wissel, waar 1 'n eweredige verspreiding van veelheid en 0 'n oneweredige verspreiding van veelheid verteenwoordig.

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Frekwensie van voorkoms: wanneer die ses lokaliteite en vyf opnames per lokaliteit in aanmerking geneem word, is daar 30 potensiele geleenthede om enige gegewe takson te versamel. Die aantal kere wat elke takson versamel is, is bymekaargetel om die frekwensie van voorkoms te bepaal.

Persentasie (%) voorkoms: totale aantal organismes per familie gedeel deur die totale aantal organismes van al die families wat gedurende die studie versamel is, uitgedruk as persentasie.

Resultate en bespreking

Die resultate word in Tabela 1 tot 3 asook Figuur 2 weergegee.

'n Totale diversiteit van 172 taksa (20 ordes en 81 families), verteenwoordig deur 12540 organismes, is tydens die ondersoek in die Maricorivier gevind (sien Tabel 1 in die aanhangsel). Hierdie hoë diversiteit ondersteun die evaluasie van DWS (2015), wat rapporteer dat die stroom Eko-status wissel van B/C in die bolope tot D stroomaf van die Marico-Bosvelddam, terwyl die makro-invertebrate wissel van A/B in die bolope tot C stroomaf van die Marico-Bosvelddam..

Die ordes wat deur die meeste taksa tydens die ondersoek verteenwoordig is, het die volgende ingesluit: Coleoptera (42 taksa), Diptera (31 taksa), Hemiptera (26 taksa), Odonata en Mollusca (Filum) (20 taksa elk), Trichoptera (11 taksa) en Ephemeroptera (8 taksa).

Volgens Thirion (2007) is daar 17 families met 'n voorkeur vir hoë waterkwaliteit, waarvan nege 'n beperkte verspreiding het en slegs agt moontlik tydens die studie versamel kon word. Vyf van hierdie agt is gevind insluitende Helodidae (Scirtidae), Hydropsychidae > 2 spp, Perlidae, Heptageniidae en Baetidae > 2 spp. Die ander drie sluit in: Oligoneuridae, wat hoofsaaklik in vinnigvloeiende, hoogliggende strome voorkom en ook redelik seisoenaal is,

Prosopistomatidae, wat so klein is dat hulle dikwels, volgens die literatuur, oorgesien word en ook nie met die huidige opname versamel is nie, en Ephemeridae, wat oorwegend in lentesse stelsels voorkom (Barber-James & Lugo-Ortiz 2003). Talle families met 'n voorkeur vir middelmatige waterkwaliteit (Thirion 2007) is ook gevind en hierdie families sluit Veliidae, Gerridae, Dixidae, Hydrometridae, Aeshnidae, Leptophlebiidae, Ecnomidae, Chlorocyphidae, Elmidae, Psephenidae, Hydraenidae, Atyidae, Athericidae, Philopotomidae en Polymitarcyidae in.

Die teenwoordigheid van soveel sensitiewe families ondersteun ook die feit dat die Maricorivier tot 'n groot mate ongeïmpakkeer is en dat die waterkwaliteit goed is (DEAT 2005).

Tabelle 1 en 2 verteenwoordig die families met die grootste persentasie voorkoms en hoogste frekwensie van voorkoms.

Nege en sestig van die 81 families het elk minder 1 % van die totale aantal organismes wat versamel is, verteenwoordig, terwyl 12 families dominant was en elk meer as 1 % van die totale aantal organismes verteenwoordig het (Tabel 1). Ses van hierdie families (Baetidae, Coenagrionidae, Caenidae, Chironomidae, Thiaridae en Tubificidae) stem ooreen met die families wat ook tydens ander studies in groot getalle teenwoordig was (Kemp *et al.* 2014). Verder is twaalf van die 81 families meer as 20 uit 30 keer versamel (Tabel 2).

Uit hierdie tabelle is dit duidelik dat Baetidae ('n familie wat eendagsvlieë verteenwoordig), wat met elke opname by al die lokaliteite gevind was, ook die mees dominante familie (19.4%) was. Spesies van hierdie vlieë wissel vanaf tolerant tot sensitief, waar die teenwoordigheid van een spesie by 'n lokaliteit waarskynlik 'n tolerante spesie is, terwyl die teenwoordigheid van meer spesies by 'n lokaliteit waarskynlik ook 'n sensitiewe spesie kan insluit (Dickens and Graham, 2002). Tydens hierdie ondersoek is daar 3 spesies in die Maricorivier gevind, waarvan een waarskynlik sensitief is. Hierdie familie diskrimineer oor die algemeen nie t.o.v. habitat nie (Thirion 2007), hulle groei vinnig en het die vermoë om te koloniseer. Dit is daarom nie vreemd dat hulle in groot getalle teenwoordig was en 'n hoë frekwensie van voorkoms gehad het nie.

Chironomidae, die familie wat in die tweede grootste getalle teenwoordig was (12 %), het ook 'n hoë frekwensie van voorkoms gehad en is 27 uit 30 keer gevind. Alhoewel hierdie familie, wat uit meer as 30 000 spesies bestaan, dikwels as 'n indikator vir organiese verryking gebruik word, is dit ook opportunisties en daarvoor bekend dat dit alle tydelike en permanente, akwatiese en semi-akwatiese habitate kan beset en ook eerste by 'n nuwe waterbron koloniseer (Mackay 1992). Sommige van die Mollusca, waaronder Thiaridae, Ancyliidae, Lymnaeidae en Planor-

bidae, was ook gereeld en in hoë getalle gevind (Tabelle 1 en 2). Dit is moontlik toe te skryf aan die feit dat hulle sessiel en hulle hele lewensiklus in die water by 'n bepaalde lokaliteit voltooi. Ander families soos, onder ander, Baetidae, Caenidae en Hydropsychidae het die vermoë om deur middel van vlug te versprei, en sodoende meer lokaliteite in die rivier te kan beset terwyl hul veelvuldige voortplantingssiklusse per jaar, moontlik hul groot getalle kan verklaar. Atyidae, die mees algemene varswatergarnaal, het die tweede hoogste frekwensie van voorkoms getoon en is gevolg deur Coenagrionidae, die waterjuffers.

Verder is die families wat in hierdie twee tabelle voorkom, oorwegend die wat óf nie spesifieke habitatvoorkeure het nie, bv. Baetidae, óf families vir wie die biotop en waterkwaliteit by die lokaliteite telkens sò geskik was dat hul deurentyd gevind kon word. Hierdie families se voorkeure het gevarieer tussen, byvoorbeeld, baie stadig vloeiende water (bv. Culicidae, Chironomidae, Caenidae, Lymnaeidae, Thiaridae, Leptophlebiidae, Notonectidae en Dytiscidae) tot baie vinnig vloeiende water (bv. Coenagrionidae, Ceratopogonidae en Hydropsychidae). Daar was families wat 'n voorkeur het vir plant-biotop (bv. Atyidae, Coenagrionidae, Lymnaeidae, Thiaridae en Dytiscidae), vir klippe of klipbanke (bv. Leptophlebiidae, Hydropsychidae, Ceratopogonidae en Ancyliidae), vir gruis sand en modder substraat (bv. Caenidae en Tubificidae), asook families wat in óf op die water voorkom (bv. Notonectidae, Corixidae en Culicidae). Hierdie families het ook 'n wye verdraagsaamheid vir waterkwaliteit gehad, vanaf laag (bv. Chironomidae, Caenidae en Coenagrionidae) tot baie goed (bv. Heptageniidae) (Thirion 2007).

Sommige families soos Daphniidae, Darwinulidae, Polymitarcyidae, Hydrometridae, Curculionidae, Hydrochidae, Spercheidae, Spaeriusidae, Stenopsychidae, Dixidae, Lep-topodidae, Ptychopteridae en Sciomyzidae het net met enkele opnames by enkele versamelpunte voorgekom. Hierdie verskynsel kan toe te skryf word aan verskeie redes

soos, onder andere, dat hulle klein is en selde versamel word bv. die Darwinulidae (Smith *et al.* 2006), of omdat dit in lae getalle of selde voorkom. Dit sluit die Darwinulidae en Hydrochidae in (Day *et al.* 2001; Stals & De Moor 2007). Die gedrag van sommige families bv. Polymitarcyidae (*P. adusta*), bepaal weer hul frekwensie van voorkoms, deurdat hulle grawend is en hulself in harde substrate soos hout bevind (Copeland *et al.* 2011). Dit is dus heel onwaarskynlik dat families soos dié tydens 'n diversiteitstudie versamel sal word.

Die gemiddelde aantal organismes wat per opname versamel is, het tussen 128 en 717 gevarieer, die taksarykheid tussen 18 en 46, die diversiteit indeks (H') tussen 2.07 en 2.74 en die eweredigheid (J') tussen 0.65 en 0.76. (Figuur 2 en Tabel 2 in bylaag). Vanuit hierdie histogramme is dit duidelik dat daar nie 'n merkbare patroon van toename of afname in diversiteit vanaf die oorsprong tot by die einde van die rivier was nie. Die verskille wat wel voorgekom het, is grotendeels toe te skryf aan die habitat en die beskikbaarheid van biotop, soos reeds genoem. Belangriker, is dat daar deurentyd 'n relatief hoë taksarykheid en spesie diversiteit gevind was en dat hierdie spesies eweredig versprei was, wat dui op 'n gesonde ekostelsel.

Wat die geselekteerde waterkwaliteitsparameters (temperatuur, pH, EG, vloeisnelheid en turbiditeit, Tabel 3) wat tydens hierdie ondersoek gemeet is, betref, was al die parameters binne die toleransiereekse vir akwatiese makro-invertebrate (Holmes 1996). Die gemiddelde watertemperatuur in die Maricorivier het by die onderskeie lokaliteite tussen 16.9 en 21.5 °C gewissel, terwyl pH tussen 6.93 en 7.82, EG tussen 264 en 407 $\mu\text{S}/\text{cm}$, vloeitempo tussen 0.04 en 0.82 m/s gevarieer het. Die water was deurentyd redelik helder met 'n turbiditeit van tussen 5 en 30 NTU (Tabel 3).

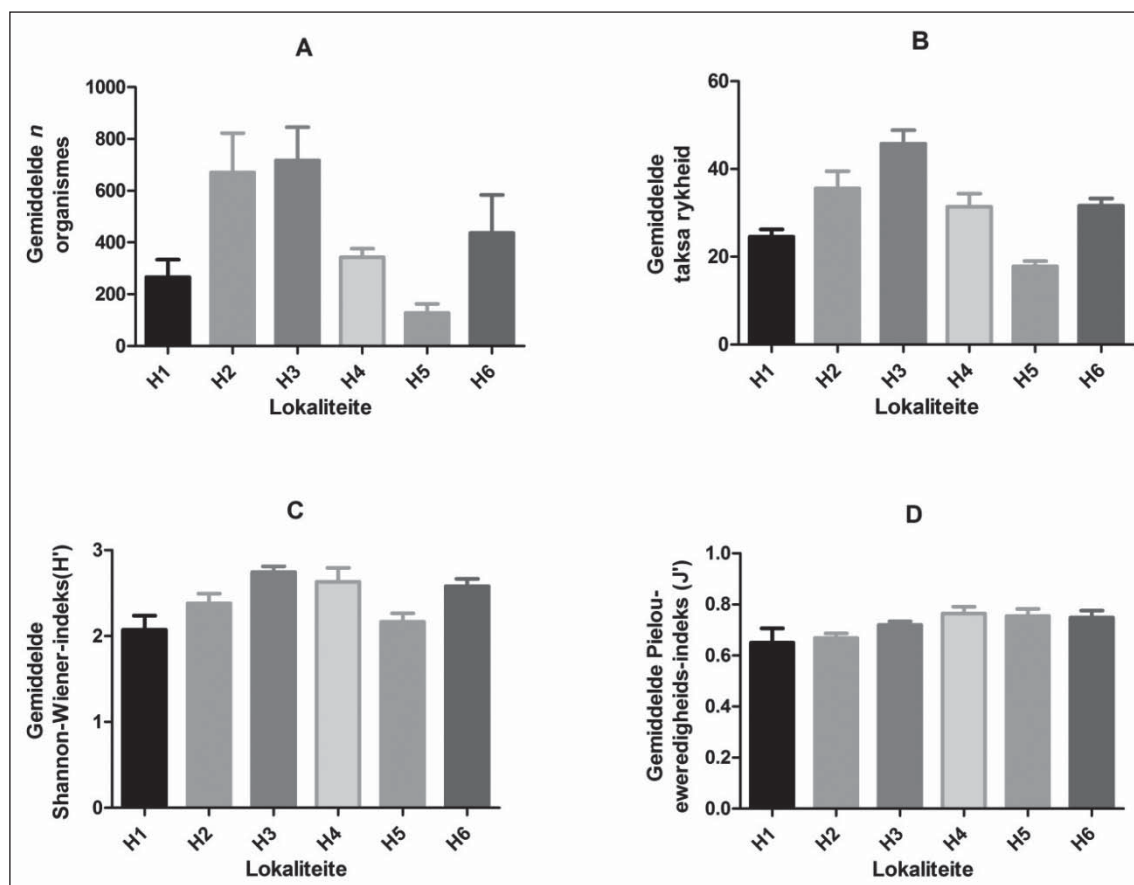
Om op te som kan afgelei word dat die rivier oorwegend oor 'n hoë taksarykheid en diversiteit beskik en dat die taksarykheid eweredig versprei is, wat op 'n gesonde ekostelsel dui. Die teenwoordigheid van verskeie hoogs sensitiewe

TABEL 1: Families met 'n persentasie voorkoms groter as 1%

Tabel 1	
Voorkoms > 1%	
Baetidae	19.4
Chironomidae	12.8
Caenidae	7.5
Atyidae	6.1
Coenagrionidae	5.2
Planorbidae	3.8
Lymnaeidae	3.4
Thiaridae	3.1
Leptophlebiidae	2.8
Tubificidae	2.8
Hydropsychidae	2.5
Ancyliidae	1.9

TABEL 2: Families met 'n frekwensie van voorkoms groter as 20

Tabel 2	
Frekwensie van Voorkoms > 20	
Baetidae	30
Atyidae	28
Coenagrionidae	27
Chironomidae	27
Corixidae	24
Lymnaeidae	23
Notonectidae	22
Ceratopogonidae	22
Culicidae	22
Ancyliidae	21
Caenidae	21
Dytiscidae	21



FIGUUR 2: Gemiddeld en standaardafwyking van die aantal (n) organismes per opname, takson-rykheid, diversiteit (H') en eweredigheidsindeks (J') wat by die verskillende lokaliteite tydens die vyf opnames gevind is.

TABEL 3: Gemiddelde temperatuur, pH, elektriese geleiding (EG), vloeitempo en turbiditeit by elke versamelpunt vir die vyf opnames.

Gemiddeld per opname:	Temperatuur ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Elektriese Geleiding ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Vloeitempo (m/s)	Turbiditeit (NTU)
H1	19.4	6.93	350	0.04	5
H2	16.9	7.19	288.4	0.46	5.4
H3	18.5	7.26	287.2	0.82	30.3
H4	19.3	7.47	264	0.24	5
H5	20.1	7.82	399.4	0.26	29.8
H6	21.5	7.51	407.8	0.04	15

taksa, of taksa met 'n voorkeur vir hoë waterkwaliteit insluitend Helodidae (Scirtidae), Hydropsychidae > 2 spp, Perlidae, Heptageniidae en Baetidae > 2 spp, ondersteun hierdie stelling. Die outeurs sluit nie die moontlikheid uit dat daar selfs nog meer taksa in die rivier teenwoordig kon wees, wat nie tydens hierdie opnames versamel is nie, maar is van mening dat hierdie diversiteitslys as verwysing sal kan dien vir wat in ander standhoudende riviere, by versamelpunte wat in ooreenstemmende Ekostreke voorkom, verwag sou kon word.

Erkenning

Hiermee bedank ons die Skool vir Biologiese Wetenskappe, Noordwes-Universiteit, Potchefstroom, Suid-Afrika, vir die verskaffing van finansiële en infrastruktuur-ondersteuning, asook Professor Kenné de Kock, vir hulp met die identifikasie van organismes.

Outeursbydrae

C.T.W. (Noordwes-Universiteit) en M.K. (Noordwes-Universiteit) was betrokke by die beplanning van die projek, versameling van die makroinvertebrate, verwerking van die resultate asook die beplanning en skryf van die manuskrip. V.W. (Noordwes-Universiteit) was betrokke by die beplanning van die projek asook die beplanning en skryf van die manuskrip.

Mededingende belange

Die outeurs verklaar dat hulle geen finansiële of persoonlike verhouding(s) het wat hulle op 'n voordelige of nadelige wyse by die skryf van die artikel beïnvloed het nie.

Verwysings

- Barber-James HM, Lugo-Ortiz CR. 2003. Ephemeroptera. In: De Moor IJ, Day JA and De Moor FC (eds.) *Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera*. WRC Report No. TT 207/03. Water Research Commission, Pretoria. 16-142.
- Copeland RS, Nkubaye E, Nzigidahera B, Cuda JP, Overholt WA. 2011. The African burrowing mayfly, *Povilla adusta* (Ephemeroptera: Polymitarcyidae), damages hydrilla verticillata (alismatales: Hydrocharitaceae) in Lake Tanganyika. *Florida Entomologist* 669-676.
- Dallas HF. 2004. Seasonal variability of macroinvertebrate assemblages in two regions of South Africa: implications for aquatic bioassessment. *African Journal of Aquatic Science* 29, 173-184.
- Dallas HF. 2007. The influence of biotope availability on macroinvertebrate assemblages in South African rivers: implications for aquatic bioassessment. *Freshwater Biology* 52, 370-380.
- Day JA, De Moor IJ, (eds.). 2001. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 3, Crustacea 2: Ostracoda, Copepoda and Branchiura. *WRC Report No. TT 148/01*. Water Research Commission, Pretoria.
- Day JA, De Moor IJ, (eds.). 2002a. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 5, Non-Arthropods: the Protozoans, Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nemertea, Rotifera, Nematoda, Gastrotricha, Bryozoa, Tardigrada, Polychaeta, Oligochaeta and Hirudinea. *WRC Report No. TT 167/02*. Water Research Commission, Pretoria.
- Day JA, De Moor IJ, (eds.). 2002b. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 6, Arachnida and Mollusca: Araneae, Water Mites and Mollusca. *WRC Report No. TT 182/02*. Water Research Commission, Pretoria.
- Day JA, De Moor IJ, Stewart BA, Louw AE (eds.). 2001. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 3, Crustacea 2: Ostracoda, Copepoda and Branchiura. *WRC Report No. TT 148/01*. Water Research Commission, Pretoria.
- Day JA, Harrison AD, De Moor IJ, (eds.). 2002. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 9, Diptera. *WRC Report No. TT 201/02*. Water Research Commission, Pretoria.
- Day JA, Stewart BA, De Moor IJ, Louw AE, (eds.). 1999. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 2, Crustacea 1: Notostraca, Anostraca, Conchostraca and Cladocera. *WRC Report No. TT 121/00*. Water Research Commission, Pretoria.
- De Moor IJ, Day JA, De Moor FC, (eds.). 2003a. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 7, Insecta 1: Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera. *WRC Report No. TT 207/03*. Water Research Commission, Pretoria.
- De Moor IJ, Day JA, De Moor FC, (eds.). 2003b. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 7, Insecta 2: Hemiptera, Megaloptera, Neuroptera, Trichoptera and Lepidoptera. *WRC Report No. TT 214/03*. Water Research Commission, Pretoria.
- Dickens CW, Graham PM. 2002. The South African Scoring System (SASS) version 5 rapid bioassessment method for rivers. *African Journal of Aquatic Science*, 27, 1-10.
- Duan X, Wang Z, Tian S. 2008. Effect of streambed substrate on macroinvertebrate biodiversity. *Frontiers of Environmental Science and Engineering in China* 2, 122-128.
- DEAT (Department of Environmental Affairs and Tourism). 2005. River Health Programme, State-of-Rivers Report: Monitoring and Managing the Ecological State of Rivers in the Crocodile (West) Marico Water Management Area. DEAT, Pretoria, South Africa
- DWS (Department: Water and Sanitation). 2015. North West Regional Office Directorate: Institutional Establishment River Health Programme in Crocodile West Marico. *WMA Technical Report 3 Final*. Contract No. Wp 10592
- Eady BR, Hill TR, Rivers-Moore NA. 2014. Shifts in aquatic macroinvertebrate community structure in response to perennality, southern Cape, South Africa. *Journal of Freshwater Ecology* 29, 475-490.
- Gerber A, Gabriel MJM. 2002a. Aquatic invertebrates of South African rivers, field guide (1st edn.). Institute for Water Quality Studies, *Department of Water Affairs and Forestry (DWAF)*, Pretoria.
- Gerber A, Gabriel MJM. 2002b. Aquatic invertebrates of South African rivers, illustrations, version 2. Institute for Water Quality Studies, *Department of Water Affairs and Forestry (DWAF)*, Pretoria.
- Hawkins CP, Sedell JR. 1981. Longitudinal and seasonal changes in functional organization of macroinvertebrate communities in four Oregon streams. *Ecology* 387-397.
- Heatherly T, Whiles MR, Royer TV, David MB. 2007. Relationships between water quality, habitat quality, and macroinvertebrate assemblages in Illinois streams. *Journal of Environmental Quality* 36, 1653-1660.
- Holmes S, (ed.). 1996. South African water quality guidelines. Volume 7: Aquatic ecosystems. *Department of Water Affairs and Forestry (DWAF)*. Government Printer. Pretoria.
- Kemp M, De Kock KN, Zaayman JL, Wolmarans CT. 2016. A comparison of mollusc diversity between the relatively pristine Marico River and the impacted Crocodile River, two major tributaries of the Limpopo River, South Africa. *Water SA*, 42(2), 253-260.
- Kemp M, De Kock KN, Wepener V, Roets W, Quinn L, Wolmarans CT. 2014. Influence of selected abiotic factors on aquatic macroinvertebrate assemblages in the Olifants River catchment, Mpumalanga, South Africa. *African Journal of Aquatic Science* 39, 141-149.
- Kiffney PM, Clements WH. 1994. Effects of heavy metals on a macroinvertebrate assemblage from a Rocky Mountain stream in experimental microcosms. *Journal of the North American Benthological Society* 13, 511-523.
- Khoza ZCC, Potgieter MJ, Vlok W. 2012. A preliminary survey of biotic composition of the Olifantspruit catchment, South Africa. *African Journal of Aquatic Science* 37, 201-208.
- Kleynhans CJ, Thirion C, Moolman J. 2005. A level I river ecoregion classification system for South Africa, Lesotho and Swaziland. *Pretoria: Department of Water Affairs and Forestry*.
- Mackay RJ. 1992. Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49, 617-628.
- Nel J. 2011. Atlas of Freshwater Ecosystem Priority Areas in South Africa, CSIR Impact Series. URL: http://www.csir.co.za/impact/docs/Final_Freshwater_Atlas_Article.pdf (20 September 2018).
- SANews. 2018. Marico listed as UNESCO biosphere reserve. South African Government News Agency. URL: <https://www.sanews.gov.za/south-africa/marico-listed-unesco-biosphere-reserve> (21 September 2018)
- Smith RJ, Kamiya T, Horne DJ. 2006. Living males of the 'ancient asexual' Darwinulidae (Ostracoda: Crustacea). *Proceedings. Biological Sciences* 273, 1569-78.
- Stals R, De Moor IJ, (eds.). 2007. Guides to the Freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 10, Coleoptera. *WRC Report No. TT 320/07*. Water Research Commission, Pretoria.
- Thirion C. 2007. Module E: Macroinvertebrate Response Assessment Index in River EcoClassification: Manual for EcoStatus Determination (version 2). *Joint Water Research Commission and Department of Water Affairs and Forestry report*. WRC Report.
- Weber NS, Booker DJ, Dunbar MJ, Ibbotson AT, Wheeler HS. 2004. Modelling stream invertebrate drift using particle tracking. IAHR Congress Proceedings. Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic Habitats: Analysis and Restoration. Madrid, Spain.
- Wolmarans CT, Kemp M, De Kock KN, Roets W, Van Rensburg L, Quinn L. 2014. A semi-quantitative survey of macroinvertebrates at selected sites to evaluate the ecosystem health of the Olifants River. *Water SA* 40, 245-254.

Bylaag

TABEL 1: Lys van makroinvertebrate en die aantal kere wat hulle by elke lokaliteit versamel is. Vetgedrukte getalle dui aan waar meer as 20 organismes van 'n taksa versamel is.

	Taksa	H1	H2	H3	H4	H5	H6
Hydroida							
Hydridae	<i>Hydra</i>					1	1
Platyhelminthes							
Turbellaria	<i>Mesostoma</i>			2			
Veneroida							
Corbiculidae	<i>Corbicula fluminalis africana</i>			3	1	3	
Sphaeriidae	<i>Pisidium costulosum</i>		3	3			
	<i>Pisidium langleyanum</i>	3	3	4	1	1	1
	<i>Pisidium viridarium</i>	1	1				
Unionidae	<i>Unio caffer</i>						1
Prosobranchia							
Thiaridae	<i>Melanoides tuberculata</i>			5			5
	<i>Melanoides victoriae</i>			1			
Basommatophora							
Ancylidae	<i>Ferrissia cawstoni</i>				2		
	<i>Burnupia trapezoidea</i>	3	4	4	2	1	5
Lymnaeidae	<i>Lymnaea natalensis</i>	4	2	4	5	2	5
	<i>Pseudosuccinea columella</i>			1	2		
Physidae	<i>Physa acuta</i>			3			
Planorbidae	<i>Ceratophallus natalensis</i>	1					
	<i>Bulinus forskalii</i>				1		1
	<i>Bulinus africanus</i>		1	2	2		5
	<i>Gyraulus costulatus</i>			2	2		2
	<i>Gyraulus connollyi</i>	3	1	2	3		3
	<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	2					3
	<i>Bulinus depressus</i>				1		5
	<i>Helisoma duryi</i>						1
Haplotaxida							
Tubificidae	<i>Tubifex tubifex</i>	3	2	2	4	4	3
	<i>Branchiura sowerbyi</i>			1	2	1	3
Hirudinea							
Glossiphoniidae	<i>Helobdella stagnalis</i>	3		1	1		2
Branchiura							
Dolops	<i>Dolops ranarum</i>						1
Cladocera							
Daphnidae	<i>Simocephalus</i>	3			1	1	1
Ostracoda							
Darwinulidae	<i>Darwinula stevensoni</i>				1		
Decapoda							
Atyidae	<i>Caridina nilotica</i>	4	4	5	5	5	5
Potamonautidae	<i>Potamonautes</i>	1	2	2		3	1
Acarina							
Hydrachnella	<i>Sp.</i>	1			1		
Ephemeroptera							
Baetidae	<i>Afroptilum</i>			1			
	<i>Acanthiops erepens</i>	5	4	3	4		4
	<i>Cloeon en Procloeon</i>		2	2	1	5	2
Caenidae	<i>Caenis</i>	4	4	4	5	4	
Polymitarcyidae	<i>Povilla adusta</i>				1		
Heptageniidae	<i>Afronurus</i> morf. 1		2	3	1		
	<i>Afronurus</i> morf. 2		1	1			
Leptophlebiidae	<i>Euthraulus elegans</i>		3	2			

Odonata							
Zygoptera							
Coenagrionidae	<i>Pseudagrion citricola</i>	4	4	4	3	5	4
	<i>Pseudagrion</i> morf. 2	1			1		
	<i>Pseudagrion</i> morf. 3	1		2	3		
	<i>Enallagma</i>				2		1
	<i>Agriocnemis</i>				1		
Lestidae	<i>Lestes plagiatus</i>		1	1	2		1
Chlorocyphidae	<i>Platycypha caligata caligata</i>		3	4	1		1
Aeshnidae	<i>Anax</i>	4	2	4	3		4
	<i>Aeshna</i>		1	3			
Anisoptera							
Gomphidae	<i>Paragomphus genei</i>		3	2	2	3	
	<i>Ceratogomphus pictus</i>		1	2			
	<i>Notogomphus praetorius</i>			1			
Libellulidae	<i>Notiothemis jonesi jonesi</i>		1	2			
	<i>Trithemis dorsalis</i>		3	2	4	1	4
	<i>Orthetrum</i>			1			1
	<i>Sympetrum fonscolombii</i>		1				
	<i>Tetrathemis polleni</i>		1	2	1		
	<i>Diplacodes</i>				1		1
	<i>Trithemis weneri</i>	1					
Macromiidae	<i>Phyllomacromia picta</i>			1	1		
Plecoptera							
Perlidae	<i>Neoperla</i>		4	3			
Hemiptera							
Belostomatidae	<i>Appasus</i>		2	3	3	2	5
Corixidae	<i>Micronecta</i>	2	5	3	3	3	3
	<i>Sigara</i>		2	4	2	1	3
	<i>Agraptocorixa</i>	1		1		1	1
Gerridae	<i>Neogerris</i>			1			1
	<i>Eurymetra natalensis</i>	1	1	2	3	2	2
	<i>Aquarius distanti</i>				2		
	<i>Limnogonus</i>				1	1	
	<i>Gerris swakopensis</i>		2	3	3	1	1
	<i>Tenagogonus</i>				1		
	<i>Rhagodatarsus hutchinsonii</i>						1
Hydrometridae	<i>Hydrometra</i>					1	
Leptopodidae	<i>Leptopodidae</i> sp.		1				
Mesoveliidae	<i>Mesovelia vittigera</i>		1	2	3	3	4
	<i>Mesovelia</i> morf. 2			2	1		
Naucoridae	<i>Laccocoris</i>			2	2	2	2
	<i>Neomacrocoris</i>	1					
Nepidae	<i>Ranatrinae Ranatra</i>	1	1	2	1		3
	<i>Laccotrephes</i>						2
Notonectidae	<i>Anisops</i> morf. 1	2	2		1		
	<i>Anisops</i> morf. 2						
	<i>Enithares</i>	3	3	4	2	3	3
	<i>Nychia limpida</i>		2	1		3	1
Pleidae	<i>Plea pullula</i>	1	1	1			1
	<i>Plea piccanina</i>		2				
Veliidae	<i>Rhagovelia</i>			2		1	
Coleoptera							
Chrysomelidae	<i>Donacinae Donaciasta</i>		2	2			
Curculionidae	<i>Neochetina</i>				1		
	<i>Pseudobagous longulus</i>	1					

Dytiscidae	<i>Nebrioporus</i>	1		1			
	<i>Leodytes</i>					1	
	<i>Hydrovatus</i>	1		1			
	<i>Hydroporinae Yola</i>			1	1		
	<i>Laccophilinae Laccophilus morf. 1</i>		4	1	5		2
	<i>Laccophilinae Laccophilus morf. 2</i>						1
	<i>Methles</i>	1		1			
	<i>Cybister</i>				2		1
	<i>Hydaticus</i>		1	2			1
	<i>Philodytes</i>	2	1				1
	<i>Philaccolus</i>		1				
	<i>Hydroglyphus</i>		1	2			2
	<i>Derovatellus</i>	2		1			1
	<i>Clypeodytes</i>			1			1
	<i>Hyphydrus</i>	1					
Elmidae	<i>Stenelmis</i>		2	1	2		
	<i>Potamodytes</i>			1			
	Microdinodes			1			
	Elminae larf	1	4	5			
	Lorainae larf		3	2			
Gyrinidae	<i>Orectogyrus</i>		2	4	1		
	<i>Dineutus</i>					1	
	<i>Gyrinus</i>			1			
Haliplidae	Haliplus			2			
Hydraenidae	<i>Parasthetops</i>			1			
	<i>Ochthebius</i>			1			
Hydraenidae	Hydraenidae larf	1					
Hydrochidae	<i>Hydrochus</i>						1
Hydrophilidae	<i>Enochrus</i>			1			1
	<i>Berosini Berosus</i>						4
	<i>Laccobiini Laccobius</i>		2	2	2	2	
	<i>Regimbartia</i>			1			1
Noteridae	<i>Neohydrocoptus</i>			1			
	<i>Hydrocanthus</i>				1		1
Psephenidae	<i>Afrobrianax ferdyi</i>		2	3			
Scirtidae	<i>Cyphon</i>		1				
	Scirtidae larf		1	1			
Spercheidae	Spercheidae sp.				1		
Sphaeriusidae	Sphaeriusidae larf		1				
Trichoptera							
Ecnomidae	<i>Ecnomus thomasseti</i>		2	3	3	1	
Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche thomasseti</i>		3	3	2		
	<i>Cheumatopsyche morf. 2</i>		2	2			
Hydroptilidae	<i>Thricholeiochiton</i>		1				
	<i>Hydroptila cruciata</i>		2	1	1		
Leptoceridae	<i>Homilia</i>		2	1	1		
	<i>Leptocerus</i>		1	1			
	<i>Leptocerina</i>		3	1			
	<i>Paracetodes</i>		1				
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>		2	3			
Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i>			1			
Lepidoptera							
Crambidae	<i>Nymphulinae Nymphula</i>	1		2			
Diptera							
Athericidae	<i>Athericinae Suragina</i>		2	2			
Ceratopogonidae	<i>Bezzia</i>	4	5	2	4	2	4
	<i>Dasyhelia</i>				1		
Chaoboridae	<i>Chaoborus microstictus</i>	1	1	1	1	2	2

Chironomidae	Chironominae <i>Chironomus</i>	2	2	1		2
	Chironominae <i>Harnishia</i>	2	2	1	2	1
	Chironominae morf. 3	1			1	1
	Tanypodinae morf. 1	4	4	5	5	2
	Tanypodinae morf. 2			1	1	1
	<i>Orthocladinae</i>		1	1	1	1
Culicidae	Culicinae <i>Culex</i>	4	1	2	3	1
	<i>Aedes</i>	1				
	Anophelinae <i>Anopheles</i>	1	2	3	5	1
Dixidae	<i>Dixa</i>		1			
Dolichopodidae	Dolichopodidae larf		1	1		3
Ephydriidae	<i>Scatella fusca</i>			1		
Empididae	<i>Hemerodromia</i>		1			
Muscidae	<i>Limnophora</i>		1		1	1
Psychodidae	<i>Clogmia</i>		1	1		
Ptychopteridae	<i>Ptychoptera</i>					1
Sciomyzidae	Sciomyzidae sp.			1		
Simuliidae	<i>Simulium Nevermannia nigritarse</i>		1	2	1	
	<i>Simulium Meillonium adersi</i>		2	2	1	
	<i>Simulium metomphalus hargreavesi</i>		1	1		
	<i>Simulium Lewisellum neavei</i>			1		
Stratiomyidae	Stratiomyidae larf	1	1	1	1	1
Tabanidae	Tabanidae larf		3	3	3	1
Tipulidae	<i>Tipula</i>	1	2	2		1
	<i>Limnophila</i>	1	2	2		
	Limoniiniinae		1	1		1
	<i>Antocha</i>		1			1
Totale n taksa: 172	Takson-rykheid per lokaliteit	50	89	114	78	45
Totale n organismes: 12540						

TABEL 2: Gemiddelde aantal organismes, takson-rykheid, diversiteit (H') en eweredigheid (J') by elke versamelpunt vir die vyf opnames.

Gemiddeld per opname:	Aantal Organismes	Takson-rykheid	Shannon-Wiener (H')	Pielou Eweredigheit (J')
H1	267	25	2.07	0.65
H2	670	36	2.39	0.67
H3	717	46	2.74	0.72
H4	343	31	2.63	0.76
H5	128	18	2.17	0.75
H6	437	32	2.58	0.75