

Aspekte van die ekologiese toestand van die Mvotirivier in die Stanger-omgewing, KwaZulu-Natal

Aspects of the ecological state of the Mvoti River in the Stanger area, KwaZulu-Natal

W. MALHERBE, V. WEPENER EN

J.H.J. VAN VUREN

Universiteit van Johannesburg,
Departement Dierkunde,
Posbus 524, Aucklandpark, 2006
E-pos: wynand@webmail.co.za



Johan van Vuren



Victor Wepener



Wynand Malherbe

WYNAND MALHERBE is tans 'n nagraadse student in die Departement Dierkunde van die Universiteit van Johannesburg. Hy behaal in 2007 sy M.Sc en is tans besig met sy Ph.D in Akwatiese Gesondheid. Deeltyds doen hy ook verskeie konsultasie projekte deur die departement se konsultasie afdeling, Econ@UJ. Sy navorsingsbelangstelling is die ekologie en ekotoksikologie van akwatiese ekosisteme.

WYNAND MALHERBE is at present a postgraduate student in the Zoology Department of the University of Johannesburg. He received his M.Sc in 2007 and is currently busy with his Ph.D in Aquatic Health. He is also actively involved in consulting projects through the department's consulting section, Econ@UJ. His research interests are the ecology and ecotoxicology of aquatic ecosystems.

VICTOR WEPENER is 'n professor in Dierkunde aan die Universiteit van Johannesburg waar hy sedert 2001 werksaam is. Hy behaal sy doktorsgraad in Dierkunde in 1997 aan die Randse Afrikaanse Universiteit. Tussen 1992 en 2001 was hy verbonde aan die Departement Dierkunde, Universiteit van Zoeloeland as lektor en senior lektor en navorser in die Kusnavorsingseenheid van Zoeloeland. Sy navorsingsbelangstelling behels ekotoksikologie in varswater-, gety- en mariene ekosisteme. Hy is outeur of medeouteur van 37 vakwetenskap publikasies in nasionale en internasionale tydskrifte. Sy navorsing is by 39 nasionale en 21 internasionale kongresse gelewer. Hy is 'n Nasionale Navorsingstigting geëvalueerde wetenskaplike en dien op die redaksieraad van twee internasionale joernale.

VICTOR WEPENER is a professor in Zoology at the University of Johannesburg where he has been employed since 2001. He obtained his PhD from the Rand Afrikaans University in 1997. He was employed as a lecturer and senior lecturer in Zoology at the University of Zululand from 1993 to 2001. During this period he was also a senior researcher with the Coastal Research Unit of Zululand. His research interests include ecotoxicology in freshwater, estuarine and marine ecosystems. He is author and co-author of 37 peer-reviewed scientific papers in both national and international journals. His research results have been presented at 39 national and 21 international conferences. He is a National Research Foundation rated scientist and he serves on the editorial boards of two international journals.

JOHAN VAN VUREN is tans Professor en Hoof van die Departement Dierkunde aan die Universiteit van Johannesburg. Hy het 'n PhD in Dierkunde aan die voormalige RAU behaal vir navorsing op die effek van omgewingstressors op hematologie van varswatervis. Sy navorsingsbelangstelling is waterkwaliteit en die gevolge daarvan op visfisiologie. In sy navorsing fokus hy op die gebruik van biomerkers

JOHAN VAN VUREN is currently Professor and Head of the Department of Zoology at the University of Johannesburg. He holds a PhD in Zoology from the former RAU for research done on the effect of environmental stressors on the haematology of freshwater fish. His research focuses on water quality and the effect thereof on the physiology of fish. The use of biomarkers for the identification of the effects

vir die identifisering van die nadelige effekte van 'n besoedelde omgewing op die oorlewing van organismes onder besoedelde omstandighede. Die gevolge van metaalbesoedeling en Endokriene Verstoringstowwe word spesifiek bestudeer. Meer as 40 Magister- en Doktorsale studente het hulle studies onder sy leiding voltooi en hy is die outeur en mede-outeur van 97 artikels in nasionale en internasionale tydskrifte.

of pollutants on the survival of organisms in polluted environments receives attention. The effects of metal pollution and Endocrine Disrupting Chemicals are specifically studied. More than 40 Master's and PhD students completed their studies under his supervision and he is the author and co-author of 97 articles in scientific journals.

ABSTRACT

Aspects of the ecological state of the Mvoti River in the Stanger area, KwaZulu-Natal

Water is a scarce resource and if its quantity and quality are insufficient, it cannot provide the necessary goods and services to the various water consumers. Biomonitoring is used to determine the ecological state of water resources through the use of various biotic indices. The initiation of the River Health Programme (RHP) in South Africa has given sufficient momentum to biomonitoring of rivers in South Africa. The RHP has developed and refined various biomonitoring indices to assess the ecological state of ecosystem components. The Mvoti River, in the vicinity of Stanger, is subjected to extensive water abstraction, which is then utilised for irrigation, industrial use, urban water requirements and various domestic uses by informal settlements. Previous studies on the river indicated that it is in a severely degraded state, especially below the confluences of the Nchaweni and Mbozambo rivers. Thus, this assessment of the current ecological status of the Mvoti River was undertaken to possibly identify the main causes of the degraded state. The study was undertaken during the high (February) and low flow (August) periods in 2005. Selected monitoring sites included sites used in previous studies on the Mvoti River as well as sites on the Nchaweni and Mbozambo tributaries. The RHP methods were implemented in this study to determine the ecological state of the macroinvertebrate and fish communities. Habitat indices and water samples were also used to assess the state of the abiotic components. The habitat indices implemented in this study were the Habitat Quality Index (HQI) and Integrated Habitat Assessment System (IHAS). Physico-chemical water analyses were done during each sampling period to assess the water quality. The biotic indices used included the South African Scoring System 5 (SASS5) index to assess the macro-invertebrate community and the Fish Assemblage Integrity Index (FAII) to assess the fish community. The lower Mvoti River contains very little habitat of good quality to support the biotic communities. The habitat is generally degraded due to the destruction of the riparian zone and the dominance of alien vegetation in the form of reeds. This, together with land-use and water abstraction activities, has caused high sediment loads in the lower Mvoti River which are continually moving. The results have shown that site MR1 is in an almost natural state with few modifications. The relative reference site, MR2, was, except for the fish community that showed various modifications, in good condition. The condition of the sites downstream decreased as the various activities around Stanger started to impact on the river. Site MR4 located directly below all activities surrounding Stanger was in a poor ecological state. The results of the Nchaweni and Mbozambo tributaries also indicated that the macroinvertebrate and fish communities are in a degraded condition due to the poor water quality in these systems. The main impact on the Mvoti River and its tributaries is the low habitat diversity together with the altered water quality associated with the multitude of activities in the Stanger area. Overall, the Mvoti River is in a seriously degraded state with even the reference site being subjected to impacts that could potentially be harmful to the ecosystem. The ecological state of the river decreases as it moves past Stanger and is subjected

to the impacts from the Nchaweni and Mbozambo rivers in the form of nutrients and salinity concentrations. The impacts on the Mvoti River have a multitude of different sources and if the aquatic ecosystem is to improve, only a collective effort will be of any value.

KEYWORDS: Mvoti River, Stanger, ecological state, macroinvertebrates, fish, SASS5, FAII, water quality, habitat, Nchaweni River

TREFWOORDE: Mvotirivier, Stanger, ekologiese toestand, makro-invertebrate, vis, SASS5, FAII, waterkwaliteit, habitat, Nchawenrivier

OPSOMMING

Water is 'n skaars hulpbron en as die waterkwantiteit en -kwaliteit onvoldoende is, kan die hulpbron nie noodsaaklike goedere en dienste aan die verskillende waterverbruikers lewer nie. Biomonitoring van die toestand van ekosisteme word gedoen sodat die waterkwaliteit van 'n hulpbron bepaal kan word. Biotiese indekse word gebruik om die toestand van die verskillende biotiese gemeenskappe te bepaal. Die instelling van die Rivieregesondheidsprogram (RGP) in Suid-Afrika het momentum aan die biomonitoring van riviere verskaf. Die RGP het gelei tot die ontwikkeling en verfyning van 'n verskeidenheid biomonitoringsindekse om die verskillende ekosisteemkomponente se ekologiese toestand te bepaal. In hierdie studie is die RGP-metodes gebruik om die ekologiese toestande van die makro-invertebraat- en visgemeenskappe te bepaal. Habitatsindekse is bereken en watermonsters is geneem om die toestande van die abiotiese omgewing te bepaal. Die resultate het getoon dat lokaliteit MR1 in 'n goeie, meestal natuurlike toestand is. Die lokaliteit MR2, wat as 'n relatiewe verwysingslokaliteit gedien het, was, behalwe vir die visgemeenskap in 'n goeie toestand. Die lokaliteite verder stroomaf in die Mvotirivier se toestand het verswak as gevolg van die impak van die aktiwiteite in die Stanger-omgewing op die rivier. Lokaliteit MR4, direk onder al die aktiwiteite, is in 'n swak ekologiese toestand. Die resultate van die Nchaweni- en Mbozamborivier het ook getoon dat die makro-invertebraat- en visgemeenskappe in 'n swak toestand is as gevolg van swak waterkwaliteit. Die grootste impak op die Mvotirivier en die sytakke is die lae habitatsdiversiteit en die verlaagde waterkwaliteit veroorsaak deur die verskeie aktiwiteite rondom Stanger.

INLEIDING

Die daarstelling van die Ekologiesereserwekonsep in die Nasionale Waterwet¹ het bygedra tot die toenemende gebruik van biomonitoringstegnieke om die huidige ekologiese toestand van riviere in Suid-Afrika te bepaal. Die ekologiese toestand van 'n rivier bied inligting wat die waterkwantiteits en -kwaliteitsbehoefte van die akwatiese ekosisteem kan bepaal. Wanneer die waterkwantiteit en -kwaliteit onvoldoende is, kan 'n waterhulpbron nie die noodsaaklike goedere en dienste aan die verskillende waterverbruikers lewer nie.

Biomonitoring van die ekosisteemtoestand word uitgevoer deur middel van biotiese indekse, wat die toestand van verskillende biotiese gemeenskappe bepaal of monitor.² Die biologiese indekse word gewoonlik tesame met waterkwaliteitsmonitoring gebruik aangesien laasgenoemde nie altyd genoegsame inligting verskaf nie. Waterkwaliteitsmonitoring alleen kan nie die uitwerking van chemikalieë by hoër vlakke van biologiese organisasie aandui nie, ook nie die verspreiding van chemikalieë in die ekosisteem in aanmerking neem nie, en verskaf ook nie inligting aangaande die interaksies met ander veranderlikes in die ekosisteem nie.³ Derhalwe bied die biologiese strukture 'n aanduiding van ekosisteeminteraksies en word die uitwerking daarvan by 'n hoër vlak van biologiese organisasie geïntegreer.⁴

Die daarstelling van die Rivieregesondheidsprogram (RGP) het momentum aan biomonitoring van riviere in Suid-Afrika verskaf. Die RGP het gelei tot die ontwikkeling en verfyning van 'n

verskeidenheid biomonitoringsindekse om die verskillende ekosisteemkomponente se ekologiese toestand te bepaal.⁵ Die ekosisteemkomponente wat gebruik word om die huidige ekologiese toestand te bepaal is die fisiese habitat, waterkwaliteit, die makro-invertebraat- en visgemeenskappe.

Die Mvotirivier ontspring in die laer dele van die Drakensberge en vloei dan in 'n suidoostelike rigting en mond naby Stanger in die Indiese Oseaan uit. Die aktiwiteite langs die Mvotirivier, voordat dit Stanger bereik, sluit bosbou, landbou en suikerrietplantasies in. In die Stanger-omgewing voorsien die Mvotirivier in die waterbehoefte van landbou, industrieë, asook stedelike en informele nedersettings.⁶ Vorige studies op die rivier het getoon dat die rivier in 'n ernstig verswakte toestand is en dit moontlik aan die swak waterkwaliteit afkomstig vanuit twee sytakke, naamlik die Nchaweni- en Mbozamborivier, toegeskryf kan word.^{7,8} Hierdie studie is daarom onderneem om die huidige ekologiese toestand van die Mvotirivier in die Stanger-omgewing te bepaal, asook om die moontlike impak van die aktiwiteite in die omgewing op die Nchaweni- en Mbozamborivier, wat die water en habitat kan beïnvloed, uit te wys.

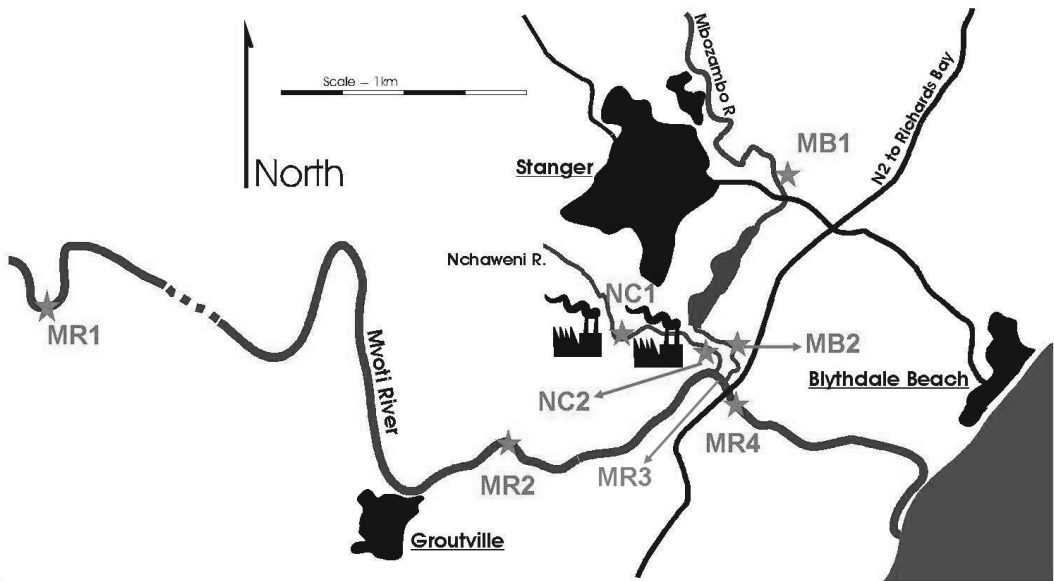
MATERIAAL EN METODES

Die lokaliteite wat in hierdie studie gebruik is, is bepaal deur die lokaliteite wat in 'n vorige studie deur CRUZ⁸ gebruik is. Vier lokaliteite is in die Mvotirivier geselekteer (Figuur 1) waarvan lokaliteit MR1 as 'n verwysingslokaliteit vir die studie-area in die laer bo-loop van die Mvotirivier gedien het. Die plasing van die lokaliteite is gekies om enige aktiwiteite stroomop van Stanger uit te wys. Lokaliteit MR2, wat voor die samevloeiing van die Mbozambo- en Nchawenrivier met die Mvotirivier is, dien as verwysingslokaliteit vir nywerheidsaktiwiteite in die omgewing van Stanger. Tussen die twee sytakke wat by die Mvotirivier aansluit (lokaliteit MR3), en stroomaf van aktiwiteite rondom Stanger (lokaliteit MR4), is versamelpunte geplaas om die impak van die twee sytakke op die waterkwaliteit uit te wys. Verder is daar ook twee lokaliteite in elk van die sytakke, naamlik die Nchaweni- (lokaliteite NC1-2) en die Mbozamborivier (lokaliteite MB1-2) geplaas. Die lokaliteite is gebruik om die waterkwaliteit van die twee sytakke te bepaal om die moontlike impak na die samevloeiings op die Mvotirivier te identifiseer.

Die geomorfologie van die Mvotigetyrivier verhinder dat die see 'n beduidende invloed op die Mvotigetyrivier het en daarom word dit deur varswater gedomineer⁹. Daarom is die lokaliteite MR2 tot MR4, alhoewel dit binne 5 km vanaf die Mvotiriviermonding geleë is, nog steeds varswater lokaliteite met geen invloed vanaf die see nie.

Die veldopnames is tydens 'n hoogvloeiperiode in Maart en 'n laagvloeiperiode in Julie 2005 uitgevoer. *In situ*-waterkwaliteitsveranderlikes (pH, temperatuur, konduktiwiteit en opgeloste suurstof) is met 'n veelvoudige WTW 340i meter uitgevoer. Verder is addisionele watermonsters geneem om turbiditeit (NTU), chemiese suurstofverbruik (COD), nutriënte (ammonium, nitriete, nitrate en orto-fosfate) en anione (chloried en sulfate) te analiseer. Alle analyses is met behulp van 'n Merck SQ118 Spectroquant en toepaslike toetsstelle uitgevoer. Die habitatsindekse "Invertebrate Habitat Assessment System" (IHAS) en die "Habitat Quality Index" (HQI) is toegepas om die toestand van die fisiese habitat te bepaal. Die resultate van die IHAS en HQI is verwerk na 'n persentasie om dit vergelykbaar te maak. Die klassifikasiesisteme wat in Tabel 1 aangedui word, is gebruik om die ekologiese toestand te bepaal of die habitat te kategoriseer.

Die akwatiese makro-invertebrate is versamel deur gebruik te maak van die metodes van die "South African Scoring System Version 5" (SASS5) soos uiteengesit in Dickens en Graham.¹⁰ Kortliks behels die tegniek die monitering van die beskikbare biotopie vir 'n vasgestelde periode of afstand deur van 'n vierkantige net (30 cm x 30 cm) met 'n maasgrootte van 1 mm gebruik te maak. Die randplantegroei-biotop is verteenwoordig deur oor 'n afstand van 2 m langs die rivieroewer te versamel. Die gruis-, sand- en modderbiotop (GSM) is gemoniteer deur vir 30 tot 60 sekondes die



Figuur 1: 'n Kaart wat die studie-area, verskillende lokaliteite en potensiële impak (verstedelike gebiede en industrieë) aandui. Lokaliteite is as volg afgekort: Mvotirivier – MR; Nchawenrivier – NC; Mbozamborivier – MB.

materiaal op die bodem los te skop en dan met die net die makro-invertebrate op te skep. In die geval van 'n klipbiotoop is daar vir ongeveer 3 tot 5 minute geskop by die lokaliteite waar die biotoop aanwesig was. Die makro-invertebrate is in die veld vir die voorgestelde 15 minute tot op familievlak geïdentifiseer. Die resultate is op die SASS5-telkaart genoteer tesame met die beraamde aantal individue teenwoordig. Die gemiddelde telling per takson (ASPT), aantal taksa en die SASS5-tellings is daarna bereken.¹⁰ Soos in die geval van die habitat is die klassifikasiesisteme wat voorsien is, gebruik om die ekologiese toestand en klassifikasiekategorie te bepaal.

Die vis is versamel deur van die metodes, soos uiteengesit in die Reserwebepalings¹¹ en die RGP,⁵ gebruik te maak. Oewerplantegroei by lokaliteit MR3 was te ruig om enige visversameling toe te laat terwyl die habitat by MB2 deur riete en diep poele gedomineer was wat visversameling ook ontmoontlik gemaak het. 'n Skokapparaat tesame met 'n 220 V (2.5 kW) AC 50 Hz draagbare kragopwekker^{12,13} is gebruik om vis in habitate waar nette nie gebruik kon word nie, te versamel. Treknette van 5 m lank met 'n 12 mm-maasgrootte, en 'n net van 30 m met 'n sak (12 mm-maasgrootte) is gebruik om vis te versamel waar die habitat dit toegelaat het. 'n Kieunet met segmente van 22 mm-, 28 mm-, 35 mm-, 45 mm- en 54 mm-gestreekte maasgrootte is gebruik om vis in 'n watertoevoerkanal by lokaliteit MR2 te versamel. Alle vis wat versamel is, is direk na versameling by die lokaliteit geïdentifiseer¹⁴ en getel.

Die "Fish Assemblage Integrity Index" (FAII) is gebruik om die toestand en samestelling van die visgemeenskap in die Mvotirivier te bepaal. Die indeks is by elke lokaliteit toegepas sodat die moontlike gevolge van die waterkwaliteit op visbevolkings in die riviere geïdentifiseer kan word. Die indeks gebruik drie aparte matrikse om die toestand van die visgemeenskap in 'n gedeelte van die rivier te bepaal. Dit is die toleransie van die vis vir veranderinge in verskillende fisiese en chemiese veranderlikes, die frekwensie van die vis in dié gedeelte van die rivier en die algemene gesondheid van die vis.¹⁵ 'n Formule word dan gebruik om die FAII-waarde te bereken vir die verwagte sowel as

TABEL1: Die aangepaste klassifikasiesisteme wat gebruik is om die ekologiese toestand van die makro-invertebrate (SASS5-telling, ASPT¹⁰), vis (FAII¹⁵) en habitat⁸ te bepaal.

SASS5-telling	ASPT	FAII	Habitat	Ekologiese Kategorie	Toestand
140	>7	90 - 100	>70	A	Natuurlik
100 - 140	5 - 7	80 - 89	60 - 70	B	Goed
60 - 100	3 - 5	60 - 79	35 - 60	C	Swak
30 - 60	2 - 3	40 - 59	0 - 35	D	Krities
<30	<2	20 - 39		E	Uiters swak
		0 - 19		F	Ernstig verswak

die waargeneemde visspesiesamestelling. Die relatiewe FAII-waarde word dan bereken as die persentasie van die waargeneemde waarde teenoor die verwagte waarde. Die relatiewe FAII-waarde word dan gebruik om die ekologiese kategorie te bepaal. Weereens word die klassifikasiesisteme in Tabel 1 gebruik om die ekologiese toestand en klas te bepaal.

RESULTATE

Die habitat in die Mvotirivier en sy sytakke toon heelwat afwykings en veranderinge as dit met die verwagte natuurlike habitat vergelyk word. Die resultate van die habitatsindekse (Tabel 2) toon dat die habitatstoestand wissel van natuurlik (kategorie A) tot swak (kategorie C). Die relatiewe verwysingslokaliteit, MR2, was in 'n natuurlike toestand volgens die IHAS maar in 'n goeie tot swak toestand na aanleiding van die HQI. Die rede hiervoor is dat die IHAS-resultate aangepas is deur die klipbiotoop weg te laat aangesien dit nie aanwesig was by al die lokaliteite nie. Die toestand (soos deur die IHAS- en HQI-indeks verteenwoordig) het met 'n kategorie by beide lokaliteite MR3 en MR4 afgeneem (van kategorie B na C). Die IHAS-resultate dui aan dat die habitatsbeskikbaarheid by lokaliteite MR3 en MR4 in 'n goeie toestand was terwyl die HQI-indeks weereens laer was en 'n swak toestand aangedui het. Die habitatsresultate vir die Nchaweni- en Mbozamborivier toon ook 'n wisseling van 'n natuurlike (kategorie A) tot 'n swak toestand (kategorie C). Die algehele habitat in die sytakke is in 'n redelike toestand; met die lokaliteite stroomop van die impak van aktiwiteit (NC1 en MB1) in 'n beter toestand as die wat stroomaf van die impak op dié riviere is (NC2 en MB2). Die swakste habitatstoestand is in die lokaliteite van die Mbozamborivier (MB2) tydens die laagvloeiopname verkry.

TABEL2: Resultate van die habitatsindekse vir die Mvoti- (MR), Nchaweni- (NC) en Mbozamborivier (MB) gedurende die hoogvloei- (H) en laagvloei- (L) periode in 2005

	MR 1		MR 2		MR 3		MR 4		NC 1		NC 2		MB 1		MB 2	
	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L	H	L
IHAS	74	75	70	75	64	68	61	65	75	75	67	72	66	70	51	54
IHAS-klas	A		A		B		B		A		B		B		C	
HQI	83	72	62	48	59	57	55	51	73	60	62	54	55	50	38	38
HQI-klas	A		B		C		C		A		B		C		C	

TABEL 3: Fisiese en chemiese waterkwaliteit wat tydens die hoogvloeiperiode in 2005 in die Mvoti- (MR), Nchaweni- (NC) en Mbozamborivier (MB) gemeet is. (< -onderdeteksielimiet)

	Hoogvloei							
	MR1	MR2	MR3	MR4	NC1	NC2	MB1	MB2
Temperatuur °C	25.1	31.05	30.4	30.5	26.1	25.7	26.3	28.2
Suurstof (mg/l)	8.38	4.4	4.1	4.3	0.8	2.2	0.8	0.3
% opgelos	101	90	84	85	15	42	15	5
Konduktiwiteit (µS/cm)	129	176	212	187	579	722	560	459
pH	8.13	7.645	7.7	7.54	7.47	7.47	7.11	7.06
Ammonium (mg/l)	< 0.010	< 0.010	0.32	< 0.010	0.68	0.9	2.6	0.28
Chloriedes (mg/l)	12	19	23	20	44	25	50	31
COD (mg/l)	< 10	6	8	< 10	7	33	4	30
Nitrate (mg/l)	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.25	0.12	< 0.25	0.11
Nitriete (mg/l)	0.02	0.01	0.01	< 0.01	0.06	0.1	0.04	0.14
Fosfate (mg/l)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.17	0.07	1.47	0.84
Sulfate (mg/l)	51	8	8	8	6	23	11	15
Turbiditeit (mg/l)	18	9.5	11	11	0	12	8	15

TABEL 4: Fisiese en chemiese waterkwaliteit gemeet tydens die laagvloeiperiode in 2005 in die Mvoti- (MR), Nchaweni- (NC) en Mbozamborivier (MB). (< - onder deteksielimiet)

	Laagvloei							
	MR1	MR2	MR3	MR4	NC1	NC2	MB1	MB2
Temperatuur °C	15.3	20.5	23.9	20.1	16.4	20.7	18	20
Suurstof (mg/l)	10.29	9.02	8.04	2.26	0.75	3.18	0.98	0.54
% opgelos	104.7	99.6	89.4	17	16.4	36.5	10.2	6
Konduktiwiteit (µS/cm)	173	322	334	919	164	1588	648	462
pH	7.76	7.54	7.68	7.24	7.01	7.43	7.03	6.73
Ammonium (mg/l)	<0.010	<0.010	0.1	0.2	1.5	0.7	2.7	<0.010
Chloriedes (mg/l)	13	22	58	54	55	132	65	60
COD (mg/l)	<10	<10	39	31	9	34	21	11
Nitrate (mg/l)	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	0.27	0.53
Nitriete (mg/l)	0	0.01	0.02	0.03	0.01	0.02	0.04	0.04
Fosfate (mg/l)	0.01	0.02	0.18	0.39	1.43	0.52	13.8	1.08
Sulfate (mg/l)	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	12
Turbiditeit (mg/l)	1	2	7	10	4	18	8	13

Die waterkwaliteitsresultate word in Tabelle 3 en 4 vir onderskeidelik die hoog- en laagvloeiperiode weergegee. Die waterkwaliteit in die Mvotiriver is in 'n goeie toestand by lokaliteit MR1 met slegs die sulfaatkonsentrasie wat tydens die hoogvloeioopname (Tabel 3) hoog was. Die waterkwaliteit rondom Stanger is as redelik by die relatiewe verwysingslokaliteit MR2 beskou. Dit verswak egter verder stroomaf by lokaliteite MR3 en MR4 met lae suurstofinhoud, verhoogde chloriede en konduktiwiteit wat hier waargeneem is. Die waterkwaliteit in die twee sytakke is oor die algemeen swak met veral die suurstofinhoud wat krities laag is. Die verhoogde chloriede, konduktiwiteit en sekere nutriënte kan moontlik die oorsaak van die toename in riete in die sytakke wees.

Tabel 4 toon aan dat die waterkwaliteit tydens die laagvloeiperiode by lokaliteite MR3 en MR4 en die twee sytakke uiters swak is met die meeste veranderlikes wat 'n toename in waardes vergeleke met die lokaliteite stroomop toon. Die verhogings is veral duidelik in die waardes vir chloriede, chemiese suurstofbehoefte (COD) en konduktiwiteit terwyl die suurstofvlakke baie laag is. Die verlaging in die waardes van die waterkwaliteitsveranderlikes is veral opmerklik in die sytakke, wat dan 'n beduidende invloed op die waterkwaliteit uitoefen nadat dit in die Mvotirivier by lokaliteit MR4 invloei. Die laagvloeiwaterrkwaliteit (Tabel 4) toon dieselfde tendense as tydens hoogvloei, maar is net in 'n veel erger graad verswak. Tydens dié periode is dit veral die fosfaatvlakke wat in baie hoë konsentrasies in die Mbozamborivier gemeet is.

Die resultate van die makro-invertebraatindexwaardes (SASS5) vir die hoog- en laagvloeiperiode word in Tabelle 5 en 6 weergegee. Die ooreenstemmende ekologiese kategorie is op grond van die SASS5-telling kriteria in Tabel 1 toegeken. Die SASS5-waardes dui daarop dat die toestand van die makro-invertebraatsamestelling in die Mvotirivier vanaf lokaliteit MR2 na MR4 afneem. Die hoë SASS5-waardes by lokaliteit MR1 kan nie as verteenwoordigend van die res van die sisteem beskou word nie aangesien dit in 'n verskillende biogeografiese sone voorkom. Die lokaliteit word deur klipperige habitat in die stroom gekenmerk en die habitat is by al die ander lokaliteite, behalwe NC2, afwesig.

Alhoewel dit nie 'n ongeskonde lokaliteit is nie, is MR2 as die relatiewe verwysingslokaliteit gekies om die impak van aktiwiteite rondom en stroomaf van Stanger uit te wys. Die SASS5-resultate (Tabel 5) van die laagvloei opname het getoon dat die lokaliteit as "goed" (kategorie B) geklassifiseer kan word, terwyl gedurende die hoogvloei opname dit as "krities" (kategorie D) geklassifiseer kan word. Die verskil is as gevolg van die aansienlike hoë vloei wat tydens die hoogvloei periode waargeneem is. Die resultate van lokaliteit MR3, wat tussen die invloei van die twee sytakke geleë is, het 'n afname in SASS5-waardes getoon en kan in 'n kategorie D en kategorie C geplaas word. Die waterkwaliteit verswak verder stroomaf na lokaliteit MR4 en dit word duidelik in die klassifisering van die rivier se habitats- en watergehalte weerspieël.

TABEL 5: SASS5-waardes en ooreenstemmende ekologiese kategorieë vir die Mvotirivier (MR) gedurende die hoogvloei- (H) en laagvloei- (L) periode in 2005

Seisoen	MR1		MR2		MR3		MR4	
	H	L	H	L	H	L	H	L
SASS5	113	221	51	138	33	62	22	50
Taksa	16	34	10	23	9	14	5	11
ASPT	7.06	6.5	5.1	6	3.67	4.43	4.4	4.55
Ekologiese								
Kategorie	B	A	D	B	D	C	E	D

TABEL 6: SASS5-resultate vir die Nchaweni- (NC) en Mbozamborivier (MB) gedurende die hoogvloei- (H) en laagvloei- (L) periode in 2005

Seisoen	NC 1		NC 2		MB 1		MB 2	
	H	L	H	L	H	L	H	L
SASS5	22	50	17	13	19	12	50	26
Taksa	6	9	6	5	7	5	11	8
ASPT	3.67	5.56	2.83	2.6	2.71	2.4	4.55	3.25
Ekologiese Kategorie	E	D	E	E	E	E	D	E

Die SASS5-waardes vir die Nchaweni- en Mbozamborivier (Tabel 6) dui aan dat die ekologiese toestand in die sytakke tussen “krities” (kategorie D) en “uiters swak” (kategorie E) is. Die SASS5-waardes wissel van 12 tot 50 terwyl die ASPT-waarde by lokaliteit NC1 en MB 2 hoër as 3 is. Die laagste waardes is by lokaliteite NC2 en MB1 waargeneem waar industriële- (NC2) en rioolwerke se afvoerwater (MB1) die onderskeie riviere binnevloei.

Dit is opmerklik dat die SASS5-waardes in meeste gevalle tydens die laagvloeiperiode hoër as tydens die hoogvloeiperiode was. Dit moet in gedagte gehou word dat tydens die hoogvloeiperiode die vloei en gevolglik die watervlak in die Mvotirivier baie hoog was. Dit het die versameling van makro-invertebrate bemoeilik. By lokaliteite NC2 en MB2 is die teenoorgestelde tendens waargeneem met die waardes wat tydens hoogvloei opname hoër as tydens laagvloei was.

Die visspesies en die aantal wat versamel is gedurende die veldopnames sowel as die resultate van die FAII word in Tabel 7 weergegee. Die visgemeenskap in die Mvotirivier word gekenmerk deur die teenwoordigheid van varswater- en getyriervisspesies aangesien die getyriervier ongeveer 5 km stroomaf is. Waar inligting beskikbaar was, is die getyriervisspesies ingesluit in die FAII-resultate. Daar moet gelet word dat meer getyriervisspesies by lokaliteit MR2 as by lokaliteit MR4 versamel was as gevolg van die wateronttrekkingskanaal by lokaliteit MR2. Hierdie kanaal is ongeveer een tot twee meter diep en beskik ook oor akwatiese plantegroei wat dan meer geskikte habitat skep vir verskeie visspesies, insluitend die getyriervisspesies.

Die FAII-resultate toon dat lokaliteit MR1 in 'n goeie toestand is (Tabel 7) en 'n goeie visgemeenskap onderhou. Die relatiewe verwysingslokaliteit (MR2) toon dat die visgemeenskap in 'n swak toestand (kategorie C) is al het hierdie lokaliteit die grootste diversiteit getoon. Lokaliteit MR4 wat stroomaf van die sytakke se samevloei, asook van meeste van die industriële aktiwiteite, voorkom, se visgemeenskap is in 'n baie swak toestand (kategorie D). Daar is dan ook 'n afname in diversiteit en getalle vanaf lokaliteit MR2 waargeneem. Opnames by lokaliteite NC1, NC2 en MB1 het getoon dat die sytakke se visgemeenskappe in 'n baie goeie tot uitermate swak toestand is. Die diversiteit was buitengewoon laag en min van die verwagte spesies is wel versamel, terwyl die eksotiese guppie (*Poecilia reticulata*) in hoë getalle by veral lokaliteit MB1 aangetref is. Verder is die eksotiese muskietvis (*Gambusia affinis*) ook by lokaliteite MB1 en NC1 versamel.

TABEL 7: Die vis versamel gedurende 2005 in die Mvoti- (MR), Nchaweni- (NC) en Mbozamborivier (MB). Die verwagte, waargeneemde en relatiewe FAII-resultate tesame met die ekologiese kategorieë is ook aangedui aan die onderkant van die tabel

Spesienaam	Gewone naam	MR 1	MR 2	MR 4	NC 1	NC 2	MB 1
<i>Aquila sp.</i>	Paling			2			
<i>Awaous aeneofuscus</i>	Varswater-dikkop			1			
<i>Barbus paludinosus</i>	Moeras-ghieliemientjie	1	2	9			
<i>Barbus trimaculatus</i>	Driekol-ghieliemientjie	45	4	13			
<i>Barbus viviparus</i>	Boogstreep-ghieliemientjie	14					1
<i>Clarias gariepinus</i>	Skerptandbaber	4	2			14	
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Bloukurper	43	20	74	17	27	8
<i>Gilchristella aesturia</i>	Rivier-rondeharing		1				
<i>Glossogobius giurus</i>	Tenk-dikkop			3			
<i>Labeo-barbus natalensis</i>	KwaZulu-Nataalse geelvis	6	1				
<i>Liza tricuspidens</i>	Gestreepte harder		63				
<i>Megalops cyprinoides</i>	Osoog-tarpon		2				
<i>Mugil cephalus</i>	Platkop-harder		4	1			
<i>Mullet fry</i>	Harder		3	3			
<i>Pseudocrenilabrus philander</i>	Suidelike mondbroeier	2	5				1
<i>Poecilia reticulata</i>	Guppie			7		3	130
<i>Microphis brachyurus</i>	Kortstert-pypvis		1				
<i>Gabusia affinis</i>	Muskietvis				22		7
FAII (verwag)		85.5	177.1	177.1	57.5	57.5	57.5
FAII (waargeneem)		69.2	118.1	80	6.5	12.5	25
Relatiewe FAII		80.9	66.7	45.2	11.3	21.7	43.5
Ekologiese kategorie		B	C	D	F	E	D

BESPREKING

Die Mvotiriver is 'n tipiese kusrivier met lae spesiediversiteit en spesies wat meestal 'n lae tot gemiddelde sensitiwiteit ten opsigte van omgewingsveranderinge en/of impakte toon.¹⁶ Die dominante biotope was meestal sand, modder (GSM) en randplantegroei. Lokaliteit MR1 is in 'n ander biogeografiese sone geleë en gevolglik is die dominante biotoop klip. Hierdie lokaliteit is dus nie as verwysingslokaliteit vir biotiese samestelling beskou nie maar eerder net as verwysing vir waterkwaliteit asook 'n bron van moontlike makro-invertebraatvoorsiening aan die lokaliteite verder stroomaf in die sisteem.¹⁷ Die data beskikbaar vir die Mvotirivier is redelik beperk met slegs 'n paar studies wat oor die vis^{18,8}, makro-invertebrate⁸, waterkwaliteit^{7,19,20} en fisiese habitat²¹ gedoen is. Die resultate van hierdie studies het getoon dat die Mvotirivier rondom Stanger meestal oor swak

waterkwaliteit beskik en daarom in 'n swak toestand is. Tharme²¹ het dit sterk gestel dat die Mvotirivier tot die swakste moontlike habitatstoestand gedegradeer het en dat groot dele van die natuurlike habitate-, biota- en ekosisteenfunksies²² al verlore is. Tharme²¹ se studie was op die dele van die Mvotirivier gefokus waar suikerrietplantasies voorkom terwyl die huidige studies in die omgewing van die industriële aktiwiteite uitgevoer is. Die resultate vir die makro-invertebraat- en visgemeenskappe by lokaliteit MR1 dui aan dat die Mvotirivier bokant hierdie suikerrietplantasies meestal in 'n feitlik ongeskonde natuurlike toestand is. Daar is nog steeds verstourings wat voorkom, soos byvoorbeeld sedimentasie as gevolg van bosbou in die nabye omgewing asook mikrobiologiese besoedeling in die rivier deur plattelandse gemeenskappe.

Waar die Mvotirivier die suikerrietplantasies bereik (soos bv. by lokaliteite MR2-MR4) word die substraat in die rivier gedomineer deur growwe sand met die oorhangende randplantegroei die dominante habitat vir makro-invertebraat- sowel as visgemeenskappe. Studies^{23,10} het getoon dat lae habitatdiversiteit tot 'n laer biotiese diversiteit en dan ook tot 'n laer SASS5-telling kan lei. Dit word weerspieël in die lae SASS5-waardes by die relatiewe verwysingslokaliteit (MR2) nieestaan die redelike goeie habitatstoestande. Die ASPT-telling was, soos in vorige studies,^{24,25} minder sensitief ten opsigte van die beskikbare habitat by die verskillende lokaliteite. Dit kan toegeskryf word daaraan dat, alhoewel die diversiteit afneem wanneer die habitatdiversiteit afneem, daar nie noodwendig ook 'n afname in sensitiwiteit van die organismes is nie. Met ander woorde, die spesies wat wel teenwoordig is se gemiddelde sensitiwiteit kan steeds hoog wees, wat 'n hoër ASPT-telling sal lewer.¹⁰

Die habitatresultate het getoon dat daar wel 'n verswakking of versteuring van die habitat voorkom wanneer die waterkwaliteit en habitatstoestande van lokaliteite stroomop en stroomaf van Stanger vergelyk word. Die verlaging is meestal te wyte aan 'n verlaging in habitatsdiversiteit as gevolg van die impak van die verskeie aktiwiteite in die Stanger-omgewing op die Mvotirivier en die sytakke.

Die waterkwaliteitsresultate het getoon dat die meeste probleme in die Stanger-omgewing aan verhoogde turbiditeit en elektriese konduktiwiteit in die Mvotirivier toegeskryf kan word. Die sytakke daarteenoor vertoon ook baie lae suurstofvlakke en verhoogde nutriëntvlakke wat oorspronk aan die groot, digte rietbeddings in die rivierbedding gee. Mesokosmos-eksperimente²⁶ en veldopnames²⁷ het al bewyse gelewer dat chroniese uitwerkinge, soos verlengde tye voordat eiers van makro-invertebrate en vis uitbroei, voorkom wanneer die persentasie opgeloste suurstofvlakke onder 35% daal. Sekere makro-invertebrate het in die mesokosmos-eksperimente gesterf wanneer die suurstofvlakke onder 20% gedaal het.²⁶ Die hoë nutriëntvlakke is afkomstig vanaf die industriële en rioolwerke se afloopwater wat in die sytakke beland. Hierdie swak waterkwaliteit tesame met die lae habitatsdiversiteit is dan ook die rede waarom die makro-invertebraat- en visgemeenskappe meestal in 'n swak toestand is.

Die swak visgemeenskapstruktuur by lokaliteit MR2 kan toegeskryf word aan die verskeie aktiwiteite wat die vloei van die rivier affekteer. Dié aktiwiteite sluit in direkte wateronttrekking en stroomvloeiveranderinge deur kanale vir die onttrekking van water. Vorige studies maak wel melding van verskeie uitheemse visspesies wat versamel¹⁷ is, maar geen uitheemse visspesies is gedurende hierdie studie in die Mvotirivier self versamel nie.

Wanneer die resultate vir die makro-invertebraatgemeenskappe by lokaliteite MR3 en MR4 en die visgemeenskap by lokaliteit MR4 met die relatiewe verwysingslokaliteit (MR2) vergelyk word, is daar 'n duidelike afname in die toestand van die gemeenskappe. Die makro-invertebraat- sowel as die visgemeenskappe se toestand daal onderskeidelik met een kategorie vanaf 'n B na 'n C en vanaf 'n C na 'n D. Die afname kan hoofsaaklik aan die lae habitatsdiversiteit wat deur oormatige sedimentasie veroorsaak is, toegeskryf word. Die swak waterkwaliteit afkomstig vanuit die sytakke is ook 'n faktor wat bydra tot die verlaging van die ekologiese kwaliteitskategorieë.

Vergeleke met vorige studies,⁸ het die makro-invertebraatsamestelling by lokaliteite MR2 en MR3 in kategorie C geval, terwyl lokaliteit MR4 in kategorie D was. Die resultate van hierdie studie het getoon dat die kwaliteitsvlak by lokaliteite MR2 en MR4 effens verbeter het, maar dat lokaliteit MR3 dieselfde gebly het. Die CRUZ-studie⁸ het die visgemeenskap in die Mvotirivier geklassifiseer as kategorie D, wat 'n baie swak visgemeenskapsamestelling verteenwoordig. Alhoewel daar geringe verbeterings in die SASS5-resultate was, het daar geen noemenswaardige verbeteringe in die algehele toestand van die Mvotirivier tussen die twee opnametydperke (nl. 2000 en 2005) plaasgevind nie.

Die resultate vir die makro-invertebraat- en visgemeenskappe van die lokaliteite in die sytakke is 'n aanduiding dat die waterkwaliteit swak is. Die fisiese habitat is meestal in 'n redelike tot goeie toestand met 'n redelik hoë habitatsdiversiteit. Hierdie habitatsdiversiteit word egter nie in die biotiese gemeenskappe weerspieël nie. Dit is 'n duidelike gevolg van die swak waterkwaliteit. Die swak waterkwaliteit is afkomstig van die verskeie industrieë se gekontameneerde afloopwater in die Nchawenirivier en die uitvloei van die rioolwerke wat in die Mbozamborivier beland.^{7,8,19,20}

Die akkumulerende negatiewe gevolge van bogenoemde aktiwiteite is dat die Mvotirivier se ekologiese integriteit verswak is en dat die impak hiervan selfs by die huidige verwysingslokaliteit voorkom. Die ekologiese toestand van die Mvotirivier verswak terwyl dit by Stanger verbyvloei en dit word aan die kumulatiewe gevolge van die swak waterkwaliteit vanuit die Nchaweni- en Mbozamborivier asook habitatsdegradasie toegeskryf. Hierdie uitwerking op die Mvotirivier is afkomstig van veelvoudige bronne en sal 'n geïntegreerde poging deur die munisipale owerheid, landbou en industrie verg om die Mvotirivier se huidige ekologiese toestand en waterkwaliteit te verbeter.

VERWYSINGS

1. NWA (National Water Act) (Act No. 36, 1998). Chapter 3, Part 3, The Reserve *Government Gazette* 19182, 26 August 1998.
2. Connell, D., Lam, P., Richardson, B., Wu, R. (1999). *Introduction to ecotoxicology*. London: Blackwell Science.
3. Karr, J.R., Chu, E.W. (1999). *Restoring life in running waters: better biological monitoring*. Washington, DC: Island Press.
4. Karr, J.R., Fausch, K.D., Angermeier, P.L., Yant, P.R., Schlosser, I.J. (1986). *Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale*. Special Publication 5. Illinois Natural History Survey, Champaign, IL.
5. Mangold, S. (2001). *National Aquatic Ecosystem Biomonitoring Programme: an implementation manual for the River Health Programme- a hitch hiker's guide to putting the RHP into action*. NAEBP Report Series No. 15. Resource Quality Services, Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria.
6. DWAF (Department of Water Affairs and Forestry) (2004). *Internal strategic perspective: Mvoti to Mzimkulu water management area*. Prepared by Tlou & Matji (Pty) Ltd, WRP (Pty) Ltd, and DMM cc on behalf of the Directorate: National Water Resource Planning (East). DWAF Report No. P WMA 11/000/00/0304. Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria.
7. Harris, J., Kelly, H. (1991). *Water quality in the Mvoti River*. CSIR Water Quality Information Systems Report. CSIR, Pretoria.
8. CRUZ (Coastal Research Unit of Zululand) (2000). *Ecological evaluation of the lower Mvoti River and estuary*. CRUZ Environmental Report No. 4, Coastal Research Unit of Zululand, University of Zululand, Empangeni.
9. Cooper, J.A.G. (1994). Sedimentary processes in the river-dominated Mvoti Estuary, South Africa, *Geomorphology*, 9(4): 271 – 300.
10. Dickens, C.W.S., Graham, P.M. (2002). The South African Scoring System (SASS) Version 5 Rapid Bioassessment Method for Rivers, *Afr. J. Aquat. Sci.*, 27:1-10.
11. DWAF (Department of Water Affairs and Forestry) (1999). *Resource directed measures for protection of*

- water resources. *Volume 3: River ecosystems version 1.0*. DWAF Report No. N/28/99. Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria.
12. Meador, M.R., Cuffney, T.F., Gurtz, M.E. (1993). *Methods for sampling fish communities as part of the natural-water quality assessment programme*. U.S geology survey. Open-file Report 93-104. Carolina, USA.
 13. Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D., Stribling, J.B. (1999). *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, Benthic macroinvertebrates and fish*. Second edition. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water; Washington D.C.
 14. Skelton, P.H. (2001). *A complete guide to the freshwater fishes of southern Africa*. Halfway House: Southern Publishers (Pty.) Ltd.
 15. Kleynhans, C.J. (1999). The development of a fish index to assess the biological integrity of South African rivers, *Water S. A.*, 25(3):265-278.
 16. Brown, C.A., Eekhout, S., King, J.M. (1996). *National biomonitoring programme for riverine ecosystems: proceedings of spatial framework workshop*. NBP Report Series No. 2. Institute for Water Quality Services, Department of Water Affairs and Forestry, Pretoria.
 17. Allan, J.D. (1995). *Stream ecology structure and function of running waters*. New York: Chapman & Hall.
 18. Coke, M. (1996). *The fish of the Mvoti River and their Instream flow requirements*. Mvoti River IFR: Proceedings of IFR Workshop and Hydrological Scenario Meeting. Final Report February 1997. Southern Waters Ecological Research and Consulting cc.
 19. WMB (Wates, Meiring and Barnard) (2003a). *Sappi Stanger Integrated Water and Waste Management Plan: Water Quality Objectives and Monitoring*. Report No. B2, WMB 4935/5630/11/W. Wates, Meiring and Barnard, Halfwayhouse.
 20. WMB (Wates, Meiring and Barnard) (2003b). *Sappi Stanger Integrated Water and Waste Management Plan: Hydrology Baseline Report*. Report No B8, WMB 4935/3210/6/W. Wates, Meiring and Barnard, Halfwayhouse
 21. Tharme, R. (1996). Rivers of southern Africa: Mvoti River, *Afr. Wildl.*, 50(5):31.
 22. Kemper, N. (1996). *An assessment of the habitat integrity of the Mvoti River system*. Mvoti River IFR workshop Starter Document. 24-27 27 June 1996, Mtunzini, South Africa.
 23. Ebrahimnezhad, M., Harper, D.M. (1997). The biological effectiveness of artificial riffles in river rehabilitation. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, 7:187-197.
 24. Chutter, F.M. (1998). *Research on the Rapid Biological Assessment of Water Quality Impacts in Streams and Rivers*. WRC Report No. 422/1/98. Water Research Commission, Pretoria.
 25. Dallas, H.F. (1997). A preliminary evaluation of aspects of SASS (South African Scoring System) for the rapid bioassessments of water quality in rivers, with particular reference to the incorporation of SASS in a national biomonitoring programme, *S. Afr. J. Aquat. Sci.*, 23:79-94.
 26. Connelly, N.M., Crossland, M.R., Pearson, R.G. (2004). Effect of low dissolved oxygen on survival, emergence, and drift of tropical stream macroinvertebrates, *J. N. Am. Benthol. Soc.*, 23(2):251-270
 27. Chambers, P.A., Brown, S., Culp, J.M., Lowell, R.B., Pietroniro, A. (2000). Dissolved oxygen decline in ice-covered rivers of northern Alberta and its effects on aquatic biota, *J. Aquat. Ecosys. Stress Recovery*, 8:27-38.