

Aardverwarming en Klimaatsverandering met spesifieke verwysing na Suid-Afrika: Enkele perspektiewe

Global warming and climate change with reference to South Africa: Some perspectives

G DU T DE VILLIERS

Navorsingsgenoot, Departement Geografie,
Universiteit van die Vrystaat, Posbus 339,
Bloemfontein

MF VILJOEN

Landbou ekonomie, Universiteit van die
Vrystaat, Posbus 339, Bloemfontein,
Viljoenmf.sci@ufs.ac.za

HJ BOOYSEN

NET Group, Bloemfontein



Gawie de Villiers



Giel Viljoen



Herman Booysen

<p>GAWIE DE VILLIERS het aan die Universiteit van die Vrystaat studeer en na enkele jare in die onderwys by die Departement van Waterwese se Hidrologiese Navorsingsinstituut aangesluit. Hy voltooi sy doktorsale proefskrif in 1975 oor een van die prosesse in oppervlakhidrologie, en stel hiermee modelle daar wat op landswye basis in Suid-Afrika bruikbaar was. Hy het later sy loopbaan aan die Universiteit van Kwazulu-Natal (Westville kampus) voortgesit, waar hy baie betrokke was by stedelike vloede en stedelike riviere se waterkwaliteit. In 1993 word hy as Departementshoof van die Geografie Departement, Universiteit van die Vrystaat aangestel. Hy het by verskeie geleenthede in die buiteland gewerk en ook daar konferensies bygewoon. Hy tree in 2003 af maar is steeds 'n navorsingsgenoot van hierdie departement. Prof. de Villiers het bykans 70 wetenskaplike artikels en verslae tot sy krediet. Hy en twee medewerkers ontvang in 2008 die Douw Greeff toekenning van die S.A.Akademie.</p>	<p>GAWIE DE VILLIERS studied at the University of the Free State and after a few years in education, joined the Hydrological Research Institute of the Department of Water Affairs. He completed his doctoral dissertation in 1975 on one of the processes of surface hydrology and developed models widely applicable in South Africa. He later moved to the University of Kwazulu-Natal (Westville campus) where he got involved in urban floods and water quality of urban rivers. In 1993 he was appointed Head of the Department of Geography at the University of the Free State. He worked overseas on various occasions and he also attended several conferences. He retired in 2003 but is still a research fellow of this department. Prof. De Villiers has almost 70 scientific articles and reports to his credit. He and two co-workers received the Douw Greeff Award from the S.A. Akademie in 2008.</p>
<p>GIEL VILJOEN is sedert 1972 verbonde aan die Universiteit van die Vrystaat. Hy het meer as 30 jaar ondervinding in navorsing en opleiding en meer as 12 jaar in departementele bestuur. Sy navorsing handel oor verskeie aspekte van water-ekonomie met die klem op die sosio-ekonomiese impak en bestuur van vloede en waterbeperkings, vraag na water, besproeiingswater-verbraking, opgegaarde waterbestuur en reënwater-oesting. Die meeste van die navorsing is multi-dissiplinêr en gedoen in samewerking met wetenskaplike instellings in SA en</p>	<p>GIEL VILJOEN has been employed at the University of the Free State since 1972. He has more than 30 years experience in research and teaching and more than 12 years in departmental management. His research deals with various aspects of water economics with emphasis on socio economic impacts and management of floods and water restrictions, water demand, salinity of irrigation water, management of dammed water and rainwater harvesting. Most of his research is multi-disciplinary and conducted in cooperation with scientific institutes in SA and</p>

<p>Australië. Hy was studieleier van 12 PhD en 25 Magister-verhandelings en het meer as 100 publikasies tot sy krediet. Hy het by vier geleentehede navorsing by universiteite in die VSA gedoen en verteenwoordig SA sedert 1998 op 'n Vloedbestuurswerkgroep van die "International Commission of Irrigation and Drainage". In 2002 lewer hy die FR Tomlinson gedenklesing en verkry dieselfde jaar erelidmaatskap van die Landbou Ekonomiese Vereniging van Suid-Afrika (LEVSA). In 2003 word hy verkies as President van LEVSA.</p>	<p>Australia. He was study leader of 12 PhD and 25 master dissertations and has more than 100 publications to his credit. At four occasions he did research at universities in the USA and he has represented South Africa on a Flood Management Working Group of the International Commission of Irrigation and Drainage since 1998. In 2002 the FR Tomlinson Commemorative lecture was presented by him, the same year he received honorary membership from the Agricultural Economic Association of South Africa (AEASA). In 2003 he was elected as President of AEASA</p>
<p>HERMAN BOOYSEN is werksaam by NET Groep Suid-Afrika as Besigheidseenheidbestuurder vir die Vrystaat. Hy fokus op geografiese inligtingstelsels en rampbestuur. Projekte wat deur hom gedoen en bestuur is, sluit in die ontwikkeling van GIS vir distrik- en plaaslike owerhede. Baanbrekerswerk word ook in die veld van rampbestuur gedoen. Dit sluit die ontwikkeling van rampbestuursplanne, risiko-analises en die ontwikkeling van rekenaarsagteware vir die gebruik in rampbestuur in. Hy voltooi sy PhD in 2001 met die titel "Ontwikkeling van hulpmiddels vir die bestuur en beplanning van stedelike vloedvlakte: 'n GIS toepassing". Verskeie navorsingsverslae en wetenskaplike artikels is voltooi gedurende sy verbintenis aan die Universiteit van die Vrystaat van 1989 - 1999. Tans is hy lid van die uitvoerende komitee van GISSA (Geo-information Society of Southern Africa) en voorsitter van die Vrystaattak. Hy is ook lid van DMISA (Disaster Management Institute of Southern Africa) en navorsingsgenoot in die Departement Geografie.</p>	<p>HERMAN BOOYSEN works at NET Group South Africa as Business Unit Manager of the Free State. He focuses on geographical information systems and disaster management. Projects done and managed by him include the development of GIS for district and local authorities. Exploratory work is also conducted in disaster management. This includes the development of disaster management plans, risk analyses and the development of computer software. He concludes his PhD in 2001 entitled "Ontwikkeling van hulpmiddels vir die bestuur en beplanning van stedelike vloedvlakte: 'n GIS toepassing". Various research reports and scientific articles were completed during his work at the University of the Free State (1989-1999). At present he is a member of the executive committee of GISSA (Geo-information Society of Southern Africa) and chairman of the Free State branch. He is also member of DMISA (Disaster Management Institute of Southern Africa) and research fellow in the Department of Geography.</p>

ABSTRACT

Global warming and climate change with reference to South Africa. Some perspectives

According to the geological history of the earth, climate change is an integral part of environmental changes that occurred over time. Sufficient evidence is provided of recurrent wet and dry and cold and hot periods due to natural circumstances.

Since the industrial revolution human activities increasingly contribute to air pollution by releasing huge volumes of carbon dioxide and other gasses into the atmosphere, so much so that it is generally accepted that increase in global warming the past decades is directly linked to human activities.

Observable signs of human induced climate change include increasing average temperatures at many places, melting ice caps in polar areas, rising sea levels on a global scale and coastal disturbances and damages due to storm surges on coastal areas in various countries, also in South Africa.

Consensus from a number of hydrological-meteorological circulation models show, for South Africa, a rise in average annual winter and summer temperatures of between 1.5 and 3.0 degrees Centigrade the following number of decades with a strong possibility of an increase in rainfall in

the eastern parts and a decrease in rainfall in the western parts. Bigger floods and longer droughts should occur more frequently as well as severe sea onslaught activities along the eastern and south-eastern coastal areas. The net impact of the predictions on the community is negative.

There is though other scientists who indicate that no concrete proof of climate change in South Africa exists; including changes with regard to river floods and droughts. According to more beneficial than detrimental.

Despite the differences in opinion about the relative contribution of natural and human activities to the present global warming, changes in hydrological and characteristics of floods in several parts of South Africa in the immediate past, necessitate modifications to available models and approaches to flood damage management and control. Flood conditions need to be managed with applicable models. Modifications are furthermore essential as a result of meaningful demographic, social, physical and economic changes in the working and living environments of people and communities.

KEY CONCEPTS: Climate change; global warming; models; causes; impacts; floods; flood control.

TREFWOORDE: Klimaatsverandering; aardverwarming; modelle; oorsake; gevolge; vloede; vloedbeheer.

UITTREKSEL

Nagaan van die geologiese geskiedenis van die aarde toon dat klimaatsverandering 'n integrale deel is van omgewingsveranderinge wat met verloop van tyd plaasvind. Voldoende bewyse kom voor dat tydperke van natter en droër en kouer en warmer toestande mekaar met verloop van tyd, as gevolg van natuurlike gebeure, opgevolg het.

Sedert die industriële revolusie het menslike aktiwiteite toenemend lugbesoedeling veroorsaak, soveel so dat dit tans algemeen aanvaar word dat toename in aardverwarming die afgelopen dekades direk aan menslike aktiwiteite, wat groot volumes koolsuur en ander gasse aan die atmosfeer vrystel, gekoppel kan word.

Waarneembare tekens van mens geïnduseerde klimaatsverandering sluit in styging in gemiddelde temperature op baie plekke, smelting van ysbedekking in poolgebiede, verhoging van seevlakke op globale skaal en kuslyn verstourings en skades as gevolg van hewige see-aanslag op kusgebiede in verskeie lande, ook in Suid-Afrika.

Konsensus uit 'n aantal algemene hidrologiese-weerkundige sirkulasie modelle, toon vir Suid-Afrika dat die gemiddelde jaarlikse temperatuur met ongeveer 1.5 tot 3.0 grade Celsius in beide die somer en winter oor die volgende paar dekades gaan verhoog en dat daar 'n sterk moontlikheid van 'n toename in reënval in die oostelike dele en afname in reënval in die westelike dele bestaan. Ook behoort hewiger vloede en droogtes meer gereeld voor te kom asook 'n erge see-aanslag op ons oostelike en suidelike kusgebiede. Die netto impak van die voorspellings is nadelig.

Teenoor die siening is daar ook wetenskaplikes wat reken dat daar geen konkrete bewyse vir klimaatsverandering in Suid-Afrika is nie; dit sluit ook veranderings met betrekking tot riviervloede en droogtetoestande in. Met ontledings aan die hand van 'n omvattende hidrologiese-weerkundige datastel met 11 804 jaar se gegewens word geen abnormale langtermyn afwykings of neigings bevind nie. Die gevolgtrekking uit die analise is dat die netto impak van globale verhitting eerder voordelig as nadelig vir die Suid-Afrikaanse omgewing sal wees.

Ongeag meningsverskil oor die relatiewe bydrae van die natuur en menslike aktiwiteite tot die huidige fase van aardverwarming, noodsaak veranderde hidrologiese karakteristieke van vloedgebiede in verskeie dele van Suid-Afrika in die onlangse verlede dat beskikbare modelle en benaderings om

vloedskadebeheerbeplanning te doen en om vloedtoestande te bestuur aangepas moet word om toepaslik te kan wees. Die aanpassings word verder genoodsaak deur betekenisvolle demografiese, sosiale, fisiese en ekonomiese veranderinge wat in die woon- en leefomgewings van mense en woongemeenskappe plaasvind.

INLEIDING

Dit word tans algemeen in aardwetenskaplike kringe aanvaar dat die planeet aarde ongeveer 4 500 miljoen jaar gelede ontstaan het deur die konsolidasie van kosmiese afval,¹ en dat Afrika 'n oorblyfsel is van die suidelike superkontinent Gondwana waarvan die ander kontinente weggedryf het.² Indien daar voorts na hierdie lang geologiese geskiedenis gekyk word, is dramatiese omgewingsveranderinge, en dan nou meer in die besonder klimaatsveranderinge, opvallend. Daar is onder andere sprake van 'n ystydperk ongeveer 300 miljoen jaar gelede, en dan die vorming van die Drakensbergbasalt, van vulkaniese oorsprong, in die meer resente geologiese geskiedenis. Laasgenoemde is steeds in die pieke van die Drakensberge asook in die hoë plato van Lesotho te sien, terwyl sedimentêre afsettings, in dieselfde omgewing, op 'n laer vlak wyd voorkom. Hierdie afsettings is in 'n groot binnelandse see neergelê; en voorts weer 'n glasiale tydperk sowat 20 000 jaar gelede.³ Dus, drasties verskillende klimatologiese omgewings in dieselfde geografiese omgewing met totaal verskillende geomorfologiese landskapreste.

As daar na die meer onlangse verlede gekyk word, is daar ook heelwat bewyse in karstomgewings, woestyne, hoogliggende- en kusegebiede van fluktuasies in die klimaat en seevlakke. In die Barkley-Wes omgewing, die Kuisebvallei en Kangogrotte is onder andere duidelike tekens van droë en nat siklusse 20 000 tot 30 000 jaar gelede,⁴ terwyl daar ook heelwat bewyse is van kuslynveranderinge in die Oos- en Suid-Kaap wat waarskynlik gepaard gegaan het met baie stormagtige toestande en sterk branderaksie.⁵ In Lesotho is daar voorts duidelike tekens van verwarming ongeveer 13 490 jaar gelede wat saamval met die einde van die laaste glasiale tydperk 14 000 jaar gelede wat wêreldwyd voorgekom het.⁶ Ook in die tydperk 9 000 tot 4 000 jaar gelede het daar oor die algemeen natter en kouer toestande oor Suidelike Afrika geheers as tans, terwyl tekens van kouer toestande 'n paar eeue gelede ook sigbaar is in die Sederberge en die Kangogrotte.⁷

Al hierdie klimaatsveranderinge het plaasgevind onafhanklik van enige menslike beïnvloeding, en kan dus as natuurlike veranderinge beskou word wat meestal steeds latent teenwoordig is. Die veranderinge word onder meer bespreek deur 'n hele aantal navorsers,⁸⁻¹² en dit behels onder andere veranderinge in tektoniese toestande wat verband hou met kontinentale drywing en plaattektonika; veranderinge in stralingsuitsette en wentelbaan geometrie; en veranderinge in aardgravitasie en getye. Die Milankovich siklusse vorm ook deel van hierdie veranderinge. Dit behels onder meer dat die aarde se wentelbaan om die son meer ellipties word wat die intensiteit van die straling beïnvloed; ook kan die aardas se helling verander en skommel met soortgelyke gevolge. Al drie hierdie siklusse kan 'n sterk invloed op die wêreldklimaat hê. Die tussenposes tussen hierdie afwykings is egter betreklik lank.¹³

DIE HUIDIGE AARDVERWARMING

Die besorgdheid oor die huidige aardverwarming hou waarskynlik nie verband met die voorafgaande nie, maar met die gedagte wat deur sommige as 'n onbetwisbare feit beskou word, dat die mens sedert die industriële revolusie die chemie en fisika van die atmosfeer versteur het en dat die atmosfeer besig is om daarop te reageer.¹⁴ Hierdie reaksie kan vir die mens dramatiese gevolge inhou wat sy voortbestaan op aarde erg kan bedreig of vernietig.

Dit gaan dus hier om lugbesoedeling en in die besonder koolstofdioksied (CO_2), maar ook metaangas en enkele ander gasse wat deur die mens in groot volumes in die atmosfeer vrygestel word.¹⁵ CO_2 word vrygestel by die verbranding van steenkool en petroleumprodukte en dit het 'n kettingreaksie in die atmosfeer tot gevolg met verhitting, verdamping en waterdamp as komponente wat die globale atmosfeer se temperatuur na hoër vlakke dwing in 'n sinergistiese effek. Op die wyse kan CO_2 dan ook tans verantwoordelik wees vir ongeveer 80% van die abnormale verwarming, veral omdat dit 'n baie lang leeftyd in die atmosfeer het.¹⁶ Die werklike toename van CO_2 sedert die industriële revolusie word aangedui as 100 dele per miljoen (vanaf 280 tot 380). Australiese wetenskaplikes vermeld 'n styging van 1.8 dele per miljoen per jaar in die tien jaar tot 2 000, en daarna weer 'n verder toename van 2.5 dele per miljoen per jaar wat 500 dele per miljoen oor vyftig jaar 'n wesentlike moontlikheid maak.¹⁷ Die werklikheid is egter dat die mens verbind is tot die verbruik van fossiel brandstowwe met 'n voortdurende styging in vraag na energie wat deur groeiende bevolkings en hoër lewenstandaarde aangejaag word.¹⁸ Ook Suid-Afrika gaan voort om steenkoolkragsasies te bou.

Ten slotte, is die meeste wetenskaplikes oortuig dat die klimaatrekord van die twintigste eeu nie verduidelik kan word sonder die menslike impak nie. Voorts word dit betreklik algemeen aanvaar dat die toename in globale temperatuur gedurende die afgelope paar dekades direk aan menslike aktiwiteite gekoppel kan word. In die volgende afdeling sal daar gekyk word na die impak van hierdie verwarming.

TEKENS VAN MENS-GEÏNDUSEERDE KLIMAATSVERANDERING

Anders as in die middelbreedtes waar skerp temperatuurverskille op daaglikse, maandelikse en seisoenale vlak dikwels voorkom, is dieselfde groot variasies, veral in die dagtemperatuur, nie in die poolgebiede waarneembaar nie, alhoewel die seisoenale verskille relatief groot kan wees. By die suidpool is die gemiddelde maandelikse temperatuur in die somer in die omgewing van -30°C en vir die winter -60°C ; vir die noordpool is die waardes 0°C en -35°C .¹⁹ In beide gebiede sal langdurige afwykings van die heersende temperatuurtoestande baie sterk negatiewe omgewingsimpakte hê. In die poolgebiede is die omgewing baie sensitief vir verwarming omdat die ysdekke beïnvloed word, wat 'n kettingreaksie deur die ekosisteem het.

In Alaska dui temperatuur waarnemings in verskeie gebiede oor die afgelope dertig jaar 'n stygende neiging aan. Elders in die Arktiese omgewing is soortgelyke afwykings waargeneem wat veral vanaf 1950 beduidend verhoog het.²⁰ Die hoër temperature het tot gevolg dat die ys smelt en terselfdertyd ook dat die seewater verhit. Die volumes neem gevolglik toe, wat 'n betekenisvolle rol kan speel in die toename van seevlakke op globale skaal.²¹ Hierdie saak sal later weer aangeraak word.

Wat die smelt van ys en gletsers aanbetref, is die waarnemings ontstellend. Satellietfoto's van die Arktiese oseaan toon 'n sterk afname in die ysbedekking tussen 1979 en 2003 – na raming in die omgewing van 20%, terwyl die dikte van die ys ook betekenisvol afgeneem het.²² Wat gletsers aanbetref, is daar talle waarnemings wêreldwyd, maar veral dié in die noordpoolsirkel en aangrensende gebiede dui op gletsers wat óf verklein óf andersins heeltemal verdwyn het. In die Glazier National Park in die VSA was daar onder andere aan die begin van die vorige eeu ongeveer 150 gletsers, en tans is daar minder as 50, wat almal ook besig is om te verklein.²³

In Antarktika is dieselfde prosesse aan die werk met groter oppervlaktes ys wat betrokke is en dus waarskynlik met meer omgewingsimpakte. Veral die verbrokkeling van die Larsen B ysdek, met 'n totale oppervlakte van meer as 3 000 vierkante kilometer, was 'n besonder negatiewe gebeurtenis.²⁴ Die verbrokkeling van hierdie ysdek het tot gevolg gehad dat gletsers in die gebied aansienlik vinniger begin beweeg het.²⁵ Wetenskaplikes is van mening dat die oorblywende gedeelte van die Larsen ysveld ook nog in hierdie eeu gaan verbreek veral omdat dit lyk of die proses eksponensieel toeneem. Daar is egter ook sterk aanduidings dat van die ander, en selfs nog groter ysmassas in

Antarktika, besig is om te verander en te verdun.²⁶ Die huidige debat onder sommige wetenskaplikes is dan ook dikwels of daar nog enigsins iets aan die toestand gedoen kan word waar die mens deur sy optrede en die gevolglike aardverwarming, afstuur op 'n aarde sonder ysvelde en sterk seevlak stygings (3 tot 6 meters).²⁷

SEEVLAKEVERANDERING

Soos reeds vermeld, is daar in Suid-Afrika, en ook elders in die wêreld, voldoende bewyse dat die seevlak in die geologiese verlede sterk gewissel het, onder andere ook onder die invloed van gletservorming en gletsersmelting.²⁸⁻³¹

Tydens geomorfologiese ekskursies in die tagtigerjare is mariene afsettings aan die Natalse kus en in die omgewing van Strandfontein en Langebaan aan die Suid-Afrikaanse weskus geïdentifiseer op heel ander seevlakke as die huidige. Enkele mariene fossiel monsters is ook ingesamel (foto 1) by afsettings sowat dertig meter bo die huidige seevlak. Die afsettings by Langebaan hou verband met Arktiese yssmelting ongeveer 5 miljoen jaar gelede toe die seevlak in die omgewing tot sestig meter bo die huidige gestyg het.³² Seevlak veranderings en die aanslag van die see op die strand is en was dus altyd deel van die voortgaande aardprosesse.

'n Baie meer resente voorbeeld van hierdie prosesse is aan die noordwes kus van Frankryk duidelik waarneembaar. Hierdie waarnemings, en gepaardgaande praktiese voorligting, is gedoen tydens 'n geomorfologiese ekskursie wat die eerste outeur saam met personeel en senior studente onderneem het toe hy in 2000 as gasdosent aan die Instituut vir Geomorfologie, KUL België verbode was. Gedurende die Tweede Wêreld Oorlog is forte deur die Duitsers bo-op die duine aan die kus tussen Le Havre en Calais gebou. Die duintoppe was op daardie stadium ongeveer 20 meter bo die seevlak. Hierdie duine het oor die tyd onder die aanslag van die see geswig, die sand is weggevoer

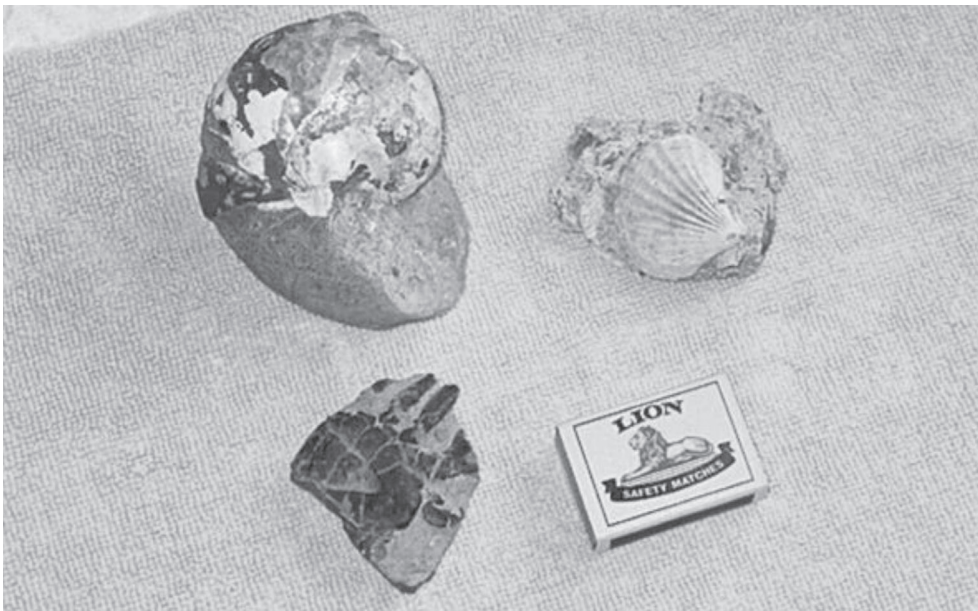


Foto 1: *Mariene fossielmonsters wat beduidend bo die huidige seevlak ingesamel is.*

en verskeie van die forte het op die strand beland (foto 2). Resente transgressie en regressies van die see is ook aan die Belgiese kus duidelik waarneembaar.³³ Die noordwestelike kusgebied van België bestaan tans uit 'n betreklike smal kusvlakte, duine en duinstrate, en klein vlaktegebiede met plantegroei en veen waarin polders soms voorkom. Die landskap is egter periodiek en langdurig gedurende die laaste paar duisend jaar oorstroom, wat dan weer opgevolg is deur transgressie.³⁴ Aardverwarming sal hierdie bestaande natuurlike prosesse waarskynlik versterk.



Foto 2: 'n Duitse fort wat op die strand beland het, nadat die see die duin waarop dit gebou is, vernietig het.

Indien die seevlakke bly styg soos wat voorspel word (ongeveer 'n meter hierdie eeu met die smeltende ys van die poolgebiede wat die grootste bydrae lewer), is die voortbestaan van miljoene mense en hulle eiendom in kus- en laagliggende gebiede op die spel. Nederland is baie kwesbaar, maar voorbereidings is reeds in die land aan die gang om baie stormagtige toestande en gepaardgaande uiterste vloede te weerstaan. Waar vloedbeskerming selde vir gebeurtenisse van meer as 1:250 jaar voorsiening maak, is sommige van die Nederlandse beskerming verhoog en versterk tot gebeurtenisse van 1:1 000 jaar.³⁵

In Suid-Afrika was daar in 2007 ook 'n sterk see-aanslag aan die ooskus wat talle strande erg beskadig het en ook stedelike infrastruktuur vernietig het. In St. Francisbaai, ongeveer 100 km suid van Port Elizabeth, is 'n straat langs die see totaal vernietig en talle luukse wonings is steeds in gevaar. Foto 3 toon soortgelyke stormskade met huise in die agtergrond wat 'n hoë risiko vir toekomstige oorstromings het, omdat geboue wat minder as 5 meter bo die huidige seevlak is, na ons mening baie feilbaar is. Beskerming teen sulke vloede is egter duur en verg sterk professionele insette. Foto 4 toon beskerming van die land en die hoofstrand by Hartenbos. In die vyftiger jare was die helling tussen die dorpsplato (wat ongeveer 12 meter bo die strand is) en die strand relatief steil – ongeveer 50°, en plek-plek selfs meer, met 'n horisontale basislyn van net meer as 30 meter. Die helling was destyds gestabiliseer met inheemse grondbedekkings soos vygies (*Apentia Cordifolia*). Daar was egter 'n onstabiliteit in die skuinste wat deeglike remediëring geverg het wat enkele jare gelede gedoen is. Die helling is nou sowat 40° en plek-plek selfs minder. Dit is met terrasse uitgelê, met die hellingvoet wat met draadmandjies gestabiliseer is. Die horisontale basislyn is ongeveer 60 meter. Die mandjies is egter net op die sand



Foto 3: Skade aan stedelike infrastruktuur, Saint Francisbaai. Die huise in die agtergrond het 'n hoë risiko vir oorstroming



Foto 4: Kusbeskerming by Hartenbos.

geplaas (dus inherent onstabiel), sonder 'n stewige fondament. Hierdie stut, wat die behoud van die hele stelsel is, kan in stormagtige toestande deur golfaksie ondermyn word en kantel, en oorstroom in stormagtige toestande. 'n Mandjiefondament, 'n meter ingegrawe, en hoër stapeling van sê 2 meter sou veel beter weerstand kon bied, maar is natuurlik duurder. Beton dolosse bied voorts ook uitstekende beskerming, maar is duur (ongeveer R3 000 per vierkante meter), nie esteties nie, en dit moet oor redelike lang afstande so ongeveer 100 meter geplaas word om effektief te wees. Die N2 noord van Port Elizabeth word redelik doeltreffend op dié wyse beskerm.

MOONTLIKE KLIMAATSVERANDERINGS IN SUID-AFRIKA

Daar is reeds in die voorafgaande gedeeltes gewys op die moontlike veranderinge van seevlakke en stormagtige toestande. In hierdie gedeelte sal daar dus aandag gegee word aan voorspellings van veranderende binnelandse Suid-Afrikaanse klimaatstoestande soos dit deur die Klimatologiese Navorsing Eenheid van die Universiteit van Kaapstad voorsien word. Vir die voorspellings word algemene sirkulasie modelle gebruik, waarvan daar wêreldwyd minstens twintig groot modelle gebruik word om projeksies te maak. Plaaslik word twaalf verskillende modelle gebruik om die beste konsensus oor die Suid-Afrikaanse toestande te verkry. Kaarte is onder andere geproduseer wat moontlike temperatuur-en reënvalveranderinge aandui vir Junie, Julie en Augustus 2030-2040 en Desember, Januarie en Februarie 2030-2040. Die modelle toon 'n geleidelike toename in die gemiddelde jaarlikse temperatuur (ongeveer 1.5° C tot 3.0°C) in beide die winter en die somer oor die volgende paar dekades aan, terwyl daar 'n moontlikheid van 'n toename in reënval in die oostelike dele van Suid-Afrika is, met 'n moontlike afname in die Wes-Kaap en die westelike Noord-Kaap, terwyl die oostelike dele van die kusgebied 'n duideliker somerreënvalgebied sal word. Voorts is daar, wat die temperature betref, veral 'n opvallende toenemende kurwe van oos na wes in die rigting van die Kalahari en Boesmanland in die Noord-Kaap. Daarmee saam kan droogtes en vloede toeneem, asook moontlik die verspreiding van malaria. Landbouproduksie, veral in die Wes-Kaap, sal ook negatief geraak word.³⁶ Preston-Whyte en Tyson³⁷ verskaf 'n skaflike opsomming oor algemene sirkulasie modelle en ook 'n bondige toekomsblik vir verdere ontwikkeling.

Met verwysing na die moontlike temperatuurstygings is die implikasie laer lugdruk en dus meer winddruk oor die suidwestelike Indiese oseaan met 'n hoër windsnelheid en warmer oppervlak water in die laer breedtes. Aan die kus is die moontlike gevolg intense stormagtige toestande; hoë deininge en groot branders met 'n sterk aanslag op die kuslyn.³⁸

Die komplekse aard van die betrokke prosesse en dus die hoë vereistes waaraan die modelle moet voldoen, bly egter 'n probleem wat 'n invloed op voorspellings kan hê, veral waar die parameters so sensitief is, interafhanklik is, en die moontlike veranderinge wat voorspel word, klein is. Dit bly dus 'n vraag of die voorspelde wysigings enige noemenswaardige impak in opvanggebiede in die middelbreedtes gaan hê, veral omdat daar in die gebiede in elk geval groot klimaatvariasies voorkom, en ook omdat die prosesse in die opvanggebiede enige moontlike impak kan neutraliseer. Deeglike kennisname en oorweging van hierdie voorspellings vir alle betrokke partye is egter noodsaaklik.

'N ANDER MENING

Alexander,³⁹ emeritus professor in siviele ingenieurswese aan die Universiteit van Pretoria, is van mening dat daar tans geen konkrete bewyse is van klimaatsverandering in Suid-Afrika nie. Dit sluit ook veranderinge met betrekking tot riviervloede en droogtetoestande in. Hy is ook van mening dat uitsprake oor klimaatsveranderinge geen praktiese betekenis sal hê nie, voordat daar nie 'n aanvaarbare wiskundige verband tussen die klimaatprosesse en die hidrologiese/weerkundige response, op die skaal van

opvanggebiede gevestig is nie. Die betrokke stelsels is volgens hom te ingewikkeld om bloot net met teoretiese verhoudings daar te stel. Tyson⁴⁰ het in die tagtigerjare ook hierdie standpunt gehuldig, en weergegee in sy boek wat daardie tyd gepubliseer is. Wat die opvanggebiede aanbetref, is die evapotranspirasieproses en sy subprosesse reënvalonderskepping en grondvog ook kompleks, varieer dit sterk oor tyd (dikwels met kort ongestruktureerde intervalle), en is daar 'n sterk proses-interafhanklikheid. Ook kan dit heeltemal verander indien die plantbedekking verander. Die fisiese ruimte waarin dit plaasvind, is egter beperk tot die grense van die bepaalde opvanggebied wat bestudeer word. Dus 'n hanteerbare grootte. Evapotranspirasie is voorts van deurslaggewende belang omdat daar 'n groot hoeveelheid water in die proses betrokke is, en dit 'n belangrike rol speel in die bepaling van die aard en volume van riviervloei, en dus waterbeskikbaarheid. Opvanggebiedprosesse en ook evapotranspirasie word egter reeds vir 'n geruime tyd wêreldwyd nagevors en ontleed, en heelwat bruikbare modelle is daargestel wat met vrug aangewend kan word. In Suid-Afrika het Schulze⁴¹⁻⁴³ en medewerkers onder andere die ACRU model ontwikkel wat goeie resultate lewer op 'n verskeidenheid van terreine. Nuwe ontwikkelings word voortdurend bygewerk. De Villiers^{44,45} het ook verskeie modelle oor die reënvalonderskeppingsproses in savannaplantbedekkings ontwikkel. Insette in hierdie opvanggebied modelle is egter van groot belang vir betekenisvolle antwoorde, met ander woorde, die bruikbaarheid en waarde van die uitsette word bepaal deur die insette. Om die rede is die akkuraatheid van algemene sirkulasie modelle van groot belang.

Ten slotte meen Alexander⁴⁶ dat daar geen rede tot kommer is nie, en hy staaf dit met sy ontleding van waarskynlik die grootste hidrologiese/weerkundige datastelle wat tot nog toe in Suid-Afrika gehanteer is. Dit het bestaan uit 'n totaal van 11 804 jaar se gegewens wat alle moontlike toepaslike parameters ingesluit het, en geen abnormale langtermyn afwykings of neigings getoon het nie. Hy kom eerder tot die gevolgtrekking dat globale verhitting 'n meer voordelige impak op die Suid-Afrikaanse omgewing sal hê as nadele. Onder andere het hy bevind dat die Suid-Afrikaanse jaargemiddelde reënval toegeneem het van 497 mm tot 543 mm.⁴⁷ Ook toon die analise aan dat die reënval oor die westelike gedeelte van Suid-Afrika gedurende die afgelope 78 jaar vermeerder het, en dat die neiging waarskynlik in die toekoms sal voortduur.⁴⁸ Hiermee saam verwerp hy ook enige negatiewe landbou-impak, veral in die Wes-Kaap as gevolg van klimaatsverandering,⁴⁹ en toon aan dat riviervloei-variasie sterk gekoppel kan word aan sonvlekke.⁵⁰ Die klassieke werk van Tyson^{51,52} met reënvalfluktuasies en -siklusse as tema, figureer sterk in sy betoog asook die Hurst-verskynsel⁵³ wat siklisiteit koppel aan sikliese veranderings in sonstraling. Hierdie bevindings verskil lynreg van dié van ander Suid-Afrikaanse wetenskaplikes in die betrokke velde, maar verdien desnieteenstaande ernstige besinning. Alexander se bevindings en uitsprake is feitlik uitsluitlik gerig op binnelandse Suid-Afrikaanse toestande. Seevlakke en stormagtige seetoestande is dus nie oorweeg nie.

IMPLIKASIE VIR VLOEDSKADEBEHEERBEPLANNING EN VLOEDBESTUUR

'n Wetenskaplike benadering tot vloedskadebeheerbeplanning vereis onder meer dat aannames ten opsigte van vloedkarakteristieke soos waarskynlikheid van vloed-voorkomste en vorm van vloedhidrograwe (die verloop van vloedwaterhoogte/vloedvolume tydens 'n vloed) gemaak moet word. Gebaseer op sodanige aannames in navorsing wat gedurende die laaste dekade van die vorige eeu aan die UV gedoen is, om twee rekenaarmodelle FLODSIM en TEWA te ontwikkel,^{54,55,56} waarmee optimale pakkette van vloedskadebeheermaatreëls in besproeiings en stedelike gebiede in Suid-Afrika beplan kan word. Die vloedhidrograwe ingebou in beide modelle aanvaar vloed-veroorsakende reënvalverskynsels sonder klimaatsverandering.

Vloedveroorsakende reënvalverskynsels wat sedert 2000 in verskillende dele van Suid-Afrika voorgekom het (Mozambique en Zimbabwe in 2001, 2007 en 2008; Suid-Kaap in 2003, 2006 en 2007;

oos- en suid-ooskus seevloede in 2007)^{57,58} toon byvoorbeeld dat die aard en frekwensie van die vloedveroorsakende reënvalverskynsels verander/toegeneem het met hewiger reënbuie maar van korter duur. Die vorm van die vloedhidrograaf word hierdeur betekenisvol verander wat maak dat modelle soos FLODSIM en TEWA verander moet word om bruikbaar te bly.

Die groter onsekerheid om die hidrolgiese karakteristieke van nuwe vloedgebeure te voorspel, vereis voorts dat benaderings om vloedtoestande en vloedgevolge doeltreffend te bestuur, aangepas moet word. 'n Oop benadering met snel hulpverlening tydens vloedtoestande en omvattende en uitgebreide versorging tydens en na vloede blyk noodsaaklik te wees en moet aangepas wees vir die uiteenlopende behoeftes van armer en welvarender gemeenskappe om doeltreffend te wees, soos byvoorbeeld bevind in die Eden Distrik Munisipaliteit.⁵⁹

SAMEVATTENDE OPMERKING

Langtermyn klimaatsverandering, teweeggebring deur veranderings in die natuurlike omgewing, is deel van planeet aarde sedert die ontstaan en word bevestig deur die langtermyn siklusse van afkoeling en verwarming, styging en daling van seevlakke, ens., wat waargeneem kan word. Sedert die industriële revolusie het menslike aktiwiteite toenemend lugbesoedeling veroorsaak, soveel so dat dit tans redelik algemeen aanvaar word dat toename in aardverwarming die afgelope dekades indien nie ten volle nie dan tot 'n groot mate aan menslike aktiwiteite, wat groot volumes koolstof en ander gasse aan die atmosfeer vrystel, gekoppel kan word. Verskeie gevolge hiervan word waargeneem.

Ongeag onsekerheid oor die bydraes van natuurlike omstandighede en menslike aktiwiteite tot klimaatsverandering dui veranderings in byvoorbeeld vloed-veroorsakende reënvalpatrone wat in die jongste verlede (sedert 2000) in Suider-Afrika plaasgevind het op betekenisvolle hidrolgiese veranderings wat aanpassings in benaderings en modelle om effektiewe vloedskadebeheermaatreëls te beplan en toe te pas, noodsaak.

ENDNOTAS

1. Norman N. & Whitfield G. (2006). Geological Journeys. (Struik Publishers), p. 13.
2. Norman & Whitfield (2006), p.12.
3. Marker M.E. (1998). Cenozoic climate change in Southern Africa: The evidence from geomorphology, 1967-1996. South African Geographical Journal, 80 (1), p. 7.
4. Marker (1998), pp. 2-6.
5. Marker (1998), p. 7.
6. Tyson P.D. (1986). Climatic change and variability in Southern Africa. (Oxford University Press), pp. 195-207.
7. Tyson P.D. & Preston Whyte R.A. (1996). The weather and climate of Southern Africa. (Oxford University Press), pp. 305-336.
8. Tyson P.D. (1986), pp. 204-206.
9. Tyson & Preston-Whyte (1996), pp. 176-336.
10. Strahler A.N. & Strahler A.H. (1990). Elements of physical Geography. (John Wiley & Sons), pp. 141-164.
11. Miller G.T. (1998). Living in the environment. (Wadsworth Publishing Company), pp. 156-256.
12. Barry R.G. & Chorley R.J. (1988). Atmosphere, weather and climate. (Methuen), pp. 321-333.
13. Flannery T. (2006). The weather makers. (Penguin Books), pp. 42-46.
14. Hewitson B. (2004). Climate change - A cause for concern. The Water Wheel, May/June. pp. 23-24.
15. Flannery (2006), pp. 27-29.
16. Flannery (2006), pp. 30-35.
17. Flannery (2006), pp. 38-39.
18. Hewitson (2004), pp. 23-26.

19. Strahler & Strahler (1990), pp. 72-73.
20. Glick D. (2004). The big thaw. *National Geographic Magazine*, 206 (3) September, p. 25.
21. Glick (2004), p. 20.
22. Nicklen P. (2007). Life at the edge. *National Geographic Magazine*, 211(6) June. p. 28.
23. Nicklen (2007), p. 22.
24. Flannery (2006), pp. 146-147.
25. Flannery (2006), p. 141.
26. Flannery (2006), p. 149.
27. Flannery (2006), pp. 150-151.
28. Norman & Whitfield (2006), pp. 70-72.
29. Depuydt F. (2000). *Fascinerende Landschappen van Vlaanderen en Wallonië*. (Davidsfonds/Leuven). pp. 38-49.
30. Marker (1998), pp. 2-7.
31. Hughes P. Brundrit G.B. & Shillington F.A. (1991). South African sea-level measurements in the global context of sea-rise. *Suid Afrikaanse Tydskrif vir Wetenskap*, Vol. 87. pp. 448-452.
32. Norman & Whitfield (2006), p. 72.
33. Depuydt (2000), pp. 32-36.
34. Depuydt (2000), p. 40.
35. Hayden T. (2006). Climate change and storms. *National Geographic Magazine*, Vol. 210 (2) August pp. 42-44.
36. Norval J. (2007). Aardverwarming – nie net sleg. *Landbouweekblad*. 24 Augustus. pp. 12-13.
37. Tyson & Preston-Whyte (1996), pp. 351-355.
38. Lutjeharms J.R.E., Monteiro P.M.S., Tyson P.D. & Obura D. (2001). The oceans around southern Africa and regional effects of global change. *South African Journal of Science*, 97, March/April p. 120.
39. Alexander W.J.R. (2004). Climate change – There is no need for concern. *The Water Wheel* January/February pp. 28-29.
40. Tyson (1986), p. 205.
41. Schulze R.E. (1989). ACURU: Background concepts and theory. WRC, Pretoria, Verslag 154/1/89.
42. Schulze R.E. (1995). The ACURU 3.00 Agrohydrological Modelling System. WRC, Pretoria, Verslag TT69/95.
43. Schulze R.E., Angus G.R. Lynch S.D. & Smithers J.C. (1995). ACURU Concepts and structure. A text to accompany the ACURU 3.00 Modelling System. WRC, Pretoria, Verslag TT69/95.
44. De Villiers G. duT. & de Jager J.M. (1981). Net Rainfall and Interception Losses in a Burkea Africana-Ochna Pulchra Tree Savanna. *Water S.A.*, 7(4), pp. 249-253.
45. De Villiers G. du T. (1982). Predictive Models for Estimating Net Rainfall and Interception Losses in Savanna Vegetation *Water S.A.* 8(4), pp. 208-212.
46. Alexander W.J.R. (2005). Will climate change affect agriculture? *SA Besproeiing* Junie/Julie p. 8-14.
47. Alexander (2004), p. 29.
48. Alexander W.J.R. (1995). Floods, droughts and climate change. *South African Journal of Science* 91. pp. 405-406.
49. Alexander (2005), pp. 46-47.
50. Alexander (1995), pp. 406-408.
51. Tyson P.D. (1970). Rainfall fluctuations over South Africa during the period of meteorological record. Paper presented at the International Convention. Water for the Future, Pretoria.
52. Tyson P.D. & Dyer T.G.J. (1978). The predicted above-normal rainfall of the seventies and the likelihood of droughts in the eighties in South Africa. *South African Journal of Science* 74, pp. 372-377.
53. Alexander (1995), pp. 403-404.
54. Booyesen H.J. (2000). Die ontwikkeling van 'n GIS toepassing vir die beplanning en bestuur van 'n vloedvlakke in Suid-Afrika. Ph.D Proefskrif. Universiteit van die Vrystaat, Bloemfontein. pp. 105-180.
55. Du Plessis L.A. (1998). Vloedskadesimulasie vir Besproeiingsboerdery in die Benede-Oranje- en Umfolozirivier as onderdeel van 'n Volhoubare en geïntegreerde vloedvlakkebestuurstelsel. Ph.D Proefskrif. Die Universiteit van die Vrystaat, Bloemfontein. pp. 131-176.

56. Viljoen M.F., du Plessis L.A., Booysen H.J., Weepener H.L., Braune M., van Blederen D., Butler M. (2001). Flood Damage Management aids for Integrated Sustainable Development Planning in South Africa, WRC Report No 889/1/01, pp. 13-32.
57. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs – Integrated Regional Information Networks (IRIN), Date: 07 Jan 2008, Mozambique: Fears of worse flooding than in 2007 <http://www.reliefweb.int/rw/rwb.nsf/db900sid/ASIN-7AMPXZ?OpenDocument>.
58. SOUTH AFRICAN WEATHER SERVICE, Extensive Flooding and Damage to Coastal Infrastructure along the KwaZulu-Natal Coast <http://www.weathersa.co.za/Pressroom/2007/2007Mar22KZN.jsp>.
59. Disaster Mitigation for Sustainable Livelihoods Programme, (University of Cape Town), (2007), Severe Weather Compound Disaster. August 2006 cut-off lows and their consequences of the Southern Cape, South Africa. pp. 5-6.