

Berigte en Mededelings

Driehonderdjarige herdenking van getyvoorspelling

M.L. Gründlingh

Nasionale Navorsingsinstituut vir Oseanologie, WNNR, Posbus 320, Stellenbosch 7600

INLEIDING

Getye is een van die oseaanverskynsels wat reeds van die vroegste tye bekend is. Die amplitude van getye in die Middellandse see, bakermat van ons beskawing, is baie klein en die eerste persone wat dit buite dié see gewaag het (soos Alexander die Grote, 325 v.C.) was verstom oor en verras deur die getybewegings aan vreemde kuste. Blykens geskrifte van Strato en Plinius¹ uit die tydperk voor en kort na die geboorte van Christus was dit bekend dat spring- en dooiety verband hou met 'n gekombineerde effek van die maan en die son. Die beskrywings uit daardie tyd was deurgaans kinematies (en spekulatief), sonder aanduiding van waarom sodanige verband sou bestaan. Die begrip van getye berus egter op die konsep **gravitasie** – die inherente aantrekkingskrag wat liggame op mekaar het weens hulle massa, waarsonder getye nie verklaar en voorspel kan word nie. Die wêreld moes tot die sewentiende eeu wag voordat iemand in staat was om hierdie fundamentele verband kwalitatief en kwantitatief in te sien. Dit is vanjaar presies 300 jaar gelede dat die eerste wetenskaplike verhandeling waarin getye nie alleen beskryf is nie, maar verklaar is, deur Isaac Newton voltooi is.

ISAAC NEWTON

Isaac Newton is op Kersdag 1642 (dieselfde jaar dat Galileo oorlede is) in Woolsthorpe, Lincolnshire, gebore.² Hy het as enigste kind sonder pa grootgeword in 'n familie waarin niemand enige akademiese status of agtergrond gehad het nie. Newton het as kind geen buitengewone talente openbaar nie en kan nie vergelyk word met wonderkinders soos Mozart of Beethoven nie. Terwyl sy ma eerder gretig was dat die jong Isaac in die boerdery bedrywig sou word, was dit die plaaslike skoolhoof wat 'n vermoede van Isaac se potensiaal gehad het. In sy latere skooldae word dit duidelik dat hy, met genoegsame uitdaging, al sy aandag op 'n taak sou toespits totdat die oplossing bereik is. Die skoolhoof dring daarop aan dat Isaac sy skoolopleiding voltooi, en op 19-jarige ouderdom word hy tot die Universiteit van Cambridge toegelaat. Vir die volgende veertig jaar sou hy daar bly, eers as student, later as akademiese lid van die Trinity College en professor in Wiskunde.

Die konsep van gravitasie het reeds in 1666 by Newton begin vorm aanneem, maar hy laat dit vir agtien jaar links lê ten gunste van sy studies in die optika. Sy eerste publikasie – oor refraksie van kleure, wit lig en teleskope – sien in 1671 die lig. Nie alleen verteenwoordig dit 'n beduidende deurbraak op hierdie gebied nie, maar stel met die formaat van redenasie 'n

nuwe wetenskaplike voorbeeld van publikasies daar – 'n kenmerk ook van sy latere werke.³ Dit staan dan ook in sterk kontras teenoor die spekulatiewe en pseudo-metafisiese benaderings van daardie tyd.

FORMULERING VAN GRAVITASIE

Die ontleding van die gravitasiewette en die formulering van getyprinsiepe begin met 'n besoek van Halley (vandag bekend vir sy bydraes tot die astronomie en waarneming van die komeet wat na hom vernoem is) aan Newton in Augustus 1684.⁴ In daardie tyd is dit algemeen vermoed dat planeete in elliptiese bane beweeg, en dat daar 'n krag tussen die son en die planeete bestaan wat omgekeerd eweredig is aan die kwadraat van die afstand. Die verband tussen die elliptisiteit enersyds en die bestaan en grootte van die krag andersyds was egter onbekend. Groot was Halley se opgewondenheid en verbasing toe Newton hom tydens die besoek meedeel dat hy die verband reeds wiskundig-wetenskaplik bewys het! "Whereupon dr. Halley asked him for his calculation without any further delay. Sir Isaac looked among his papers, but could not find it, but he promised him to renew it and have it sent to him....".⁴

Dit neem hom nie lank om die bewyse te herhaal nie en aldus gestimuleer, begin Newton formeel met 'n omvattende verhandeling oor gravitasie in November 1684. Binne ongeveer 2 jaar formuleer Newton die gravitasiewette asook konsepte van verwante aspekte. Sy monumentale werk *Philosophiae naturalis principia mathematica* bestaan uiteindelik uit drie dele van meer as 500 bladsye, en die drukwerk word op 5 Julie 1687 voltooi.⁵ Dit is Volume III wat fundamentele uitsprake oor getye bevat,⁶ gebaseer op die voorafgaande formulering van gravitasiekragte in Volume I en II. Die boeke word tweemaal hersien, naamlik in 1713 (Cambridge) en 1726 (Londen). Die laaste uitgawe word as die geoutoriseerde beskou en is voltooi toe Newton 84 was. -

'n Omvattende teorie oor getye verg 'n volledige beskrywing van die aarde-maan-sisteem. Daarom is groot gedeeltes van Newton se *Principia* wat oor gravitasie handel 'n indirekte bydrae tot 'n begrip van getye. Nogtans word getybeweging in veral vier stellings geformuleer. Stelling 66 (Deel I) behandel die probleem van gemeenskaplike aantrekking van drie liggame, en in toepassing die reaksie van 'n waterdeeltjie op die aardoppervlak onder invloed van die aantrekkingskrag van die aarde en 'n hemelliggaam (bv. die son of maan).

Stelling 24 (Deel III) bevat kwalitatiewe en kwantitatiewe uitsprake oor die eb en vloed van die see en die

effek van die son en maan. Die hoofkomponente van hierdie stelling is

- (a) die see sal tweekeer elke son-dag en elke maan-dag hoogwater en laagwater vertoon, en Newton bereken hulle relatiewe bydrae;
- (b) hoogwater word bereik wanneer 'n onbekende krag voortduur nadat die son/maan sy hoogtepunt bereik het. (Hierdie bewering van Newton is verkeerd, omdat hy die loodregte komponent van die tydgenererende krag beskou het,⁷ wat eintlik oneffektief in vergelyking met die horisontale komponent is. Hierdie aspek is drie en vyftig jaar later deur Euler⁸ bewys);
- (c) akkurate verklaring van spring- en dooiety asook die vertraging en versnelling van getye;
- (d) vertraging van getybeweging deur kanale of vlak gebiede wat die gety kan vervorm.

Stelling 36 (Deel III) bepaal die grootte van die sonkrag wat nodig is om die see te beweeg, terwyl stelling 37 dieselfde vir die maan doen. Newton doen dit deur die reaksie van die see ten opsigte van die maan en son afsonderlik in verhouding te plaas. Daar is egter baie probleme met so 'n metode en Newton se resultaat is oordrewe.

LATERE ONTWIKKELINGS

Dit is interessant om daarop te let dat dit veral bekende wetenskaplikes was wat noemenswaardige verdere bydraes gelewer het.^{9,10} In 1740 bestudeer Benoulli¹¹ die ewewigsgety en in dieselfde jaar kom Euler⁸ tot die gevolgtrekking dat slegs die getykragte wat tangensiaal tot die aardoppervlak opereer, beduidend is. Bydraes word voorts gelewer deur Laplace,¹² Poisson,¹³ Darwin,¹⁴ Kelvin,¹⁵ Poincaré¹⁶ en Lamb.¹⁷ Met behulp van die harmoniese analise en getyvoorspellingsmasjiene¹⁸ word getye vanaf 1880 voorspel. In hierdie tyd word verdere verfynings deur Proudman,¹⁹ Doodson²⁰ en andere gemaak.

Vandag word getye deur middel van rekenaars voorspel en is gety tafels geredelik beskikbaar. In Suid-Afrika word laasgenoemde deur die Hidrograaf bereken^{21, 22, 23} en word watervlakke vir meeste hawens en dorpe aan die kus verskaf. Wêreldwyd omvat huidige getynavorsing 'n wye verskeidenheid onderwerpe, byvoorbeeld voorspelling van getye deur middel van satellietmetings,²⁴ die reaksie van mariene organismes op getyvlak²⁵ en in intergetysones soos getyvlaktes,²⁶ en die dissipasie van getyenergie in die see.²⁷ Aanwending van getye vir elektriese kragopwekking was tot dusver op slegs een plek kommersieel suksesvol (Frankryk).²⁸

BIBLIOGRAFIE

1. Bowden, K.F. (1962). The restless tides. In *Seas, maps and men*. Deacon, G.E.R. ed. (Geographical Projects Limited, London) 295 pp.
2. More, L.T. (1934). *Isaac Newton, a bibliography* (Charles Caribner's Sons, New York) 675 pp.
3. Zeitlinger, H. (1927). A Newton bibliography. In *Isaac Newton 1642-1727, A memorial volume*. Greenstreet, W.J. ed. (G. Bell and Sons Ltd., London) 181 pp.
4. Cohen, I.B. (1978). *Introduction to Newton's Principia* (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts) 380 pp.
5. Newton, I. (1687). *Philosophiae naturalis principia mathematica*. Part I, II, III 1st ed. (Royal Society Press, London) 510 pp.
6. Motte, A. en Cajori, F. (1966). *Mathematical principles of natural philosophy by I Newton* (University of California Press, Los Angeles) 680 pp.
7. Proudman, J. (1927). Newton's work on the theory of tides. In *Isaac Newton 1642-1727, A memorial volume*. Greenstreet, W.J. ed. 87-95 (G Bell and Sons, London) 181 pp.
8. Euler, L. (1740). Inquisitio physica in cousam fluxus ac refluxus maris. *Recueil des piéces qui ont remporté le prix de l'Academie Royale des Sciences*, 235, 348.
9. Anon (1955). *Bibliography on tides, 2665-1935*, Association d'Océanographie Physique, IUGG, Rep. 15, Geofysisk Institut, Bergen, Noorweë, 220 pp.
10. Anon (1957). *Bibliography on tides, 1940-1954*, Association d'Océanographie Physique, IUGG, Rep. 17, Geofysisk Institut, Bergen, Noorweë, 63 pp.
11. Bernoulli, D. (1740). *Traité sur le flux et reflux de la mer*. Recueil des piéces qui ont remporté le prix de l'Academie Royale des Sciences, 53-191.
12. Laplace, P.S. (1815). Memoire sur le flux et le reflux de la mer, *Phil. mag.*, 47, 118-125.
13. Poisson, S.D. (1828). Sur les petites oscillations de l'eau contenue dans un cylindre. *Ann. math. (Gergonne)*, 19, 225-241.
14. Darwin, G.H. (1878). On the bodily tides of viscous and semi elastic fluids and on the ocean tides upon a yielding nucleus. *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 170, 1-35.
15. Thomson, W. (Lord Kelvin) (1878). Harmonic analyser. *Proc. Roy. Soc.*, 27, 371-373.
16. Poincaré, H. (1894). Sur l'équilibre des mers. *Comptes Rendus* 118, 948-952.
17. Lamb, H. (1895). *Hydrodynamics* (Cambridge University Press).
18. Roberts, E. (1879). Preliminary note on a new tide-predicter. *Proc. Roy. Soc.*, 19, 198-201.
19. Proudman, J. (1917). On the dynamical equations of the tides I, II and III. *Proc. London Math. So.*, 18, 1-68.
20. Doodson, A.T. (1924). Perturbations of harmonic tidal constants. *Proc. Roy. Soc. (A)*, 106, 513-526.
21. Hidrograaf (1987). Suid-Afrikaanse gety tafels, 1987. *Verlag SAN H.02*. Maritime Hoofkwartier, Tokai, 260 pp.
22. Shipley, A.M. (1977). Tidal analysis. *Verlag SEA IR 7701*, NNO-WNNR, Stellenbosch, 26 pp.
23. Shipley, A.M. (1980). Tidal prediction program. *Verlag SEA 8001*, NNO-WNNR, Stellenbosch, 30 pp.
24. Zetler, B.D. Long, E.E. & KU, L.F. (1985). Tide predictions using satellite constituents. *Hydrogr. Rev.*, 62, 135-142.
25. Williams, J.A. (1985). An endogenous tidal cycle of bloodsugar concentrations in the shore crab. *Comp. biochem. physiol.*, 81A, 627-631.
26. Vugts, H.F. & Zimmerman, J.T.F. (1985). The heat balance of a tidal flat area. *Neth. J. Sea Res.*, 19, 1-14.
27. Kagan, B.A. (1985). Tidal evolution of the earth-moon system upon resonant excitation of tides in the earth's oceans. *Dokl. Earth Sci. Sect.*, 271, 29-32.
28. Hillairet, P. (1984). Twenty years after: An experiment in tidal power. *Houille Blanche*, 8, 571-582.

Die Sesde Nasionale Oseanografiese Simposium (6NOS)

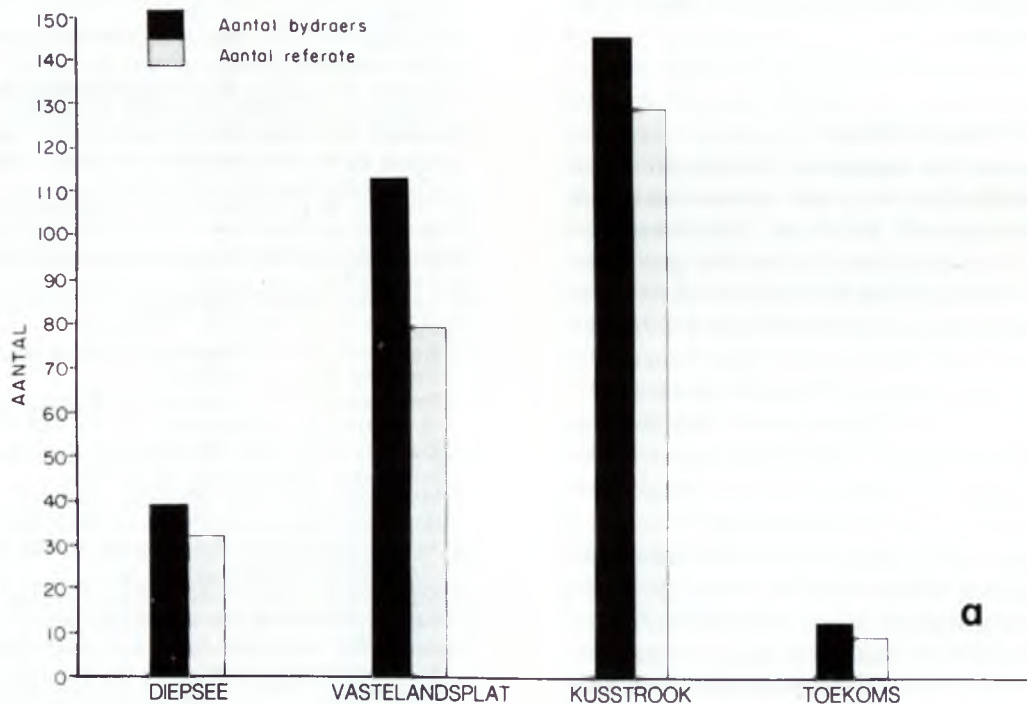
J.R.E. Lutjeharms

Nasionale Navorsingsinstituut vir Oseanologie, WNNR, Posbus 320, Stellenbosch 7600

Nasionale Oseanografiese Simposia vind sedert 1970 hier te lande gereeld plaas, met tussenposes van ongeveer 3 jaar. Die jongste simposium is van 6 tot 10 Julie 1987 op Stellenbosch gehou en is bygewoon deur meer as 300 afgevaardigdes uit alle dele van Suider-Afrika en verteenwoordigend van alle vakdissiplines wat in die oseanologie saamgevat word. Die doel met dié simposia is juis om gereeld die geleentheid te skep vir die hele oseanologiese gemeenskap in Suid-Afrika om bymekaar te kom, te besin oor wat in die afgelope paar jaar vermag is en toekomstige navorsingstendense deur gesprekvoering te verken. Om ruim tyd vir bespreking toe te laat, is die meeste referate tydens 6NOS as plakkate aangebied, altesaam sowat 200. Inleidende oorsigreferate tydens elke subsessie is beperk tot 20 minute, terwyl die paar bykomende mondelinge voor-

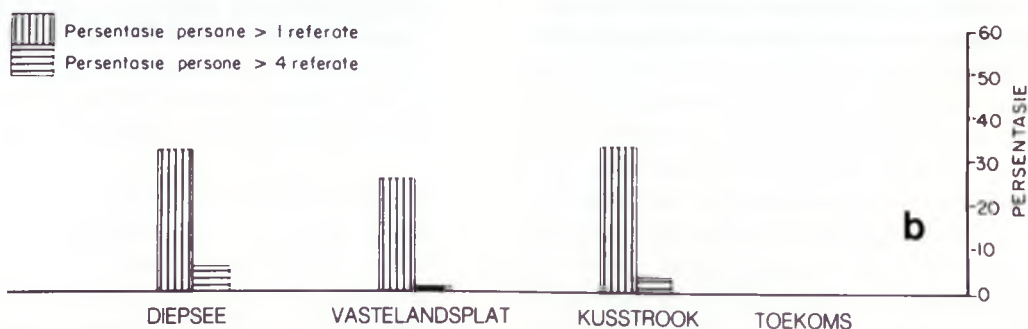
dragte beperk is tot 5 minute elk. Die mikpunt was om tydens elke subsessie tot 'n uur ononderbroke besprekingstyd te hê onder leiding van iemand wat die sleutelprobleme kan uitlig. 'n Volledige bespreking van die navorsingsresultate waaroor daar tydens die simposium berig is, word vir publikasie elders voorberei,¹ terwyl 'n bundel uitgebreide samevattinge² beskikbaar is. Die doel met hierdie nuusberig is om die navorsingstendense in Suid-Afrikaanse oseanologie, soos weerspieël in aanbiedings tydens die simposium, asook die sukses al dan nie van die simposiumformaat kortliks in oënskou te neem.

Die beraadslagings tydens die 6NOS is ingedeel volgens drie geografiese gebiede, naamlik die diepsee, die vastelandsplat en die kusstrook. Ter afsluiting van die simposium is 'n sessie oor die toekoms van seever-



FIGUUR 1: Ontleding van deelname aan die Sesde Nasionale Oseanografiese Simposium (6NOS) op Stellenbosch vanjaar.

a: Die aantal bydraers tot sessies oor die diepsee, die vastelandsplat, die kusstrook en die toekoms van marienavorsing in Suid-Afrika word getoon.



b: Die aantal referate en die persentasie persone wat betrokke was by meer as een of meer as vier referate in elke sessie.

wante navorsing in Suid-Afrika gehou. Tien losstaande werkseminare oor 'n verskeidenheid onderwerpe is ook tydens die 6NOS gereël. Verslag is gelewer oor die volle omvang van Suid-Afrikaanse navorsing in die mariene omgewing en derhalwe het die simposium goed daarin geslaag om 'n oorsigbeeld van die veld voor te hou. Oor die algemeen het sprekers hulle voordragte so algemeen bevatbaar as moontlik probeer hou, sodat die hele gemeenskap die inhoud van hulle werk kon begryp. Heel tegniese bydraes is oor die algemeen beperk tot plakkaat en tot die werkseminare.

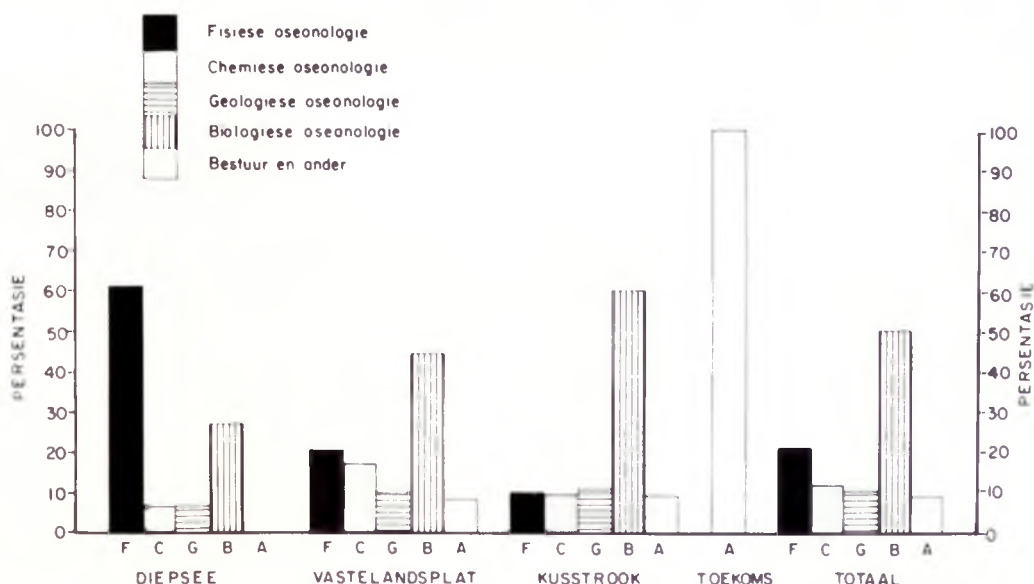
Sekere verspreidings in navorsingsaktiwiteit blyk uit 'n ontleding van die aantal bydraes en referate in elke sessie van die simposium (figuur 1). Verreweg die grootste aantal bydraes is gelewer in die sessie oor die kusstrook, gevolg deur heelwat minder oor die vastelandsplat en, vergelykenderwys, 'n heel klein aantal bydraes oor die diepsee. Die geringste aantal bydraes is gelewer oor die toekoms van oseanologie in Suid-Afrika (fig. 1a). Dit was ook interessant om te merk dat die verhouding tussen die aantal bydraers en die aantal referate nogal van gebied tot gebied verskil het. Vir die diepsee was hierdie verskil die kleinste. Dié tendens word ook weerspieël in die persentasie persone wat betrokke was by meer as een of meer as vier referate in elke sessie (fig. 1b). Die diepseesessie het hier 'n effense voorsprong geniet, met die vastelandsplat die laaste in die ry. Wat hier van belang is, is dat die aantal navorsers in die diepsee baie kleiner as dié op die ander gebiede is en dat die aantal referate dus berus op hoër produktiwiteit van net 'n klein groepie persone. Vir volgehoue prestasie is hierdie situasie nie baie gesond nie.

Dit blyk des te meer as 'n ontleding gemaak word van die verspreiding van bydraes uit verskillende vakdissiplines in die verskillende sessies (figuur 2). Die verspreiding van alle referate saam toon 'n oorwig in

biologiese bydraes, 'n stewige fisikakomponent, maar 'n swak chemiese en nog swakker geologiese komponent. Verbasend genoeg is die aantal bydraes oor bestuur, soos bestuur van visbronne en die kusstrook, die laagste van almal. Alle bydraes in die kort sessie oor die toekoms van die vakgebied is beskou as bestuursbydraes. Die verspreiding van bydraes uit die verskillende vakdissiplines stem oor die algemeen egter redelik ooreen met dié wat in die buiteland aange-tref word. As die verspreiding binne die geografiese gebiede ontleed word, blyk 'n paar verontrustende neigings. Biologiese aktiwiteit is grotendeels toegespits op die kusstrook met baie weinig aktiwiteit wat die diepsee betref. Vir die fisiese oseanologie is die omgekeerde waar. Gesien die geringe hoeveelheid werk wat daar oor die diepsee gedoen word (figuur 1), is die fisiese werk daar waarskynlik nie uit verhouding nie, maar is die chemiese, geologiese en selfs biologiese werksaamhede gevaarlik dun.

Uit hierdie ontleding het ook 'n paar ander onrusbarende tendense na vore getree. In die eerste plek blyk dit dat die oorgrote persentasie chemiese oseanologie wat bedryf word, bloot betrekking het op besoedeling, veral deur riool- en nywerheidsafloop. Uiteens min werklike chemiese oseanologie word gedoen. 'n Tweede tendens is die beduidende aantal bydraes wat onder fisiese oseanologie of geologiese oseanologie ingedeel is, maar wat in werklikheid ingenieursprojekte is. Sommige van hierdie projekte is bloot op pragmatiese dienlikheid toegespits en maak geen verdere bydrae tot kennis of die wetenskap nie. Die gevaar bestaan dat, indien hierdie tendens voortgesit word, die intellektuele inhoud van sekere navorsingsterreine sal verskraal.

Die formaat van die 6NOS het hoofsaaklik positiewe kommentaar ontlok. Die beginsel waarop dit gebaseer was, naamlik die minimum aan formele voordragte en 'n maksimum aan besprekingsgeleenthede, is



FIGUUR 2: Ontleding van referate aangebied tydens die Sesde Nasionale Oseanografiese Simposium (6NOS) volgens vakdissipline. Die indeling is sowel volgens sessies van die simposium as volgens die totaal.

deurgaans sterk ondersteun. Dit het egter geblyk dat daar aan sekere kritiese elemente aandag gegee moet word om dit te laat slaag. In die eerste plek moet voorsitters baie streng dissipline handhaaf en sprekers nie toelaat om hulle aangewese tye te oorskry nie en sodoende waardevolle besprekingstyd op te neem nie. Tweedens is goeie besprekingsinleiers nodig wat met die nodige kritiese en stimulerende vrae die gesprek aan die gang kan kry en die momentum in die bespreking kan handhaaf. Sonder hierdie twee faktore verval die beoogde simposiumsgesprekstyl gou in die meer konvensionele voordragstyl en verloor dit die besprekingskomponent waarop juis getrag word om die klem te laat val.

Aan die einde van die weeklange simposium is 'n middag afgestaan om die toekoms van oseanologie in Suid-Afrika te bespreek. Oor die algemeen het referente hiertydens die indruk gelaat dat dit met die vakgebied goed gaan, ondanks geïdentifiseerde probleme met befondsing en veral met opgeleide mannekrag. Belangrike fundamentele navorsing wat internasionale erkenning geniet, word gedoen, terwyl praktiese probleme van besoedeling en kusbestuur op kundige wyse aangespreek word. Weinig aandag is egter in die bespreking gegee aan leemtes in die verspreiding van werksaamhede, soos hierbo belig, of oor die gewenste

navorsingsbalans in die komende dekades.

'n Hoogtepunt van die simposium was die oorhandiging, vir die eerste keer, van die pasingestelde prestige-toekenning, die Gilchristmedalje, aan prof. John Day en dr. Vere Shannon. Emeritusprofessor Day van die Universiteit van Kaapstad het tot op groot hoogte die fondament gelê vir navorsing oor die kusstrook en strandmere in Suid-Afrika, terwyl dr. Shannon oor die afgelope dekade 'n buitengewone bydrae tot die gebruik van veral afstandwaarneming in die oseanologie gemaak het. 'n Uitnodiging is tydens die simposium gerig om die 7NOS in 1990 in Durban te hou. Dit sal insiggewend wees om by daardie geleentheid te kan bepaal in watter mate daar klemverskuiwings in die vakgebied plaasgevind het, en hoedanig die oseanologie hom by veranderende plaaslike en internasionale omstandighede aangepas het.

VERWYSINGS

1. Swart, D.H. (1987). Marine research trends highlighted by the Sixth National Oceanographic Symposium, *S. Afr. Tydskr. Wet.*, in voorbereiding.
2. SANKON (1987). *Simposiumhandboek en Opsommings van Referate en Plakkate*. Sesde Nasionale Oseanografiese Simposium, 6-10 Julie 1987, Stellenbosch.