

Fisiese Oseanografie in Valsbaai : 'n Oorsig

M.L. Gründlingh* en J.L. Largier

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

Ontvang 29 Okt. 1987; aanvaar 27 November 1987

UITTREKSEL

Valsbaai is die grootste baai in Suidelike Afrika en grens aan 'n belangrike metropolitaanse gebied. Die baai moet daarom in 'n verskeidenheid ontspannings-, nywerheids-, vissery- en ander behoeftes voorsien. Die oorsig skets kortliks die aanvanklike verkenning van die baai en is verder toegespits op meer resente fisies-oseanografiese navorsing in die baai. 'n Konseptuele meetprogram word voorgestel om sommige leemtes in die huidige kennis aan te vul.

ABSTRACT

Physical oceanography in False Bay: A review

As False Bay is the largest bay in Southern Africa bordering on an important metropolitan area it has to meet recreational, industrial, fishing and other needs. This review deals briefly with the initial survey of the bay and then focusses on more recent physical oceanographic research. To fill gaps in the present-day knowledge of the Bay, a conceptual measuring programme is suggested.

1. INLEIDING

Valsbaai is die grootste baai in Suider-Afrika, is min of meer vierkantig, met kantlengtes van 30 km, en wissel in diepte van 0 tot 90 m. Die huidige stand van fisies-oseanografiese kennis (sover dit gepubliseerde resultate betref, van Valsbaai berus hoofsaaklik op 'n handjievol ondersoek van die afgelope twee dekades. Hierdie ondersoek gaan elkeen oor 'n spesifieke aspek van die baai se eienskappe en bied gesamentlik insae in sirkulasie- en digtheidsaspekte van die baai.

Op grond van die snelgroeïende bevolking van die Kaapse Vlakte, asook die toenemende aanspraak en uitwerking op Valsbaai ten opsigte van ontspanning, besoedelingspotensiaal, militêr-strategiese posisie, ensovoorts, is dit belangrik om die stand van kennis oor Valsbaai in oënskou te neem.

Die onderhawige studie is toegespits op die fisiese oseanologie van die baai, hoewel erken word dat biologiese, chemiese, geologiese en ander dissiplines ewe belangrike rolle speel. Aangesien inligting oor fisiese verskynsels (soos strome, getye en wind) as basis dien vir die vertolking van multidisiplinêre aspekte, word 'n omvangryke meetprogram voorgestel wat baie van die huidige onkunde oor Valsbaai uit die weg behoort te ruim.

2. HISTORIESE TERUGBLIK

Hoewel dit onwaarskynlik is dat gebeurtenisse van drie eeue gelede enigsins betrekking kan hê op die huidige stand van kennis oor Valsbaai, gee hierdie feite 'n interessante historiese perspektief op Valsbaai.¹

(a) Die ontdekking van Valsbaai

Daar word algemeen aanvaar dat die benaming

Cabo de Boa Esperanza (Kaap van Goeie Hoop) na Bartholomeus Dias (1488) teruggevoer kan word. Weens slegte weer het hy Kaappunt nie op die heenreis gesien nie en iewers verder oos 'n kruis aan die Kaapse suidkus opgerig. Eers tydens sy terugreis het hy die nou welbekende Kaappunt waargeneem. Die volgende skip wat hierdie gebied sou besoek was dié van **Vasco da Gama** wat op 20 November 1497 om Kaappunt gevaar het.

Waar Kaappunt as geografiese baken aanvanklik 'n baie prominente wegwysers net vir die heenvaart (**ooswaarts**) was, het dit met die latere toename in skeepsverkeer ewe belangrik vir die terugvaart (**weswaarts**) geword. Daar is egter baie gou ontdek dat daar 'n tweede, ewe prominente kaap ongeveer 15 seemyl oos van Kaappunt geleë was (teenswoordig Kaap Hangklip). Onoplettende loodse wat tydens hulle terugvaart hierdie verkeerde of "vals" kaap vir Kaappunt aangesien het, sou hulle plotseling binne 'n groot baai sonder noordwaartse deurgang bevind. Na aanleiding hiervan is na Kaap Hangklip as **Cabo Falso** verwys en na die naasliggende baai as **Golfo de Falso**, of **Baai Falso**, en later Valsbaai. Die eerste beskrywing van hierdie baai is in 1503 deur **Antonio de Saldanha** gegee en 'n paar jaar later verskyn die benaming ook op wêreldkaarte.

(b) Aanvanklike verkenning van Valsbaai

Voor die Nederlandse volksplanting in 1652 is daar geen rekord van die aktiwiteite van die inboorlinge wat die gebied aan die Kaap (en dus ook Valsbaai) bevolk het nie. Ook wat die seevaarders betref, is dit te betwyfel of daar enige noemenswaardige verkenning van Valsbaai was voor die aankoms van die eerste Hollanders onder **Jan van Riebeeck**. Berigte van skepe in Valsbaai wat tydens die Hollandse nedersetting (1652 e.v.) deur inboorlinge aan die Hollanders gerapporteer is, is nie met enige sukses

* Outeur aan wie korrespondensie gerig kan word

opgevolg nie. Meer as drie jaar het verloop voordat die eerste huiwerige ekspedisie (in Oktober 1655) uitgestuur is om hierdie gebied te ondersoek.

Mettertyd het meer omvangryke besigtiging en verkenning van die binneland noodsaaklik geword. Nie net het van die inboorlingbevolking (wat deur die nedersetters van verskeie diefstalle verdink en as potensiële bedreiging beskou is) hulle aan die kus van Valsbaai gevestig nie, maar sommige skeepsbemannings in nood het probeer om die nedersetting vanuit Valsbaai oor die Kaapse vlakke te bereik (bv. die **Orangien**, wat op 27 September 1662 met 39 dooie matrose en 'n verdere 150 siek aan skeerbuik in Valsbaai anker gegooi het). 'n Soortgelyke nood-situasie het die **Ysselsteijn** in Mei 1671 gedwing om skuiling te soek binne Valsbaai (waarskynlik Simonsbaai). Die daaropvolgende sukses van die noodleniging het nie die owerhede in Batavia se aandag ontglip nie en het daartoe gelei dat 'n addisionele verversingspos in die omgewing van die huidige Gordonsbaai gestig is. Dit het die weg gebaan tot die uiteindelijke ontwikkeling van die hele Valsbaaigebied.

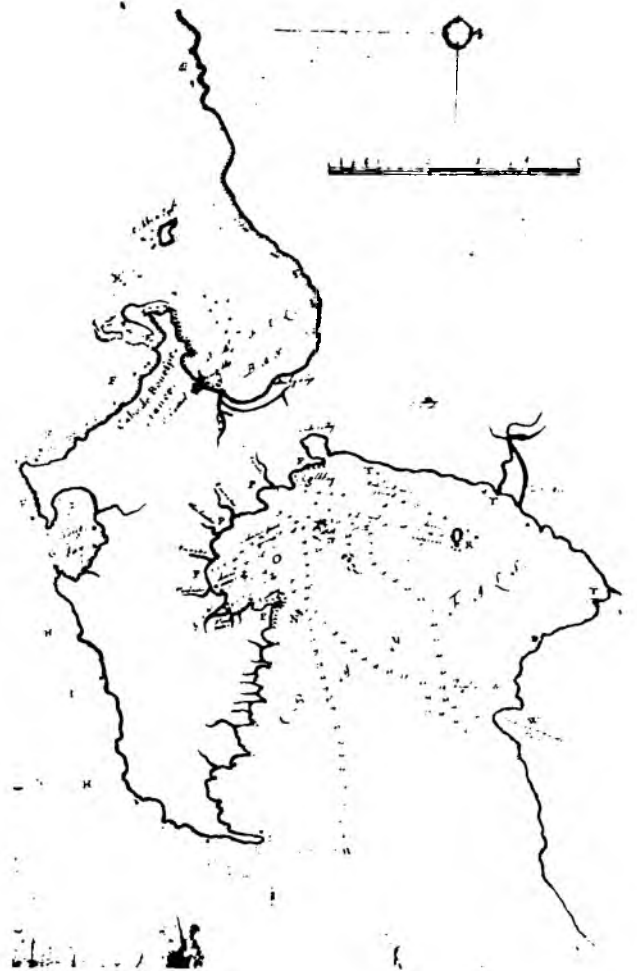
(c) Eerste maritieme opmeting van die Baai

In 1672 was Holland op die rand van oorlog met Engeland en Frankryk. Die moontlikheid van 'n aanval op die nedersetting aan die Kaap het meegebring dat 'n oorlogskip, die **Goudvinck**, daar gestasioneer is. Dié vaartuig het drie maande in Valsbaai deurgebring en die bemanning is aangesê om die baai volledig te karteer in terme van diepte, die posisie van rotse, riwwe, veilige ankerplekke, visvangplekke ens. Dit is egter onbekend hoeveel van hierdie bevel suksesvol uitgevoer is voordat die **Goudvinck** uit Valsbaai teruggeroep is.

Die eerste aangetekende dieptemetinge in Valsbaai is deur **Simon van der Stel** (in 1679 aangestel as kommandeur) self uitgevoer. In November 1687 bevaar hy die baai aan boord van **De Noord**, neem dieptepeilings en verskaf ook 'n algemene beskrywing van die eilande, riwwe en omliggende kusgebied. Aangevul deur latere sporadiese metings was die bodemtopografie van Valsbaai teen die einde van die 17e eeu reeds goed bekend. Hoewel die dieptemetinge sekerlik met aanvaarbare noukeurigheid uitgevoer is, is dit opvallend dat die vorm, afmetings en oriëntasie van Valsbaai sterk vervorm is (figuur 1).

3. HUIDIGE STAND VAN FISIESE OSEANOLOGIE IN VALSBAAI

Die sirkulasie in Valsbaai ontstaan as gevolg van eksterne faktore en kan primêr toegeskryf word aan die gesamentlike invloed van wind, getye en aangrensende seestrome. Die daarmee samehangende digtheidstruktuur word in mindere mate deur sonverwarming, invoer van varswater en interne vermenging gemoduleer. Aangesien die baai relatief vlak is (minder as 90 m) en in hoë mate blootgestel is aan intense winde (suidoos, noordwes) kan verwag word dat van die drie primêre faktore die wind se invloed dominant sal wees. Die ander faktore kan egter



FIGUUR 1: Kaart van die Kaapse Skiereiland en Valsbaai deur Simon van der Stel (c 1687) (met vriendelike vergunning van die Kaapse Argief).

plaaslik of onder sekere omstandighede net so 'n groot invloed op die watertoestand in die baai hê.

(a) Wind

Aangesien wind nie net 'n dryfkrag agter die sirkulasie en golwe in die baai is nie, maar ook 'n rol speel by aspekte soos ontspanningspotensiaal, lugbesoedeling e.d.m., is dit nodig dat die atmosferiese sirkulasie oor dié gebied effens breedvoeriger behandel word.

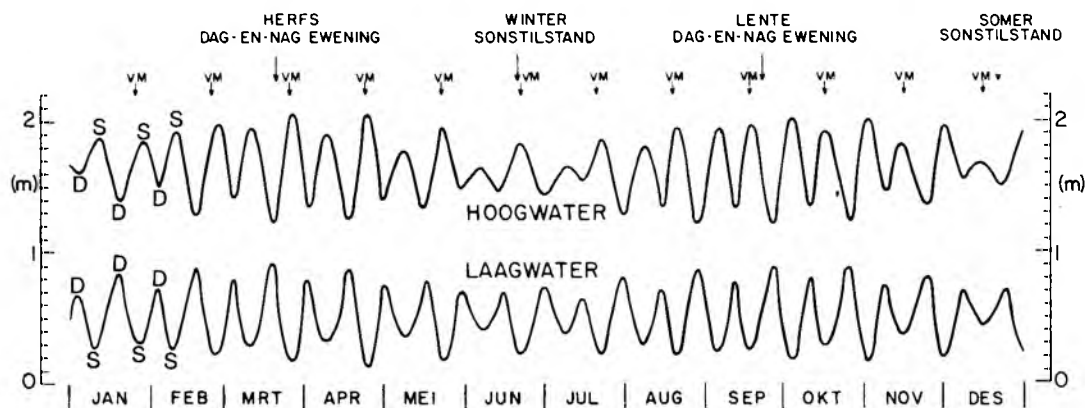
Die windpatrone oor Valsbaai is reeds deur verskeie navorsers ondersoek en danksy langtermynmetings by D.F. Malan-lughawe en Kaappunt is dit redelik goed bekend. Hierdie studies wissel van klimatologiese beskrywings^{2,3,4,5} tot korttermyngevallestudies^{6,7} wat waarnemings in die omgewing van die baai insluit.

Die plaaslike windtoestande word bepaal deur die sinoptiese weerpatrone en varieer daarom op 'n tydskaal van 'n paar dae tot seisoene. Die grootskaalse windpatrone word gemoduleer deur vlak straalwinde wat op 'n daaglikse tydskaal kan groei en taan, plaaslike temperatuurgradiënte, en veral die topografie van die omliggende landskap.

In samehang met die voortplanting van Rossby-golwe in die atmosferiese sirkumpolêre sirkulasie

DAAGLIKSE MAKSIMUM GETY- BEREIK

SIMONSTAD 1986



FIGUUR 2: Variasie van hoog- en laagwater by Simonstad soos deur getytabelle voorspel (Vm = Volmaan; S = Springgety; D = Dooiegety).

word Valsbaai se weer beïnvloed deur frontale stelsels vanuit die weste. Die meeste frontale stelsels beweeg met 'n suidwaartse komponent nadat dit verby die Suidwes-Kaap is. As gevolg van die heersende winde oor die land kan terselfdertyd 'n kuslaag aan die weskus of aan die suidkus geskep word, wat antikloksgewys om die land beweeg.

Wanneer die kuslaag (indien dit aan die weskus geskep is) en die opvolgende front (indien dit oor of naby die land beweeg) verby beweeg, waai die wind eers noordwes en draai dan antikloksgewys. 'n Hele reeks sulke stelsels kan verbygaan voordat die Suid-Atlantiese hoogdrukstelsel (SAH) inwig, hetsy oorland of suid van die land. In fase met hierdie beweging stoot die SAH vinnig om die land, met somtyds 'n afsonderlike hoogdrukstelsel wat binne 'n dag teen die suidoos- en ooskus opbeweeg. Hierdie toestand, waarin die Kaapse Skiereiland hom op die "neus" van die hoogdrukstelsel bevind, kom veral in die somer, maar ook in die winter voor en kan oor 'n lang periode semi-stasiese toestande van voortdurende suidoostelike wind tot gevolg hê.⁸

In die winter is die Suid-Atlantiese hoogdrukstelsel gemiddeld 5° verder noord as in die somer, en daarom is toestande soos dié hierbo beskryf minder algemeen. Die nuwe posisie van die SAH verskaf 'n beter kans aan die frontale steurings om oor die land heen te beweeg. Die daarmee gepaardgaande noordwestewind is daarom meer intens, en die suidooster wat uiteindelik ontstaan, is van veel korter duur. Indien daar in die winter 'n goed gedefinieerde frontale trog agter die kuslaag is, sal fris, noordwestelike winde direk na die kuslaag begin waai, lank voor die front die kus bereik. Dit gebeur gewoonlik in die laat winter dat 'n sogenaamde "blokkerende hoog", wat relatief stadig beweeg, op 'n trajek verder suid as normaal, sterk suidoostewinde oor Valsbaai kan veroorsaak en wat 'n paar dae kan voortduur.

Dit moet beklemtoon word dat dit 'n baie vereenvoudigde weergawe van 'n gekompliseerde atmosferiese sirkulasie is. Soos gemeld, kan kuslae ook aan

die suidkus gevorm word en is die kuslaag aan die weskus se antikloksgewyse voortplanting nie noodwendig kontinu nie. In gevalle van diskontinue voortplanting van die weskuslaag, of afwesigheid daarvan, sal slegs die front oor die Kaap waargeneem word. Die opeenvolgende verbybeweeg van verskeie fronte kan die toestand aansienlik kompliseer.

'n Tipiese somersiklus kan ongeveer 5 tot 7 dae duur (die periode tussen die aanvoer van die kuslae), en 3 tot 5 van hierdie dae word deur suidoostewinde gekenmerk. In beide seisoene kom winde met snelhede van meer as 30 knope algemeen voor, terwyl suidoostewinde by Kaappunt in die somer 50 knope of meer kan bereik. Stormsterkte (meer as 35 knope) noordwestewinde kom gereeld in die winter by laasgenoemde vuurtoring voor.

Weens die topografie van die Valsbaaise omgewing kan daar nie sprake van 'n uniforme windveld wees nie. Die veranderlikheid en intensiteit van die wind in die omgewing van Kaappunt is alombekend. Na gelang van die vertikale omvang van die wind kan die berge wat Valsbaai omring, ook skadusones oor die baai skep en die windrigting aansienlik beïnvloed. So is dit algemeen bekend dat indien die suidoostewind "vlak" is, Kogelberg (1 268 m; geleë naby Koëlbaai) 'n windskadu oor die baai werp. Ook gedurende 'n afsnylaag-toestand, wanneer die sterk suidoostewind die hele troposfeer omvat, kan gebiede van hoë windsnelheid vinnig van posisie verander.

(b) Getye

Getye aan die Suid-Afrikaanse kus het 'n betreklik klein bestek. By Simonstad varieer die verskil tussen hoog- en laagwater van 0,3 m (dooiegety) tot 1,9 m (springgety) (figuur 2). Die halfdaagse gety is dominant.

Die getye veroorsaak 'n volumevloed van ongeveer $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ deur die ingang van Valsbaai, wat 'n deursnitarea van ongeveer $2 \times 10^6 \text{ m}^2$ het. Dit kan daarom verwag word dat getystrome se snelheid daar minder as 0,1 m/s sal wees. Aangesien daar geen noe-

menswaardige vernouings of uitgebreide vlakgebiede in die baai bestaan nie, behoort getystrome slegs van sekondêre belang vir die dinamika van die baai te wees. Nogtans dui voorlopige stroomdata⁹ wat in die gebied van Seal-eiland ingesamel is daarop dat die getystrome nie so onbeduidend swak is as wat aanvanklik vermoed is nie. Strome met getyfrekwensie het naamlik 0,1 m/s oorskry, terwyl windaangedrewe strome in hierdie omgewing nouliks hierdie waarde gehaal het, selfs na 'n fris wind.

(c) Wisseling in temperatuur en soutgehalte

Die navorsing van Atkins,¹⁰ moontlik van die belangrikste sover dit die seisoenswisseling in temperatuur en soutgehalte in Valsbaai betref, berus op die resultate van meer as 1 700 versyferde hidrografiese lesings. Metings is geneem met behulp van 'n vissersboot wat 'n ruitnet van 28 stasies binne agt uur voltooi het. Die gemiddelde temperatuur¹⁰ in Valsbaai is saamgevoeg om geografiese verspreiding uit te skakel en slegs seisoensveranderinge bloot te lê (tabel 1). Hieruit volg dat die gemiddelde oppervlaktemperatuur in die baai ongeveer 19°C in die somer en 14,6°C in die winter is.

TABEL I
Gemiddelde seisoenale temperature
in Valsbaai
(verwerk van Atkins¹⁰)

Diepte	Lente	Somer	Herfs	Winter
0	16,8	19,0	15,4	14,6
10	15,8	17,5	14,8	14,5
20	14,3	14,8	13,8	14,3
30	12,9	12,2	12,7	14,2
50	11,8	10,4	11,0	13,1

Daar is 'n aansienlike seisoenswisseling in die temperatuurverskil tussen die oppervlakte en die laag by 50 m. Hierdie verskil is van 8 tot 9°C in die somer, terwyl die waterkolom in die winter amper totaal isothermies is. Die vermenging in die winter ontstaan a.g.v. windaksie, afkoeling aan die oppervlak deur laer lugtemperatuur en gevolglike termiese onstabielheid in die water, en interne golwe. In die somer is die water aan die oppervlak 4 tot 5°C warmer as in die winter, maar by 50 m is dit amper 3°C kouer as in die winter. Dit blyk ook dat die temperatuurverloop gedurende die jaar nie simmetries om die somer- en winterseisoen gerangskik is nie, maar dat die lente effens warmer as die herfs is. Die rede hiervoor kan moontlik geleë wees in die asimmetriese indeling van die stasies in die kalendermaande (bv. oormatig baie lentestasies in die later gedeelte van die periode, ens.) asook in die groot intraseisoenale veranderinge in die struktuur as gevolg van gebeurtenisse op sinoptiese skaal.

Die geografiese verspreiding van oppervlaktemperatuur dui daarop dat daar 'n kloksgewyse

sirkulasie in die baai bestaan. Dit word tentatief bevestig deur die temperatuurverspreiding volgens diepte, veral in die lente (Oktober – Desember).

Die gemiddelde oppervlaksoutgehalte is 35,19‰ en wissel tussen 35,13‰ in die lente en 35,22‰ in die winter. Dit sou eintlik verwag kan word dat die hoër soutgehaltes in die somer sou voorkom, veral in die lig van die hoë verdamping in die somer (as gevolg van sterk winde by hoë temperatuur) en daarteenoor die groot hoeveelheid neerslag in die winter, maar dit is blykbaar nie die geval nie. Hierdie oënskynlike anomalie kan moontlik toegeskryf word aan die besondere gelaagdheid van die water, wat tydens vermenging water met hoër soutgehalte na die oppervlak bring. Die lae soutgehaltes wat gepaard gaan met die uitstroom van die riviere in die noordooste van die Baai was beperk tot die kusstrook by Gordonsbaai, waar die gemiddelde wintersoutgehalte tot 34,8‰ gedaal het.

Largier¹¹ het tussen 1983 en 1984 termistorsnoere en stroommeters 10 km suid van Kaappunt ontplooi. Die data uit hierdie eksperiment het korttermynskommeling vertoon wat aan intense getye, intense golwe en winddrywing toegeskryf is. Hoewel hierdie instrumente net buite die ingang van die baai geplaas is, sal die verskynsels tog in die suidelike gedeelte van die baai voorkom.

Hoewel die effek van sonverwarming in die baai nog nie bepaal is nie, verwag 'n mens nogtans daaglikse en seisoenale wisseling in die oppervlaktemperatuur. As gevolg van die oorheersende aksie van die wind oor die baai, tree die verwarmingseffek in die na-oppervlakgelaagdheid waarskynlik nie sterk na vore nie. Toevoeging van varswater uit die riviere speel plaaslik net tydens wintervloedtoestande 'n rol.¹² Deur middel van vermenging weens oppervlak- en bodemwrywing word die warmte en sout binne die baai versprei.

(d) Koue oppervlakwater in die Baai

Metings van oppervlaktemperatuur¹³ is gedoen deur middel van 'n stralingtermometer in 'n vliegtuig waarmee die baai met 'n ruitnet afgetas is. Vier opnames is gedoen op vier agtereenvolgende dae in November 1968. Wind- en weerlesings is gelyktydig vanaf die navorsingskip T.B. Davie en deur 'n anemometer by die Strand geneem.

Tydens die eerste opname was daar opstuwing by Kaap Hangklip, met 'n temperatuur van 10 tot 12°C, en 'n opstuwingspluim het noordweswaarts na die middel van die baai gestrek. Tydens die tweede en derde opname het die opstuwing by Kaap Hangklip verdwyn en was die massa kouer water in die middel van die baai, afgesluit van die kusegebied by Kaap Hangklip. Teen die vierde dag het die opstuwing by Kaap Hangklip weer begin met 'n pluim kouer water wat noordweswaarts na die middel van die baai voortbeweeg het.

Die resultate dui dus daarop dat koue water wat somtyds in die middel van die baai waargeneem word, nie plaaslik ontstaan nie, maar hoogs waarskynlik afkomstig is van die opstuwingsel by Kaap

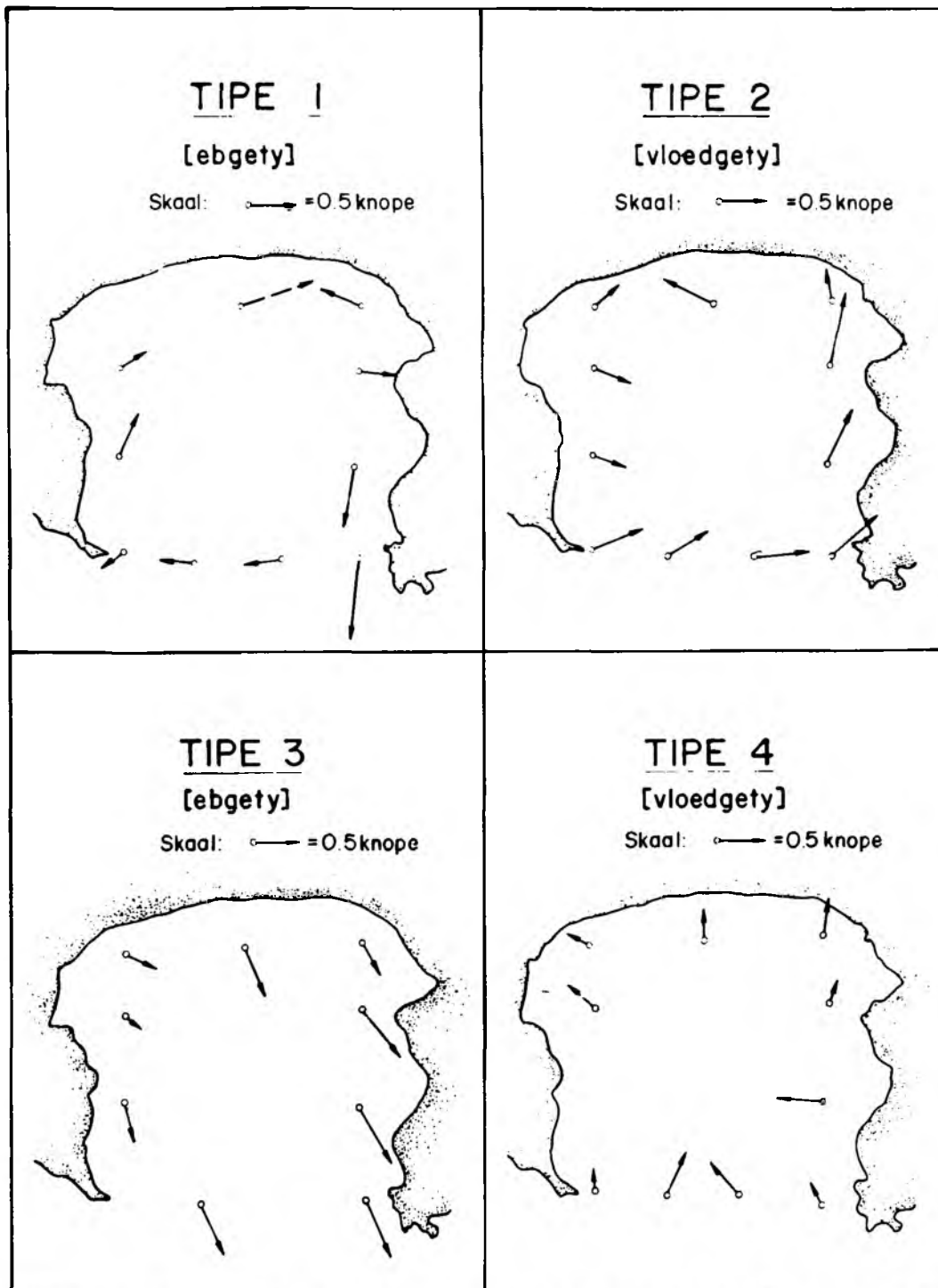
Hangklip tydens suidoostewindtoestande. Hierdie bevindinge is bevestig deur Jury⁷ wat 'n tweede, swakker opstuwingsgebied in die omgewing van Gordonsbaai opgespoor het.

(e) Stroompatrone in die baai

Stroom- en ander resultate is tydens die enigste simposium oor Valsbaai¹⁴ aangebied. Om stroommetings oor die grootste moontlike gebied in die kortste tyd te bekom, is aanvanklik van die "kleurstofbom-metode" gebruik gemaak.¹⁵ Met dié metode is twee plastiekhouders elk met 'n vlot en kleurstof uit 'n vliegtuig laat val. Die een houder was voorsien van 'n anker en het sy kleurstof op een posisie vrygelaat.

Die tweede, met 'n ander kleurstof, het saam met die water afgedryf terwyl sy kleurstof vrygelaat is. Uit die relatiewe posisies van die twee vlotte/kleurmassas kon die spoed en rigting van die stroom m.b.v. lugfoto's afgelei word. Hierdie metode is 13 keer by 11 stasieposisies uitgevoer.¹⁶ Uit die resultate van die eksperiment is vier basiese sirkulasiepatrone geïdentifiseer (kyk by figuur 3).

Tipe I is die mees algemene sirkulasie en behels 'n **kloksgewyse stroom** om die rand van die baai. Dit ontstaan tydens suidoostewinde of oostewinde en is met klein variasies sewe maal waargeneem. **Tipe II** is 'n **antikloksgewyse** sirkulasie en is slegs een maal na sterk noordweswinde waargeneem. Sirkulasie van



FIGUUR 3: Vier basiese sirkulasiepatrone van die strome in Valsbaai¹⁶ (met vriendelike vergunning van die Royal Society of South Africa).

tipes III en IV het plaasgevind na periodes van kalmte en kan blykbaar aan die **getye** toegeskryf word. Tipe III het met die ebgety saamgeval en is gekenmerk deur stroomvektore wat oor die algemeen suid- of suidooswaarts gerig was. Tipe IV, wat met die vloedgety saamgeval het, het vektore bevat wat grotendeels noord- of noordweswaarts gerig was.

Dit is ook moontlik dat **seiches** in die baai opgewek kan word, 'n verskynsel wat die natuurlike ossillasie van 'n min of meer afgeslote watermassa verteenwoordig. In die geval van Valsbaai het die beweging 'n periode van ongeveer 2,3 uur en is reeds in getyrekords opgemerk.¹⁶

Pogings is ook aangewend¹⁶ om die bodemstrome met behulp van 'n elektroniese stroommeter te bepaal. Die stroomsnelhede was egter baie klein en geen patroon kon gevind word nie.

Deur middel van 'n numeriese model van Valsbaai^{17, 18} is getrag om die windaangedrewe sirkulasie in die baai te bestudeer. In die model word die bewegingsvergelykings in liniêre vorm aangewend; die dryfkrag word deur die windskuifspanning voorsien en die demping deur bodemwrywing; die water word as homogeen sonder enige stratifikasie beskou en die sisteem word na twee dimensies verminder deur vertikaal te integreer. Die geografiese gebied wat deur die model gedek word, is uitgebrei om areas ten suide, ooste en weste van die baai self te omvat. Aan die suidelike grens van die model verdwyn grensnormale komponente van stroomsnelheid, terwyl die grense aan die ooste- en westekant "oop" is, om voorsiening te maak vir 'n mate van verbyvloeiing. Aangesien modelle van hierdie aard uiters waardevol is vir sirkulasiestudies (in terme van kwantifisering van dryfkragte, sintetisering van historiese metings en voorspelling), is dit nodig om die model en sy resultate van naderby te beskou. Die belangrikste tekortkominge van die model is die volgende:

(i) 'n Groot nadeel van tweedimensionele, vertikaal geïntegreerde modelle lê daarin dat daar nie voorsiening gemaak word vir barokliene stroming nie. In 'n geslote baai waar massabalans deur kontinuïteitsoorwegings bepaal word, skep wind uit 'n konstante rigting mettertyd oppervlakgradiënte wat in die natuur gesuperponeerde kompensasiestrome d.m.v. op- of afstuwing tweegbring. In die onderhawige model lei die horisontale drukgradiënte slegs daartoe dat die windwrywing teëgewerk word, met 'n verlaagde netto stroomsnelheid as resultaat. Eienskappe van die strome in Valsbaai, soos die opstuwing in die omgewing van Kaap Hangklip asook dié by Gordonsbaai, kan daarom nie deur die vertikaal geïntegreerde dinamika weergegee word nie.

(ii) Die sirkulasie is aanvanklik in 'n toestand van rus en ontwikkel volledig tot 'n stasionêre toestand. Dit is hoogs onwaarskynlik dat enige van hierdie twee gevalle 'n realistiese voorstelling van werklike toestande in die baai is, aangesien elke stroomtoestand in die natuur 'n komplekse samestelling van vorige toestande, getywerking en huidige winde is.

(iii) Die model word gedryf deur 'n stasionêre windveld. Hoewel winde oor Valsbaai somtyds vir langer

tydperke uit 'n betreklik konstante rigting waai, vind noemenswaardige daaglikse veranderinge in sowel spoed as rigting in die somer plaas, wat 'n beduidende invloed op die sirkulasie kan hê.

Die waarde van die model kan beoordeel word volgens sy vermoë om die grootste gevolge van 'n gegewe wind te reproduseer of te help verstaan. Daarom verwag 'n mens dat die model waardeloos sou wees tydens swak of veranderlike wind. Tydens sterk wind is daar 'n geringe mate van ooreenkomst tussen die model en die hoofcirculasie in die baai (soos verteenwoordig deur metings^{7,8,10,19,20}). Gedurende hierdie periodes van sterk wind kan 'n mens die volgende eienskappe verwag: swak antisiklonale sirkulasie van die oppervlakwater as gevolg van 'n noordwestewind; 'n eenvoudige siklonale beweging as gevolg van 'n suidwestewind; 'n antisiklonale vloei in die suidelike gedeelte van die baai, en swakker strome in die noordelike gedeelte tydens 'n diep suidoostewind; dieselfde antisiklonale stroming in die suidelike gedeelte van die baai, en 'n suidooswaartse vloei aan die lykant van Kogelberg tydens 'n vlak suidoostewind.

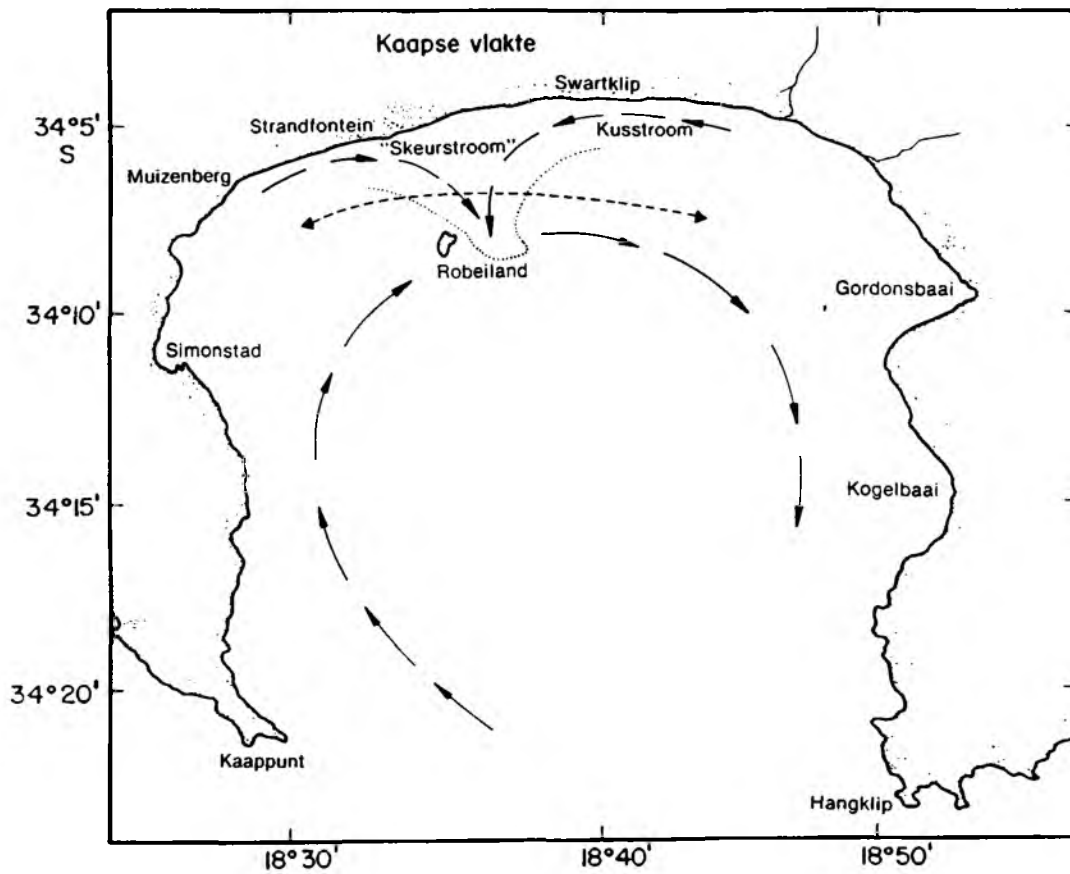
'n Voorbeeld van mesoskaalse verskynsels wat nie deur die model weerspieël word nie, word aan die westekant van die baai gevind. Gedurende periodes van swak atmosferiese drukgradiënte ontstaan 'n **seebries** in die omgewing van Muizenberg. Die versterking van wind in die namiddag naby Simonstad, Kalkbaai en Sealeiland⁹ is skynbaar kenmerkend van hierdie omgewing. Hierdie plaaslike wind is belangrik, nie vanweë sy intensiteit nie, maar eerder vanweë sy reëlmatigheid. Die temperatuurpatroon⁷ ten tye van sodanige seebriestoestande toon 'n duidelike stroom warmer water noordwaarts vanaf Kaappunt.

(f) **Pluime aan die noordkus**

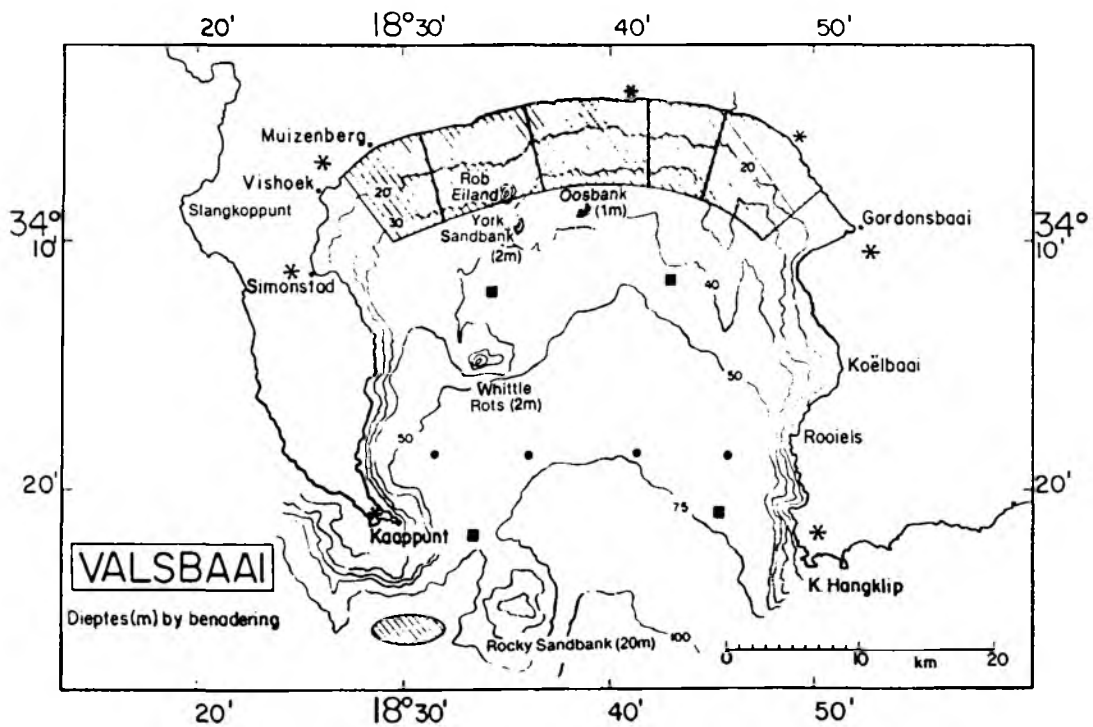
Satelliet-afstandwaarneming deur die Landsat- en Nimbussatelliete toon pluimagtige kleurpatrone²¹ wat van die noordkus van Valsbaai suidwaarts uitsprei. Drie voorbeelde van hierdie verskynsel is op 1 Desember 1978, 11 en 19 Februarie 1979 waargeneem. Die waargenome patrone kan óf aan marienobiologiese materiaal toegeskryf word óf aan sediment. Aangesien altwee Landsatbeelde tydens springty ontvang is, bestaan die moontlikheid dat fyn sediment uit die strandgebied aan die noordkus deur golfaksie geërodeer word²² – iets wat ondersteun word deur die bevinding^{23,24} dat noordwaartse langperiodegolwe neig om in die noordooste en noordweste van die baai gefokusseer te word. Die posisie van die pluime langs die kus²⁵ hang af van die presiese golfritging, wat weer 'n faktor van die windrigting is. 'n Konseptuele stroompatroon²¹ wat tot die pluime aanleiding kon gee (ongegag die materiaal waaruit die pluime bestaan), word in figuur 4 weergegee.

(g) **Aangrensende seestrome**

Hoewel die strome en waterstruktuur afsonderlik binne en buite Valsbaai in verskeie meetprogramme bestudeer is^{10,14,16,26}, was daar tot dusver geen oor-



FIGUUR 4: Konseptuele meganisme vir die vorming van pluime aan die noordkus¹ (met vriendelike vergunning van die Navorsingsinstituut vir Seevisserye).



FIGUUR 5: Posities van ongepubliseerde metings in Valsbaai: vier stroommeterankerings vir NS (■) en IMT/NNO (●) Arsering aan noordkus dui verspreide hidrografiese en weerkundige metings van NNO aan (hoofsaaklik by vier vet lyne) en arsering suid van Kaappunt addisionele verankeringsposisies van NS. Weermetings word met * aangedui. Die S.A. Vloot bedryf 'n getymeter in Simonstad.

vleuelende meetprogram nie. Die wisselwerking tussen die strome binne en buite Valsbaai is daarom grotendeels onbekend (hoewel die numeriese model^{17,18} hierdie moontlikheid in ag geneem het). Die moontlikheid bestaan egter dat filamente warm water uit die Agulhasstroomgebied die baai kan bereik en kan binnedring. Dieselfde geld ook vir koue water uit die Benguelasisteam.

(h) Golwe

Golwe kan 'n rol speel in plaaslike dinamika, sedimenttransport en vermenging. Die mees gedetailleerde inligting²⁴ is vervat in kontrakverslae, waarin refraksiediagramme vir verskeie moontlike golfrigtings en -periodes vir die hele Valsbaai bereken is.

4. ONGEPUBLISEERDE

NAVORSINGSRESULTATE

Benewens bogenoemde inligting oor Valsbaai wat in gepubliseerde vorm beskikbaar is, is daar tans 'n paar datastelle wat nog nie as amptelike publikasies of verslae verkrygbaar is nie. Dit is uiters belangrik dat hierdie werk ook hier vermeld word, aangesien dit reserch is en daarom met nuwe tegnieke uitgevoer word en nuwe perspektiewe op verskeie aspekte van die sirkulasie in die baai kan plaas. Uit die aard van die saak is die data wat hier bespreek word, nog nie in volledig-geanaliseerde vorm nie, en word dit daarom beplan om hier slegs verwysingsinligting te verskaf. (Figuur 5 bevat die geografiese verspreiding van die meetpunte.)

(a) Stroom-, temperatuur- en getymetings

Die WNNR se Nasionale Navorsingsinstituut vir Oseanologie (NNO) het onlangs navorsing uitgevoer wat op die erosie en ontwikkeling van die noordkus gemik was. As gevolg van die kontraktuele aard van die navorsing is die resultate nie algemeen beskikbaar nie en word hulle as "ongepubliseer" beskou. 'n Nuwe omvangryke ondersoek na alle aspekte van besoedeling word tans (1987) deur hierdie Instituut in die nabyheid van die noordkus in waterdieptes tussen 0 en 30 m onderneem. Metings word op hoofsaaklik vier lyne van ongeveer 6 km-lengtes gekonsentreer (kyk by fig. 5), en behels evaluasie van wind, strome, temperatuur, soutgehalte, diepte en kleurstofdispersie. Vrydrywende boeie met waterankers op verskillende dieptes word ook gevolg. Dit word beplan dat hierdie metings, gerugsteun deur lugfoto's en satellietbeelde, 'n gedetailleerde insae sal verskaf in die moontlike besoedelingsroetes en -konsentrasies, asook die uitwisseling- en vermengingsprosesse tussen gebiede binne en buite die brandersone. Die NNO en die Instituut vir Maritieme Tegnologie (IMT) het in die somer van 1986/87 vier verankerings, elk met twee stroommeters, in die ingang van die baai ontplooi om die strome in die onderlaag te bestudeer.

Die Navorsingsinstituut vir Seevisserie (NS) het in 1985 vier verankerings met stroommeters in Valsbaai ontplooi⁹ op posisies bepaal na aanleiding van die

resultate van die numeriese sirkulasiemodel.^{17,18} Hierby kom nog ook die ongepubliseerde gedeeltes van metings wat dié Instituut in 1984/85 net buite die ingang¹¹ gedoen het.

Seetemperatuurlesings by Gordonsbaai en Muizenberg (en ook by ander meetpunte buite Valsbaai) word deur die Weerburo versamel. Hierdie data word onder andere gebruik om kaarte van see-oppervlaktemperatuur saam te stel.

Seevlakmetings word op slegs twee plekke gemaak, naamlik in Simonsbaai en in Gordonsbaai.

(b) Weerkundige metings

Die status van sommige van die meetstasies in die omgewing van Valsbaai is veranderlik, en nuwe stasies word opgestel terwyl ander verwyder word.

Die Suid-Afrikaanse Weerburo beheer die meting van weerkundige veranderlikes by die Kaappuntvuurtoring, D.F. Malan-lughawe en Dangerpointvuurtoring. By Kaappunt word die windspoed en -rigting elke uur bepaal, terwyl lugtemperatuur, lugdruk ens. al om die drie uur gemeet word. By die D.F. Malan-lughawe word al die veranderlikes elke uur gemeet. By Dangerpoint is 'n outomatiese weerstasie wat bogenoemde veranderlikes al om die 5 minute registreer.

Die Navorsingsinstituut vir Seevisserie het in die herfs van 1985 twee outomatiese weerstasies in die Valsbaaigebied ontplooi.⁹ Die een, by Sealeiland, was 13 m bo seevlak, terwyl die tweede – wat by Hangklip geplaas is – 16 m bo seevlak was. As deel van die besoedelingstudie van NNO in 1987 is windsensors op Sealeiland, naby die Strand en by Hangklip ontplooi.

'n Anemometer word deur die S.A. Vloot in die Simonstadse hawe in stand gehou, en 'n verslag oor dié metings is verkrygbaar van die weerkantoor op D.F. Malan-lughawe.

Die Visseryontwikkelingskorporasie het tot onlangs registreerders by Kalkbaai en Gordonsbaai gehad, wat wind elke uur meet. Die stasie by Gordonsbaai het ook lugdruk en watervlak gemeet.

(c) Afstandswaarneming

Beelde in die sigbare spektrum van Landsat is al om die 16 dae verkrygbaar, en met 'n oplosvermoë van 80 m kan dit waardevol wees vir die vertolking van sekere verskynsels. Daarenteen het beelde afkomstig van die NOAA-satelliete 'n oplosvermoë van ongeveer 1 km en is gereeld beskikbaar (elke paar dae). Ten slotte bestaan daar ook 'n groot aantal kleurbeelde van die Nimbus VII-satelliet.

Die kaarte van GOSSTCOMP (global Sea Surface Temperature Computation) bevat kontoere van die oppervlaktemperatuur soos deur satelliete gemeet en kan nuttig wees om perspektief oor die sirkulasie op meso- en sinoptiese skaal buite Valsbaai te verkry. Om die geografiese dekking te verbeter, word lesings vir 'n periode van sewe dae saamgevoeg. Die standaardoplosvermoë van die stelsel is 100 km, hoewel kaarte met 'n oplossing van 20 km eksperimenteel saamgestel is.

5. ONSEKERHEDE

(a) Seisoensveranderinge

Die ondersoek van Atkins^{10,16} gee 'n redelike beeld van die temperatuurwisseling wat op seisoenale vlak kan plaasvind (kyk by tabel 1). Dit is te betwyfel of meer of nuwe metings noemenswaardig aan hierdie beeld gaan verander. In die lig van die betreklik klein variasie in soutgehalte in gebiede weg van die kus kan verwag word dat seisoenswisseling in soutgehalte in die baai hoofsaaklik beperk is tot dié gebiede waar varswatertoevoeging uit die riviere geskied.

Die bestaande data is egter heeltemal ontoereikend om lig te werp op die seisoenale veranderinge (indien enige) van die **stroomverdeling** in die baai. Die meetprogram van Atkins¹⁶ het aanvanklik slegs 11 stasies omvat wat 13 keer opgemeet is (later is nog 8 punte bygevoeg). Nie net was die geografiese dekking onvoldoende nie, maar die individuele metings was van korte duur en onvoldoende in getal. Boonop is slegs die oppervlakwater se beweging bestudeer.

Die metings deur die Navorsingsinstituut vir Seevisserye⁹ kan nie gebruik word om **seisoenswisseling** te identifiseer nie, aangesien die registrasieperiode maar tussen twee weke en drie maande was.

Die seisoensverandering in die windpatroon by Kaappunt en D.F. Malan-lughawe is redelik goed bekend. Dit is egter riskant om hierdie seisoenale wind sonder meer na ander plekke te ekstrapoleer, aangesien noemenswaardige gradiënte bestaan.

(b) Korttermynvariasies (enkele dae tot 'n paar weke)

Kennis van die korttermynveranderinge in Valsbaai sal heelwat kan baat by die onlangse ondersoek deur die NS⁹ en NNO/IMT (kyk by 4(a) hierbo) waarvan die resultate nog nie ontleed is nie. Tog is daar 'n paar verskynsels wat vroeëre en resente metings tevoorskyn gebring het wat verdere ondersoek regverdig:

(i) Met die wind uit die suidooste word opstuwung by Kaap Hangklip en in 'n mindere mate by Gordonsbaai veroorsaak.^{7,13} Opwellingsverskynsels is egter van korte duur en kan daarom slegs aan die hand van 'n gepaste meetprogram bestudeer word.

(ii) Die sirkulasiepatroon as gevolg van winde uit 'n suidelike sektor is ietwat teenstrydig. Atkins¹⁶ se metings dui op 'n **basies kloksgewyse** patroon tydens 'n suidoostewind, terwyl die numeriese model^{17,18} 'n **antikloksgewyse** stroomsisteem voorspel. Die numeriese model dui egter op 'n groot verandering indien die windrigting van suidoos na suidwes verskuif, wanneer 'n kloksgewyse stroom geskep word.

(iii) Vir noordewindtoestande voorspel sowel Atkins¹⁶ as die numeriese model 'n antikloksgewyse sirkulasie, hoewel die modelstrome uit twee sirkulasieselle bestaan met suidwaartse strome langs die oos- en weskus.

(iv) Die **skadusone** wat deur Kogelberg geskep word¹⁷ ten tye van 'n vlak suidoostewind lewer verskeie interessante stroompatrone op. Veral noemenswaardig is die suidooswaartse (windop-) strome aan die lykant van die berg.

(v) Die model dui ook aan dat baie intense windaangedrewe strome somtyds in die onmiddellike nabyheid (binne 10 km) van die kus voorkom. Ook hiervoor bestaan geen bevestigende waarnemings nie.

(vi) Aan die **baroklinisiteit** van die stroming in die baai is nog uiters min aandag gegee. Die moontlikheid van horisontale kompensasiestrome wat met open afstuwung gepaard gaan, is 'n opwindende en onontginde studieveld.

(vii) Die effek van **getye** is tot dusver nog maar uiters skraps ondersoek, aangesien langdurige stroommetings teen 'n fyn genoeg tydsresolusie hiervoor nodig is.

(viii) Niks is bekend oor die uitspoelperiode van Valsbaai nie, en die residensietyd van konserwatiewe stowwe is dus ook onbekend.

(ix) Die teenwoordigheid van kouer bodemwater in die somer (tabel 1) dui op 'n moontlike seisoenale instroming van kouer water van dieper gebiede buite die baai.

Bogenoemde is maar enkele van die vele interessante korttermynverskynsels waarvan die kennis tans gebrekkig, teenstrydig of heeltemal ontoereikend is. In geheel gesien, is die mesoskaal se veranderlikheid van Valsbaai in hoë mate nog onbekend.

6. EISE WAT DIE MODERNE BESKAWING AAN VALSBAAI STEL

Na beraming woon ongeveer 400 000 mense in die onmiddellike omgewing van Valsbaai. Baie van hulle beskou die strande as primêre ontspanningsterrein. Die mense verteenwoordig ongeveer 25% van die inwoners van die Kaapse metropolitaanse gebied,²⁷ wat eweneens aanspraak op die baai maak. Behalwe tradisionele vakansie- en ontspanningsoorde soos Simonstad, Vishoek, Muizenberg, Strand en Gordonsbaai is daar snel ontwikkelende ontspanningsgebiede aan die noordkus van die baai: 'n getypoel van 31 000 m² is in 1979 by Strandfontein voltooi en 'n getypoel van 30 000 m² in 1986 by Swartklip. Na verwagting gaan die Kaapse metropolitaanse bevolking van 1,8 miljoen in 1980 tot 3 miljoen in 2000 aangroei,²⁷ hoofsaaklik weens die vestiging van al hoe meer gesinne in Mitchells Plain, Khayelitsha en Blue Downs. Hierdie toename sal lei tot die verskaffing van nuwe ontspanningsgeriewe en groter gebruik van Valsbaai vir ontspanningsdoeleindes. Diepsee-ontspanningaktiwiteite met die gebruik van seiljagte, skibote en dies meer maak ook 'n noemenswaardige komponent van die benutting van Valsbaai uit. Gedurende 1979 was meer as 700 skibote en ander vaartuie in die baai gelisensieer,²⁸ en dié getal sal sekerlik ook groter word namate die bevolking toeneem. Ongeveer 1 000 metrieke ton vis word in Valsbaai gevang^{27,28} en walvisse word ook gereeld daar waargeneem. Daar is ook heelwat robbe,²⁹ pikkewyne³⁰ en ander seevoëls.³¹

Benewens die eise t.o.v. ontspanning wat aan hom gestel word, word Valsbaai ook vir die storting van behandelde nywerheids- en huishoudelike uitvloeiels gebruik. Tans word meer as 35x10⁶ m³ per jaar in die

baai gestort,^{12,32,33} hoofsaaklik uit die Kaapse rioolwerke (25×10^6 m³/jaar) by Seekoeivlei, terwyl die bydrae van rivieraflope ook nie verontagsam kan word nie.³⁴ Die algemene ekologiese sensitiwiteit van Valsbaai word in 'n onlangse publikasie aangedui.³⁵

Simonstad, versieningsoord van militêre vaartuie en die enigste volledig ontwikkelde vlootbasis aan die kus van Afrika buite die Middellandse See, is 'n voorbeeld van Valsbaai se belangrikheid vanuit 'n militêre oogpunt.

Omvattende bestuurstudies is in 1980³⁶ en 1982³⁷ onderneem met die doel om die toenemende eise wat die beskawing aan Valsbaai stel, aan te spreek.

Soos aangedui, is verskeie organisasies aangewese op en betrokke by metingsprogramme om wetenskaplike aspekte van Valsbaai te bestudeer. 'n Omvattende projek vir die bestudering van die mesoskaalse sirkulasie, wat ook as basis kan dien vir insette vanuit verwante dissiplines soos chemie en biologie, ontbreek egter nog. Om die nodige inligting gelyktydig vir omgewings-, militêre, ontspannings-, nywerheids- en bestuursbehoefes te verskaf, sal hoogs waarskynlik logisties en finansiële onmoontlik wees. Dit is egter wel moontlik om met 'n kleiner-skaalse, minder omvattende en enkeldissiplinêre ondersoek 'n goeie basis te verskaf vir 'n beter begrip van sirkulasie in Valsbaai. Vervolgens word slegs die mesoskaalse (~10 km) sirkulasie-aspekte uit 'n fisiese oseanologiese oogpunt bespreek, terwyl multidissiplinêre en konveksieskaalse aspekte (~1 km) in ander en meer lokale ondersoeke behandel sal moet word. Sommige interdissiplinêre aspekte word in (e) bespreek.

(a) Sirkulasiepatrone

Dit is duidelik dat die vernaamste apparatuur vir die ondersoek kontinu-registrerende stroommeters (en moontlik termistorsnoere) sal moet wees. Hierdie meters moet so uitgeplaas word dat hulle die sirkulasie op genoeg plekke kan meet en lank genoeg kan registreer om ook die langperiodese veranderlikheid te omvat.

Die beskikbare data gee baie min aanduiding van die skaal van ruimtelike veranderlikheid in die baai. Die stroompatrone se grootte verander na gelang van die windrigting en is sekerlik ook afhanklik van die ruimtelike skaal van die wind. Uit die resultate van die numeriese model^{17,18} kan verwag word dat stroompatrone oor afstande kleiner as 10 km noemenswaardig sal verander. Hierdeur ontstaan die vermoede dat 'n mate van horisontale koherensie vir daaglikse veranderinge slegs verkry kan word indien die ruitnet se spasiering minder as 10 km is, wat 9-25 meetpunte verteenwoordig (vir resolusie van onderskeidelik 10 en 5 km).

Soos verduidelik by die bespreking van die numeriese sirkulasiemodel, bestaan daar in baie gevalle 'n sterk baroklinisiteit in die stroming van die baai. Hoewel verwag kan word dat strome in sommige gebiede barotroop is (d.w.s. uniforme stroomrigting wat diepte het), behoort die stroomrigting in ander gebiede beduidend baroklinies te wees. Om hierdie

rede sal minstens twee meters op die meeste van die ontplooiingspunte benodig word om die strome te kwantifiseer.

Daar word voorgestel dat minstens een jaar lank met die metings volgehou word. Sodoende sal 'n omvangryke wetenskaplike studie van die sirkulasie en eienskappe van die waterstruktuur onder alle windtoestande gemaak kan word, wat vir periodes van 'n paar uur tot seisoene geldig sal wees. Die stroommeterdata kan aangevul word deur nasporing van vrydrywende boeie.

(b) Meteorologiese metings

Die hidrografiese metings moet ondersteun word deur 'n toepaslike meteorologiese meetprogram. Soos die stroommeters moet kontinu-registrerende anemometers op geskikte plekke in en om die baai ontplooi word om die nodige tyd- en afstandsresolusie van die windveld te bied. Uit die resultate van die windmetings wat in die omgewing van Valsbaai gedoen is, is dit duidelik dat die aansienlike gradiënte in die windsnelheid en -rigting oor die baai grootliks aan die omliggende topografie toegeskryf kan word. Die ideale posisie vir windmetings is dus 'n verankerde weerboei buite die orografiese invloedssfeer. Dit is ook vanselfsprekend dat die periode van ontplooiing van die windmeters met die verankeringsperiode van die stroommeters moet ooreenstem of oorvleuel.

(c) Skeepsondersoek

Met 'n skip kan gepoog word om die baai met 'n fyn netwerk waarnemingstasies af te tas. Die digtheid van die stasies sal egter ook afhang van die sinoptisiteit wat nagestreef word. 'n Ruitnet met intervale van 5 km sal ongeveer 18 uur neem om te voltooi (~15 min. per stasie), terwyl 'n ruitnet met intervale van 10 km ongeveer 11 uur sal neem. Vanaf die skip kan vertikale profiele van temperatuur en geleivermoë (= soutgehalte) asook watermonsters verkry word.

(d) Afstandwaarneming

Infrarooi- en kleursatellietbeelde was in die verlede van baie groot waarde om planktonvloeiopatrone te identifiseer. Terwyl kleurbeelde betreklik moeilik is om te verwerk en te interpreteer, is **infrarooibeelde** makliker bekombaar en is die vertolking daarvan eenvoudiger. Sulke data kan uiters waardevol wees om die posisiegebonde metings onderling te sintetiseer. Die satellietbeelde kan moontlik aangevul word deur opnames van die oppervlaktetemperatuur met behulp van 'n **stralingsmeter** uit 'n vliegtuig.

(a) Multidissiplinêre belangstelling

Hoewel verklein, is die program wat hierbo beskryf is, redelik omvangryk. Benewens die ont-saglike hoeveelheid inligting oor die mesoskaalse fisiese aspekte van Valsbaai wat verkry sal word, bied dit 'n gulde geleentheid vir biologiese, chemiese, sedimentologiese en ander dissiplines om interaktief aan die projek deel te neem. Sonder om prioriteite

aan die verskeie aansprake op Valsbaai toe te ken, is ons van mening dat die besoedelingspotensiaal en die militêre aanwending van Valsbaai sekerlik van die belangrikste is. Wat besoedelingsaspekte betref, sal enige beplande navorsing kennis moet neem van die studies wat tans deur NNO onderneem word. Hierdie resultate kan aksentverskuiwings in die voorgestelde projek meebring. Indien huidige navorsing byvoorbeeld dui op moontlike oorbelasting van die kussone of sekere stagnante plekke in die baai deur chemiese/biologiese komponente, sal die totale uitspoeltempo van die hele baai 'n noodsaaklike aanspreekpunt word. Dit kan veroorsaak dat die klem verskuif van uniforme metingsdigtheid tot meer gelokaliseerde konsentrasies.

6. SLOTOPMERKING

Valsbaai is 'n unieke gebied aan die Suider-Afrikaanse kuslyn en sal in toenemende mate moet voorsien in die behoeftes van 'n groeiende bevolking. Dit is belangrik dat die baai deeglik op 'n inter-dissiplinêre grondslag bestudeer word en dat insette van 'n breë spektrum belangegroepes verkry word.

DANKBETUIGINGS

Ons bedank kollegas uit die Afdeling Fisiese Oseanografie asook ander afdelings van die NNO, veral mnr. Geoff Toms van die Afdeling Hidrodinamika en Waterkwaliteit, vir hulle bydraes tot dié studie, asook die Instituut vir Maritieme Tegnologie, Simonstad, vir sy ondersteuning.

VERWYSINGS

- BURMAN, J. (1977). The False Bay story. Human en Rousseau, Kaapstad, 181 pp.
- SUID-AFRIKAANSE WEERBURO (1975). Klimaat van Suid-Afrika, Deel 12: Oppervlakwinde. Verslag WB 38, Departement van Vervoer, 79 pp.
- HYDROGRAPHER (1975). South African sailing directions I and II. Direkoraat van Hidrografie, Kenwyn 7790, Suid-Afrika, 95 en 223 pp.
- KEEN, C.S. (1980). Meteorological aspects of False Bay. In: The future management of False Bay (red. B Gasson), verrigtinge van 'n seminaar op 11 Junie 1980, Valsbaai-bewaringsvereniging, Kaapstad, 136 pp.
- WNNR (1958). Wave and wind conditions for the Natal and Western Cape coastal areas. WNNR-verslag MEG 665, 12, 83 pp.
- JURY, M.R. (1980). Characteristics of summer wind fields and air-sea interactions over the Cape Peninsula upwelling region. M.Sc. proefskrif, Universiteit van Kaapstad, 131 pp.
- JURY, M.R. (1984). Wind shear and differential upwelling along the SW tip of Africa. Ph.D. proefskrif, Universiteit van Kaapstad, 161 pp.
- ANDREWS, W.R.H. en HUTCHINGS, L. (1980). Upwelling in the Southern Benguela Current. Prog. oceanogr., 9, 1-81.
- WAINMAN, C.K., CRUICKSHANK, S.C. en BEAUMONT, E.D. (1986). Data Manual: False Bay wind and current patterns Feb-May 1985. NS-verslag (ter perse).
- ATKINS, G.R. (1970). Thermal structure and salinity of False Bay. Trans. Roy. Soc. S. Afr., 39(2), 117-128.
- LARGIER, J.L. (1987). Internal shelf tides and wind-driven motions in deepening the surface mixed layer. Ph.D. Tesis, Universiteit van Kaapstad, 192 pp.
- GRINDLEY, J.R. (1980). The hydrological environment of False Bay. In: The future management of False Bay (red. B Gasson), verrigtinge van 'n seminaar op 11 Junie 1980, Valsbaai-bewaringsvereniging, Kaapstad, 136 pp.
- CRAM, D.L. (1970). A suggested origin for the cold surface water in central False Bay. Trans. Roy. Soc. S. Afr., 39(4), 129-137.
- TOBIAS, P.V. (1970). Symposium on False Bay, South Africa. Trans. Roy. Soc. S. Afr., 39(2), 109-221.
- WELSH, J.G. (1967). A new method of measuring coastal surface currents with markers and dyes dropped from an aircraft. J. Mar. Res., 25(2), 190-197.
- ATKINS, G.R. (1970). Wind and current patterns in False Bay. Trans. Roy. Soc. S. Afr., 39(2), 139-148.
- VAN FOREEST, D. (1984). False Bay: a numerical model of wind-driven circulation. WNNR Verslag C/SEA 8423, 15 pp.
- VAN FOREEST, D en JURY, M.R. (1985). A numerical model of the wind-driven circulation in False Bay. S. Afr. J. Sci., 81, 312-317.
- FLEMING, B.W. (1982). The geology of False Bay with special emphasis on modern sediments. WNNR-verslag C/SEA 8253, 20 pp.
- SHANNON, L.V. en ANDERSON, F.P. (1982). Applications of satellite ocean colour imagery in the study of the Benguela Current system. S. Afr. J. Photogrammetry, Remote Sensing and Cartography 13, 153-169.
- SHANNON, L.V., WALTERS, N.M. en MOLDAN, A.G.S. (1983). Some features in two Cape bays as deduced from satellite ocean-colour imagery. S. Afr. J. Mar. Sci., 1, 111-122.
- GLASS, J. (1980). Geology, morphology, sediment cover and movement. In: The future management of False Bay (red. B Gasson), verrigtinge van 'n seminaar op 11 Junie 1980, Valsbaai-bewaringsvereniging, Kaapstad, 136 pp.
- SHIPLEY, A.M. (1964). Some aspects of wave refraction in False Bay. S. Afr. J. Sci., 60, 115-120.
- WNNR (1980a). Valsbaai-strandverbetering. Voorlopige studie. WNNR-verslag C/SEA 8046, 24 pp plus figure, tabelle.
- SWART, D.H., SHANNON, L.V. en BARTELS, A. (1987). Macro rips in False Bay. 6e Nasionale Oseanografiese Simposium, Stellenbosch, 6-10 Julie 1987 (slegs opsomming).
- BOYD, A.J., TROMP, B.B.S. en HORSTMAN, D.A. (1985). The hydrology off the South African south-western coast between Cape Point and Danger Point in 1975. S. Afr. J. Mar. Sci., 3: 145-168.
- VAN ZYL, G.N. (1980). Fixed activity in the Bay's margins. In: The future management of False Bay (red. B Gasson), verrigtinge van 'n seminaar op 11 Junie 1980, Valsbaai-bewaringsvereniging, Kaapstad, 136 pp.
- NEWMAN, G. (1980). Fishing in the Bay and the marine management options. In: The future management of False Bay (red. B Gasson), verrigtinge van 'n seminaar op 11 Junie 1980, Valsbaai-bewaringsvereniging, Kaapstad, 136 pp.
- SIEGFRIED, W.R. en ABRAMS, R. (1977). Cape fur seals riding the waves. S. Afr. J. Sci., 73(8), 237-239.
- WYNDUHM, C. (1932). Pelicans breeding in Seal Island. Ostrich, 3, 1-5.
- RAND, R.W. (1951). Bird breeding on Seal Island. Ostrich, 22, 94-103.
- GASSON, B. en MACKINNON, R. (1983). False Bay catchment: sewage forecast. WNNR-verslag C/SEA 8245, 81 pp plus figure.
- EAGLE, G. (1980). Waste disposal into the Bay. In: The future management of False Bay (red. B Gasson), Valsbaai-bewaringsvereniging, Kaapstad, 93-96.
- HEINECKEN, T.J.E., BICKERTON, I.B. en HEYDORN, A.E.F. (1983). A summary of studies of the pollution input by rivers and estuaries entering False Bay. WNNR-verslag T/SEA 8301, 20 pp.
- JACKSON, L.F. en LIPSCHITZ, S. (1984). Kussensitiewiteits-atlas van Suidelike Afrika. Departement van Vervoer 34 pp.
- GASSON, B. (1980). The future management of False Bay. Verrigtinge van 'n seminaar gehou op 11 Junie 1980. Valsbaai-bewaringsvereniging, Kaapstad, 136 pp.
- MALAN, J. (1982). The formulation of an administrative structure for the management of False Bay. MA.-tesis, Universiteit van Kaapstad, 142 pp.