

20 DEC. 1965

KONINKLIJK NEDERLANDS
METEOROLOGISCH INSTITUUT

Verslag V-177

door M.P. Visser

Verslag van een Studiereis naar het Oceanografisch
Instituut te Gotenburg, 14-20 oktober 1965

De Bilt, oktober 1965

1. Inleiding.

- 1.1. Op het Oceanografisch Instituut te Gotenburg (directeur Prof. B. Kullenberg), een afdeling van de Universiteit aldaar, houdt men zich bezig met de volgende takken van oceanografie:

hydrodynamica
chemie en sedimentologie
optiek

Het Instituut is gehuisvest in een eigen gebouw, waarin iedere afdeling over een vrij goed uitgerust laboratorium beschikt, met een instrumentmakerij, een grote zeewatertank en een druktank, benevens een huiskamer en enige slaapkamers welke laatste tegen een geringe vergoeding aan bezoekers ter beschikking worden gesteld. Het totale personeel bedraagt omstreeks 50 man. (schatting).

- 1.2. De werkgroep optiek stond tot voor kort onder leiding van Prof. Nils G. Jerlov, die nu echter in Kopenhagen woont en verbonden is aan de universiteit in de Deense hoofdstad.

De werkgroep in Gotenburg bestaat echter nog steeds, beschikt over een vrij uitgebreid en gespecialiseerd instrumentarium, en wordt, hoewel niet de jure, de facto nog steeds geleid door Prof. Jerlov, mede met het oog op de voorgenomen expeditie naar de Sangasso-zee in 1966, waar een maand lang optisch-oceanografische metingen zullen worden verricht.

Zowel personeel als instrumenten uit Gotenburg en personeel uit andere landen zullen daarbij betrokken zijn.

- 1.3. Doel van mijn reis naar Gotenburg was om Prof. Jerlov en zijn medewerkers aldaar te bezoeken, kennis te nemen van hun instrumentarium en van hun werkwijzen, en om via alle mogelijke middelen enige ervaring op te doen op dit gespecialiseerde terrein. Zulke ervaring werd nodig en nuttig geoordeeld voor het oceanografische werk in Nederland, waar we in de toekomst ook een grotere plaats willen innemen aan optische zaken.

2. Indruk.

Het kan niet worden ontkend dat het Oceanografisch Instituut te Gotenburg veel meer "laboratorium" is dan wij hier gewend zijn op de afdeling

Oceanografie van het K.N.M.I., die een veel meer "ambtelijk" karakter draagt. De aard van het werk, historische groei enz. spelen daarbij natuurlijk een zeer belangrijke rol. Zo moet bijvoorbeeld niet vergeten worden dat hun uitgebreide optische apparatuur (praktisch allemaal in eigen beheer vervaardigd) het resultaat is van ongeveer twintig jaar werk.

Bovendien speelt daarbij een rol dat bij een specialistisch onderdeel als optische oceanografie, waaraan nog vrij weinig is gedaan, men met korte doelgerichte onderzoekingstochten reeds veel nieuw waarnemingsmateriaal produceert en moet trachten dat te interpreteren. De instrumenten die men voor dat werk nodig heeft zijn of waren meestal niet te koop en men is dus genoodzaakt om ze zelf te vervaardigen.

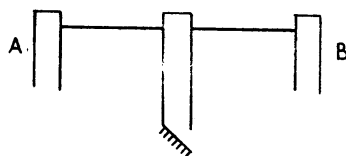
Tot korte tochten is men overigens in Gotenburg veelal gedwongen, daar het Instituut niet over een eigen schip beschikt hetgeen een (negatief) punt van overeenkomst is met het K.N.M.I.. Een voordeel voor Gotenburg is dan weer dat men daar direct aan zee zit. Wat men mist aan vaartijd kan voor een deel worden opgevangen door intensief laboratorium-werk in het instituut zelf.

3. Onderzoek naar turbulente diffusie met behulp van Rhodamine B.

Met dit onderzoek houdt men zich reeds enige tijd bezig, voornamelijk G. Kullenberg. Over het algemeen niet te ver van de kust, in de Sont, e.d., en op niet al te grote schaal. Typerend is dat men een eigen weg is ingeslagen voor de meting van de fluorescentie, waartoe men een optische methode

volgt. Het apparaat, dat in situ meet, en dat tot op voldoende grote diepte kan worden neergelaten, bestaat uit twee fotomultiplicatorbuizen A en B, die beide omlaag "kijken", op een onderlinge afstand van ongeveer $\frac{1}{2}$ meter.

Hiertussen bevindt zich de lichtbron L die voldoende actieve straling uit zendt en waarvoor een 45° -spiegel is geplaatst.



Met buis A meet men de ter plaatse aanwezige intensiteit van daglicht enz., en met buis B hetzelfde plus de extra straling die afkomstig is van fluorescentie. Het verschil van de beide waarden is dus de extra fluorescentie-straling en geeft via een ijk-factor de gezochte concentratie aan rhodamine. Men kan zodoende concentratie van 10^{-11} tot 10^{-7} meten. Een nadeel is dat een snelle horizontale "survey" van de vlek met dit apparaat niet mogelijk is; de maximumsnelheid waarmee metend gevaren kan worden is 1 à 2 knopen.

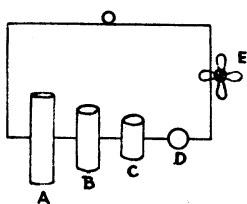
4. Optische oceanografie.

- 4.1. Behalve door Prof. Jerlov wordt de optische oceanografie te Gotenburg beoefend door de heren (s.s.t.t.) Ahlquist
G. Kullenberg
Lundgren
Nygård.

waarbij de eerste twee veelal het experimentele werk doen, en de laatste twee de ontwikkeling van instrumenten verzorgen.

Over een aantal van deze instrumenten zal in het volgende iets worden gezegd.

- 4.2. Radiantie-meter (L-meter). Vier Gershun^{*}-buisen A t/m D kunnen onder verschillende hoeken met de verticaal in een raam worden bevestigd. Het geheel kan op een bepaalde diepte worden gehangen. De Gershun-buisen bevatten elk een fotomultiplicatorbuis, en meten elk in een ruimtehoek waarvan de tophoek van de kegel minder dan 10° bedraagt. Met behulp van een motor met propeller E kan het geheel in een bepaald verticaal vlak worden ingesteld en gehouden, het vlak

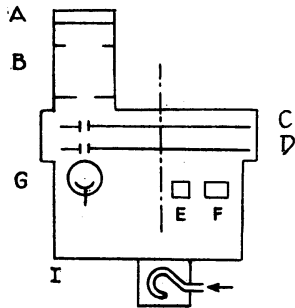


nl. waarin men met een schuin omhoogkijkende buis een maximum aan radiantie meet. Dit is het vlak waarin ook de zon ligt. De uitgangssignalen van de buizen worden gevoerd naar een schrijver. Door een verstandige keuze van de hoeken waaronder de buizen staan kan men een indruk krijgen van de vorm van de radiantie-kromme onder water.

- 4.3. Bestralingsdichtheid-meter. (vectorieele bestralingsdichtheid, E-meter)
Als vlakke (cosinus) collector doet een opealglas A dienst, van enige centimeters diameters. Hierachter volgt een Gershun-buis B om de kegelhoek van de stralenbundel te beperken (met het oog op de interferentiefilters die straks volgen). Twee filterschijven (C en D) die nu volgen bevatten achter-

* Een Gershun-buis is een cylinder, eventueel inwendig voorzien van enige diafragma's, die zorgt dat een er achter geschakelde stralingscollector slechts straling ontvangt uit een - beperkte - ruimtehoek.

eenvolgens een drietal neutraalfilters (doorlaatbaarheid resp. 1, 10^{-2} en 10^{-4}) en een achttal interferentiefilters, waardoor gemeten kan worden in zeer smalle golflengtegebieden, verdeeld over het gehele zichtbare spectrum.



De beide schijven kunnen onafhankelijk van elkaar gedraaid worden door een tweetal motoren (E en F), die van het schip af bediend kunnen worden.

Het licht valt via de Gershun-buis en de beide gekozen filters op de fotomultiplicatorbuis G, waarvan het uitgangssignaal aan boord wordt geregistreerd op een speedomax type H recorder.

Verder bevat het onderwaterdeel van deze meter nog een drukgevoelig element I (tot ongeveer 150 m diep) bestaande uit de bourdonveer van een normale drukmeter die in dit geval geen wijzer beweegt maar een variabele weerstand, die is opgenomen in een brugschakeling aan boord. Men leest dan de diepte af (± 1 m nauwkeurig ongeveer) op een $100 \mu\text{A}$ -meter.

Het onderwaterdeel is via een gewapende meeraderigekabel met het deel aan boord verbonden, waarbij het aardige is dat het meetpaneel aan boord voor verscheidene meters in successie dienst kan doen. De meter kan zowel "omhoog-" als "omlaagkijkend" worden gebruikt, desgewenst zelfs op zijn kant, en er kan zeer snel mee worden gewerkt.

Er zijn een aantal metingen mee gedaan in de Oostzee (nog niet gepubliceerd); de opzet dateert al van 1957 en is een verdere ontwikkeling van de bekende bestralingsdichtheidmeter die Jerlov gebruikte tijdens de "Albatross"-expeditie in 1947, welke meter echter was voorzien van een seleen-cel en van glasfilters.

De meter wordt geijkt op een eenvoudige optische bank tegen een thermozeuil, met als lichtbron een jodium-kwik-lamp. Vernomen werd dat men bij metingen met deze meter niet veel last ondervindt van een eventuele hoekafwijking tussen het opaalglas en het horizontale vlak, welke afwijkingen over het algemeen niet groot zullen zijn, aangezien optische oceanografie moet worden gerekend tot "mooi weer oceanografie". Dus zal er ook nooit worden gewerkt vanaf een hevig slingerend schip, overigens neemt de invloed die de scheepsbeweging (resultierend in een verticale beweging van het meet-element in het water) heeft op de geregistreerde kromme snel af met toenemende diepte, hetgeen begrijpelijk is uit de ongeveer exponentieel afnemende bestralingsdichtheid.

Deze meter moet altijd op een zo groot mogelijke afstand van het schip in het water worden gelaten (minstens 3 à 4 meter) en aan de zonzijde, om buiten de schaduw van het schip te blijven.

4.4. Bundelverzwakkingsmeter. (C-meter)

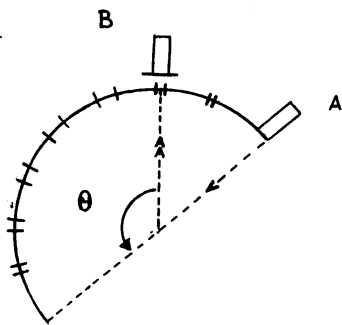
Dit instrument bevat een lamp die, gevoed met een gestabiliseerde stroom, via een optiek een gecollimeerde lichtbundel door het water zendt.

Op een zekere afstand wordt de bundel weer opgevangen, via een optiek, op een seleencil. Naar keuze kan een violet of een rood filter worden tussengeschakeld. Het geheel is voorzien van een dieptemeter evenals in punt 4.3. Ondanks het feit dat de lichtweg $1\frac{1}{2}$ meter is, is door het toepassen van een vakwerk-constructie een vrij licht en gemakkelijk hanteerbaar instrument verkregen. Een soortgelijk instrument bezitten wij ook; dit is nogal zwaar van uitwerking.

4.5. Verstrooiingsmeter.

4.5.1. Apparaat om in situ de verstrooiing als functie van de hoek te meten $\{\beta(\theta)\}$.

Hierin wordt door een lamp met optiek A een gecollimeerde lichtbundel door het water gezonden. Aan het lamphuis is een stang gemonteerd die evenwijdig



loopt met deze bundel. Op ongeveer 25 cm afstand van de lichtbron is deze stang draaibaar aan een tweede stang verbonden, die aan zijn einde een optiek met een fotomultiplicatorbuis B draagt, eveneens van een collimatie-optiek voorzien. Zodoende snijden de twee optische assen elkaar altijd in het zelfde punt.

De stang met de ontvanger staat steeds omhoog gericht (buis B "kijkt" dus steeds omlaag). Die met de lichtbron staat eerst ook omhoog gericht, maar gaat zich, na een mechanische triggering, onder invloed van de zwaartekracht langzaam (geremd) omlaagbewegen, tot hij naar beneden gericht staat. Aangezien het volume water dat zich in de beide bundels tegelijk bevindt afhankelijk is van de stand waarin zich de ontvanger bevindt, draait langs deze een smal cilindrisch scherm waarin zich diafragmaopeningen bevinden waarvan het oppervlak evenredig is met $\sin \theta$, als θ de hoek tussen de optische assen is. Het uitgangssignaal van B wordt op een schrijver vastgelegd. Men meet zodoende de volume verstrooiingsfunctie van het water ter plaatse, uitgezonderd bij zeer grote en zeer kleine hoeken θ . Voor zeer grote hoeken kan men wel extrapoleren, voor zeer kleine

hoeken kan dit niet. Het apparaat kan theoretisch tot op grote diepte worden gebruikt, maar in de praktijk beperkt men zich tot geringe diepten daar vóór iedere meting het geheel omhoog moet worden gehaald om de (mechanische) triggering weer in orde te maken.

Men meet bij voorkeur 's nachts, daar daglicht storend werkt.

4.5.2. Tyndall-meter.

Om van allerlei watermonsters (dus niet in situ) toch aan boord iets te kunnen meten over de verstrooiingsfunctie, heeft men de beschikking over een eenvoudige Tyndall-meter. Hierin wordt door het betreffende monster (in een cuvet) een gecollimeerde lichtbundel geworpen, en door een fotomultiplicatorbuis, eveneens voorzien van een collimatie-optiek, wordt gemeten welke lichthoeveelheid er wordt verstrooid in een richting die bijv. 45° of 90° maakt met de oorspronkelijke bundel. Deze hoeveelheid blijkt vrij aardig een maat te zijn voor de totale hoeveelheid zwevende deeltjes die per volume-eenheid in het water aanwezig is, terwijl de polarisatiegraad van het verstrooide licht samenhangt met de vorm die deze deeltjes hebben.

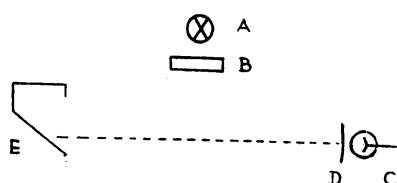
4.5.3. Meting van de verstrooiingsfunctie onder kleine hoeken.

Hiervoor is een meetapparaat in ontwikkeling dat de lichthoeveelheid meet die verstrooid wordt over een zeer kleine hoek (minder dan $\frac{1}{2}^{\circ}$). Deze meting stelt uiteraard zeer hoge eisen aan de collimatie van de oorspronkelijke lichtbundel, waarvoor men dan ook van plan is om een (blauwe) laserstraal te gebruiken. De hoge intensiteit van deze straal aanvaardt men dan als een plezierige bijkomstigheid.

Bovendien stelt men zich voor om op deze wijze metingen te kunnen doen aan de polarisatie van licht dat onder zeer kleine hoeken wordt verstrooid. Op het gebied van verstrooiing over zeer kleine hoeken in water is nog weinig gedaan, Duntley bijv. beschrijft enige metingen. Men krijgt hier langzamerhand met de moeilijkheid te maken, waarop Le Grand voor het eerst de aandacht vestigde, dat het tenslotte niet meer geheel zeker te zeggen is of men te doen heeft met (voorwaartse) verstrooiing van het licht door de materie of met normale rechtlijnige voortplanting.

4.5.4. Meting van de totale verstrooiingscoëfficiënt. (b-meter)

Het hiervoor geconstrueerde apparaat berust op de methode van Beutell & Brewer



voor verstrooiingsmetingen in de atmosfeer. Door Jerlov is er het eerst de aandacht op gevestigd dat men deze methode ook kan gebruiken voor verstrooiingsmetingen in de zee.

Een opaalglas B, verlicht door een lamp A, zendt een lichtveld uit dat voldoet aan de cosinuswet. Op zekere afstand daarvan "kijkt" een fotomultiplicator C (met optiek D) via een gecollimeerde bundel naar de lichtval E, die optisch zwart is. De bundel loopt evenwijdig met het vlak van het opaalglas. Het (strooi-)licht dat nu de foto-buis bereikt is een maat voor de totale verstrooiingscoëfficiënt van het water ter plaatse, en wordt aan boord geregistreerd.

4.6. IJkingen - Spectrofotometers.

Al de voorgaande instrumenten moeten zorgvuldig worden geijkt in het laboratorium. Dit brengt geen bijzondere problemen met zich mee voor het zuiver fotometrische deel, waar men kan ijken tegen een thermozuil of een andere goed bekende lichtgevoelige cel. Speciaal voor het doormeten van de spectrale doorlaatbaarheid van allerlei filters enz. heeft men de beschikking over een moderne Beckman spectrofotometer type DK-2A met automatische XY-plotter. Dit apparaat is echter te groot en te delicaat om aan boord van een schip te gebruiken. Om toch tijdens een onderzoekingstocht spectrale metingen te kunnen verrichten, o.a. de extinctie van zeewatermonsters in het zichtbare en het infrarode deel van het spectrum, heeft men de beschikking over een kleinere Beckman DU, die o.a. volgens ervaringen van het Scripps Instituut te La Jolla goed bruikbaar is op zee.

5. Nabeschuwing.

De meeste van de hiervoor genoemde meetinstrumenten zijn in principe genoegzaam bekend uit de literatuur. Er is echter een zeer groot verschil tussen enige malen een artikel lezen en eenmaal met het betreffende instrument van nabij kennis maken, al kan het laatste alleen vrucht afwerpen in combinatie met het eerste. De omstandigheden waren in dit opzicht gunstig, aangezien voorzover bekend de meeste benodigde literatuur op het K.N.M.I. aanwezig was (en is). Dankzij een uitvoerige literatuurstudie van te voren konden in Gotenburg vaak verhelderende discussies worden gevoerd. De daarbij verkregen inzichten hopen we in de komende jaren te kunnen benutten bij eigen optisch oceanografisch onderzoek.

6. Literatuur.

Een uitvoerig overzicht van de huidige stand van zaken met betrekking tot de optische oceanografie met een even uitvoerige literatuuropgaven is te vinden in

N.G. Jerlov, "Optical Oceanography", Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 1 (1963) 89-114. Harold Barnes, Ed. Publ. George Allen and Unwin, Ltd., London. (niet in bibliotheek K.N.M.I.).