

Eigendom van het
Westvlaam. Economisch Studie bureau
Brugge Reeks / Boek

SVENSKA
HYDROGRAFISK-BIOLOGISKA KOMMISSIONENS
SKRIFTER

Ny serie: Hydrografi IX



P 119

VATTENUTBYTET MELLAN
SKAGERAK OCH ÖSTERSJÖN

AV

O. PETTERSSON

Rätten till översättning och publikation på främmande språk förbehålles.
Copyright



VATTENUTBYTET MELLAN SKAGERAK OCH ÖSTERSJÖN

I.

VATTENUTBYTET mellan Östersjön och havet försiggår genom Kattegats 100 eng. mil långa ränna i form av en från Bälten och Öresund utgående ytström, den s. k. Baltiska Strömmen och en i motsatt led ingående underström av saltvatten.

M. Knudsen¹ och R. Witting² hava på olika vägar kommit till ganska nära överensstämmande resultat uti beräkningen av den vattenmängd som årligen flyter ut ur Östersjön, vilken enligt Knudsen är = 480 och enligt Witting = 450 kubikkilometer. Att förflytta denna vattenmassa inifrån Östersjöns bäcken ut i världshavet är en stor arbetsprestation, vartill får läggas en annan, icke mindre, som åtgår till att pressa in en kvantitet havsvatten (nämligen underströmmens) — som visserligen är mindre men dock av samma storhetsordning som utflödet — in i Östersjön genom alla sund och över alla ojämnheter och trösklar i havsbotten. Varifrån kommer den energi som verkställer detta vattenutbyte?

Det enda svar som hittills givits på denna fråga är att Östersjöns vattenyta står högre än Skageraks på grund därav att tilloppet av flodvatten och regnvatten är större än avdunstningen. Detta alstrar ett övertryck vilket ger anledning till utströmning. Om storleken härav har man alltifrån Emanuel Svedenborgs tid gjort sig de mest växlande och överdrivna föreställningar, vilka man måst reducera i den mån nivelleringarna mellan vattenståndsmätarna vid kusterna utförts med större noggrannhet. Det medelvärde på differensen i vattenståndet vid Gjedser och vid Skagen som man kunnat beräkna är ej högre än c:a 0,06 meter³. Det mekaniska arbete som skulle uppstå genom ett »vattenfall» av sådan höjd skulle på sin höjd kunna anslås till omkring 10000 sekund-hästkrafter. Detta måste anses otillräckligt till att underhålla hela vattenutbytet mellan Oceanen och Östersjön, vilket försiggår på ett sätt som innebär en mångfaldigt större arbetsprestation än man förmodat.

Knudsens och Jacobsens¹ undersökningar hava nämligen visat att vattenutbytet i Kattegat tillgår på det sätt, att större delen av det havsvatten som kommer in med underströmmen utföres igen med ytströmmen i uppblandat tillstånd och ersättes med nytt havsvatten utifrån, vilket i sin ordning till större delen uppblandas och utföres i oceanen, varest det bildar den mäktiga »Baltiska strömmen», vilkens utbredning i ytan av Skagerak och Norska Rännan långt bortom Lindesnæs markeras med röd färg på kartskissen i den föregående avhandlingen Vattenutbytet i Gullmarfjorden.

Av det salta vatten som med underströmmen inkommer i Kattegat från Nordsjön och Skagerak är det alltså blott en mindre del som inkommer i Östersjön. Knudsen beräknar att $3\frac{1}{2}$ gånger så mycket vatten som Östersjön mottager från Skagerak kommer in i Kattegat från Skagerak men drives ut igen i utspätt tillstånd, och att från Kattegat utströmmar c:a $2\frac{3}{4}$ gånger så mycket vatten i Skagerak som Kattegat mottager från Östersjön.

Det är på detta sätt som den ytström i de Skandinaviska farvattnen uppkommer som benämnes »Baltiska Strömmen». Havsvattnet föres in utifrån i Kattegatsrännan, icke kontinuerligt såsom en stadig underström, utan *oscillatoriskt* med växelvis in- och utgående rörelse under ständig uppblandning med det utströmmande ytvattnet, vars salthalt på vägen från Stora Bält till Kattegats norra mynning ökas från 15‰ till c:a 30‰.

Någon förklaring över denna märkvärdiga företeelse har hittills icke lämnats. Den kan icke vara en verkan av det ringa hydrostatiska övertryck som förefinnes i Östersjön och ej heller av vinden, alldenstund den uppkommer från underströmmens sida. Den enda tänkbara meteorologiska förklaringen vore: att ett högt lufttryck över Nordsjöområdet kunde pressa in salt vatten därifrån under det baltiska ytlagret in i Kattegats djupa ränna. Orsaken ligger emellertid djupare och är icke tillfällig och av meteorologiskt utan av *gravitationellt*, d. v. s. kosmiskt ursprung eller med andra ord ett *tidsvattensfenomen*.

¹ M. Knudsen: De hydrografiske Forhold i de Danske Farvande indenfor Skagen 1894—1898. Meddelelser fra den Danske Kommission V. p. 44—46. M. Knudsen: Ein hydrografischer Lehrsatz, Ann. d. Hydrographie 1900.

² R. Witting: Havsytan, Geoidytan och Landhöjningen. Fennia 38, N:o 5. p. 123 (1918).

³ Dansk Meteorologisk Instituts Aarbøger 1930.

¹ J. P. Jacobsen. Die Wasserumsetzung durch den Öresund, den Grossen und den Kleinen Belt. Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøgelser, Ser. Hydrografi Bd II N:o 9 (1925).

I. *Det halvdagliga tidvattnets effekt.*

Förklaringen av fenomenet har lämnats: dels genom den undersökning av vattenutbytet mellan Gullmarfjorden och Skagerak (vilket avhandlats i den föregående uppsatsen) som försiggår på samma sätt som i Östersjön, nämligen genom ett inre tidvattensfenomen i havets mellanskikt vilket sänder mäktiga kaskader av saltvatten i form av under-

vattensvågor in i fjorden; dels också genom undersökningen av förhållandena i Stora Bält, varest verkningen av dessa rytmiska impulser från havet visar sig såsom en formlig inpumpning av saltvatten i Östersjöns yttersta djupbassin (»Bälthavet»). Detta sker på det sätt som följande figurer utvisa.

Fig. 1 framställer ett hydrografiskt längdsnitt genom

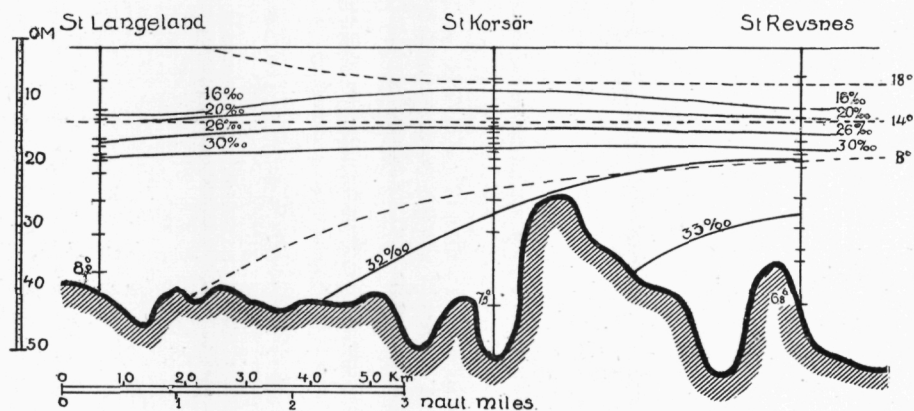


Fig. 1

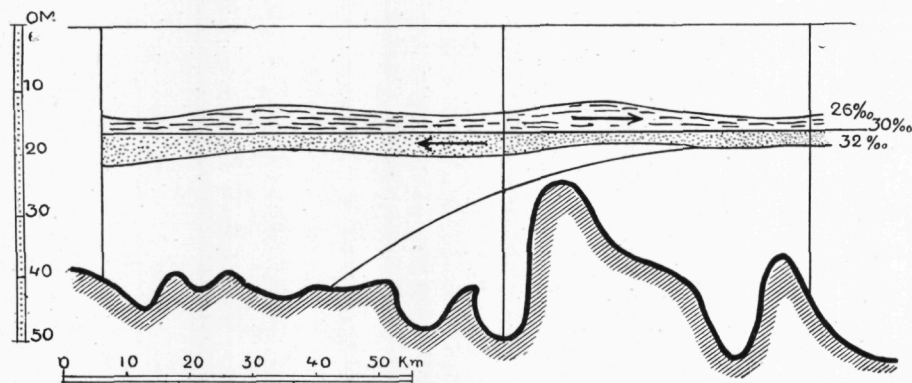


Fig. 2

Station Korsör.

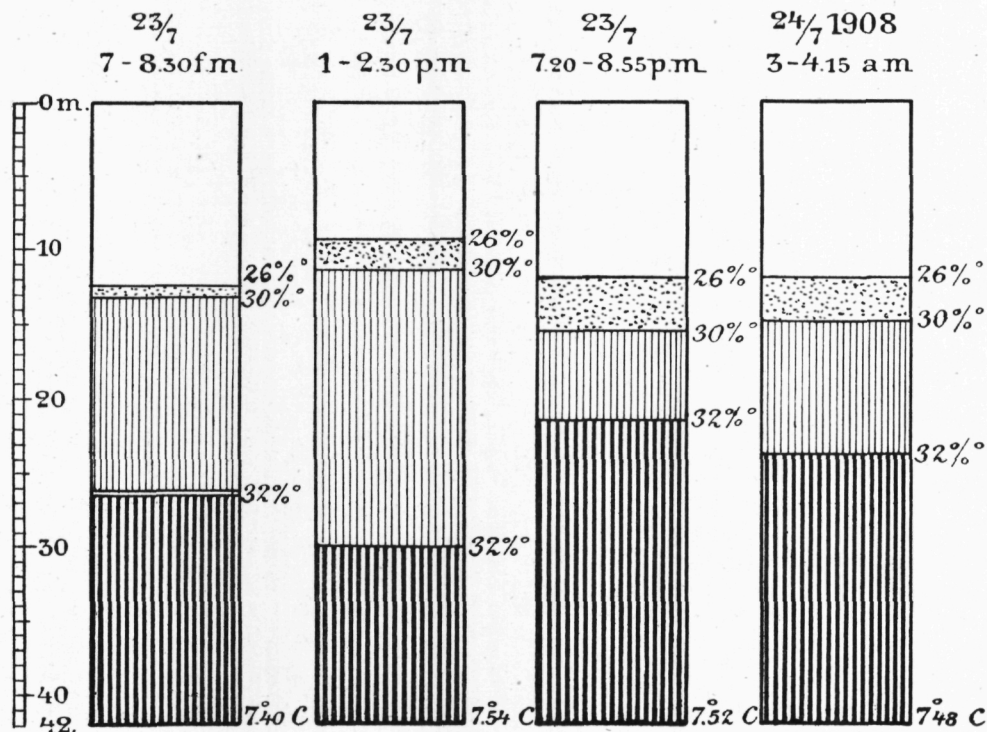


Fig. 3

Stora Bält med isotermer och isohaliner i det läge de anträffades d. 22 till 27 juli 1908, och fig. 2 en schematiserad bild av vattenutbytet i Bältet med underström och ytström. De viktigaste stationerna vid denna undersökning var Refsnes vid Store Bälts norra mynning och Korsör, varest de interna tidvattensböljorna observerades varje timme under loppet av ett dygn. Växlingen mellan inre ebb och flod återges i diagrammet å fig. 3.

Mellan kl. 7 och 8.30 på morgonen hade man högvatten hos underströmmen, som markeras av 32‰ isohalinen, vilken höjt sin nivå till 26 meter från ytan. Därövanför fanns ett lager av blandningsvatten av salthalt mellan 30‰ och 32‰ c:a 12—13 meter tjockt samt överst ett ytlager av vatten från Östersjön (12 meter). Sex timmar efteråt hade ebb inträffat i underströmmen; 32‰ vattnet hade sjunkit 4 meter till 30 meter, från ytan räknat; därigenom hade plats beretts för inströmning av mera blandningsvatten från Kattegat, vilket vattenlager svällt ut från 12 meter till 19 meters tjocklek.

Vid den därpå följande flodperioden kl. 7.20—8.55 e. m. hos underströmmen, då 32 isohalinen höjde sin nivå till 21 meter från ytan, minskades det inkomna blandningsvattnets volym från 19 till endast 6 meters tjocklek genom flodböjekammens pressning *underifrån*. En del av detta blandningsvatten tog vägen söderut genom Bältet, en annan del blandades med ytlagrets vatten och fördes tillbaka ut i Kattegat, i det dess vatten fyllde vågdalen av den sjunkande flodböljan, vilken kl. 3 följande morgon hade fallit till 24 meters nivå.¹

Under alla dessa förändringar i havets undre lager hade vattenståndet i ytan endast ändrat sig obetydligt, c:a 19—24 centimeter. Men en strömkantring hade inträffat i ytvattnet som hejdades i sitt utflöde av den inbrytande vågfronten hos underströmmen från Kattegat, vars böjekamm reser sig som en bränning vid norra mynningen av Stora Bält. Att en sådan vågfront har en mäktig mekanisk effekt kan man inse av den verkan den åstadkom i Gullmarfjorden i det citerade exemplet i den föregående avhandlingen då fjordens hela *fria vattenmassa*² på en enda natt tömdes och ersattes av ett annat vattenslag.

Det fenomen som studerades i juli 1908 i Stora Bält av mig och följande året vid samma årstid och observationsplatser av G. Ridderstad var en effekt av det *halvdagliga inre tidvattnet*, vilket helt och hållet tillhör underströmmen och utgör en fortsättning av flodböjlorna i Nordsjön vilka utanför Kattegat dyka under den Baltiska strömmens ytlager och såsom undervattensvågor med ökad amplitud och minskad hastighet fortsätta sin gång genom Kattegat, tills de hejdas vid dess södra platta framför Bältets mynning, där vågfrontens rörelseenergi omsättes i arbete med inpressning i Östersjön av blandningsvattnet, som bildats i Kattegat, genom Stora Bälts djupränna, varvid likväl större delen av vattnet återföres mot havet med den utgående Baltiska Strömmen. Ytvattnet har ingen egen tidvattensrörelse utan visar endast reflexerna av den inre vågfrontens fortskridande i gränslagret. Detta blir dock ganska oregelbundet av den grund att undervattensvågornas amplitud och hastighet bestämmas av vattendjupet och de båda vattenlagrens mäktighet och densitet, vilket allt växlar betydligt från norra till södra delen av Kattegat.

Underströmmen i Kattegat kan på grund av djupförhållandena endast genom Stora Bält intränga i Östersjön, och detta icke i oblandat tillstånd utan i form av blandnings-

vatten som bildats under dess passage genom Kattegat. Om alltså intet annat tidvatten funnes än det halvdagliga skulle vattenutbytet med Östersjön ske helt enkelt genom denna enda huvudåder, vars pulsslag regleras av impulser från oceanen likasom ebb och flod i Nordsjön samt genom utströmning av ytvatten från Östersjön genom Öresund och Bälten driven av hydrostatiskt övertryck från Östersjöns sida. Cirkulationen skulle då hava en enförmig karaktär utan andra störningar än växlande lufttryck och vindar kunde medföra. Nu finnes det emellertid ett tidvatten av annat slag, nämligen det parallaktiska, vilket ingriper i cirkulationen på ett avgörande sätt.

II. Det parallaktiska tidvattnets effekt.

Den vertikala komposanten av flodkraften, som är av storhetsordningen 10^{-7} g, kan endast visa sin fulla verkan när densamma får accumulera sig under längre tid än en halv eller hel dag, men kan då, när sol och måne verka i samma riktning samt när effekten av två eller flera månperioder förenas i gemensam fas, åstadkomma ännu starkare parallaktiska ebb- och flodböjor i gränsen mellan vattenlagren i Kattegat än inne uti Gullmarfjorden.

Denna parallaktiska tidvattenseffekt i Kattegat visar sig uti ett livligare vattenutbyte mellan havet och Östersjön som uppkommer därigenom, att saltvatten från Skagerak pressas — *injicieras* — in i Kattegats djupränna när tyngdkraften g förstärkes av den växande ΣF , vilket ökar de övre vattenlagrens tryck på bottenlagret som tvingas att söka sig väg inåt Östersjön. Följande exempel, hämtat från de internationella havsundersökningarnas Bulletin Hydrographique för åren 1904 och 1905 skall förtydliga detta.

I Kattegat finnas utlagda flera fyrskepp, från vilka observationer utföras flera gånger varje dygn, genom vilka man kan följa växlingarna i vattenutbytet. På omstående sida äro utlagda två hydrografiska längdsnitt, det ena utfört d. 1 maj 1904, det andra årsdagen därefter d. 1 maj 1905, varav man finner att förhållandet mellan underström och ytström kan växla betydligt. I maj 1904 hade man ett energiskt inflöde av den salta underströmmen, vars vågfront framträngde obruten och med ouppblandat vatten av 34‰ salthalt ända till närheten av norra mynningen av Stora Bält; året därefter nådde vatten med denna salthalt icke längre än halvvägs in i Kattegats ränna och hela vattenutbytet hade en lugnare, nästan stagnerande karaktär.

Varav kommer en sådan förändring?

Orsaken framgår av de på sidan 4 stående diagrammen som representera variationen uti den vertikala flodkraftens intensitet varje dag under tiden 25:te april till 4:de maj 1904 och 1905. Denna kvantitet ΣF är beräknad uti tiomilliondelar av tyngdkraftens acceleration g, till vilken flodkraften adderar sin verkan, vilken därför i diagrammen betecknas såsom positiv (med ordinata riktad nedåt).

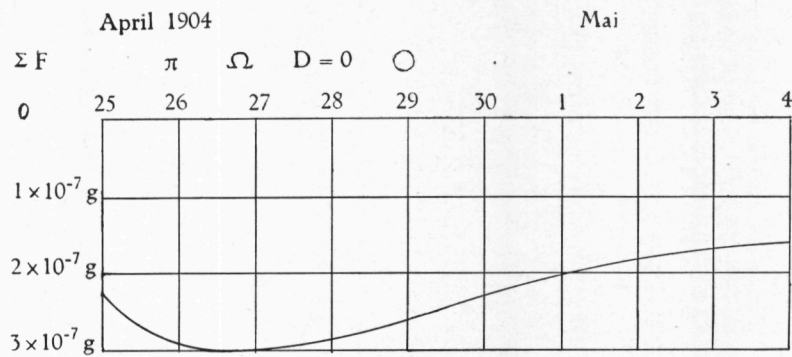
Den största förstärkningen av tyngdkraften på våren 1904 inträffade d. 26—27 april, då månen genomgick sitt perigeum π på uppgående genom ekliptikan Ω och nära fullmåne $\bigcirc$ vid deklinationen $D=0$, konstellationer vilka förstärka flodkraften till $\Sigma F = 2,97 \times 10^{-7}$ g och, såsom er-

¹ O. Pettersson: Strömstudier vid Östersjöns portar. Svenska Hydrogr.-Biol. Kommissionens Skrifter, Häfte III. G. Ridderstad ibid., Häfte V.

² Därmed menas fjordens vattenmassa ovanför den spärrande bankens vid Lysekil nivå.

Längdsektion genom Kattegatt 1 Maj 1904

Longitudinal Section through the Kattegat the 1 May 1904

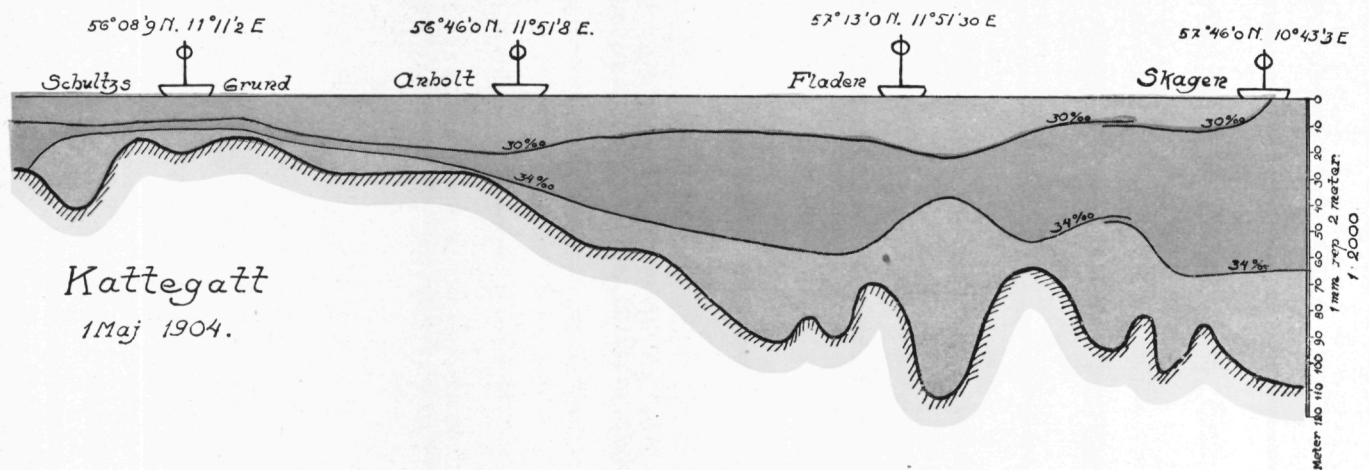


April 1904

May

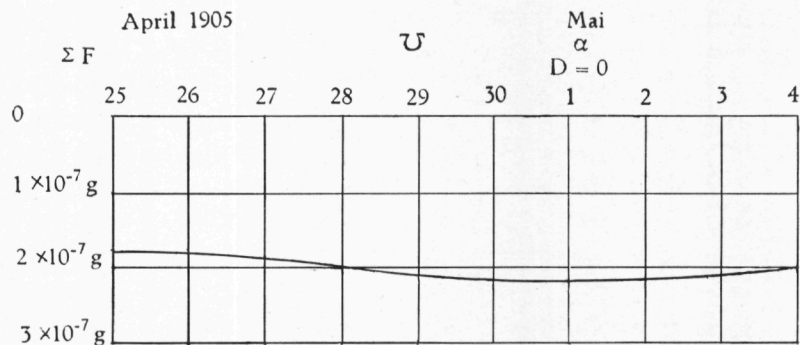
	ΣF
25	$2.25 \times 10^{-7} g$
26	$2.97 \times \text{ » } \text{ » }$
27	$2.97 \times \text{ » } \text{ » }$
28	$2.85 \times \text{ » } \text{ » }$
29	$2.62 \times \text{ » } \text{ » }$
30	$2.34 \times \text{ » } \text{ » }$

	ΣF
1	$2.06 \times 10^{-7} g$
2	$1.86 \times \text{ » } \text{ » }$
3	$1.73 \times \text{ » } \text{ » }$
4	$1.69 \times \text{ » } \text{ » }$



Längdsektion genom Kattegatt 1 Maj 1905

Longitudinal Section through the Kattegat the 1 May 1905

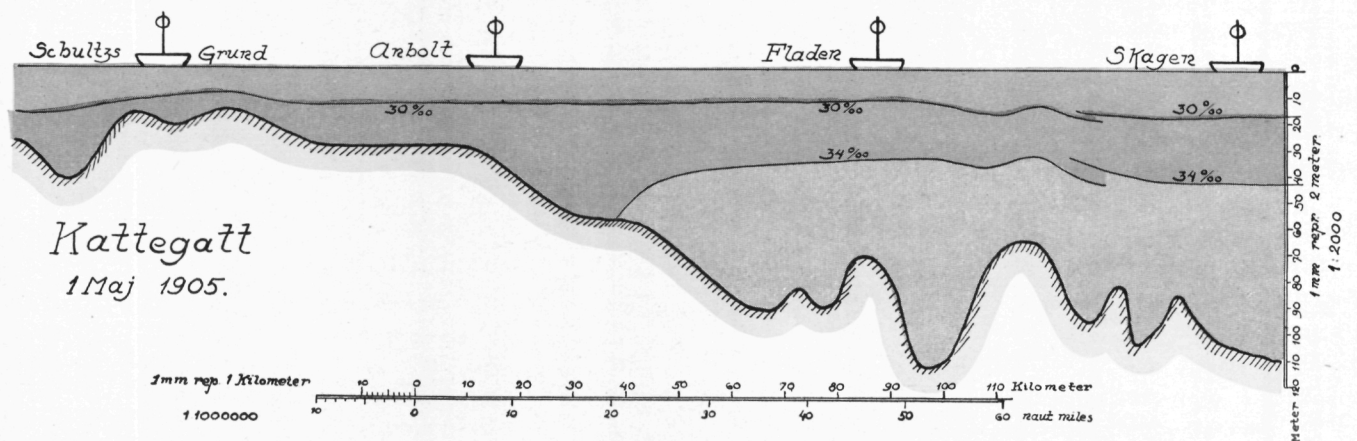


April 1905

May

	ΣF
25	$1.79 \times 10^{-7} g$
26	$1.83 \times \text{ » } \text{ » }$
27	$1.92 \times \text{ » } \text{ » }$
28	$2.02 \times \text{ » } \text{ » }$
29	$2.12 \times \text{ » } \text{ » }$
30	$2.17 \times \text{ » } \text{ » }$

	ΣF
1	$2.20 \times 10^{-7} g$
2	$2.18 \times \text{ » } \text{ » }$
3	$2.12 \times \text{ » } \text{ » }$
4	$2.06 \times \text{ » } \text{ » }$



farenheterna från Gullmarfjorden visat, framkalla starka kombinationsvågor i havets mellanskikt.

Vid samma tid på året 1905 var situationen annorlunda. Den 26:te och 27:de april uppnådde flodkraften ej högre värde än $\Sigma F = 1,92 \times 10^{-7}$ g, d. v. s. två tredjedelar av dess intensitet året förut och månen befann sig 4 dagar därefter då deklinationen blev = 0 icke nära sitt perigeum såsom 1904 utan vid apogeum α . Det tryck som de övre vattenlagrens nedsjunkande på grund av ökad tyngd utövade på bottenlagret i Skagerak kunde i detta fall ej frambringa en så kraftig injektion av saltvatten i Kattegat som året förut.

Detta öppnar nya möjligheter att förutse inträffande förändringar uti Kattegats hydrografiska tillstånd eftersom flodkraftens variation kan beräknas efter månkonstellationerna huru lång tid i förväg som helst. Sådana förutsägelser kunde bli av nytta för havsfisket, emedan det visat sig att stim av vandringsfiskarna t. ex. makrill på våren, sill på hösten, o. s. v. följa med de stora kaskader av saltvatten från Skagerak vilka injiceras i Kattegat med underströmmen och sedan kvarstanna i mellanlagret av blandningsvatten (som är markerat med grön färg i de hydrografiska snitten på sid. 4) där de träffa föda eller förrätta sin lek om sommaren såsom t. ex. fallet är med makrillen. Dr. C. A. Johanssen som noga följt fluktuationerna uti Kattegats strömsystem och fiskvandringarna uti detta havsområde har meddelat, att på våren 1904 då flodkraften hade ett maximum hade man observerat ovanligt starka strömningar såväl i ytvattnet som i det salta bottenlagret, vilket åtföljts av en stark invandring av makrill och ett rikt makrillfiske samma år under sommaren. Året därefter 1905 hade man mindre kraftig inströmning och mindre makrillfiske. Drivgarnsfisket efter sill under hösten och efter makrill om våren utföres i detta mellanlager av blandningsvatten; i underströmmens vatten fiskar man sill med trål och snörpevad under hösten och vintern.

Dessa fiskvandringar liksom också vattencirkulationen i »the transitional area» stå under inflytande av den parallaktiska flodkraften vars förnämsta epoker infalla under hösten i vår tidsålder. Vart 3:dje år inträffar nämligen den konstellation som benämnes *nodapsid*, då månbanans apsid genomskär ekliptikan och apsid och nod sammanfalla, vilket medför ökning av flodkraften. Effekten förstärkes när nodapsiden har riktning mot solen¹, emedan två månperioder² då verka med liknämning fas. Skulle samtidigt månens och solens³ deklination vara = 0 så inträffar en *Saros-epok*, då alla månperioder samverka uti att framkalla ett maximum av flodkraft, vilket medför starka vågrörelser och strömningar uti havets mellanskikt. Sista gången då en sådan epok inträffade var i september 1922.

För att kunna följa den följande framställningen av vad som då inträffade måste man bilda sig en uppfattning av sättet varpå den vertikala flodkraften verkar på skiktat

vatten. Denna verkan yttrar sig naturligtvis såsom *tryck*, nämligen såsom en ökning utav det tryck som tyngdkraften vid våra latituder utövar på vattenmolekylerna uti alla skikt av havet vilka samtidigt friktionslöst pressas nedåt mot havsbotten varest motstånd möter som tvingar vattenpartiklarna i det understa lagret i Skagerak att glida undan dels utåt mot Nordsjön, dels inåt Kattegat och Östersjön.¹

Första gången en sådan uppstöt av Atlantiskt vatten vid Skagen observerats var hösten 1898, även då åtföljd av en solitär undervattensvåg som fortplantade sig med en hastighet av 0.468 cm. i sekunden över Aalbæks plåtån till Læsö Rende². I båda fallen var den hydrografiska förändringen omedelbart åtföljd av början till höstens sillfiske i Kattegat.

Det återstår nu att se vad som inträffade vid Östra sidan av Skagerak i Gullmarfjorden i september 1922. Även där inträngde stora undervattensvågor genom den ränna i Kustbanken varigenom fjorden kommunicerar med Skagerak, och dessa vågor i gränsytan mellan djupvattnet, som hade en salthalt av över 30 ‰, och det färskare ytvattnet observerades vid Bornö station i fjordens inre och äro återgivna i det understa diagrammet på omstående sida.

Av vågkonturerna från Skagen, Gullmarfjorden och Læsö Rende synes att här icke det halvdagliga tidvattnet utan en parallaktisk period av halvmånatlig längd varit verksam. När böljorna av det parallaktiska tidvattnets långa perioder intränga genom Kattegat är icke blott »pumpverket» i Bältet igång utan Östersjöns djupvatten förnyas tillika genom inströmning av saltvatten kaskadvis över Öresunds tröskel (av 7 till 10 meters djup), där eljest i regeln utström äger rum. Vattenutbytet mellan Kattegat och Östersjön sker då på samma sätt som mellan Östersjön och Mälaren genom Stockholms ström. Vid sådana tider av »uppsjö», då strömmen i Öresund går söderut inåt Östersjön, stiger vattnets salthalt i Drogden och Flintrännan vilken under vanliga förhållanden är omkring 10 ‰ ända till 25 ‰.

Vid Kattegats norra mynning är Skagens fyrskepp förankrat. Observationerna som utföras på detta torde i framtiden komma till användning vid prognoser när de sammanställas med observationerna i Gullmarfjorden vid Skageraks östra sida och med variationerna uti flodkraften vilka kunna förut beräknas. En sådan sammanställning från september månad 1922 är framställd på omstående sida.

Överst finnes en bild av månkonstellationen vid Saros-epoken d. 21 september. Därunder är utlagt ett diagram som visar den vertikala flodkraftens variation under tiden från d. 12:te till den 30:de sept. på samma sätt som begagnats å sid. 4. Därunder finnes ett diagram som framställer det salta bottenvattnets (av 33 ‰ till 35 ‰ salthalt) nivåförändringar vid Skagen varav man finner att detta stod vid hög nivå när flodkraften var låg och icke uppnått värdet $\Sigma F = 2 \times 10^{-7}$ g. vilket först inträffade d. 18:de sept. då vatten av

¹ Detta är den konstellation jag benämmt »cis»—nodapsid vilken framställs uti omstående bild.

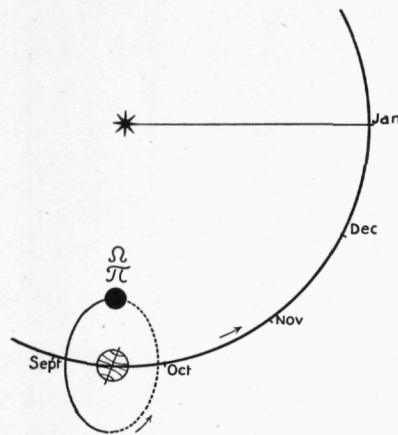
² Nämligen den synodiska och den drakonitiska.

³ I vår tidsålder inträffar nodapsidkonstellationen i september, alltså nära tiden för höstdagjämningen då solens deklination är = 0.

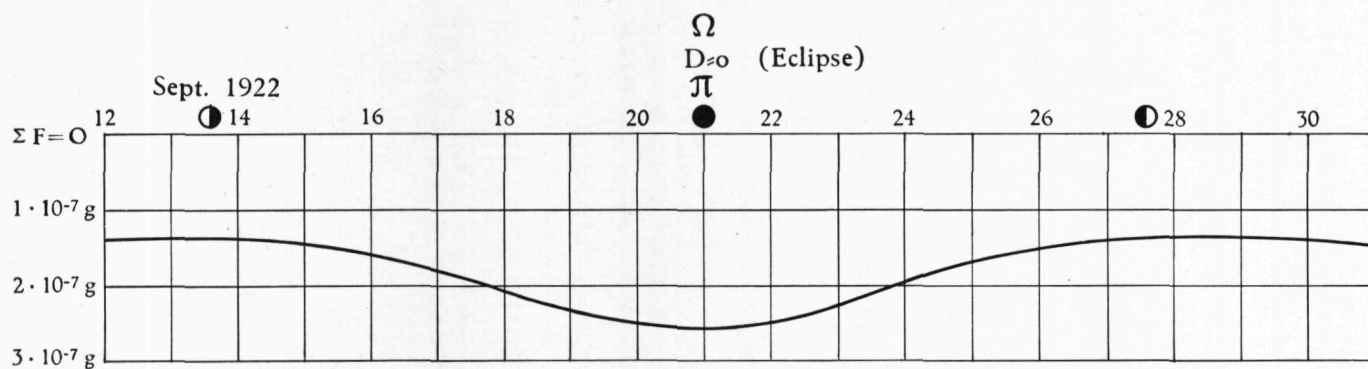
¹ Uti den föregående avhandlingen om flodkraften utvecklas denna teori närmare, varvid framhålls skillnaden uti effekten av ett tryck som uppstår uti skiktade vattenlager genom tyngdökning och genom yttre mekaniskt tryck på havsytan genom lufttryckets variation. Även detta förorsakar en glidning, men denna sker i de övre gränslagren mellan vattenskiikten och har intet, eller åtminstone endast obetydligt inflytande på det oceaniska vattnet i bottenlagret.

² Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter, Häfte II.

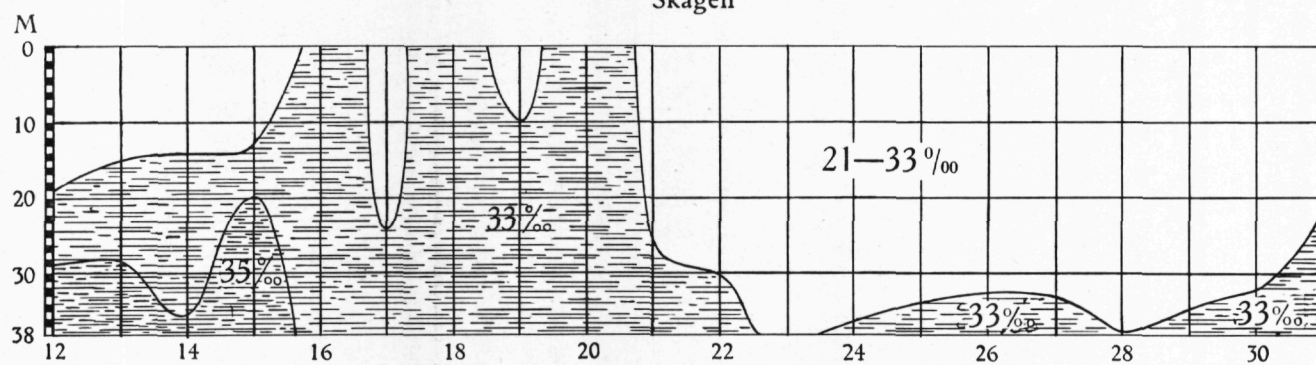
Undervattensvågor
i Kattegats mynning
och i Gullmarfjorden



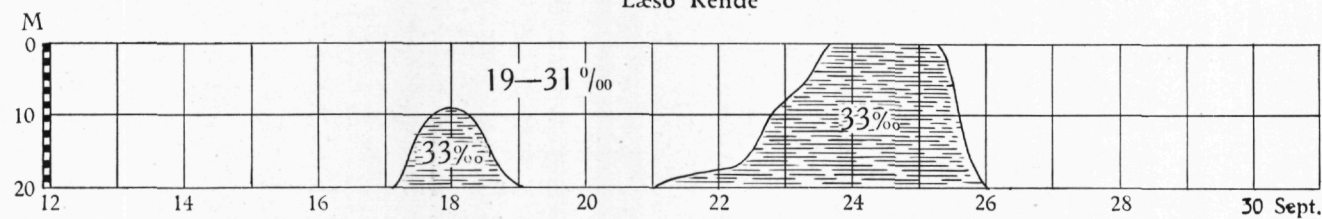
Månkonstellation
Nodapsid
d. 21 sept. 1922



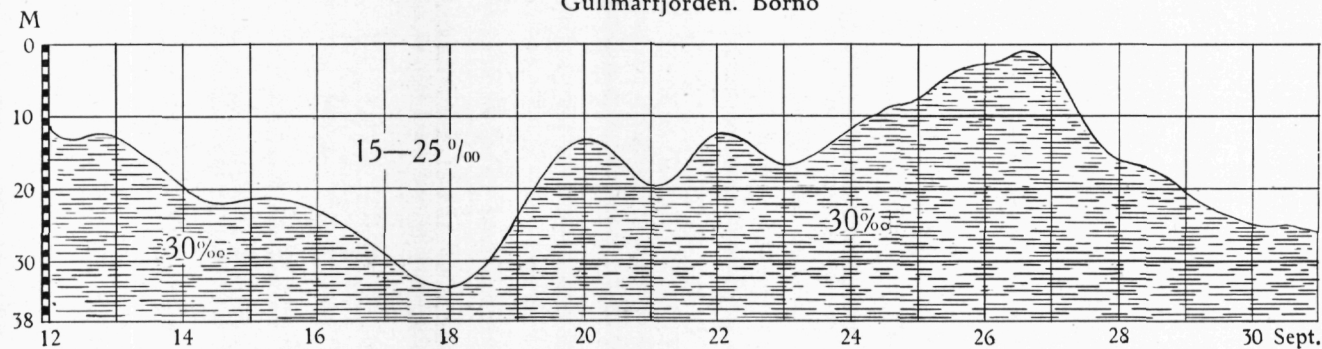
Skagen



Læsö Rende



Gullmarfjorden. Bornö

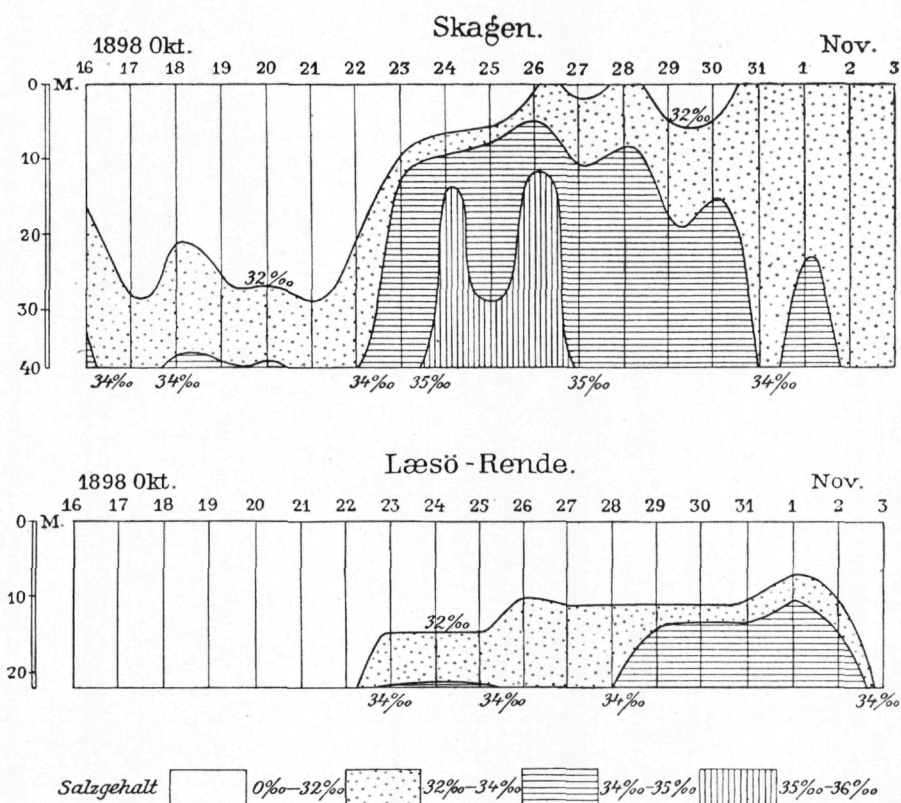


över 33 % salthalt nådde ända upp till ytan. Under själva minimet d. 12—15:de hade inträffat en uppstigning av Atlantiskt vatten av över 35 ‰ salthalt vilket är en ganska sällsynt företeelse. När flodkraften växte undanträngdes detta vattenslag så att endast 33 ‰ vatten fanns kvar när den kulminerade vid Saros d. 21 sept. Då undanträngdes även detta inåt Kattegat över den grunda platån i Aalborgsbugten såsom en solitär undervattensvåg vilken observerades d. 22—26:te sept. 34 engelska mil söder om Skagen vid fyrskeppet Læsö Rende.

Sådana fenomen inträffa nästan regelbundet i Kattegat om hösten när nodapsid infaller och hava visat sig stå i samband med fiskvandringarna.

efter Stokes teori för undervattensvågers framskridande genom hela Kattegatsrännan är icke möjlig att utföra på grund av de ojämnt växlande djupförhållandena. Med inträngandet av denna kaskad av saltvatten 1898 från Skagerak började höstens sillfiske i Kattegat liksom fallet var i september 1922. För att visa likheterna i den hydrografiska situationen i båda fallen lämnas följande diagram till jämförelse med de som finnas å omstående sida¹.

Liksom alla regioner av havet där livligt ombyte av vatten äger rum är Kattegat utmärkt för sin rikedom på fisk och för vandringsfiskarnas periodvisa uppträdande: makrill och horngädda om våren och sill under hösten och vintern. Första iakttagelsen av denna periodiska växling uti bior



Det har redan omnämnts å sid. 5, att hösten 1898 en stark uppstöt av atlantiskt vatten av över 35 ‰ salthalt observerades vid Skagens fyrskepp den 23 till 27 oktober, vilken såsom en undervattensvåg fortplantade sig med en hastighet av 0,468 cm/sek över den jämna, c:a 31 meter djupa Aalbæks platån till det 34 distansminuter från Skagen förankrade fyrskeppet i Læsö Rende. Då fullständiga observationer av vattnets densitet, strömhastighet m. m. här förefunnos kunde jag efter Stokes formler beräkna hastigheten hos den undervattensvåg som framskridit över Aalbæksplatån från Skagens till Læsö Rendes fyrskepp, vilken fullständigt överensstämde med den observerade. Denna solitärvåg i gränsskiktet passerade genom hela Kattegat och observerades den 3 november vid Kobbergrundens fyrskepp, den 4 vid Anholt och uppnådde den 7 november Lappegrundens fyrskepp i Öresund¹. Någon beräkning

logiskt avseende gjordes redan 1877 av de två bekanta tyska zoologerna Möbius och Heincke², vilka hade märkt att, utom de nämnda vanliga fiskarterna, även vissa fiskar från avlägsna gebit av Atlanten uppträdde såsom sällsynta gäster i Kattegat men dock periodiskt, på det sätt att fiskar som hava sitt hemvist i sydligare områden såsom i Medelhavet och Biskayaviken alltid anträffades om sommaren och hösten, under det boreala fiskarter ankommo på vintern och våren. Allt detta tyder på att underströmmen medför vatten från olika trakter av oceanen under vissa årstider, vilket vandringsfiskarna medfölja.

Sådana förhållanden äro oförklarliga om man ej tager hänsyn till flodkraftens växlingar i havet, vilken driver in underströmmens vatten i Kattegat.

¹ Att »solitärvågen» som genomgick Kattegat i nov. 1898 medförande de första sillstimmen från Nordsjön var en parallaktisk tidvattensvåg anade jag icke då.

² Berichte der Kommission zur Untersuchung der Deutschen Meere 1877—1881, II. p. 278.

¹ O. Pettersson: Über die Wahrscheinlichkeit von periodischen und unperiodischen Schwankungen in dem Atlantischen Strome. Sv. Hydr.-Biol. Kommissionens Skrifter, Häfte II p. 23—24.

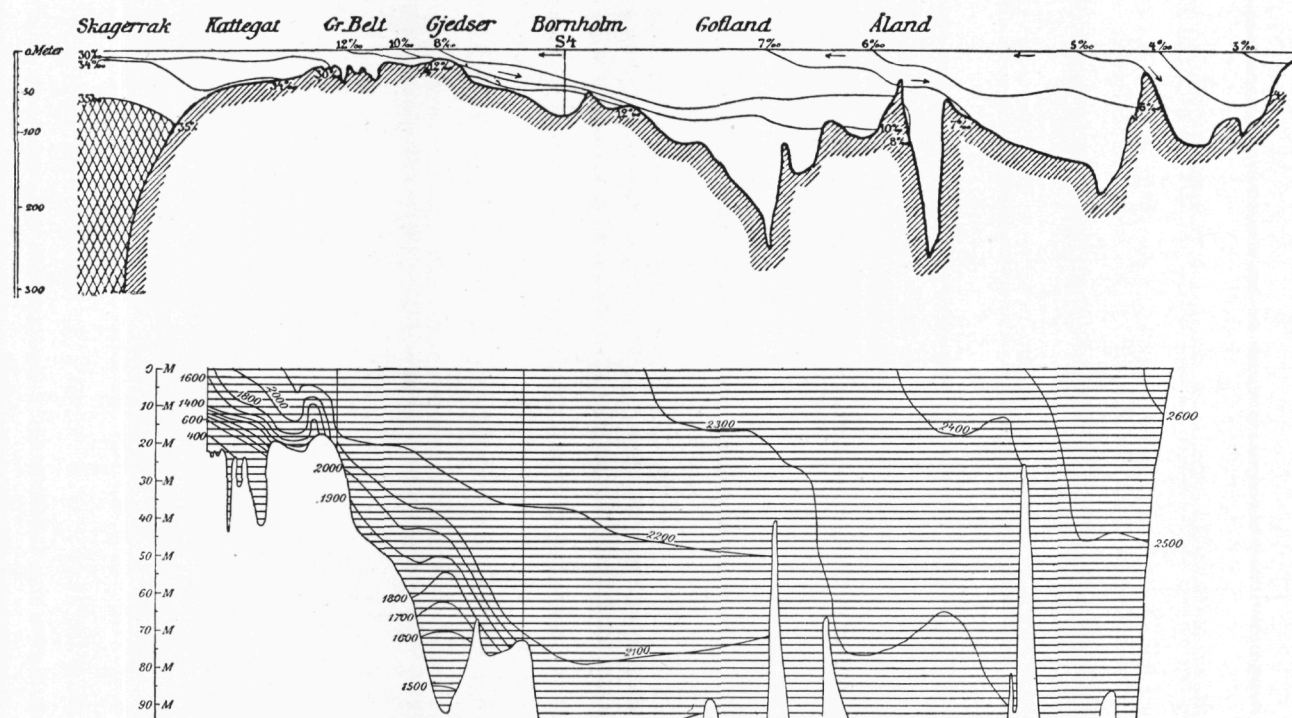
III.

I det föregående har visats att vattenutbytet mellan Oceanen och Östersjön endast i ringa mån kan bero på den utströmning av ytvatten från Östersjön som förorsakas av skillnad i vattenståndet, eftersom nivåskillnaden i medeltal ej är större än 6 centimeter mellan Bälthavet och Skagerrak. Den huvudsakliga drivkraften består uti de rytmiskt återkommande impulserna av vågfronten hos de interna tidvattensböljorna.

Dessa inre tidvattensböljor från Skagerrak pressa in en del av det blandningsvatten som bildats i Kattegat igenom sunden uti Östersjön, där det sjunker ned som ett submarint vattenfall uti Östersjöns djupa bassiner på grund av sin

Oceanens vattenutbyte med Östersjön genom Kattegat är väsentligen ett *tidvattensfenomen* som drives av kosmisk gravitationell energi, som härrör från den verkan variationerna uti solens och månens kraftfält utöva på havets skiktade vattenlager.

Från de danska sunden intill Bälthavets och Östersjöns innersta vikar har vattencirkulationen åter huvudsakligen karaktären av ett *dynamiskt fenomen*, vars kraftkälla ligger uti jordens egen tyngdkraft som tvingar de tyngre vattenlagren att sjunka och byta plats med de lättare. Denna tyngdkraftens verkan representeras av solenoidfälten uti den dynamiska längdsektion genom hela Östersjön som figuren visar.



högre specifika vikt. Detta ger upphov till att isohalinerna och isostererna inom Östersjön få ett lutande snett läge såsom följande längdsnitt visa, varav det första framställer isohalinernas läge i Östersjön så som de beräknats efter resultaten av den expedition som 1877 företogs av F. L. Ekman med biträde av G. Ekman, W. Cronander och R. Scholander¹. Det kilformiga läget av Östersjöns skiktade vattenlager antyder att isostererna ej heller ligga horisontalt, varav följer, att *inre solenoid-kraftfält uppstå, vilka driva de tyngre djupare vattenlagren inåt och de lättare övre lagren ut ur Östersjön*. Energin hos dessa inre kraftfält har beräknats av W. Bjerknes och J. F. Sandström under vissa förutsättningar.²

Det hydrodynamiska diagrammet i den undre figuren som representerar kraftfältets styrka uppmätt i antalet av C. G. S. solenoider visar att detta kraftfält till huvudsaklig del är lokaliserat till Bälten och Bälthavet, varest solenoiderna äro tätast.

¹ Den svenska Hydrografiska Expeditionen i Östersjön 1877 under ledning av F. L. Ekman. K. Sv. Vet.-Akademiens Handlingar, Bd 25 N:o 1 i pl. XIII 1893.

² Göteborgs Vet. o. Vitterhets Samfunds Handl. X (1901).

Härvid uppstår frågan om icke tidvattensvågorna även nå in i Östersjön?

Svaret är: att tidvattnet i ytan vid Skageraks norra och östra kust liksom i hela Kattegat — alltså så långt som den baltiska strömmens utflöde täcker havsytan med färs-kare och lättare vatten — endast är en reflex av Oceanens verkliga flodböljor, vilka framgå såsom undervattensvågor med hög amplitud och mycket förminskad hastighet (men bibehållen periodicitet) söderut genom Kattegat under ytvattnet, vilket förhåller sig passivt och icke har någon självständig ebb och flod utan höjer och sänker sin nivå när det interna tidvattnets böljekamrar och vågdalar framgå under ytan. När nu vid varje vågfront av den interna flodböljan som intränger genom Bältet ytströmmen hejdas och saltvatten från underströmmen kaskadvis pressas in i Östersjön medför detta reflexrörelser även i Östersjöns ytlager av det halvdagliga tidvattnets period vilka äro märkbara söder om Bälten (där tidvattnet vid Korsör är 24 cm.), vid Gjedser (10 cm.), Warnemünde och längs tyska kusten (6—4 cm.) men alltmera avtaga i amplitud vid den inre Östersjöns stränder.

Liksom ytvattenlagret i Stora Bält och Kattegat verkar dämpande och utjämnande på den inre tidvattensrörelsen i gränsytan mot bottenvattnet, verka de solenoidfält som uppstå emellan ytvattnet och bottenvattnet inom Östersjön dämpande och reglerande på de oregelbundna växlingar som vindtryck och atmosfäriskt lufttryck förorsaka i Östersjöns vattenstånd. Solenoid-kraftfälten verka såsom en spänd fjäder som accelererar vattnets rörelser. När starkt lufttryck eller starka vindar driva vattnet mot Östersjöns mynnningar spännes fjädern, isostererna få större lutning och solenoid-kraftfältet reagerar mot störningen. När störningen upphör lägga sig isostererna mera horisontalt, spänningen avtar och den ackumulerade potentiella energien i kraftfältet transformeras i arbete, d. v. s. i acceleration av ytströmmen tills ett stationärt tillstånd uppnåts.

Sålunda bilda de inre kraftfälten i havet ett konservativt element i cirkulationen, vilken de sträva att återföra till ett visst stationärt tillstånd som utbildats under årtusendens lopp.

Denna tendens till upprätthållande av ett stationärt tillstånd utesluter emellertid icke att stora *periodiska oscillationer* av månatlig, årlig och sekulär periodicitet äga rum inom Östersjön allteftersom de parallaktiska tidvattensböljorna pressa in större eller mindre mängder av saltvatten från Skagerak och Kattegat med underströmmen genom Bälten och (tidvis) genom direkt inströmning (»uppström») även genom Öresund. Detta märkes genom isbildningen i Östersjön under vissa år och perioder av år.

När de parallaktiska tidvattensböljorna infört stora mängder av saltvatten i Östersjön höjes nivån av bottenvattnet i Östersjöns bassiner och det färskare ytvattenslagrets maktighet avtager, så att den vertikalcirkulation som förorsakas av vinterkölden i atmosfären avkyler ytvattnet under dess fryspunkt. Östersjön förhåller sig då såsom en grund insjö vintertiden.

IV. Isbildningen i Östersjön

Det är bekant att såväl Bottenviken som Finska Viken och Ålands Hav varje vinter till större eller mindre del äro täckta av drivis och landfast is. Den egentliga Östersjön mellan Åland och Bornholm är däremot i vår tidsålder al-

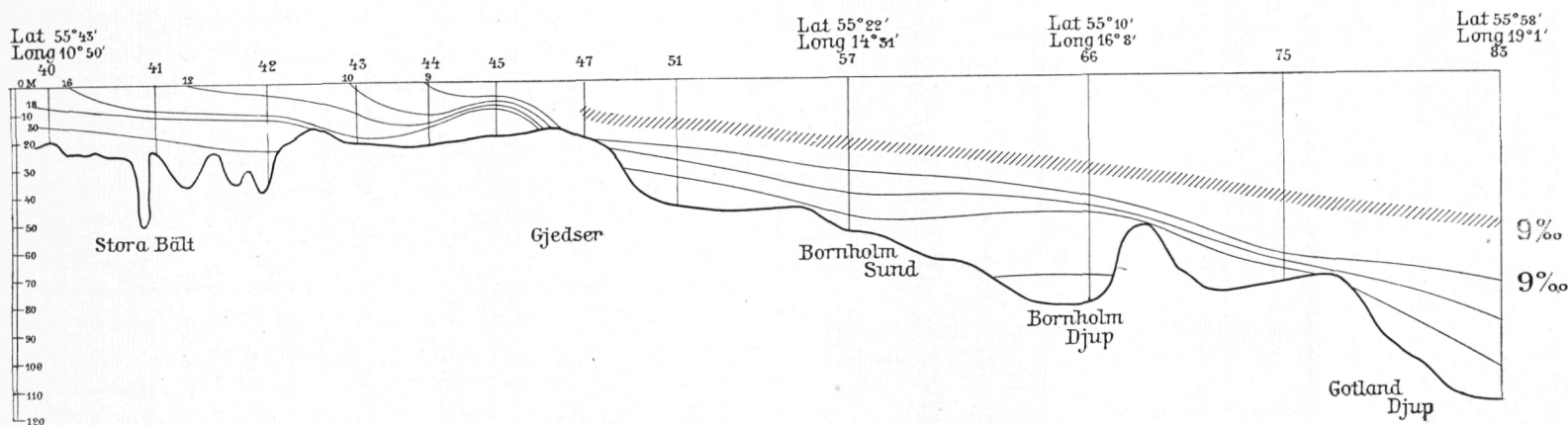
drig tillfrusen om vintern emedan dess översta vattenlager är så mäktigt att det under vintermånaderna ej hinner avkylas genom konvektion till vattnets fryspunkt. Det finnes emellertid säkra historiska uppgifter om att isläggning av hela Östersjön mellan Lettland, Gotland, Öland och svenska kusten inträffat under vissa vintrar i XIV och XV seklen (t. ex. 1421). Det finnes ingen annan förklaring härför än att ytvattenlagret i Östersjön då varit tunnare, eller med andra ord: att underströmmen på den tiden varit starkare och infört mera saltvatten i Östersjöns bäcken än nu, så att det salta bottenlagret (av 9—10 ‰) som nu anträffas c:a 70 meter under ytan nått upp till c:a 40—50 meter från ytan. Under sådana hydrografiska förhållanden kunde ytlagrets vatten under långvariga kalla vintrar hinna genomkylas så att isläggning inträffade. Tiden för de historiska underrättelserna¹ härom sammanfaller med tiden för den astronomiska konstellation som i det föregående benämnts perihelium-nodapsid då månbanans apsid inföll i ekliptikan vid vintersolståndet och flodkraften uppnådde ett absolut maximum.²

I södra Östersjön från Bornholm intill Sundet och Bälten är underströmmen kraftigare och ytlagret tunnare. Följden är att ofta isläggning och isdrift uppkommer så att isbryggor mellan öarna bilda sig. Det mest bekanta exemplet härpå är år 1658 då svenska arméens tåg över Bälten ägde rum. Men ännu på 1800-talet har man haft exempel på att folk vandrat på isen över sundet mellan Skåne och Bornholm liksom på 1400-talet mellan Gotland och Ryssland. Villkoret för att sådan isläggning kan inträffa synes av följande hydrografiska sektion från Stora Bält till öster om Gotland som utfördes av den första svenska Östersjöexpeditionen 1877 under F. L. Ekman.

Underströmmens vatten med en salthalt över 9 ‰ rinner ifrån tröskeln vid Gjedsen genom Arconabäcken och sundet mellan Skåne och Bornholm in uti Bornholmsdjupet och i Östersjöns stora bassin öster om Gotland. Vintern 1904—1905 repeterades de hydrografiska lodningarna från 1877 vid två stationer som utmärkts på sektionen, nämligen

¹ Minoriter-munkarnes krönika i Prämonstratenserklostret i Visby.

² Vilket återkommer med 1800—1900 års mellantid.



i Bornholmsundet och i Bornholmsdjupet öster om ön, i augusti, november 1904 och i mars 1905 med följande resultat:

I Bornholmsdjupet:

15 aug. 1904	5 nov. 1904	15 mars 1905
0 M t = 15°.09	t = 10°.3	t = 2°.2
10 » t = 14°.01	t = 10°.23	t = 2°.12
20 » t = 14°.60	t = 10°.23	t = 2°.08
30 » t = 13°.40	t = 10°.23	t = 2°.15
40 » t = 4°.70	t = 10°.23	t = 2°.20
50 » t = 3°.52	t = 7°.02	t = 3°.40

I Bornholmsundet:

15 aug. 1904	5 nov. 1904	15 mars 1905
0 M —	t = 10°.6	t = 2°.30
10 » —	t = 10°.59	t = 2°.31
20 » —	t = 10°.59	t = 2°.26
30 » —	t = 10°.63	t = 2°.50
40 » —	t = 11°.81	t = 1°.91

Ovanstående tabell visar ytvattenlagrets temperaturförändring och värmeförlust genom konvektion under hösten och vintern. Från augusti till november hade varje kvadratmeter av havsytan i Östersjön öster om Bornholm avgivit åt atmosfären c:a 30000 kalorier genom konvektion och från 5 nov. till 15 mars 367500 kalorier. Oaktat denna stora värmeförlust av i medeltal 2827 kalorier i dygnet under vintern hade det c:a 45 meter tjocka ytlagrets temperatur icke sjunkit lägre än till 2°,2 C. under vinterns lopp, varför någon isbildning i Östersjön icke kunde inträda under den vintern. Men det är lätt att räkna ut att, om tillströmningen av saltvatten blir livligare något år när flodkraften är starkare, så att underströmmens nivå höjes till det läge som den streckade linjen visar, skulle ytlagrets temperatur sjunka till fryspunkten — 0°,5 C. och Östersjön isläggas både väster och öster om Bornholm. Det är detta som måste hava inträffat under de stora isvintrarna vid medeltidens slut på 13- och 14-hundratalen.

I november månad har konvektionen verkat så, att hela det övre vattenlagret i Östersjön från ytan ned till underströmmens nivå som markeras av isohalinen 9‰ har fått likformig temperatur. Från denna tidpunkt börjar det regelbundna utbytet med atmosfären av vattnets värmeförråd, som är magasinerat i ytlagret. Varje vattenpartikel som avlämnat värme åt luften sjunker ned till ytlagrets gräns och ersättes av en varmare partikel nedifrån — konvektionen har inträtt i funktion på normalt sätt och man kan i november månad bedöma vilken chance det finnes för isbildning genom att beräkna värmeförrådets storlek i ytlagret per kubikmeter då man känner lagrets tjocklek p och temperatur t°. Den värmemängd som kan avgivas åt atmosfären innan isbildning inträffar är

$$(t - \Theta) p \times 1000 \text{ Cal.}$$

där Θ betecknar vattnets fryspunkt, vilken i Östersjön är — 0°,5 C.

Man kan efter erfarenheten från hydrografiska lodningar på representativa orter, t. ex. de ovan nämnda punkterna i Bornholmsundet och i Bornholmsdjupet samt vid Visby och öster om Gotland, Ölands södra udde, o. s. v. bedöma utsikterna för isbildning under vintern.

Vill man bedöma utsikten för isbildning i södra Östersjön i februari—mars följande år får man bygga sina slutsatser på erfarenheten från andra år då man anställt lodningar på samma orter under kalla och varma vintrar. Detta tillåter oss då att förutse vilka utsikter som finnas för en isvinter eller en isfri vinter med obehindrad sjöfart från svenska, tyska, polska hamnar o. s. v.

Att förutsäga isbildning i danska farvatten är vida osäkrare på grund av deras ringa djup; och för Kattegat tillkommer en ytterligare svårighet på grund av de stora växlingar som flodkraften framkallar i den salta underströmmens mäktighet och uti det utströmmande ytvattens hastighet. Varje injektion från Skagerak av den interna tidvattenböljans vågfront sänder ett kilformigt skikt ytvatten från Bälten och Öresund norrut genom Kattegat. Temperaturen i detta skikt sjunker genom konvektion och utstrålning under kalla vinternätter till vattnets fryspunkt (omkring — 1° C) och om sedermera söderifrån ett nytt kilformigt vattenskikt med mindre salthalt och högre fryspunkt (t. ex. — 0°,5 C) strömmar ut i Kattegat och breder ut sig över det förra som var fryskallt, så uppstår i gränsytan mellan båda underifrån bildning av s. k. »tallriksis» eller »bottenis», vilken stiger upp som skivor och lägger sig i havsytan såsom packis. Detta är det typiska sättet för isläggning av Kattegat. Under en kall och lugn vinternatt kan en area av många kvadratmil av Kattegats yta hinna att beläggas med ett täcke av nästan ogenomtränglig packis.

Detta fenomen studerades vetenskapligt av Gustaf Ekman under de stora isvintrarne som inledde den senaste sillfiskeperioden i Bohuslän 1877—1896. Han visade att den tallriksis, som under klara, lugna vinternätter plötsligt uppsteg ur djupet och fyllde Kattegat och en del av Skagerak milsvitt ut från de yttersta skären med ogenomtränglig issörja, ingalunda — såsom allmänheten trodde — kom från havsbotten utan från ett intermedieärt vattenlager omkring 8 meter från ytan som avkylts på det sätt som här beskrivits. Vintern 1928—29 upprepades fenomenet i sådan utsträckning att man erhöill en föreställning om isvintrarna vid medeltidens slut, då vargar berättas hava sprungit över på isen »från Oslo till Jutland».¹

V.

Östersjöns inflytande på Sveriges klimat

D:r Vilhelm Pettersson, f. d. föreståndare för den internationella Havsforskningens Service Hydrographique, hade uti sista numret av den av honom redigerade Bulletin Trimestriel gjort en sammanställning av de finska hydrografiska observationerna i Bottenhavet och Finska Viken sommaren 1927, vilka refererats i Nature maj 1929 p. 796² och i danska tidningen Politikens Kronik för den 26 maj 1930 sålunda:

¹ Den som vill studera förloppet vid Kattegats isläggning under hårda isvintrar hänvisas till den utmärkta framställning av förhållandena från den 1 febr.—25 mars 1929 av kapten Speersneider som finnes i Dansk Meteorologisk Aarbog för 1929 i en serie av 8 kartor (se t. ex. iskartan för 27—28 febr.).

² The past cold winter and the possibility of long-range forecasting. By W. I. Pettersson.

Det ejendommelige ved Østersøen er jo, at den indeholder Lag af forskelligt salt Vand af varierende Temperatur, dog saaledes, at det saltere Vand som Regel findes paa Dybet, medens Overfladen bestaar af Brakvand, der breder sig ovenpaa som Fløde paa Mælk. Desuden strømmer der ad Bælterne ustandselig saltere Vand ind, som paa Grund af sin større Vægtfylde dukker under den udadgaaende Overfladestrøm og saa at sige langsomt kryber frem mod Øst og Nord, idet det følger og udfylder de dybest liggende Furer og Fordybninger i Bunden. Dog sker der stadig en Blanding af det salte Bundvand og Brakvandet ovenfor, og dette Blandingsvand stiger efterhaanden opad, hvilket resulterer i Dannelsen af den mægtige Overfladestrøm af egentlig »Østersøvand«, der hovedsagelig langs den svenske Kyst stadig bevæger sig mod Syd og Vest ud i Kattegat og derfra langs den norske Vestkyst nordpaa.

Denne »det baltiske Havs vertikale Cirkulation« er, sammen med Solstraalernes Varmevirkning, av avgørende Betydning for Overfladens Temperatur og saaledes ogsaa for Lufttemperaturen i Kystegnene samt om Vinteren for Isdannelsen. Et aktuelt Eksempel herpaa er den ekstraordinært kolde Vinter 1928—29 og nu senest den lige saa overordentlig milde Vinter, der nylig er gaaet til Ende. Takket være de regelmæssige Observationer af Havets Temperatur (og Saltholdighed), der aarlig i Juli Maaned gennem en lang Aarrække er blevet udført af den finske Stats Havforskningsinstitut i Helsingfors, er vi i Stand til at skimte Grundtrækkene i den nye Klimatologi, der uvægerlig maa komme, og som vil give en anderledes Sikkerhed i Vejrforudsigelserne paa langt Sigt end det nuværende System.

Materialet omfatter ikke de sydlige Dele af det Baltiske Hav, den egentlige »Østersø«, men efter hvad vi allerede har fundet, vil jo den hovedsagelige Vertikalcirkulation netop foregaa i disse indre Dele og den deraf resulterende Overfladestrøm forholdsvis hurtigt kunne brede sig mod Syd og derunder dække over meget store Dele af det hele Hav. Vi beskæftiger os heller ikke her med andet end det øverste Lag ned til ca. 35 Meters Dybde af den Botniske Bugt og det Botniske Hav, delt i to, eller fra Overfladen ned til ca. 15 Meter og derfra ned til ca. 35 Meter.

I Juli Maaned 1927, som kendetegnedes af en vældig Varmestraaling fra en næsten skyfri Himmel, konstaterer vi en ganske usædvanlig høj

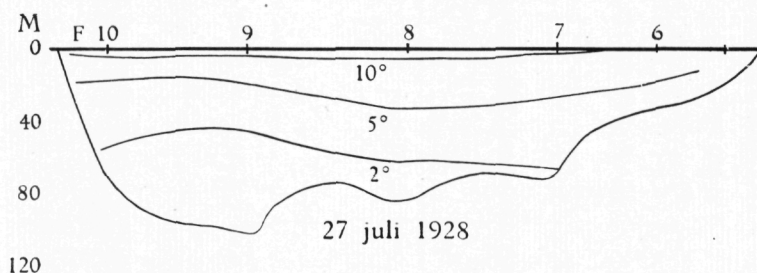
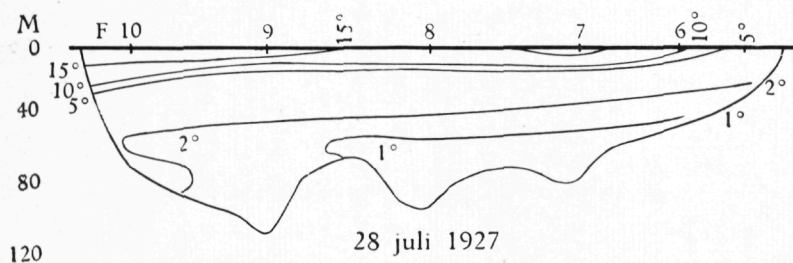
Overfladetemperatur ned til 10 à 15 Meters Dybde, men der nedenfor en lige saa usædvanlig Kulde i Vandet idet Termometret enkelte Steder synker til mellem $+1^{\circ}$ og $+2^{\circ}$ C. Der foreligger saaledes en betydelig Forskel i Middeltemperaturen mellem de to Vandlag, og Følgen deraf er, at det øverste forholdsvis hurtigt i Vinterens Løb vil komme til at afgive sin Varme helt ned imod de 4° , forinden en Opblanding og Udjævning af de to Vandlags Temperatur kan finde Sted. Vinteren 1927—28 kan heller ikke paa nogen Maade karakteriseres som streng, medens derimod Sommeren 1928 længe vil leve i vor Erindring som ligefrem modbydelig kold og raa med en Mangel paa Solskin, der tydeligt kan spores i Overfladen paa Diagram II, hvor Temperaturen ligger ca. $3,5^{\circ}$ under det foregaaende Aars. Nu vil man maaske synes, at $3,5^{\circ}$ kun er en lille Forskel, som ikke kan komme til at spille nogen større Roller i det lange Løb; men i denne Forbindelse maa vi huske, at $3,5^{\circ}$ er omtrent Forskellen i Vinterens Middeltemperatur mellem København og Stockholm. Desuden repræsenterer alene disse øverste 15 Meter et Vandlag paa ca. 1000 Kubikkilometer eller omtrent en Femtedel af den samlede totale Kubikmasse paa over 5000 Kubikkilometer. Der beregnes, at der pr. Maaned ved Aalandsstrædet afgaar henved 35 Kubikkilometer (hvoraf ca. det halve vil være Flodvand og det halve tilbagestrømmende Saltvand), som hurtig breder sig over den vestlige Del af Østersøens Overflade. Man havde derfor allerede i Efteraaret 1928 haft god Grund til at raabe et giv Agt for den kommende Vinter, som jo ogsaa hører til dem, der sent glemmes og som desuden har det mærkelige ved sig, at Kuldecetret var forflyttet til Landene omkring den sydlige Østersø, medens Norrland nød en relativt mild Vinter med kun lidt Sne. Som vi har set, vil der fra Foraaret til Vinterens Indtræden i 1928 have naaet at strømme nogle Hundrede Kubikkilometer koldt Overfladevand ud fra den vældige Beholder i Nord, og ved Perioder af nordlige og vestlige Vinde være spredt over hele den sydlige Havflade, derved begunstigende Vinterens tidlige Komme i disse Egne.

Samtidig havde men mad Sikkerhed kunnet forudsiger at den følgende Vinter, 1929—30, paa ingen Maade kunde ventes at byde nogen mere langvarig Kulde paa Grund af den stærke Stigning i det dybere Lags Temperatur.

KRITIK AV OVANSTÅENDE ARTIKEL

D:r Pettersson hade vid redaktionen av sista numret av Bull. Trimestriel fäst uppmärksamheten på att de finska hydrografiska observationsserierna i nordliga Östersjön vi-

Dessa iakttagelser föranledde honom att uppställa frågan: *vart det kalla vattnet från 1927 tagit vägen?* Han kom till det resultat att det måste hava avlägsnats såsom ytström



Finska tvärsnitt av Bottenviken och Bottenhavet i juli 1927

sat, att både Bottenhavet, Bottenviken och en del av Finska Viken under sommaren 1927 innehöllo ovanligt kallt vatten ända ned till ca 80 meters djup, vilket täcktes av ett tunt ytlager som av solstrålningen upphettats under sommaren till högre värmegrad, och att detta mäktiga kalla vattenlager följande sommar 1928 var ersatt av varmare vatten överallt i de djupare nivåerna.

huvudsakligen utefter västra sidan av Östersjön under loppet av våren och sommaren följande året 1928; och han antog att detta utflöde av ett flera grader kallare ytvatten än vanligt har haft inflytande på klimatet i Skandinavien vilket visat sig uti den ovanligt kalla sommaren 1928 och den därpå följande isvintern 1928—29.

Problemet som här diskuteras är av sådan vikt för både meteorologien och hydrografien att det förtjänar att prövas med hjälp av det observationsmaterial som förefinnes från iakttagelserna ombord å de svenska fyrskeppen.

Detta kan ske genom jämförelse mellan de svenska Östersjöobservationerna från juli—augusti 1927 samt 1928 och de finska.

I. Det gäller då först att tillse, huruvida de svenska observationerna från fyrskeppen som äro stationerade utefter Sveriges Östersjökust förete samma hydrografiska situation som den finska expeditionen funnit, nämligen att under sommaren 1927 ytlagret i hela norra Östersjön var varmare än året därpå på grund av en intensiv solstrålning i juli månad 1927, men att under detta relativt tunna ytlager fanns ett märkt undre vattenlager som var betydligt kallare sommaren 1927 än 1928 och 1929.

I själva Bottenviken utföras inga svenska observationer men de finska tvärsektionerna från Brahestad till Umeå vittna så tydligt som möjligt därom att under sommaren 1927 ett ovanligt kallt mellanlager av vatten förefanns i den stora bassin som bildar Östersjöns nordligaste avdelning, Bottenviken. Söder därom i Bottenhavet finnes ett svenskt fyrskepp *Sydostbroten* (Lat. 63° 18', Long. 20° 10'), där dagliga observationer utföras vid alla djup. Medeltalen av dessa visa:

att vattnet i ytskiktet från 0 M till 10 M var 1°	varmare 1927 än 1928
» » i skiktet » 10 M » 20 M » 0° 7	kallare 1927 » 1928
» » i skiktet » 20 M » 30 M » 1° 2	kallare 1927 » 1928
» » i skiktet » 30 M » 45 M » 1° 4	kallare 1927 » 1928

Och söder därom, nämligen i norra delen av Östersjöns stora djupbassin finnes ett svenskt fyrskepp, *Svenska Björn* (Lat. 59° 35', Long. 19° 56'), vars augusti-observationer visa

att vattnet i ytskiktet från 0 M till 10 M var 3° 3	varmare 1927 än 1928
» » i skiktet » 11 M » 20 M » 0° 4	kallare 1927 » 1928
» » i skiktet » 20 M » 30 M » 1° 7	kallare 1927 » 1928

De svenska fyrskeppsobservationerna överensstämman alltså med de finska däruti att ett ovanligt kallt mellanskikt förefanns sommaren 1927 i hela norra hälften av Östersjön.

II. I ungefär halva Östersjön, d. v. s. dess nordliga del, fanns alltså under det tunna ytlagret mellan 0 M. och 10 M. ett omkring 20 till 80 meter mäktigt kallt vattenlager sommaren 1927, vilket enligt D:r Petterssons antagande har avlägsnats såsom en kall ytström utefter Östersjöns västliga sida under vintern, våren och sommaren 1928 och därigenom inverkat nedsättande på lufttemperaturen i Skandinavien.

Att detta kalla vatten skulle komma att avlägsnas under det följande året, och detta i form av en ytvattenström, vil-

ken på grund av jordrotationen företrädesvis måste hålla sig utefter Sveriges östkust, är klart och bevisas av iakttagelserna som gjordes följande år av de svenska fyrskeppen vilka, som man finner av följande tabell, överallt under hela våren och sommaren 1928 visade en nedsättning i vattnets temperatur av 2 till 3 grader. Vilket inflytande detta i sin ordning haft på lufttemperaturen i de svenska kustprovinserna i hela landet från Umeå till Kalmar, Ystad och längs Kattegats kuster ända till Göteborg framgår av den bifogade tabellen, som erhållits från statsmeteorologen D:r Rolf (såsom utdrag av den Svenska Hydrografisk-Meteorologiska Byråns årsbok).

Dessa iakttagelser öppna nya framtidsperspektiv för meteorologien, vars praktiska syftsmål ju är att förutsäga väderleken icke blott för 24 timmar utan för hela månader, ja, för en hel årstid framåt, eller som man brukar uttrycka det: lämna »*väderleksförutsägelser på lång sikt*». Man har anat att sådana förutsägelser för vårt land skulle komma att grundas på hydrografiska iakttagelser rörande havets tillstånd och de värmemängder som av de varma havsströmmarna transporteras upp mot våra breddgrader. För 40 år sedan visade jag, att skenbart obetydliga variationer i havsytans temperatur utanför Norges västkust i januari och februari av högst 1½ å 2 grader följdes av förändringar i lufttemperaturen i mellersta Sverige (t. ex. i Örebro), vilket hade inverkan på vegetationens tidigare eller senare utveckling samt på tiden för vårbrukets början (t. ex. i Uppland) o. s. v. Vårt vinterklimat beror ju på Golfströmmen.

Nu tillkommer en ny iakttagelse som visar *huru Östersjöns hydrografiska tillstånd kan inverka på vårt sommarklimat*. En större samling av kallt djupvatten i norra Östersjön kan medföra en kall sommar i vårt land året därefter — och det torde bliva en angelägen uppgift för meteorologer och hydrografer att fortsätta dessa iakttagelser och hålla reda på när sådant förestår. Det är lyckligt att man genom de systematiskt utförda undersökningarna av Finlands hydrografiska Kommission, vilka regelbundet utföras i juli—augusti månad varje år, har möjlighet att sondera den nordliga Östersjöns tillstånd, och D:r Vilhelm Pettersson har utan tvivel rätt när han slutar sin artikel med den önskan, att den finska Thalassigrafiska Institutionen i framtiden vill sörja för att dessa iakttagelser publiceras så fort som möjligt i anseende till den stora betydelse de äga för Östersjöländernas klimatologi.

Och det är lyckligt att man i Sverige under mer än 30 år underhållit en daglig hydrografisk observationstjänst ombord å alla svenska fyrskepp som ger en statistisk utgångspunkt för att bedöma vad avvikelserna från de av erfarenheten givna medelvärdena i verkligheten hava att betyda *kvantitativt och för en kommande årstid*.

KLIMATFÖRÄNDRINGEN I SVERIGE SOMMAREN 1928

Nedsättningen i vattentem-
peraturen i Östersjön och
Kattegat

Fyrskeppet Sydostbrotten

Lat. 63°18'48" N, Long. 20°10'40" O

	t° C	Δt
	(norm. temp.)	avvikelse 1928
Maj	—	—
Juni	8°.2	— 2°.6
Juli	12°.8	— 2°.2
Aug.	13°.7	— 1°.2

Fyrskeppet Finngrundet

Lat. 61°2'10" N, Long. 18°31'10" O

Maj	—	—
Juni	6°.9	— 1°.2
Juli	12°.0	— 2°.3
Aug.	13°.8	— 1°.3

Fyrskeppet Grundkallen

Lat. 60°29'50" N, Long. 18°54'30" O

Maj	3°.2	— 0°.7
Juni	7°.7	— 1°.5
Juli	12°.9	— 2°.4
Aug.	14°.4	— 1°.7

Fyrskeppet Svenska Björn

Lat. 59°35'30" N, Long. 19°56'0" O

Maj	4°.2	— 0°.3
Juni	8°.8	— 2°.4
Juli	13°.6	— 2°.5
Aug.	14°.7	— 2°.4

Fyrskeppet Falsterbo Rev

Lat. 55°17'32" N, Long. 12°47'0" O

Maj	7°.5	— 0°.5
Juni	12°.8	— 2°.3
Juli	15°.8	— 2°.1
Aug.	15°.9	— 1°.4

Fyrskeppet Svinbådan

Lat. 56°10'27" N Long. 12°30'48" O

Maj	9°.2	— 0°.7
Juni	14°.3	— 2°.1
Juli	16°.9	— 2°.1
Aug.	16°.8	— 1°.6

Nedsättningen av luftens temperatur i kustorterna i Sverige

	maj	juni	juli	augusti	september
<i>Haparanda</i>	+ 1°.7	— 0°.7	— 2°.3	+ 0°.4	0°
<i>Piteå</i>	+ 1°.0	— 2°.5	— 2°.2	— 0°.4	— 0°.5
<i>Umeå</i>	+ 0°.8	— 2°.5	— 1°.7	— 0°.6	— 0°.4
<i>Härnösand</i>	— 0°.1	— 2°.1	— 2°.2	— 1°.7	— 0°.6
<i>Gävle</i>	— 1°.0	— 2°.2	— 1°.4	— 1°.4	— 0°.8
<i>Stockholm</i>	— 0°.3	— 3°.3	— 1°.8	— 1°.2	— 0°.5
<i>Nyköping</i>	— 0°.6	— 3°.0	— 1°.8	— 1°.2	— 0°.8
<i>Västervik</i>	— 0°.8	— 2°.9	— 0°.8	— 1°.0	— 1°.3
<i>Kalmar</i>	— 1°.7	— 3°.3	— 1°.6	— 1°.3	— 0°.7
<i>Karlshamn</i>	— 1°.1	— 3°.1	— 1°.6	— 1°.2	— 0°.8
<i>Kristianstad</i>	— 0°.9	— 2°.9	— 1°.2	— 1°.0	— 0°.7
<i>Ystad</i>	— 1°.1	— 2°.4	— 1°.6	— 0°.8	— 0°.4
<i>Malmö</i>	— 0°.9	— 2°.5	— 1°.1	— 0°.6	— 0°.5
<i>Halmstad</i>	— 0°.6	— 3°.4	— 2°.3	— 1°.0	— 0°.6
<i>Göteborg</i>	0°	— 3°.2	— 2°.2	— 0°.9	— 0°.5

Mezäta