

**SVENSKA
HYDROGRAFISK-BIOLOGISKA KOMMISSIONENS
SKRIFTER**

Ny serie: Hydrografi VIII



**FLODKRAFTEN
OCH
VATTENUTBYTET MELLAN DE TROPISKA
OCH DE POLARA HAVEN**

En studie i Geofysik och Kosmisk fysik

AV

O. PETTERSSON

Denna avhandling är tryckt med bidrag från Längmanska Kulturfonden.
Rätten till översättning och publikation på främmande språk förbehålles.
Copyright

131609

SVENSKA
HYDROGRAFISK-BIOLOGISKA KOMMISSIONENS
SKRIFTER

Ny serie: Hydrografi VIII



P 419

FLODKRAFTEN
OCH
VATTENUTBYTET MELLAN DE TROPISKA
OCH DE POLARA HAVEN

En studie i Geofysik och Kosmisk fysik

AV

O. PETTERSSON

Denna avhandling är tryckt med bidrag från Längmanska Kulturfonden.
Rätten till översättning och publikation på främmande språk förbehålles.
Copyright

Översikt av innehållet

DEN kraft som förorsakar tidvattensfenomenen på jorden är av kosmiskt ursprung. Det finnes två slags tidvatten. Det ena beror på jordens rotation under solens och månens kraftfält och har följaktligen ett halvt och ett helt dygns period. Det andra, det parallaktiska tidvattnet, beror på solens och månens växlande avstånd och ställning till jorden och har en mångfald perioder av en halv och en hel månad, $\frac{1}{2}$ år, ett helt år o. s. v. intill 1850 år, den längsta parallaktiska tidvattensperiod jag kunnat finna.

Avhandlingen sysselsätter sig endast med den parallaktiska tidvattenskraftens vertikala komposant, vilken jag vill kalla *den vertikala flodkraften*, som verkar ömsevis förstärkande och försvagande på tyngdkraften, medan den horisontala komposanten, som förorsakar vågor och strömmar i ytan och de därmed parallella nivåerna i havet, lämnas utan avseende. Detta går rätt emot den nu härskande åsikten inom vetenskapen, vilken, efter Laplaces föredöme, betraktar den vertikala flodkraften såsom oväsentlig och betydelselös. Dess effekt skulle vara att lyfta vattnet. Man kan ju icke förneka, att tidvattnet framkallar ganska höga vågkammar i havet, men man menar att dessa icke uppstå genom en direkt lyftande kraft, utan därigenom att den horisontala flodkraften samlar ihop vatten från ytan från alla håll under sitt kraftfält och sålunda tornar upp flodvågor. Författaren åter visar, att den vertikala flodkraften har det största inflytande på den oceaniska cirkulationen och finner anledningen till att man hittills icke insett detta däruti, att alla teoretici liksom Laplace byggt sin matematiska utredning av tidvattensfenomenen på den förutsättning att oceanens vattenmassa kan betraktas såsom ett homogent medium, under det havets vatten i själva verket består av vattenlager av olika densitet som kunna glida över varandra. I ett sådant *skiktat medium* yttra sig tidvattensfenomenen på ett annat sätt, nämligen såsom stora undervattensvågor i gränstorna mellan vattenlagren, vilka vågor först studerades i Gullmarfjorden 1909 och bevisades vara inre tidvattensböljor. Att den vertikala komposanten av flodkraften förmår framkalla så stora vågtoppar av 20—30 meters höjd i gränslagret mellan ytvattnet och bottenvattnet, då dess effekt uti att frambringa vågor i ytan är skenbart så ringa att teoretici, ifrån Laplace till Krümmel, lämnat den ur räkningen, beror på, att det är lättare att lyfta vattenpartiklar som befinna

sig inuti en vattenmassa till högre nivå än när de befinna sig i ytan. Och om en sådan lyftande (eller nedtryckande) kraft får verka under längre tid, såsom fallet är vid de parallaktiska tidvattensfenomenen, har den förmåga att åstadkomma mäktiga rörelser i havets gränsskikt av dimensioner som aldrig kunna förekomma i havsytan.

Då den vertikala flodkraften F har så stora verkningar, blev det författarens första uppgift att finna en formel för beräkning av dess intensitet ΣF i medeltal för ett dygn vid en viss breddgrad under olika konstellationer av sol och måne. Denna formel för beräkning av F är enkel och känd, men då jag ville utsträcka beräkningen till medeltalet för flodkraften under ett dygn ansåg jag det riktigast att anförtro uträkningen åt en astronom, D:r Strömberg, nu anställd vid M. Whitney observatoriet i U. S. A. och en matematiker, D:r Gehrke, assistent vid internationella havsforskningbyrån i Köpenhamn, vilka benäget åtog sig uppdraget. Den motsvarande uträkningen av solens flodkraft är utförd av D:r E. Martens, assistent vid Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionen.

Beräkningen visade, att månens flodkraft ΣF beräknad för ett helt dygn har *negativt* tecken *d. v. s. motverkar tyngdkraften* i hela den ekvatoreala och tropiska region av jorden som ligger mellan $35^{\circ} 16'$ nordlig och sydlig lat. samt är *positiv d. v. s. förstärker tyngdkraften* norr och söder om dessa neutrala nodlinjer.

När man nu för varje dygn kunde uträkna den vertikala flodkraftens styrka återstod att se, huruvida de parallaktiska tidvattensvågor som omtalas i det följande, harmonierade med kraftens variationer.

I diagrammen å sid. 6, 7, 8 finnas talrika bevis härför och det visade sig att de stora undervattensvågorna förekommo när flera månperioder hade gemensam fas.

De parallaktiska inre tidvattensböljorna följde i takt med månkonstellationernas och flodkraftens perioder. Varje månperiod väckte sin särskilda vågrörelse i fjordens mellanskikt *och genom interferens av dylika vågor uppstodo kombinationsvågor av stor amplitud. Impulsen kom utifrån havet. Det var bottenvattnets ansvällning och sjunkande som förorsakade vågtopparna och vågdalarna i mellanskiktet.* Som höjdskillnaden dem emellan kunde uppgå till över 30 meter i Gullmarfjorden fanns icke plats längre för ytlagret när en stor undervattensvåg bröt in över den bank som vid fjordens mynning vid Lysekil avspärrar fjordens inre stora

djupbassin från kommunikation med havet vid 45 meters djup. Ytvattnet drevs ut och fjorden tömdes från ytan ända till detta djup från det lätta ytvattnet, vilket sedermera åter strömmade in när vågdalen kom, 7 dagar där- efter och fjorden tömdes på det salta oceanvattnet från Nordsjön och Skagerak. Detta ger en ny inblick i vatten- ombytet i våra fjordar, vilket avhandlas i en annan avhand- ling i denna skriftserie. Dessa vattenombyten ske icke genom en kontinuerlig ytström eller bottenström utan *kaskadvis*, och med de kaskader av oceanvatten som in- tränga över fjordens tröskel följa stim av vandringsfiskar såsom makrill och kolja om sommaren, skarpsill och sill samt torsk höst och vinter. Under alla dessa växlingar ligger det djupaste vattenlagret under 45 meters djup orubbat kvar i fjorddjupet och vattenståndet i fjorden undergår endast små förändringar, emedan det dagliga och halvdagliga tidvattnet i fjordens yta är obetydligt och högst uppnår 30 cm. höjd. Även högvatten som för- orsakas av vindar och lufttrycksändringar spelar en obe- tydlig roll i jämförelse med de stora tidvattensvågorna, »*månvågorna*», vilka framgå i djupet även när fjorden och havet därutanför på lång sträcka är täckt av fast is. Gull- marfjorden är på grund härav en ideal observationsplats för det inre parallaktiska tidvattnet.

Studiet av dylika inre rörelser i havet borde vara en viktig uppgift för de marina stationer som anlagts runt Europas kuster, ofta på mycket exponerade platser för att bättre få tillgång till »friskt havsvatten» och följa nivåförändringar m. m. Men alla dessa vetenskapliga stationer, med undantag av de norska, äro anlagda vid så grunda kuster att förändringarna som försiggå i de undre lagren av havet icke kunna studeras från stationen själv. Så är icke förhållandet med den Svenska Hydrografisk- Biologiska Kommissionens båda stationer vid Bornö och vid Lysekil, varest man kan direkt, utan att göra längre eller kortare expeditioner, undersöka förändringar som in- träffa i fjordens alla rörliga vattenlager intill över 40—50 meters djup. En enkel metod att följa vattenombytena i djupet är använd vid Bornö. Ett blyrör av 6 mm. inre vidd går från 45-metersdjupet upp till stationsbryggan. Röret är fyllt med petroleum och slutar ovanför med ett graderat glasrör. Petroleumpelaren i röret står i jämvikt med vattenpelaren utanför och vätskenivån stiger och faller allteftersom vattnet i fjorden blir tyngre när saltare vatten intränger med en undervattensvåg. Man avläser samtidigt yttre vattenståndet. Differensen mellan petro- leumsnivån och vattenståndet ger ett mått på tyngdför- ändringen hos vattnet och är ett medel att känna puls- slagen av den oceaniska cirkulationen som går i takt med flodkraftens växling.

Ett fenomen av största intresse är *recurrensen* av dessa undervattensvågor när samma koincidens av månperioder som först framkallat dem upprepas. Detta observerades första gången i februari 1910 vid Bornö, då samma system av vågor återkom som observerats 355 dygn förut 1909; orsaken var en koincidens av samverkande faser av den synodiska och den tropiska månperioden, i det 12 perioder av den förstnämnda fullbordas inom samma tid som 13 perioder av den sistnämnda. Överraskad av detta oväntade

sammanträffande anställde jag 8 år därefter i mars 1917 en liknande serie hydrografiska djuplodningar i ändamål att se, om *recurrens* av dessa vågor i februari 1910 skulle inträffa även så långt efteråt som 2923 dygn = 8,004 år. Resultatet synes av sid. 7 varav man även finner att de stora kaskader av salt oceanvatten, vilka den 17—18 februari 1917 inträngde från havet i Skagerak och obser- verades vid Bornö, åtföljts av betydliga kvantiteter av sill liksom den 18—19 februari 1910. Det återstod att pröva om *recurrensen* av undervattensvågor även skulle inträffa efter 18 år $11\frac{1}{3}$ dygn, eller en *Sarosperiod*. Till jämförelse valdes undersökningsserien 1910 i november, då en konjunktion av 3 månperioder hade framkallat parallak- tiska månböljor (se sid. 8). En liknande serie försök anställ- des 1928 och visade att kombinationsböljor av samma typ som 1910 uppträdde på beräknad dag 1928. Efter dessa erfarenheter fann jag stöd för min förmodan att invand- ringarna av sill från Norska havet, vilka äro anledning till de stora bohuslänska sillfiskeperioderna, vilkas period A. W. Ljungman efter historiska data beräknat till 111 år, kunde bero på ett långperiodiskt tidvattensfenomen fram- kallat av en astronomisk koincidens av månperioder som inträffar efter 111 år, vilken jag benämnt *den större Saros*, med *recurrens* av alla 4 månperioderna efter 40545 dygn. Beräkningen härav och de slutsatser, som kunna dragas finnes på sid. 16 och utgör den förklaring jag kunnat lämna på gåtan om orsaken till ett fenomen som 9 gånger åter- kommit med alternerande längre och kortare perioder under tusen år och varit av utomordentligt stort ekono- miskt intresse för vårt folk.

Om läsaren vid genomseende av denna resumé av inne- hållet fått intresse för studiet av de naturfenomen som däri avhandlas, så att han vill följa författaren längre på vägen i hans framställning, så kommer han ut på ny obruten mark utanför den vetenskapliga traditionens taggtråds- stängsel. Jag har nämligen kommit till en motsatt åsikt mot samtidens i fråga om orsakerna till vattenombytena i våra fjordar och i Östersjön. Enligt den gängse åsikten strömmar ytvattnet i Östersjön ut igenom sunden på grund av att vattenståndet i Östersjön tillfölje av regn och till- försel av flodvatten är högre än i havet utanför. Detta hydrostatiska övertryck anses förorsaka utströmningen, vilken kompenseras av en ingående bottenström genom Kattegat och sunden (O. Krümmel: *Océanographie* II, p. 644)

Utan att bestrida att ett sådant hydrostatiskt övertryck förefinnes, vilket åstadkommer en tendens till utflöde, visar författaren i det följande att detta tryck är så obetydligt i förhållande till de stora mekaniska arbetsmängder som utvecklas vid vattenmassornas förflyttning in i Östersjön och ut ur Östersjön att en vida mäktigare kraft här måste ingripa, nämligen flodkraften, som yttrar sin verkan uti impulsen av de inre tidvattenböljornas vågfront när flod- kammarna från oceanen bryta in genom Kattegatsrännan och injicera saltvatten i mer och mindre uppblandat skick i sunden och Östersjön. Det är alltså icke ytströmmen som

frambringa en kompensationsström från havet utan tvärt om. Ytvattnet och ytströmmen förhålla sig passivt i jämförelse med djupvattnet och bottenströmmen, vilken är den primära faktorn i Östersjöns vattencirkulation. Det salta vattnet är en injektion från havet och den utflödande mäktiga Baltiska strömmen är dess effekt.

Tidvattnet i Nordsjön visar den egendomligheten att inflytandet av ebb och flod försvinner eller blir föga märkbart omkring Norges sydkust från Lindesnæs och sedermera inåt Skagerak samt Kattegat och Östersjön. Man har förklarat detta sålunda, att två flodvågor från Atlanten: den ena kommande från Kanalen, den andra från Shetlandstrakten, här mötas och interferera varigenom en s. k. »amfidromi» i havet uppstår. Poincaré yttrar i sina *Leçons de Mécanique Céleste II, deuxième Partie* p. 400 »le concours de ces deux ondes donne naissance dans la mer du Nord à une région amphidromique située à l'ouverture du Skagerak».

Man har emellertid icke lyckats verifiera denna hypotes genom direkta undersökningar i trakten. I det följande förklaras fenomenet så: att man just i denna trakt av Nordsjön finner en mycket utpräglad skiktning hos vattenslagren i havet, vars yta täckes av de lätta utflödena av den Baltiska Strömmen. Flodvågorna från oceanen dyka under detta ytvattenslager och fortsätta såsom undervattensvågor sin väg inåt genom Skagerak och Kattegat där det lyckats mig att återfinna spåren av det halvdagliga tidvattensfenomenet i oceanen i form av undervattensböljor med c:a 3 meters amplitud på 15 meters djup vid mynningen av Stora Bält i Kattegat.

Jag har även kommit till motsatt åsikt mot auktoriteters sådana som Laplace och hans efterföljare i vår tid om betydelsen av den vertikala komponenten av flodkraften, vilken jag funnit utgöra en av de stora faktorerna i den oceaniska och atmosfäriska cirkulationen.

Vidare har jag funnit ett parallaktiskt tidvattensfenomen i havets mellanskikt om vilket oceanografen professor Krüm-

mel i sin lärobok yttrar »att envar som har ringaste kännedom om teorien för tidvattnet måste inse, att det icke kan vara ett tidvattensfenomen».

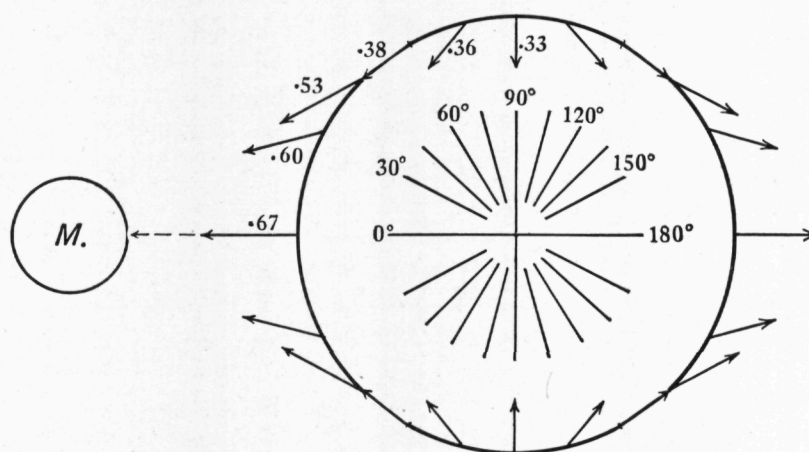
Vidare har jag funnit att månen har det största inflytande på rörelserna i hav och luft samt på vårt klimat, om vilken åsikt the grand old man ibland meteorologerna, professor Waldemar Köppen, yttrat: »att detta är att giva vår planets ledsagare i rymden skulden för katastrofer till vilka han är absolut oskyldig», och varom en ledande auktoritet i astronomin, professor Young i Amerika, i sin med rätta så högt värderade lärobok i astronomi yttrar: »The multitude of current beliefs as to the controlling influence of the moons phases and changes over the weather and the various conditions of life are mostly unfounded and in the strict sense of the word superstitious.»

Slutligen har jag funnit anledning betvivla att den gängse föreställningen om frånvaron av ett märkbart ebb- och flodfenomen i atmosfären är riktig. I det följande skall jag anföra några skäl för åsikten att ett sådant fenomen existerar, ehuru det yttrar sig på ett sätt vilket man hittills översett.

Att författaren kommit att intaga en isolerad ställning inom nutidens hydrografiska och meteorologiska forskning beror därpå att han funnit rörelserna inom jordens hydrosfär hava sin yttersta orsak uti variationer hos tyngdkraften. Men effekten av tyngdkraftens variationer på vattnet och luften yttrar sig såsom tidvattensfenomen. Denna synpunkt är främmande för samtidens naturforskning, vilken refererar allt som sker till växlingar i solstrålningen, solfläckarne och lufttrycket. Att allt detta kan ha en gemensam orsak ligger f. n. utom synkretsen.

Vid utarbetandet av de följande avhandlingarna har jag haft ett synnerligen värdefullt biträde av Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Assistenten D:r E. Martens och Fil. Mag. B. Otterstedt, vilket jag med tacksamhet erkänner.

O. Pettersson.



FLODKRAFTEN

HÄRMED menas den gravitationsverkan som sol och måne utöva på de rörliga media på jorden: vattnet och luften. Ovanstående bild, som är hämtad ur G. H. Darwins arbete *Tides and kindred phenomena*, ger en schematisk föreställning om riktningen av den attraherande himlakroppens kraftlinjer. Var och en av dessa kan uppdelas i en horisontal komponent som verkar parallellt med havsytan på jorden och en vertikal komponent som är riktad mot jordens medelpunkt. Detta är den vertikala flodkraften, vilken oupphörligt varierar i intensitet aningen förstärkande eller försvagande tyngdkraften. Denna vertikala flodkraft är relativt liten, vid 60° latitud högst tre tiomilliondelar av tyngdkraften, men utövar dock stor effekt när den får verka under längre tid, såsom fallet är vid de parallaktiska tidvattensfenomenen. I den nuvarande tidvattensteorin bortser man efter Laplaces föredöme alldeles från flodkraftens vertikala komponent. Att man hittills gjort så beror på, att man utgått från förutsättningen att havets vatten är ett i fysiskt avseende homogent medium. Detta är icke tillfället, isynnerhet icke i våra hav där vattnet är skiktat i lager av olika salthalt och densitet vilka äro så skarpt skilda, att gränsen mellan lagren kan bestämmas på mindre än $\frac{1}{4}$ meter. Dessa gränslager utgöra *glidytor för de olika vattenlagrens rörelse*, och det är i dessa gränssytor som de stora inre vågrörelser uppstå som skildras i denna och föregående avhandlingar. Dessa inre vågrörelser i havets mellanskikt som upptäcktes i Gullmarfjorden 1909—1910 äro verkningar av den vertikala flodkraften.

Definitioner

Den viktigaste faktorn i tidvattensfenomenet är månens attraktion, vilken på grund av hans närhet till jorden överväger solens. Tidvattensfenomenen äro av två slag. Det ena slaget förorsakas av jordens rotation under solens och månens kraftfält. Därigenom uppkommer det *dagliga och halvdagliga tidvattnet*. Det andra slaget är det *parallaktiska tidvattnet* som uppkommer genom förändringarna i den allmänna gravitationen mellan himlakropparna som uppstå när jordens avstånd från sol och måne förändras tillfölje av jordens och månens omlopp i deras banor omkring solen. Sålunda uppkommer

en parallaktisk tidvattensbölja av årlig period i oceanen genom solens inflytande, därigenom att solens deklination blir = 0 vid dagjämningstiderna och jordens perihelium och aphelium infaller mellan dessa tider. I våra nordiska hav visar sig detta genom en årlig period i vattenståndet, vilket är högst på hösten efter höstdagjämningen och lägst om våren. Den parallaktiska solböljan har i våra hav en amplitud av ungefär 15 cm.¹⁾ De parallaktiska tidvattensrörelser som förorsakas av månen äro vida mera komplicerade och mångfaldiga, vilket kommer sig därav att varje månperiod framkallar en särskild tidvattensbölja och att dessa böljor interferera med varandra. Därigenom bliva dessa parallaktiska tidvattensrörelser i havsytan otydliga och föga märkbara i jämförelse med de dagliga och halvdagliga tidvattensböljorna. Helt annorlunda förhåller det sig i de undre skikten av havet, varest det parallaktiska tidvattnet visar sig såsom *inre vågor i havets mellanskikt* med hög amplitud och skarpt utpräglad periodicitet. De första iakttagelserna härav datera sig ifrån 1909—1910 då jag genom dagliga hydrografiska lodningsserier på samma ställe i Gullmarfjorden (vid Bornö station), där skiktgränserna mellan de olika vattenlagren äro utomordentligt tydligt markerade, upptäckte rytmiska vågrörelser i gränslagret mellan det salta bottenvattnet och ytlagret i takt med månens deklinationsperiod och den synodiska och anomalistiska månens fas, vilka i februari och mars 1909 i det närmaste sammanföll och förstärkte varandras inflytande på månens flodkraft. *Det fenomen jag då observerade utgjordes i själva verket av en följd av kombinationsvågor som uppkommit genom samverkan av 3 olika månperioder med gemensam fas*, vilket åstadkom interna vågor i havets mellanskikt av ända till 25 meters amplitud och en periodicitet av 14 dygn.²⁾

¹⁾ Se härom Professor G. Roséns avhandling i Häfte I av Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens skrifter ävensom O. Petterssons avhandling och O. Krümmels sammanställning härav i *Handbuch der Ozeanographie*.

²⁾ Den första publikationen härom är tryckt uti *Publications de Circumstance* N:o 47 av den internationella havsforskningens skrifter.

Solbölja

Månbölja

De månperioder som här samverkade voro:

1. den *synodiska* månen med 14,76 dygns mellantid mellan nymåne ● och fullmåne ○ och 29,531 dygns helperiod.
2. den *anomalistiska* månen med 13,77 dygns mellantid mellan perigeum π och apogeum α och 27,553 dygns helperiod.
3. den *tropiska* månen med 13,66 dygns mellantid från deklinationen $D = 0$ till nästa D_0 och 27,322 dygns helperiod.
4. den fjärde månperioden, den *draconitiska*, med 13,605 dygns mellantid från uppstigande nod Ω till nedstigande $\oslash$ och 27,21 dygns helperiod, samverkade icke med de tre förstnämnda. Så inföll t. ex. d. 20—21 februari ● och π i nära grannskap med $D = 0$ d. 22 men icke med $\oslash$ och Ω . På sid. 6 äro månkonstellationerna och de motsvarande interna vågrörelserna, »mån-vågorna», i Gullmarfjordens mellanlager under februari—mars 1909 liksom även under januari—februari följande året 1910 angivna.

Man finner av diagrammen att den interna vågrörelsen följt i takt med koincidenserna av de tre månperioderna under vintermånaderna både 1909 och 1910. Den repetition av månkonstellationerna 1909 som visade sig 1910 (se den undre bilden) följdes av alldeles liknande inre vågbildningar uti de undre vattenskikten i fjorden under sistnämnda året. Detta tyder på ett kausalt samband mellan båda fenomenen och berättigar oss till den slutsats: att en *koincidens av överensstämmande faser hos månperioder framkallar parallaktiska tidvattensrörelser i havets mellanskikt till följe av den variation i månens flodkraft, sådana konstellationer medföra.*

De koincidenser av månperioder som åstadkommit sådana verkningar 1909 och 1910 äro:

12 <i>synodiska</i>	månader av	29,531 dygn	=	354,37 dygn
13 <i>tropiska</i>	»	27,322 »	=	355,18 »
13 <i>anomalistiska</i>	»	27,553 »	=	358,89 ¹⁾

När engång en koincidens inträffat — mer eller mindre fullständig — mellan dessa tre perioder, repeteras denna efter ungefär 355 dygn (ett »månår») och medför då en liknande situation i havets mellanskikt.

Lika litet som man kan vänta att samma undervattensvågor skola repeteras i mars—februari år efter år utan avbrott, lika litet får man vänta, att de stora vågberg som inkommo i februari och mars 1909 och 1910 skulle återkomma varje månad under hela året med 14 dagars mellantid. Dessa vågberg framkallades ju genom interferens mellan 3 olika månperioder, vilkas epoker återkommo — och detta endast tillnärmelsevis — efter 355 dygn (= ett månår)²⁾. Ty det är klart, för att nu endast fästa sig vid den synodiska och den tropiska månperioden, att då 12 synodiska månomlopp och 13 deklinationsväxlingar fullbordas inom ett månår

¹⁾ Som man ser är koincidensen mellan denna månperiod och de övriga endast tillnärmelsevis och ger en differens på 3 dygn. 1909 inträffade π ett dygn efter ●; 1910 3 dygn efter ●.

²⁾ Och efter 2923½ dygn (= 8 kalenderår).

$$12 \times 29,531 \text{ dygn} = 354,37 \text{ dygn}$$

$$13 \times 27,322 \text{ »} = 355,18 \text{ »}$$

en samverkan mellan perioderna ej kan inträffa mer än under en kortare tid varje år. Har denna samverkan inträffat en viss månad och resulterat uti stora interna böljor med 14 dagars mellantid, så har man redan några veckor därefter att vänta oregelbundna rörelser i mellanskiktet, vilkas periodicitet endast kan verifieras genom harmonisk analys.

Dessa rörelser hos de undre saltare lagren i Skagerak inverka på fiskvandringarna, vilka ju även visa en bestämd periodicitet. Denna erfarenhet gjordes redan 1889 och bekräftades under undersökningarna 1909, 1910 och 1911, då ett samband med vandringssillens förekomst och fångst vid fiskeplatserna i Kattegats mynning kunde påvisas. Den understa raden i diagrammen å sid. 6 och 7 anger kvantiteten av vadsill i hektoliter som fångats de ifrågavarande veckorna under februari och mars månader 1909 och 1910 samt 1917.

Redan länge hava de svenska hydrograferna — i motsats till flertalets av biologer mening — förfäktat den åsikt, att sillens vandringar icke äro spontana och företagas av närings- och fortplantningsdrift utan bero på stora inre rörelser i havet, varigenom sillstimmen tvingas att följa med de undre vattenlagrens inströmning. Det har nu visats, att dessa rörelser ske icke kontinuerligt utan *kaskadvis* och regleras av celesta långperiodiska inflytanden, vilket allt på det närmaste sammanfaller med tiderna och sättet för sillens uppträdande. De stora interna vågor som intränga i Kattegat med månatliga, årliga och sekulära perioder framgå i ett visst djup under ytan och intränga så långt djupet tillåter. Mot uppgående grund och undervattensbankar brytas de. Sådana undervattensbankar med trånga rännor emellan finnas vid södra änden av Kattegats djupa ränna ungefär vid Nidingen. Mellan Nidingen och Tistlarna har under åren 1908—1912 varit förnämsta platsen för fisket efter vintersillen med snörpvadar; och de fångster i HL som uppgivas under diagrammet för 1909 och 1910 å sid. 6 och 7 äro gjorda i dessa trakter, där den avsmalnande djuprännan övergår i en mycket ojämn botten, mot vilken de stora undervattensvågorna bryta sig. I närvarande tid är detta område att betrakta såsom sydgränsen för den stora invandringen av vandringssillen från Nordsjön, vilken under högvintern föres dit av rörelserna i havets undre vattenlager. De årliga och sekulära variationerna i flodkraften kunna, alltefter de interna flodböljornas mäktighet och gränsskiktets nivå varuti de framgå, föra sillstimmen mer eller mindre långt in uti Kattegats ränna, vilken jag i en föregående avhandling förliknat vid »codenden» utav en träl eller ryssja som släpper igenom vattnet men kvarhåller fiskstimmen. Söder om »spärret» i mellersta Kattegat mellan Kobbergrund och Anholt har man indigena sillraser, avläggare av vandrings-sillen, vilka ackommoderat sina livsvillkor, sin lektid och utveckling efter de lokala förhållandena i dessa farvatten.

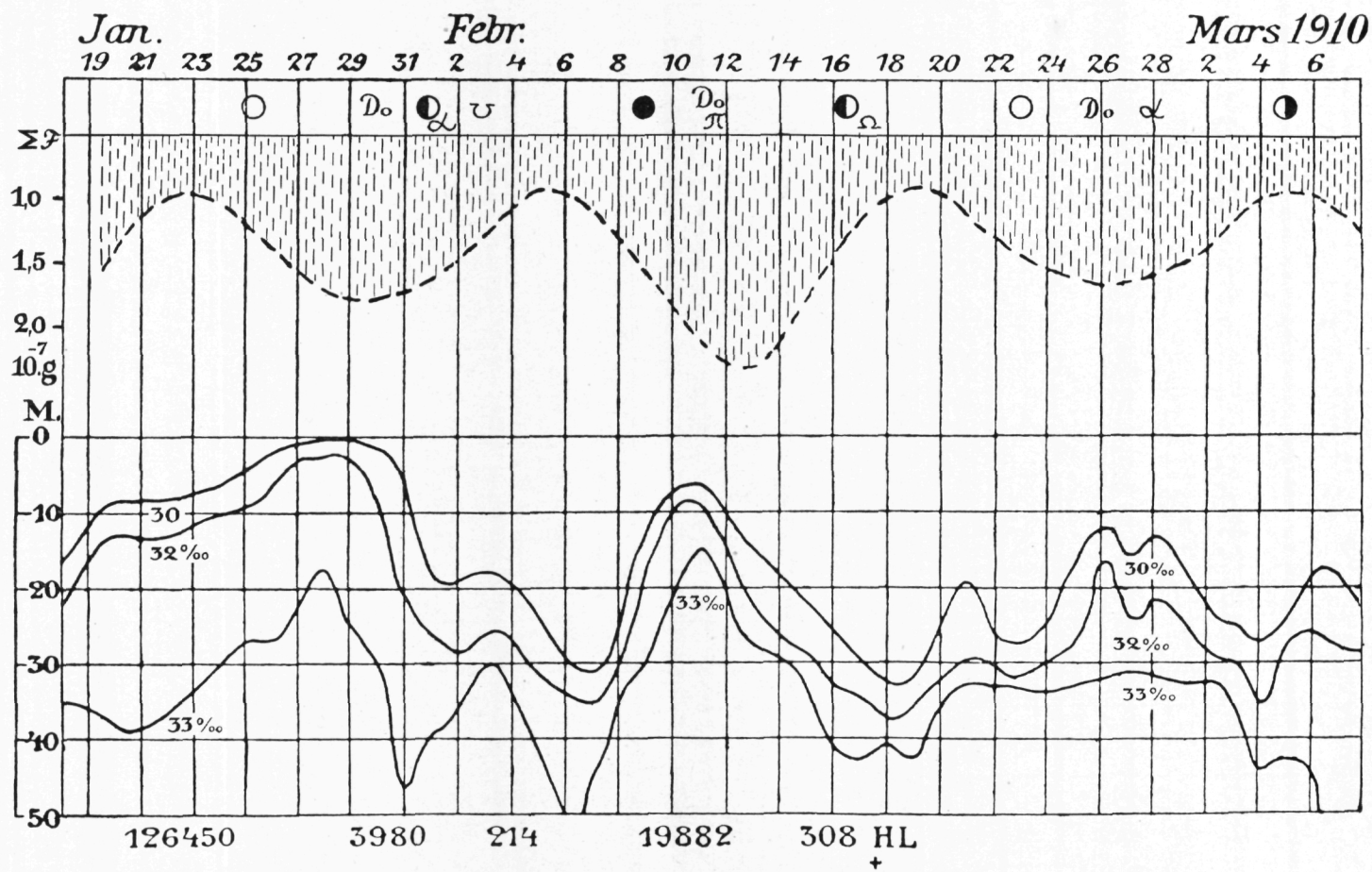
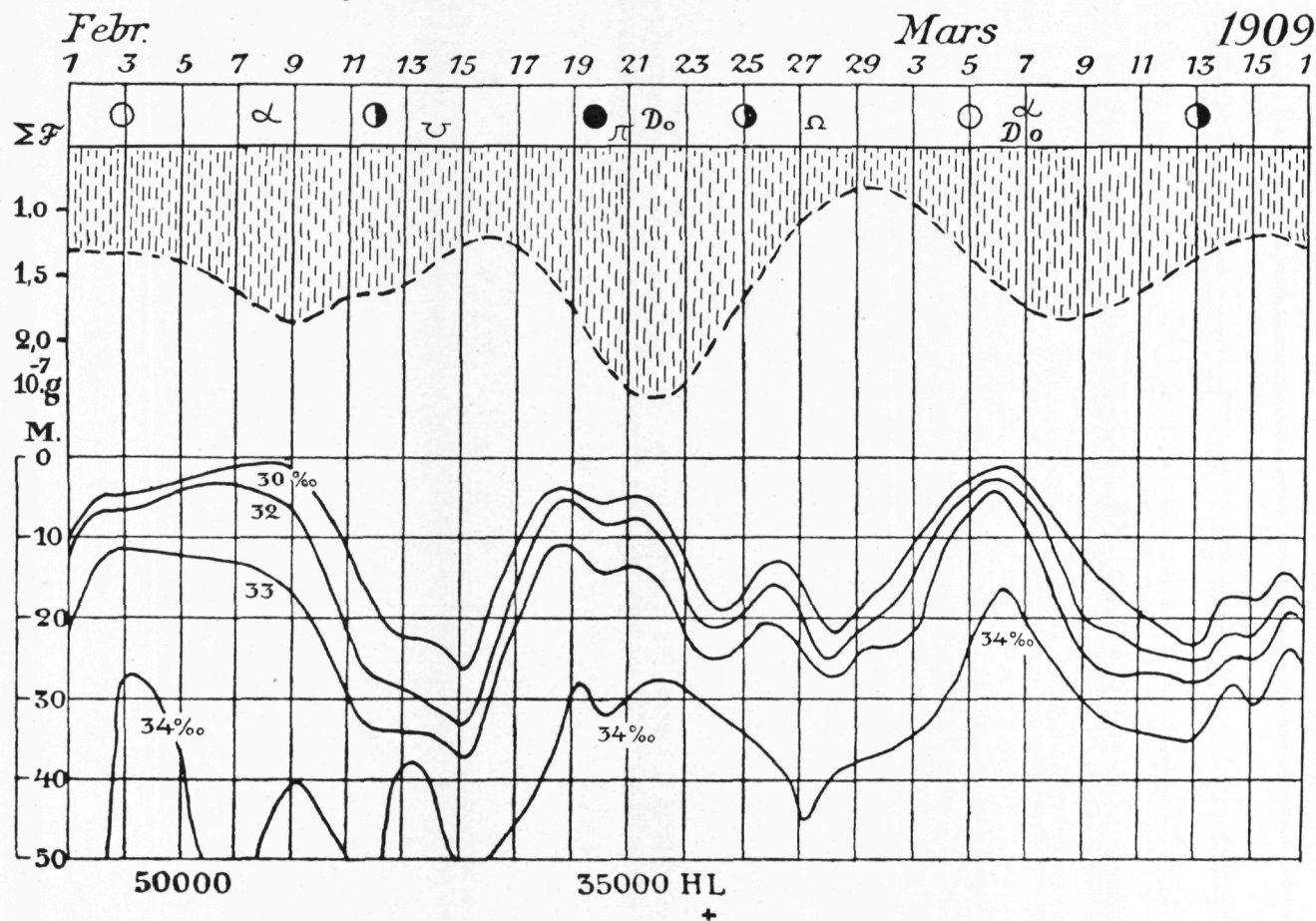
När det visat sig att parallaktiska tidvattensvågor återkommit under liknande månkonstellationer efter ett helt års förlopp återstod att se, om en sådan recurrens av fenomenen

Periodiska
biologiska
företeelser
i havet
(fiskvand-
ringarne)

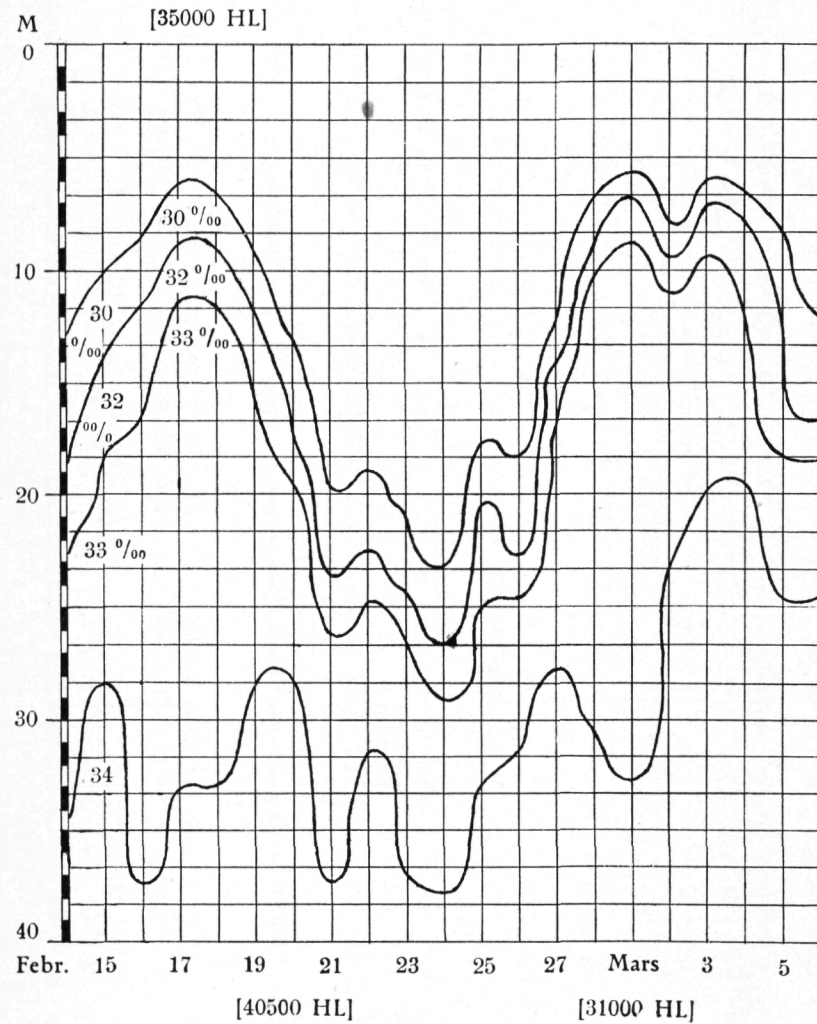
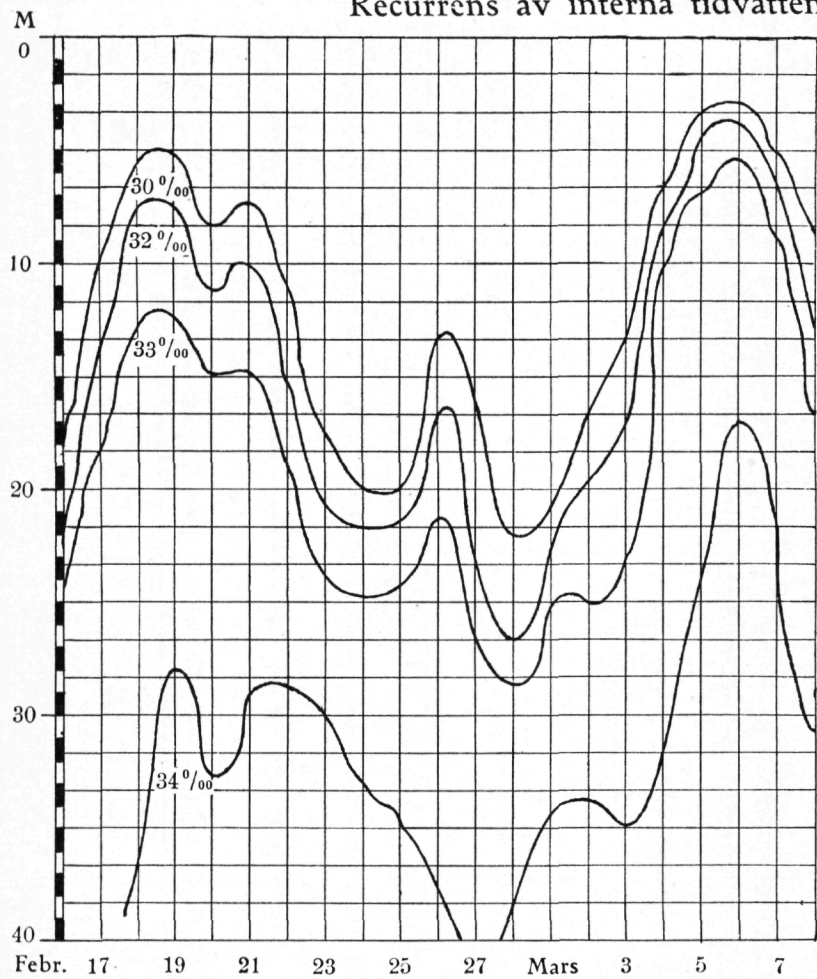
Recurrens av
mānkons-
tellationer och
mānvågor

Recurrens av interna tidvattensvågor efter 355 dygn

Bornö i Gullmarfjorden, 58° 23' N. Lat. 11° 32' Long. E.



Recurrens av interna tidvattensvågor efter 2923 dygn



Bornö i Gullmarsfjorden (se föregående sida).

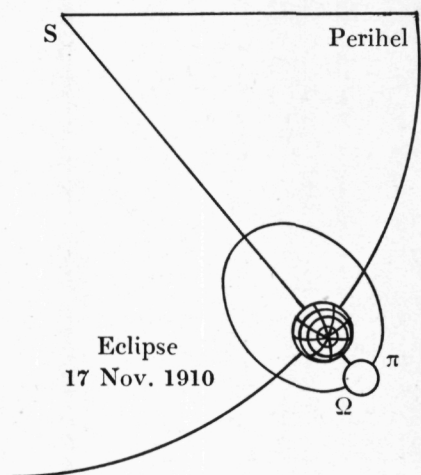
Februari—mars 1909.

Febr.	ΣF
16	$1,12 \times 10^{-7} g$
18	$1,35 \times \text{»}$
20	$2,01 \times \text{»}$
22	$2,43 \times \text{»}$
24	$2,13 \times \text{»}$
26	$1,47 \times \text{»}$
28	$0,97 \times \text{»}$
Mars	
2	$0,90 \times \text{»}$
4	$1,12 \times \text{»}$
6	$1,47 \times \text{»}$
8	$1,72 \times \text{»}$

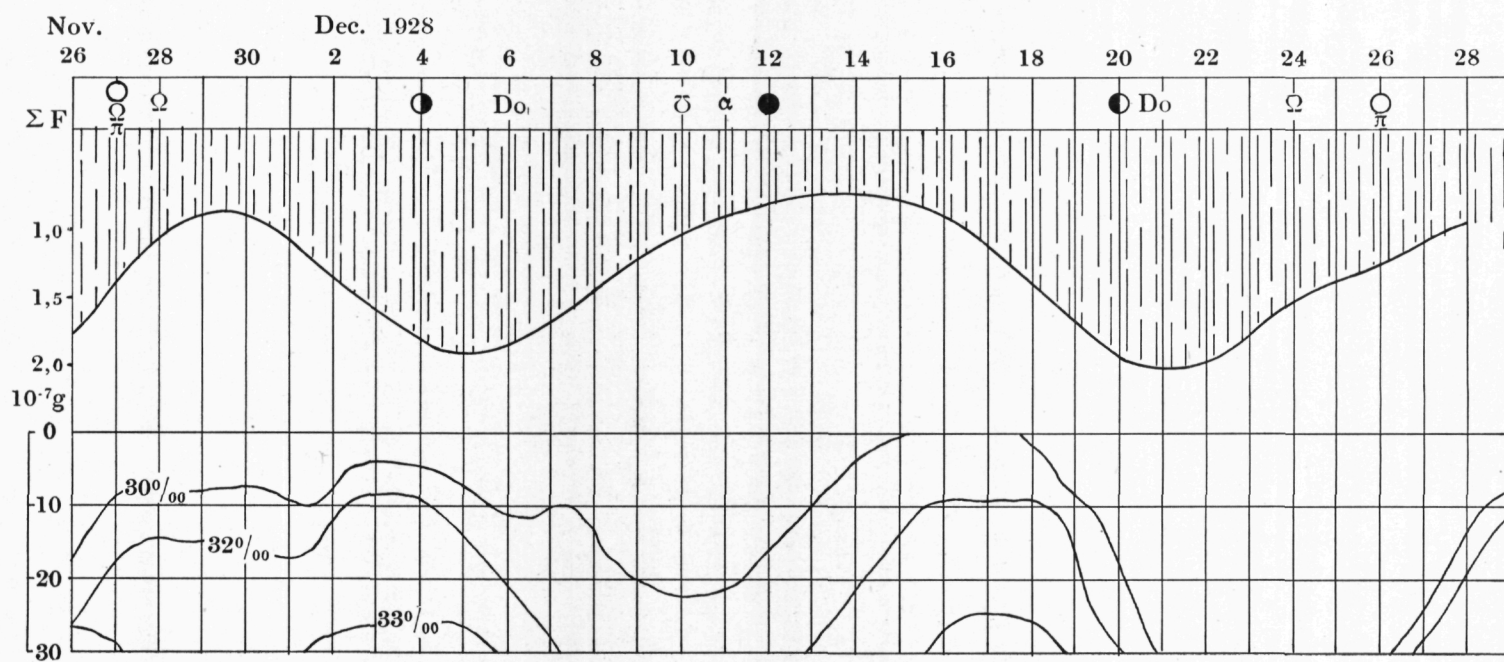
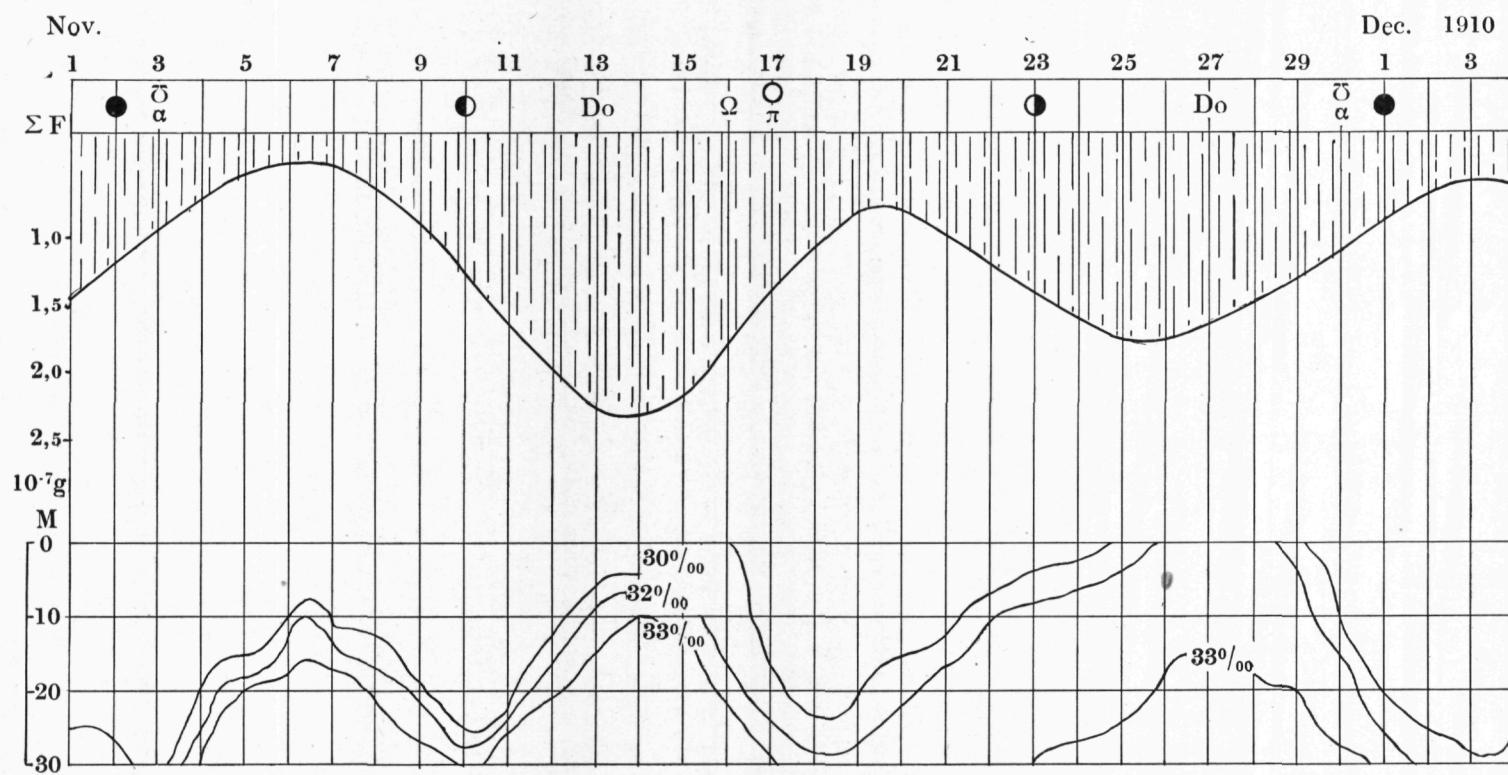
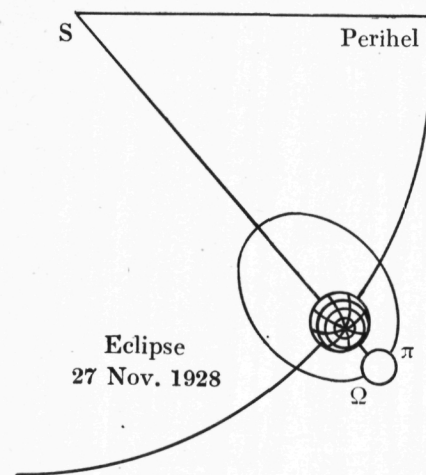
Bornö i Gullmarsfjorden (se föregående sida).

Februari—mars 1917.

Febr.	ΣF
14	$1,21 \times 10^{-7} g$
16	$0,98 \times \text{»}$
18	$1,27 \times \text{»}$
20	$2,04 \times \text{»}$
22	$2,47 \times \text{»}$
24	$2,11 \times \text{»}$
26	$1,38 \times \text{»}$
28	$0,91 \times \text{»}$
Mars	
2	$0,84 \times \text{»}$
4	$1,10 \times \text{»}$
6	$1,48 \times \text{»}$



Recurrens av
interna tidvattensvågor
efter 6585 dygn
(en Saros-period)



skulle inträffa även vid nästa koincidens av de tre månperioderna vilken skulle infalla 8 år därefter, emedan:

99 *synodiska* månader av 29,531 dygn = 2923,5 dygn = 8,0043 år;

107 *tropiska* månader av 27,322 dygn = 2923,45 dygn = 8,0041 år;

106 *anomalistiska* månader av 27,553 dygn = 2920,61 dygn = 8,0037 år.

Ifrån slutet av januari 1917 börjades därför en observationsserie alldeles liknande den som utfördes 1909 genom djuplodningar på Gullmarfjordens is i ändamål att se, huruvida undervattensvågorna från febr. 1909 skulle återkomma med samma period (14 dygns) efter 8 års förlopp. Resultatet synes av diagrammen å sid. 7.

Efter detta torde något tvivel om det nya tidvattenfenomenets existens icke kunna finnas. De månkonstellationer som framkallade månvågorna i Gullmarfjorden vintern 1909 hava återkommit 1917 tillnärmelsevis — exakt repeteras en och samma konstellation av månen relativt till jorden och solen icke inom ändlig tid — med tillnärmelsevis samma verkan på undervattnets rörelser i havet kring Sveriges kuster åren 1909 och 1917.

Det inträffar under tiden att man på geofysikens och den kosmiska fysikens område träffar på vissa företeelser, svåra att inordna under hävdvunna vetenskapliga synpunkter och teorier. Den ryktbare havsforskaren professor O. Krümmel råkade ut för ett sådant fall då han skulle referera upptäckten av det inre parallaktiska tidvattnet i Gullmarfjorden. Utan att bestrida fenomenets realitet förklarade han: att så betydliga oscillationer i havets mellanskikt icke kunde vara ett ebb- och flodfenomen.

Krümmel yttrar: »Für jeden Kenner der Gezeiten ist es unannehmbar dass jemals eine Deklinationstide bis zu einer Höhe von 22 Meter aufwallen könnte; und da die gezeitenbildenden Kräfte durch die ganze Wasserschicht hindurch wirken müssen, erscheint es überhaupt unmöglich dass nur die schwereren Tiefenschichten allein solche gewaltige Tidebewegungen ausführen sollen ohne dass die Oberfläche

daran teilnimmt.» (O. Krümmel: Handbuch der Ozeanographie II p. 192.)

På grund av Krümmels kritik har man under 20 år betvivlat eller ignorerat det interna tidvattenfenomenet. Detta gav mig anledning att undersöka, huruvida den koincidens av månperioderna som framkallat undervattensrörelserna i Gullmarfjorden i februari 1909, 1910 och 1917 skulle framkalla liknande verkningar efter en Sarosperiod av 18 år 11 dygn, då som bekant månkonstellationer repeteras. Sarosperioden har hittills betraktats enbart såsom astronomisk *förmörkelseperiod*. Det gällde nu att undersöka, om den ej även hade en annan betydelse, nämligen i *gravitationellt hänseende* och därigenom utövade inflytande på rörelserna i havet.

Observationerna som jag börjat 1909 vid Bornö hade dagligen fortsatts under åren 1910 och 1911. Uti den stora serie av parallaktiska undervattensflodböljor som registrerats under dessa år¹⁾ var det fenomen som iaktogs vid månförmörkelsen den 16—17 november 1910 en utmärkt utgångspunkt för en framtida jämförelse med vad som skulle inträffa 1928 en Saros-period, 18 år 11 dygn därefter. Skulle även då samma inre rörelser i havets mellanskikt uppstå vid månperiodernas koincidens som i november 1910?

Vad som skedde synes av diagrammen å sid. 8.

Fortsatta försök som utsträckts ända till innevarande år (vilka skola refereras i det följande) visa att *ingen tidsgräns finnes för recurrensen*. De *parallaktiska månvågorna* återkomma samtidigt med de konstellationer som framkalla dem med nästan samma precision som förmörkelser efter decennier, sekler och årtusenden. Detta är så mycket märkvärdigare som de undervattensvågor i mellanskikten vilka framkallas av det dagliga och halvdagliga tidvattnet och hava en amplitud av c:a 1 å 1½ meter endast kunna observeras vid lugnt väder i Gullmaren²⁾, vilket torde bero på, att undervattensvågor av så kort period »slitas ut» av friktionen när de passera fjordens tröskel, under det de långperiodiska undervattensvågorna av en halv och en hel månads period och intill 20—30 meters amplitud bibehålla sin rörelseenergi.

Recurrens efter 18 års förlopp (en Sarosperiod)

Ingen tidsgräns för recurrensen

BERÄKNING AV MÅNENS FLODKRAFTS VERTIKALA KOMPOSANT

SOLEN och månen som framkalla tidvattenfenomenen på jorden uppnå icke högre deklination än c:a 27°—28°. Deras kraftfält är alltså mäktigast över de tropiska regionerna av oceanen. Ovanstående figur (se sid. 4) visar schematiskt riktningen av flodkraftens kraftlinjer på södra och norra hemisfären. När sol och måne befinna sig i zenit över en punkt på jorden, verkar flodkraften i rakt motsatt riktning mot tyngdkraften. På alla andra punkter delas flodkraftens verkan upp i en vertikal komposant, som är riktad mot jordens medelpunkt och försvagar eller förstärker tyngdkraften på det ifråga-

varande stället, och horisontala komposanter som förorsaka rörelser i vattenytans plan. Den härskande teorien för tidvattnet, som huvudsakligen sysselsätter sig med det dagliga och halvdagliga tidvattnet, vilket dominerar i havets yta, har uteslutande ägnat sig åt att utreda de hori-

¹⁾ Se härom O. Petterssons avhandlingar uti häftena V och VII av Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter.

²⁾ Se Appendix till N. Zeilons arbete On the Seiches of the Gullmarfjord. Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter, häfte V.

sontala tidvattensrörelserna och lämnat den vertikala komponenten ur räkningen. Den som införde detta betraktelsesätt i vetenskapen var Laplace.

Laplace »La valeur de $\delta V'$ (den vertikala flodkraften) est à peu près la même pour toutes les molécules situés sur le même rayon terrestre. $\delta V'$ ne varie de l'intérieur à la surface qu'à raison de la variation αy^1 du mouvement de la molécule dans le sens vertical, variation d'un ordre inférieur à celui de la variation αu de son mouvement horisontal dans le sens du méridien.

Or il résulte de l'expression de ΔV que la variation αy de r a pour facteur une quantité de l'ordre de la profondeur de la mer. On peut donc négliger la variation qui en résulte dans $\delta V'$ et supposer $\delta V'$ le même à l'intérieur qu'à la surface.» (Mécanique céleste, V. Livre 13, p. 289).

A. Prey, C. Mainka, E. Tams I det senast utgivna arbetet, Einführung in die Geophysik av A. Prey, C. Mainka och E. Tams, varuti Laplaces tidvattensteori diskuteras (p. 101 o. följ.), yttra författarna:

»Endlich vernachlässigt Laplace die Vertikalbeschleunigung (d. v. s. den vertikala komponenten av flodkraften) des Wassers überhaupt. Dies sieht zunächst paradoxal aus: Die zu untersuchende Erscheinung äussert sich im wesentlichen in einer Hebung und Senkung des Wasserspiegels, und gerade diese Richtung trifft die Vernachlässigung. Es ist dies aber doch berechtigt: die Vertikalkomponente der Flutkraft kommt gegenüber der Schwere gar nicht zur Geltung; dagegen kommt die Horizontalbewegung des Wassers zur vollen Entwicklung. Die Fluterscheinung entsteht also nicht dadurch, dass das Wasser von der Flutkraft gehoben wird, sondern dadurch dass es von allen Seiten zusammenströmt und der Überschuss naturgemäss nach oben ausweichen muss.»

O. Krümmel Professor O. Krümmel uttalar sig i samma riktning på sid. 214 i sin Handbuch der Ozeanographie II:

»Diese Kraft welche in der Richtung der Schwere wirkt kann vernachlässigt werden da sie ja zur Erzeugung der Flut nichts beiträgt. Auf die Wasserhülle selbst ist aber nur die horizontale Komponente der fluterzeugenden Kraft wirksam. Die vertikale, gegen die Schwerkraft gerichtete Komponente wird nur dazu dienen die Dichte der Wassersäule in A u. B zu vermindern, in I und Q zu vergrössern und zwar in so minimalem Mass dass wir ganz davon absehen können.»

Då detta yttrande får antagas uttrycka vetenskapens nuvarande ståndpunkt i avseende på tidvattensfenomenen måste jag konstatera, att de åsikter och erfarenheter som framställas i denna avhandling stå i direkt strid mot den nu härskande teorien.

S. Arrhenius Arrhenius yttrar i sin Lehrbuch der kosmischen Physik: »Es haben viele Mathematiker ersten Ranges wie Laplace, Young, Airy und andere ihren Scharfsinn auf die Lösung des verwickelten Gezeitenproblems angewandt, und doch kann man kaum sagen dass seine Rätsel nennenswert vermindert sind.»

Detta måste gälla flodkraftens horisontala komponent, ty den vertikala har man ignorerat och ansett för betydelselös. Huruvida den i verkligheten är detta skall framgå av det följande.

¹⁾ αy est la petite colonne d'eau qui s'élève au dessus de cette surface.

Följande formel som uttrycker storleken av den vertikala komponenten F av månens flodkraft har på min begäran deducerats av astronomen vid Mount Whitney observatoriet i U. S. D:r Strömberg och av D:r J. Gehrke, assistent vid den internationella Havsforskningsbyrån i Köpenhamn.

$$F = mg \sin^3 p \left[(3 \cos^2 z - 1) + \frac{3}{2} \sin p \cos z (\cos^2 z + 1) \right]$$

der p = månens parallax

z = månens zenitdistans (0° — 180°)

$$m = \frac{\text{månens massa}}{\text{jordens massa}} = \frac{1}{80}$$

g = tyngdkraftens acceleration

Om man inför beteckningarna φ för latituden

δ för månens deklination

τ för timvinkeln

erhålles värdet på $\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau$.

Integreras $F d\tau$ mellan $\tau = 0$ och $\tau = 2\pi$ (ett måndygn) erhålles

$$\Sigma F = 3\pi mg \sin^3 p (A + B \sin p)$$

där $A = 3 \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \delta \right) \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \varphi \right)$ och

$$B = \frac{1}{2} \sin \delta \sin \varphi [5(1 + \sin^2 \delta \sin^2 \varphi) - 3(\sin^2 \delta + \sin^2 \varphi)]$$

Om man bortser från termen som innehåller $\sin^4 p$ vilket på sin höjd kan förorsaka ett fel av 2 % i värdet av ΣF erhålles

$$\Sigma F = 9\pi mg \sin^3 p \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \delta \right) \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \varphi \right)$$

såsom uttryck för den vertikala komponentens medelvärde för ett dygn vid latituden φ . Vid latituden $\varphi = 35^\circ 16'$ N. och S. blir $\Sigma F = 0$.

Airy hade förut i »Tides and waves» visat att den vertikala komponenten blir = 0 vid de latituder där $\sin^2 \varphi = \frac{1}{3}$ d. v. s. vid $\pm 35^\circ 16'$.

D:r Gehrke har oberoende av Astronomen D:r Strömbergs beräkning kommit till samma resultat.

På det tropiska bältet av jorden mellan dessa latitudsgrader är flodkraftens vertikala komponent integrerad för ett dygn ΣF riktad mot tyngdkraften och försvagar densamma. Norr och söder om $35^\circ 16'$ verkar ΣF överens med tyngdkraften och förstärker densamma; d. v. s.: mellan $\pm 35^\circ 16'$ lat. minskas tyngdkraftens acceleration g med en variabel kvantitet ϵ_I

$$g - \epsilon_I$$

och norr och söder därom ökas tyngdkraften med en variabel kvantitet ϵ_{II}

$$g + \epsilon_{II}$$

En masspartikel av vatten eller luft som av strömningar i hydrosfären eller atmosfären föres från de polära kalotterna till tropikerna blir lättare; och han blir tyngre om han föres över den neutrala nodallinjen 35° mot norr eller söder.¹⁾

¹⁾ Redan av kraftlinjernas riktning i fig. sid. 4 kan man draga denna slutsats.

Månens flodkraft har en regelbunden månatlig variation emedan månens deklinationsperiod (den tropiska) är = 27,322 d., varunder han halva tiden befinner sig över och halva tiden under jordens ekvatorplan. Detta är den förnämsta orsaken till det parallaktiska tidvattensfenomenet vilket uppkommer därigenom, att flodkraftens vertikala komponent växlar i intensitet över de tropiska haven och samtidigt växlar i motsatt led över haven norr och söder om 35° Lat. N och S. Därigenom befinner sig jordens hydrosfär i ständig oscillation, i det vattnet i den tropiska zonen ömsevis blir tyngre och ömsevis lättare än hydrosfären i de polära kalotterna av jorden.

Därnäst kommer i ordningen inflytandet av månens avstånd som växlar mellan gränserna π och α och slutligen den synodiska månperiodens fas. När månbanans storaxel, apsiden, faller i riktning mot solen (konstellation »eis») förstärkes den flodkraft han utövar om det är π - och försvagas om det är α -spetsen som vetter mot solen. Skulle detta läge inträffa när apsiden faller i ekliptikans plan d. v. s. vid

nodapsid, förstärkes flodkraften ytterligare och uppnår sitt maximivärde vid konstellationen *perihelium-nodapsid*, då apsiden faller i ekliptikan vid vintersolståndet i rät linje med sol och jord, vilken konstellation endast inträffar med 18- till 1900 års mellantid och åtföljes av katastrofala växlingar i havets cirkulation och jordens klimat. Nodapsid infaller vart tredje år på hösten i vår tidsålder och faller efter 18 år 11 $\frac{1}{3}$ dygn i riktning mot solen, ehuru icke alldeles i ekliptikan (*Saros*-perioden) och likaså efter 111 och 222 år (*den större Saros*-perioden). Alla dessa konstellationer markera epoker i flodkraftens intensitet och åstadkomma verkningar i den oceaniska cirkulationen samt i vårt klimat, om vilkas mäktighet vi kunna bilda oss en föreställning genom att studera de förändringar som de åstadkomma i det jämförelsevis obetydliga området av en svensk fjord.¹⁾ Klimatändringarna har jag förut beskrivit i en följd av avhandlingar.

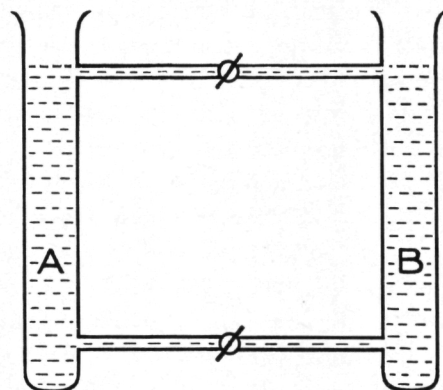
Att månen kan åstadkomma sådan verkan på jordens hydrosfär och atmosfär bestrides av nutidens vetenskap och räknas för vidskepelse såsom synes av följande uttalande av professor Waldemar Köppen beträffande månens klimatiska inflytande: »att detta är att giva vår planets ledsagare i rymden skulden för katastrofer i väderleken som han är absolut oskyldig till» och likaså astronomen Youngs uttalande i hans berömda General Astronomy: »The multitude of current beliefs as to the controlling influence of the moons phases and changes over the weather and the various conditions of life are mostly unfounded and in the strict sense of the word superstitions.»

Då jag kommit till en motsatt uppfattning mot dessa båda auktoriteter är det tydligt att de åsikter som framhållas i denna avhandling stå i strid med den äldre och nyare teorien i geofysik, kosmisk fysik och meteorologi.

Jag skall nu visa huru enligt mina erfarenheter och experiment månperioderna inverka på havet och luften.

På havet inverkar denna växling så, att två gånger i månaden en tendens uppstår till strömning av vatten från de polära trakterna mot ekvatorn, och vice versa under mellantiderna. Eftersom det kalla vattnet från polarhaven är

specifikt tyngre än det varma i tropikerna tager strömningen från polarhaven överhand i djupet och får karaktär av bottenström, medan strömningen från tropikerna antingen utgår såsom underström i nivån över bottenvattnet eller också såsom ytström. Ett experiment skall förtydliga detta förlopp:



I de kommunicerade kärlen A och B fylles destillerat vatten till det övre sammanbindningsrörets nivå. Vattnet i A färgas rött och vattnet i B blått. Sedan jämvikt inställt sig låter man några korn av finpulveriserat salt falla ned i B. Vätskan i B blir då tyngre och tränger såsom underström in i det undra sammanbindningsröret medan en färgad ytström börjar tränga fram genom det övre röret från A mot B. När ytström och underström hunnit ungefär halvvägs i vardera röret låter man salt falla in i A, där vattnet då blir tyngre än i B och strömmen i förbindningsröret vänder och går tillbaka. Genom att omväxlande göra vätskan tyngre i ett av rören i sänder erhålles en oscillerande rörelse som ger en bild av det parallaktiska tidvattensfenomenet i oceanen, vilket i första hand åstadkommer en rytmisk oscillation hos havets vattenmassor vilket ger flodböljor av lång period i takt med månens deklination som förstärkes när månens avstånd från jorden blir mindre (π) och än ytterligare när solen förenar sin attraktionsverkan med månens varje gång nymåne inträffar vid månens perigeum, d. v. s. vid *nodapsider*, vilka i vår tidsålder infalla på hösten vart tredje år.

Denna växling av tyngdkraften mellan $g - \epsilon_1$ och $g + \epsilon_1$ måste framkalla seicher i hydrosfär och atmosfär i takt med månperioderna, bland vilka deklinationens har det största inflytandet. Själva värdet på flodkraftens accelererande verkan är visserligen ringa jämförd med tyngdkraftens acceleration men är dock tillräcklig att utöva ett avgörande inflytande på vårt klimat och på den oceaniska cirkulationen. När ϵ_1 växer och ϵ_2 samtidigt avtager och vice versa, accelereras och retarderas de stora havsströmmarna Golfströmmen och Polarströmmen ömsevis och ett vattenombyte sker i våra fjordar, t. ex. Gullmarfjorden, i det nivån av det salta bottenvattnet ömsevis stiger och sjunker. Eftersom i våra hav det dagliga tidvattnet är obetydligt (c:a 30 cm.) och de inre parallaktiska tidvattensvågorna i gränsskiktet mellan bottenvattnet och ytlagret i fjorden kunna uppnå en amplitud av 25 à 30 meter, blir följden att Bohusläns kustbank liksom dess fjordar ömsevis fyllas av salt vatten av 30 ‰ till 34 ‰ salthalt, då

Experiment

¹⁾ Vattenombytet i Gullmarfjorden av O. Petterson. Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter, ny serie, Hydrografi.

Interna kombinationsvågor

ytvattenlagret drives ut i öppna Skagerak och Kattegat, så att blott ett tunt skikt av baltiska strömmens vatten lämnas kvar i ytan, och ömsevis tömmes på det salta vattnet ända till 30—40 meters djup, då ytvattnet ånyo inströmmar i fjorden utifrån havet.¹⁾ Under det vattenståndet i ytan växlar föga från medelvattenståndet, uppstå väldiga nivåskillnader i gränsytan mellan ytvattnet och bottenvattnet (*inre parallaktisk ebb och flod*) när flera månperioders faser samverka uti att öka eller minska månens flodkraft. Det är genom sådan samverkan som de stora *inre kombinationsvågor* uppstå, vilka omnämnts i det föregående och avbildats å sid. 6, 7 och 8.

I dessa figurer finnas även diagram inlagda som grafiskt

¹⁾ I en följande avhandling som handlar om vattenombytet i Gullmarfjorden har jag i detalj redogjort för två dylika vattenömsningar i Gullmarfjorden, den ena från början av mars månad och den andra från juli 1929.

visa huru flodkraften, beräknad efter den givna formeln, växlat under tiden. Som flodkraften ΣF i medeltal för ett dygn vid våra breddgrader alltid är positiv, d. v. s. *förstärker tyngdkraften*, har jag representerat densamma genom linjer riktade lodrätt nedåt, vilkas längd avpassats efter medelintensiteten av flodkraftens acceleration under det ifrågavarande dygnet. Det övre diagrammet representerar alltså månens kraftfält. Det undre diagrammet framställer kraftfältets verkan, vilken består uti att höja och sänka gränsytan mellan bottenvattnet och ytvattnet i takt med flodkraftens variation. *Överensstämmelsen mellan kraftfältets och mån vågornas rytm, ävensom recurrence av de sistnämnda när constellationerna återkomma efter 1 år, 8 år, 18 år o. s. v. utgör beviset för att man här icke står inför en tillfällighet, och att de auktoriteter, vilka förnekat betydelsen av flodkraftens vertikala komponent på rörelserna i havet, misstagit sig.*

Detta är ett oväntat resultat som behöver förklaring.

NÅGRA FRÅGOR OCH FÖRKLARINGAR

Första frågan är: *huru kan en så liten kraft åstadkomma så betydliga verknningar?* Svaret är: det är här fråga om en kraft med accelerationen a som efter t sekunder ökar hastigheten a till ta och den tillryggalagda vägen till $\frac{t^2 a}{2}$. Det behöves blott tillräcklig tid för att en liten kraft sådan som denna skall åstadkomma sådan effekt som visas av diagrammen å sid. 6 och 7.

Krömmels invändning

Den **andra frågan** är: *huru går det till att så stora undervattensvågor kunna uppstå i gränsskikten, när de rörelser som den vertikala komponenten av flodkraften uppväcker i Gullmarfjordens yta äro omärkliga?* Detta var Professor Krömmels invändning. Förklaringen är denna: när den vertikala komponenten växer i styrka, såsom skedde t. ex. d. 16:de—22:de februari 1909 och d. 6:te—12:te februari 1910, bliva alla vattenpartiklar uti alla skikt av havet som ligga inom rayonen för månens kraftfält tyngre och sjunka nedåt. Isohaliner och isostärer bukta sig nedåt och vattenpartiklarna i det understa lagret tryckas mot botten och tvingas att sprida sig utåt, varigenom det understa vattenlagret blir tunnare medan däremot den skålformiga fördjupningen som skulle uppstå i havsytan fyllas genom tillströmning från sidorna. Ytlagret blir tjockare. När flodkraftens verkan fortsatt under 6—7 dygn uppstår en depression uti gränsytan mellan ytvattnet och bottenlagret ute i Skagerak vilken först observeras vid Skagen och sedan fortplantar sig som en undervattensvåg inåt Kattegat (Læsö Rende) och in i Gullmarfjordens bassin och registreras automatiskt av apparaterna vid Bornö station. Exempel:

Flodkraften uppnådde sitt maximum d. 22 februari 1909 och d. 12 februari 1910 (355 dygn efteråt). De korresponderande vågdalarna iakttogs d. 28 februari 1909 och d. 18 februari 1910 vid Bornö (se diagrammen å sid. 6 och 7).

När flodkraften sjunker, går processen tillbaka, vattenströmmar till vid havsbotten och höjer isohaliner och isostärer i mellanskikten medan ytlagret blir tunnare, allt under det vattenståndet i ytan förblir oförändrat. Det

dagliga och halvdagliga tidvattnet medför liknande förändringar i havets mellanskikt och de undervattensvågor som härröra från detta slags tidvatten har jag lyckats direkt påvisa och uppmäta medelst en flottör som var ekvibrerad för att flyta och hålla sig svävande i gränsytan mellan ytlagret och bottenvattnet i Gullmarfjorden.¹⁾ Amplituden av dessa interna vågor av kort period visade sig vara omkring $\frac{1}{15}$ av amplituden av de parallaktiska tidvattensböljornas. Perioden hos den interna halvdagliga tidvattensrörelsen är alltför kort för utbildning av stora undervattensvågor, och de utplånas, såsom förut nämnts, genom friktionen så att de endast kunna iakttagas vid lugnt väder. Med de inre parallaktiska tidvattensböljorna är förhållandet helt annorlunda. Tiden räcker här till för att stora böljekammar och vågdalar kunna utbilda sig. Så t. ex. uppkommo vågdalarnas ådana som d. 18:de februari 1910 genom ett sjunkande, d. v. s. ett »fall» av vattenpartiklarna under 6—7 dygn genom den vertikala flodkraftskomponentens acceleration som vid början var $1 \times 10^{-7}g$ (d. 6 februari) och vid slutet $2,5 \times 10^{-7}g$ (d. 12 februari).

Jag erinrar om det bekanta experimentet med Atwoods fallmaskin, där en liten övervikt sätter stora massor i långsam, men accelererad rörelse. I det fall som här citerats från iakttagelserna i Gullmarfjorden d. 6—19 febr. 1910 var övervikten ΣF , som bragte vattnet i fjorden att sjunka, så stor att varje ton vatten blev 0,15 gram tyngre genom månens kraftfält. Denna övervikt verkade emellertid tillräckligt länge för att sänka nivån av bottenvattnet 25 meter samt pressa ut 700 millioner kubikmeter därav ur fjorden och draga en lika stor kvantitet ytvatten från Skagerak i dess ställe in i fjorden. Den kraft som uträttar sådana arbetsprestationer, nämligen den vertikala komponenten av månens flodkraft, är ingalunda en quantité négligéable. Sådana vattenombyten utöva inflytande på havsfisket i Ska-

¹⁾ O. Pettersson. Etudes sur les variations internes etc. Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter, häfte VII.

gerak och Kattegat, ty med det kaskadvis inströmmande salta djupvattnet följa stim av makrill, skarpsill och sill, de förstnämnda under vår- och sommarmånaderna, de sistnämnda om vintern. Sillfisket på hösten börjar när de första stora kombinationsvågorna visa sig vid ekvinox-tiden i norra mynningen av Kattegat, och de tal som finnas ut-satta under vågdiagrammen å sid. 6 och 7 betyda sill-fångster i hektoliter som gjorts under varje vecka. Första iakttagelsen om de interna tidvattensvågornas samband med höstsillfiskets början i Kattegat gjordes 1878.

Av storleken utav det mekaniska arbete som utföres när bottenvattnet växelvis inpressas och utpumpas i våra fjor-dar och kustrännor kan man sluta, att den parallaktiska tidvattensrörelsen i Skageraks och Kattegats mellanskikt har stor betydelse både för fiskvandringarna i våra hav och för den oceaniska cirkulationen.

Den tredje frågan är: *Vilka verkningar har den vertikala komponentens av flodkraften variation på vattnet i våra fjordar?* Man skulle vänta att denna verkan, vilken består uti att vatt-net i fjorden ombytes, är ringa eftersom flodkraften ΣF som här verkar är mycket liten i förhållande till tyngdkraften vars acceleration g är = 980 centimeter i sekunden. Flodkraftens

acceleration ΣF är blott $\frac{1}{5000000}$ av g , d. v. s. = $c:a 2 \times 10^{-7} g$.

Man får emellertid betänka att även en liten accelerande kraft, om den får verka oavbrutet en viss tid, kan åstad-komma en betydlig förflyttning av masspartiklar. Gull-marfjordens vattenvolym är noggrant känd genom pro-fessor N. Zeilons arbete »On the seiches of The Gullmarfjord». Den vattenmassa som rymmes inom Gullmarfjordens bäcken från ytan till 20 meters djup är enligt Zeilon = 1,134,000,000 kubikmeter.

Exempel I
Vattenombytet
nov. 1910

Under natten mellan den 16. och 17. november 1910, då månförmörkelse inträffade, hade hela fjordens vattenmassa mellan 0 m. och 30 m. vilken på morgonen den 16. bestod av saltvatten från oceanen lämnat fjorden och ersatts av lätt ytvatten från den Baltiska strömmen. Vattenståndet hade endast obetydligt förändrats; men under den lugna ytan hade ett utbyte ägt rum mellan Skagerak och Gull-marfjorden av över tolvhundra millioner kubikmeter vatten, vilket man kunde vänta då strömmätarna vid Bornö station vid 30 meters djup visade att saltvatten strömmade ut med 28 cm. hastighet i sekunden under det ytvattnet strömmade in i fjorden med en hastighet av 50 cm. i sekun-den.² Och anledningen härtill var endast att månen hade ändrat sin deklination från 19° till 23° N., vilket medförde att den vertikala komponenten av flodkraften som den 16. november på middagen var $\Sigma F = 2,19 \times 10^{-7} g$ och den 17. november (24 timmar efteråt) $\Sigma F = 1,70 \times 10^{-7} g$ hade sjunkit med $0,49 \times 10^{-7} g$.

nyelse av
vattnet i våra
fjordar och i
Östersjön

Man finner att små ändringar i flodkraften kunna åstad-komma stora verkningar. Och man får ett begrepp om huru vattnet i våra fjordar förnyas genom månens flodkraft oaktat detta parallaktiska tidvattensfenomen nästan icke märkes i havsytan. Utan detta skulle vattnet i våra fjordar

vara stagnerande ävensom i hela Kattegat och i Östersjön, vars vatten också förnyas¹ genom *injektioner* av saltvatten från oceanen.

Iakttagelserna den 16.—17. november 1910 var den första observation som gjorts av vattenombytet i en svensk fjord under inflytande av den vertikala komponenten av flod-kraften. Sedan detta inflytande på rörelserna i havets mellanskikt upptäckts fortsattes studiet av fenomenet under 19 år genom att undersöka *om dylika vattenombyten in-träffade på beräknad tid*, d. v. s. när flodkraften genomgick perioder av maxima och minima. En beskrivning av de senaste erfarenheterna härom följer nu:

Vattenutbytet mellan Skagerak och Gullmarfjorden sker genom en smal kanal eller ränna i kustbanken som är något mer än 40 meter djup. Endast på denna väg kunna de saltaste vattenlagren tränga in eller ut ur fjorden. Den bal-tiska strömmens ytvatten har däremot fritt tillträde överallt.

När flodböljan från havet tränger in genom denna ränna drives ytvattnet ut medan undervattnets nivå höjer sig och ytvattenlagret i fjorden blir allt tunnare. Man har in-ström vid botten över fjordens tröskel vid Lysekil och ut-ström i ytan. Att detta icke är en tillfällig verkan av vind och växlande lufttryck inses därav, att fenomenet är perio-diskt och kan förutberäknas. Min uppgift blir nu att visa huru det går till när undervattensflodböljan från havet tränger in i fjorden genom den nämnda kanalen.²

Som det hela är ett tidvattensfenomen kunde jag av mån-konstellationerna i juli 1929 beräkna, att en dylik springflod i havets mellanskikt skulle inträffa omkring den 6. juli och följande dagar samt att det motsatta fenomenet, nämligen ebb i det interna parallaktiska tidvattnet, skulle inträffa 14 dygn därefter omkring den 21 juli.

Exempel II
Vattenombytet
i juli 1929

Mellan den 6. juli då flodkraften var $\Sigma F = 1,005 \times 10^{-7} g$ och den 21. juli då ΣF var $0,8709 \times 10^{-7} g$ hade en vatten-mängd av 570,000,000 kubikmeter oceaniskt vatten lämnat fjorden och ersatts av lättare ytvatten från Kattegat.

Ett annat exempel är ett vattenutbyte mellan fjorden och havet som inträffade mellan den 4. och 17. mars 1929 och beskrives i samma avhandling av O. Pettersson, vilket är av särskilt intresse, emedan det skedde under en tid då hela fjorden och havet långt utanför fjordmynningen var täckt av ett sammanhängande istäcke, vilket icke hindrade att under istäcket, i en nivå 15 och 27 meter därunder, en *injektion av varmt havsvatten som hade tempera-turen +5° till +6° C. inträffade mellan det kallare botten-vattnet som hade c:a +4° temperatur och det iskalla ytlagret närmast under isen*. På isen i fjorden idkades under tiden ett rikt fiske med dörj av torsk, som inkommit med det varma vattenlagret från havet.

Exempel III
Vattenombytet
i mars 1929

Sådana injektioner av friskt saltvatten från havet som av flodkraften inpressas i fjorden och åter försvinna och ersättas av baltiskt ytvatten när förändring inträder, äro ingalunda sällsynta utan inträffa varje månad. Dessa

¹ Se härom en följande avhandling Vattenutbytet i Östersjön av O. Pettersson.

² Se avhandlingen Vattenombytet i Gullmarfjorden av O. Pettersson. Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter N:o V (ny serie Hydrografi).

¹ Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter, häfte V.

² Etude sur les mouvements internes dans la mer et dans l'air i Kommissionens Skrifter, häfte VI av O. Pettersson.

vattenombyten beröra dock endast de övre lagren i Gullmarfjorden intill 45 å 50 meter (tröskelns djup vid Lysekil). Det djupa vattenlagret i den inre fjordbassinen från 45 till 120 meters djup beröres icke av dessa förändringar. Vattnet under 50 meter är instängt och stagnerande tills vid vissa tillfällen av exceptionellt stark flodkraft injektionen från havet kommer med sådan makt att oceanvattnet kaskadvis strömmar över bankens krön vid Lysekil och tränger ut även bottenvattnet ur fjordens stora djupbassin. Sådana inbrott äro rätt sällsynta och inträffa icke varje år men dock tillräckligt ofta att djurlivet på fjordens botten icke utdör av brist på syre.

Vattenombytet
i Östersjön

När man betänker att sådana vattenutbyten med oceanen som 1909 upptäcktes i Gullmarfjorden försiggå i största skala i alla innanhav från Polarbassinen till Östersjön¹, Medelhavet och Mexikanska viken, kommer man till en ny uppfattning av den vertikala flodkraftens inflytande på den oceaniska cirkulationen än den som efter Laplace härskat under ett århundrade i den vetenskapliga världen.

För att undvika missuppfattning torde några förklaringar vara nödvändiga.

Förklaringar
Barometriskt
tryck och gra-
vitationellt
tryck

Effekten av en ökning av flodkraften under inflytande av månens och solens kraftfält är en helt annan än effekten av ett yttre barometriskt tryck. En anticyklon pressar ned havsytans nivå över ett visst område, i det ytlagrets vattenpartiklar glida utåt och ackumuleras där, tills ett hydrostatiskt mottryck uppstår som håller jämvikt mot den barometrisk depressionen. De undre lagren och bottenvattnet röna nästan intet inflytande av ett tryck som träffar ytan uti skiktat vatten.

En gravitationsverkan från sol och måne träffar däremot på en gång varenda vattenpartikel från ytan till botten. Alla lager sjunka samtidigt friktionslöst²) mot havsbotten, där motståndet möter som tränger vattnet utåt, så att det understa skiktet blir tunnare och efter hand också de ovanliggande genom trycket underifrån. Ytlagrets sjunkning förorsakar tillströmning av ytvatten utifrån, varigenom ytlagret blir tjockare. Detta tillströmmande vatten blir tyngre och får tendens att sjunka i den mån det kommer under inflytandet av månens kraftfält. Processen tenderar icke mot något hydrostatiskt jämviktsläge, ty intet motstånd möter mot vattenpartiklarnas förflyttning utom friktionen från havsbotten och i havsytan.

Man erinrar från framställningen på sid. 9 att när en ökning i vattenpartiklarnas tyngd genom flodkraften $\epsilon_{\parallel}$ inträffar i havet norr och söder om $\pm 35^\circ$ lat., så minskas samtidigt tyngdkraften i det ekvatoreala bältet mellan $+35^\circ$ och -35° lat. med $\epsilon_{\perp}$, dock så: att kraftsumman ΣF över hela jordytan av $\epsilon_{\perp}$ och $\epsilon_{\parallel}$ är = 0, vilket är villkoret för att jorden kvarhåller sin hydrosfär och atmosfär.

De extrema
värdena på
 ΣF

$\epsilon_{\perp}$ och $\epsilon_{\parallel}$ äro alltså motsatta men samtida krafter och kompensera varandra i stort och helt. Dr. E. Martens har på min begäran uträknat, efter formeln å sid. 10, de extrema värden som ΣF kan antaga under olika månkonstellationer på olika breddgrader. Av denna uträkning, vilken är tryckt såsom bilaga till denna avhandling

¹ Se den följ. avhandlingen Vattenutbytet mellan Nordsjön och Östersjön.

² Emedan hela vattenmassan i alla lager sjunker samtidigt och motståndet först möter vid botten.

synes att flodkraften verkar starkast nedtryckande, d. v. s. förstärkande tyngdkraften, (vilket betecknas med $+$ -tecken) i de polära kalotterna av jordytan norr och söder om 35° lat. och allra starkast vid polerna där $\epsilon_{\parallel} = \Sigma F$ kan under vissa konstellationer uppnå värdet 4×10^{-7} g. I det ekvatoreala bältet mellan $+35^\circ$ och -35° lat. verkar flodkraften i motsatt led mot tyngden, d. v. s. upplyftande (vilket betecknas med $-$ -tecken) och kan vid ekvatorn under samma konstellationer som nämnts uppnå värdet $2,04 \times 10^{-7}$ g.

Vattnet och isen i de arktiska och antarktiska haven befinna sig alltid under högre tryck än vattnet i de tropiska haven, men denna tryckdifferens verkar icke på samma sätt som den som härrör från jordens avplattning och centrifugalkraften, vilken en gång för alla inställt vattennivåerna vid polerna och ekvatorn på konstanta värden och icke kan giva anledning till strömningar vid havsbotten och i havsytan.

Flodkraften åter åstadkommer i skiktat vatten genom sin oupphörliga variation rytmiskt pulserande rörelser vid botten och i ytan såsom experimentet med de kommunicerande kärlen å sid. 11 visar. Detta experiment ger en verklighetstrogen bild av denna pulserande rörelse hos havsvattnet, ty genom tillsatsen av små mängder salt ömsevis i kärlen A och B ändras i fysiskt avseende ingenting hos vätskan annat än tyngden. Saltets och vattnets volym förändras nämligen icke märkbart när saltet löses — endast vattenvolymens tyngd ökas, analogt med vad som sker när månens kraftfält verkar på havet.

Och man får icke av den omständigheten att ΣF :s dagsvärde, integrerat över hela jordytan, är = 0 sluta: att inga inre strömningar som medföra cirkulation inom havets vattenmassa kunna uppstå uti jordens hydrosfär, när den utifrån verkande kraften av kosmiskt ursprung flyttar sitt kraftfält oscillatoriskt över olika partier av havsytan och därigenom åstadkommer en övergående ojämn fördelning av vattenmassans tryck mot havsbotten i nordliga och sydliga områden av havet på det sätt att trycket i norr alltid är större än söderut¹. Detta gör att bottenvattnet i havet vid nordliga lat. får tendens att strömma söderut när flodkraften ökas. När den minskas uppstår tendens till rörelse i motsatt led, vilket ger upphov till en oscillatorisk rörelse, men denna process är icke reversibel i den mening att den är inskränkt till vattenmassan i ett och samma lager (bottenlagret). Återställelsen av jämvikten kan ske därigenom, att vattenmassan i ytlagret strömmar norrut glidande över djupvattnet. Som ytlagret är mycket tunt²) i jämförelse med det undre lagret blir rörelsen som flodkraftens oscillation framkallar mycket snabbare hos den varma ytströmmen, Golvströmmen, som ersätter den långsamma förflyttningen av den mäktiga, kalla, undre vattenmassan från polarhavet söderut. Men båda strömningarna äro rytmiskt oscillatoriska i takt med flodkraftens växling och avböjas av jordrotationen så, att strömlinjerna bilda virvlar medsols på norra hemisfären och den resulterande strömmen i ytan går mot öster och nordost, medan den kalla ytströmmen håller sig vid västra sidan av norra Atlanten.

Flodkraften
såsom drivkraft i de
oceaniska cirkulationerna

¹ och vice versa på södra hemisfären.

² och så tunt att det icke räcker till att övertäcka hela havsytan.

MÅNPERIODER

Konstellationer vilka utöva inflytande på havets och luftkretsens tillstånd därigenom att de framkalla epoker uti flodkraftens periodicitet.

Grundtanken uti denna framställning är att förnämsta orsaken till förändringarna uti hydrosfärens och atmosfärens tillstånd är tyngdkraftens variation, vilken betingas av växlande konstellationer av sol och måne relativt till jorden. De meteorologiska likasom de hydrografiska fenomenen äro i första rummet att betrakta såsom tidvattensfenomen¹ och varje förändring i flodkraftens intensitet är av betydelse om man vill söka förstå naturen av dessa förändringar, utfinna deras lagbundenhet och förutse deras inträffande.

Tidvattensfenomenen äro lagbundna och periodiska likasom jordens omlopp kring solen och månens omlopp kring jord och sol. För vårt studium av desamma är det alltså naturligt att utgå från vissa astronomiska perioder och deras kombinationer.

I. De primära månperioderna².

1. *Den synodiska perioden.* Månen fullbordar på 29.5306 dygn ett synodiskt kretslopp omkring jorden så att fullmåne $\bigcirc$ inträffar 14.76 dygn efter nymåne $\bullet$.

2. *Den draconitiska eller nodperioden.* Den bana månen följer under detta kretslopp ligger icke i jordbanans plan utan bildar en vinkel av 5.7 grader mot ekliptikan vilken månen alltså genombryter två gånger under varje omlopp, ena gången kommande från södra sidan (uppstigande nod Ω) andra gången från norra sidan (nedstigande nod ω). Tiden mellan båda nodpassagerna är 13.606 dygn. Hela nodperioden är alltså 27.2122 dygn.

3. *Deklinationsperioden eller den tropiska perioden.* Likasom månen under sitt kretslopp kring jorden två gånger genombryter ekliptikan, genombryter han även ett annat symmetriplan, nämligen jordens ekvatorplan. När detta sker är hans deklination $D = 0$. Nästa passage, i motsatt led, inträffar 13.66 dygn därefter så att hela deklinationsperioden utgör 27.3216 dygn.

Mellan två passager uppnår månen sin största nordliga eller sydliga deklination av $\pm 18^\circ$ eller $\pm 28^\circ$ allteftersom månbanans lutning mot ekvatorplanet (23°) ökas eller minskas med den vinkel som månbanan gör med ekliptikan ($5^\circ.7$).

4. *Den anomalistiska perioden.* Månbanan bildar icke en cirkel utan en ellips varav följer, att månen oupphörligt ändrar sitt avstånd från jorden som befinner sig i ellipsens ena focus. När månen passerar den ena av banans längdaxels (*apsidens*) spetsar befinner han sig i *perigeum* π (närmast). 13.77 dygn därefter är han fjärmast och befinner

sig i apsidens α -spets, *apogeum*. Hela den anomalistiska perioden utgör 27.5546 dygn.

II. Månbanans perioder.

1. *Apsidperioden.* Månbanans längdaxel, »apsiden», roterar i direkt led ett varv på 8.857 år så att, om månbanapsiden i ett visst tidsmoment varit parallell med jordbanans apsid, så intager den samma läge i rymden 8.857 år därefter (apsidperioden).

2. *Nodperioden.* Månbanans *nod*, d. v. s. dess skärningslinje med ekliptikans plan roterar i retrograd riktning ett varv på 18.6 år (nodperioden).

III. Kombinationsperioder.

A. Kombinationer av de primära månperioderna.

Månens gravitationsverkan på de rörliga media på jorden, d. v. s. dess flodkraft, förändras med kuben på avståndet. Var och en av de här nämnda 6 månperioderna åstadkommer en ökning, resp. minskning, i flodkraften allteftersom avståndet mellan jord och måne förändras. Som dessa förändringar inträda kontinuerligt och periodiskt framkalla de vågrörelser i atmosfären och i havet, och när två eller flera månperioder verka med gemensam fas, d. v. s. samtidigt utöva sin största eller minsta attraktion, addera sig deras verkningar, så att en »epok» av en ny kombinationsvåg-period uppstår.

1. Kombination av den synodiska och den tropiska månperioden.

Det första system av kombinationsvågor som iakttoogs i Gullmarfjordens gränsskikt finnes beskrivet å sid. 6, där vågkammar och vågdalar härrörande från interferens mellan den synodiska och den tropiska månperioden visade samma vågbilder efter ett intervall av 355 dygn.

2. Kombination av den synodiska och den anomalistiska månperioden.

En annan interferens mellan interna vågor framkallade av koincidens mellan

14 synodiska månperioder av 29.5306 d. = 413.43 d.

15 anomalistiska » » 27.553 d. = 413.29 d.

Första observationen av denna korrespondens gjordes i febr.—mars 1909 och mars—april 1910.

3. Kombination av den synodiska, den anomalistiska och den tropiska månperioden.

Koincidensen mellan den synodiska, den anomalistiska och den tropiska månperioden inträffar tidigast efter 8 kalenderår, såsom nämnts i det föregående. Denna kombination framkallade, såsom jag förutsett, de korresponderande vågorna i februari—mars 1917, vilka motsvara vågorna den 19 febr. och den 6 mars 1909, och vilka presenteras av diagrammen å sid. 7.

¹ Därnäst kommer (men i andra rummet) en annan kosmisk faktor, nämligen solstrålningen och värmeutstrålningen från jorden. Att detta inflytande hittills satts i första rummet beror på att man mera fäst sig vid fenomen som försiggå vid jordytan och i havsytan än vid gravitationens verkan på varenda masspartikel i luften och havet.

² De här angivna talen äro medeltal givna utan hänsyn till störningar. Den sideriska månperioden omnämnes icke emedan han antages icke utöva inflytande på de fenomen som här avhandlas.

4. Saros.

Kaldéernas *Saros* eller »återställelseperioden» betyder ett visst tidsintervall efter vars förlopp en astronomisk konstellation av månen relativt till solen återkommer. Denna period är 18 år och $11\frac{1}{3}$ dygn. Om månen i en viss tidpunkt intagit en viss position till jord och sol, t. ex. om han befunnit sig mellan sol och jord såsom nymåne och i perigenum eller apogeum samt haft en viss deklination, skall han efter 18 år $11\frac{1}{3}$ dygn åter intaga samma ställning emedan alla månperioders längd är någon submultipel av 6585 dygn såsom visas av följande tabell.

$$\text{Saros} = 18,03 \text{ år} = 6585,3 \text{ d.}$$

242 nodmånader	(= 27,2122 d.)	= 6585,3 dygn
239 anomalistiska mån.	(= 27,5546 »)	= 6585,5 »
223 synodiska mån.	(= 29,5306 »)	= 6585,3 »
241 deklinationsmån.	(= 27,3216 »)	= 6584,5 »

En Saros-epok utgör en med $11\frac{1}{3}$ dygn förlängd synodisk repetition av 2 nodapsidperioder. Dess synodiska karaktär gör den till förmörkelseperioden $\kappa\alpha\tau'\epsilon\zeta\omicron\chi\eta\nu$.

I gravitationellt hänseende markerar den epok i tidvattensfenomenet, emedan flodkraften genomgår ett maximum vid Saros när överensstämmande faser av månperioderna koincidera och förena sin verkan på jordens atmosfär och hydrosfär såsom vid inträffande av $\bullet$, π , D_0 , Ω och ζ .

En av de senaste Saros-epoker vi upplevat var den 21 sept. 1922 då flodkraften uppnådde värdet $\Sigma F = 2.54 \times 10^{-7}g$. Sådana konstellationer äro alltid åtföljda av stora interna vågbildningar i havets mellanskikt vilka repeteras under loppet av hela hösten, emedan koincidensen mellan de 4 månperioderna *tillnärmelsevis* återkommer i oktober och november samma år. Dessa parallaktiska »månvågor», vilka registreras vid Bornö station i Gullmarfjorden nästan samtidigt som de observeras vid Skagens fyrskepp och några dagar senare i Läsö Rende, medföra ökad inströmming i Kattegat och Östersjön av saltvatten med fiskstim och fiskyngel. När variationerna i flodkraften uppnå sitt maximum såsom på 1300—1400-talen åtföljas de av katastrofala företeelser i havet, såsom stormfloder i Nordsjön, starka isvintrar i Östersjön m. m. I en avhandling *Climatic variations in historic and prehistoric time*¹ äro sådana fenomen beskrivna och avhandlade från historisk synpunkt enligt föreliggande källskrifter från medeltidens slut. Både jordens hydrosfär och atmosfär reagera känsligt för flodkraftens, d. v. s. i själva verket för gravitationens, växlingar vilka förefalla så obetydliga uppmätta i tiomilliondelar av g.

5. Det större Saros.

Bland de långperiodiska fenomen som bero av flodkraftens sekulära variation är de bohuslänska sillfiskeperiodernas återkomst efter 111 resp. 222 år ett av de märkvärdigaste. Jag vill benämna denna period:

det större Saros

emedan den uppkommer genom koincidens av månperioderna.

¹ Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter, häfte V.

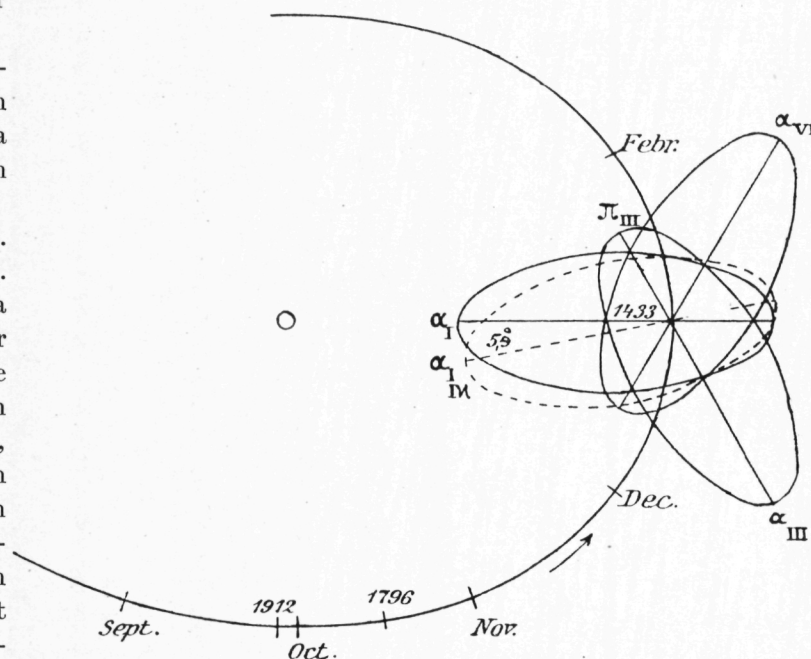
1373	synodiska	per. $\times 29.5306 \text{ d.} = 40545.5 \text{ d.} = 111 \text{ år} + 3 \text{ d.}$
1471 $\frac{1}{2}$	anomalistiska	per. $\times 27.5546 \text{ d.} = 40546.6 \text{ d.} = 111 \text{ år} + 4 \text{ d.}$
1484	tropiska	per. $\times 27.322 \text{ d.} = 40545.8 \text{ d.} = 111 \text{ år} + 3 \text{ d.}$
1490	draconitiska	per. $\times 27.2122 \text{ d.} = 40546.2 \text{ d.} = 111 \text{ år} + 3 \text{ d.}$

Detta är de stora sillfiskenas period varom hänvisas till avhandlingen *Étude sur les mouvements internes dans la mer et dans l'air*.¹

Denna period kommer att särskilt diskuteras i en följande avhandling.

B. Kombination av apsid- och nodperioderna. Nodapsidperioden av 9 år.

De viktigaste fenomenen av detta slag äro de som uppkomma genom flodkraftens förändring när apsid och nodperioden i gemensam epok addera sina verkningar på havet och (såsom senare skall visas) på luftkretsen. Den astronomiska konstellation som framkallar sådana verkningar är känd under benämningen *nodapsid*.



Jag erinrar om, att månbanans apsid genomskär ekliptikans plan vart tredje år på en dag under hösten, vilken i närvarande tid kan sättas i medeltal till den 22 sept. Vid en sådan genomskärning sammanfaller apsiden med månbanans nodlinje och det inträffar en situation uti månbanans läge relativt till jordbanans, som vi kunna beteckna med uttrycket *nodapsid*. Vi antaga, att det är månbanans apogeumspets » α », som från nordsidan genomskär ekliptikans plan vid vintersolståndet och benämna denna nodapsid α_I nodapsid, ifall månbanans storaxel, apsiden, i genomskärningsögonblicket faller parallellt med riktningen av jordbanans storaxel. 3 år därefter (eller rättare 2.9985 år därefter) inträffar ånyo nodapsid, i det apogeumspetsen α åter genomtränger ekliptikans plan, men denna gång från sydsidan. Under mellantiden, d. v. s. i det närmaste 3 år, har månen vid sitt största jordavstånd, eller apogeum, alltid befunnit sig på s ö d r a sidan av ekliptikan. När

¹ Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter, häfte VII.

han nu från denna sida genomskär ekliptikans plan, faller denna nodapsid icke parallellt med jordbanans apsid utan bildar en vinkel av $121^{\circ}.9$ med den första nodapsidens riktning. Vi benämna denna nodapsid α_{III} nodapsid. Efter nya 3 år följer en ny nodapsid, α_{VI} nodapsiden, vilken bildar en vinkel av $243^{\circ}.8$ med utgångsriktningen, när månbanepsiden — denna gång från norr — genomtränger ekliptikans plan. Under mellantiden (3 år) har månens apogeum alltid infallit på nordsidan av ekliptikan. Slutligen inträffar efter nya 3 år en ny α_I nodapsid, som dock icke faller alldeles parallell med den ursprungliga α_I såsom för 9 år sedan utan bildar en vinkel av c:a $5^{\circ}.7$ därmed, såsom ovanstående diagram visar, vilket framställer jordbanans och månbanans samt α_I , α_{III} och α_{VI} nodapsidernas lägen under en 9-års period vid nyår 1433—1442.

Månbanans apsid har under denna tid fullbordat ett omlopp och därunder genomskurit ekliptikans plan 3 gånger. Situationen är dock icke alldeles identisk med vad den var 9 år förut. Först och främst genomskär den nya α_I nodapsiden ekliptikans plan, denna gång kommande från södra sidan, icke från norra sidan såsom i första fallet. Vidare inträffar den nya α_I nodapsiden icke exakt på årsdagen utan omkring $\frac{3}{4}$ dygn tidigare och slutligen faller α_I apsiden av 1442 icke parallellt med utgångsriktningen och jordbaneaxeln såsom 1433 utan bildar en vinkel av $5^{\circ}.7$ därmed. Vinkeln mellan apsidaxlarna hos jord- och månbanorna växer därigenom för varje 9-års period med icke fullt 6° , vilket till slut medför att α_I nodapsiden faller i det läge, som α_{III} nodapsiden har i diagrammet.

Jag har så utförligt genomgått detta för att visa att, ifall månens perioder skulle hava något inflytande på vattnet och luften på jorden, så komma dessa perioder

icke att oavbrutet repeteras i all evighet utan att dyka upp och försvinna igen och för en tid avlösas av en annan period. Alla på månen beroende perioder äro c y k l i s k a. Vidare äro de o s c i l l a t o r i s k a, d. v. s. periodlängden är icke konstant utan växlar något, mer eller mindre.

C. Nodapsidperioden av 186 resp. 93 år (en solfläcks- och klimatperiod).

Den uppstår tillfölje av att månbanan roterar ett varv på 8,855 år och dess nodlinje ett varv på 18,6 år. Om, såsom vi förutsatt i det föregående, apsiden och noden haft det läge som figuren utvisar vid jordens perihelium den 16 december 1433, skulle detta sammanträffande hava repeterats 186 år därefter emedan

21 apsidperioder av 8,855 år = 185,96 enl. Young

10 nodperioder av 18,599 år = 185,99 enl. Neison

Efter 93 år skulle alltså ett sammanträffande av nodlinjen med π -apsiden hava inträffat (1526). Detta under förutsättning att jordbaneapsiden icke förändrat sin riktning i rymden och apsiden sin rotationstid på 186 år. Sådana förändringar äga emellertid rum under sekternas lopp. Jordens perihelium som 1433 inträffade den 16 december inträffade 1930 den 3 januari. Apsidperioden, som Strömberg beräknat till 8,847 år 1433, uppgives av Young nu till 8,855 år. Härtill kommer att om man räknar perioden *synodiskt* efter nodapsidens ställning till solen, så förkortas perioden. 186 och 93 äro alltså *gränsvärden* som aldrig uppnås. Exakta periodlängden som skulle erfordra mycket komplicerade räkningar att bestämma torde ligga vid 184 och 92 år, vilka perioder återfinnas i solfläckarnas och klimatets periodicitet.

Månens ΣF och dess gränsvärden

Det har visats att den vertikala flodkraften förstärker tyngdkraften g med en liten variabel kvantitet ϵ_{II} norr och söder om 35:te breddgraderna och samtidigt minskar den med en liten variabel kvantitet ϵ_I i de mellanliggande tropiska och ekvatoreala regionen. Dr E. Martens har på min begäran utarbetat en tablå över storleken av dessa tyngdkraftens positiva och negativa increment vid växlande konstellationer av måne och sol.

Av denna utredning framgår:

1. att ϵ_{II} alltid är numeriskt större än ϵ_I för lika latitudsavstånd från $36^{\circ} 16'$,

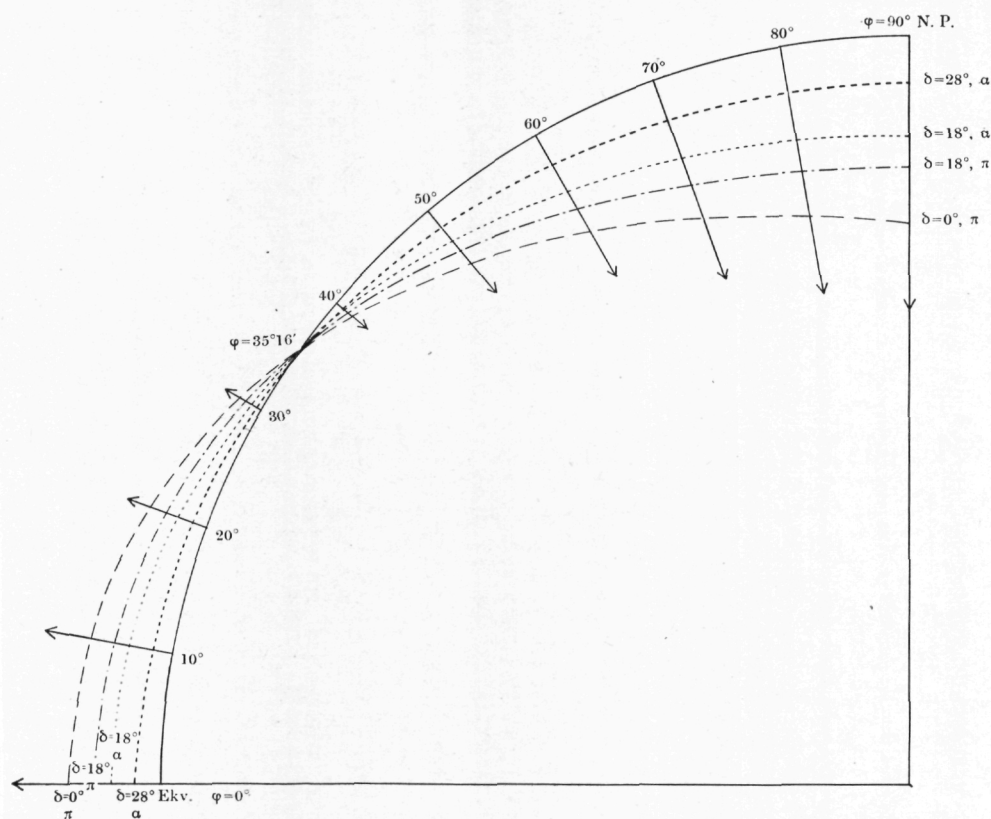
2. att ϵ_{II} har sitt största värde vid polerna där den växlar mellan $\Sigma F = +4,09 \times 10^{-7}g$ och $\Sigma F = +1,01 \times 10^{-7}g$, samt
3. att ϵ_I har sitt största värde (numeriskt) vid ekvatorn där den växlar mellan $\Sigma F = -2,04 \times 10^{-7}g$ och $\Sigma F = -0,51 \times 10^{-7}g$.

Dessa äro de variationer i tyngdkraften som månen åstadkommer. Dessa variationer äro grafiskt framställda i följande schema och tabell.

TABELL

Värden på kvantiteten $\frac{1}{g} \Sigma F$ vid olika latituder φ och värden å dekl. δ , π & α

$\varphi =$	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	
$\delta = 0^{\circ} \text{ \& } \pi$	— 2.04	— 1.86	— 1.33	— 0.51	+ 0.49	+ 1.55	+ 2.56	+ 3.37	+ 3.90	+ 4.09	$\times 10^{-7}$
$\delta = 18^{\circ} \text{ \& } \pi$	— 1.46	— 1.33	— 0.95	— 0.36	+ 0.35	+ 1.11	+ 1.82	+ 2.41	+ 2.99	+ 2.92	$\times 10^{-7}$
$\delta = 18^{\circ} \text{ \& } \alpha$	— 1.06	— 0.77	— 0.69	— 0.26	+ 0.26	+ 0.87	+ 1.33	+ 1.76	+ 2.03	+ 2.13	$\times 10^{-7}$
$\delta = 28^{\circ} \text{ \& } \alpha$	— 0.51	— 0.46	— 0.33	— 0.13	+ 0.12	+ 0.39	+ 0.63	+ 0.83	+ 0.97	+ 1.01	$\times 10^{-7}$
$\delta = 28^{\circ} \text{ \& } \pi$	— 0.69	— 0.63	— 0.45	— 0.17	+ 0.16	+ 0.52	+ 0.86	+ 1.11	+ 1.32	+ 1.38	$\times 10^{-7}$
$\delta = 0^{\circ} \text{ \& } \alpha$	— 1.49	— 1.35	— 0.97	— 0.38	+ 0.35	+ 1.15	+ 1.85	+ 2.44	+ 2.86	+ 2.98	$\times 10^{-7}$



Solens ΣF och dess gränsvärden

För beräkning av kraftsumman av vertikalkomponenten av solens tidvattensbildande kraft kan användas samma formel som för månen.

$$\Sigma F = 9 \pi M g \sin^3 P \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \Delta \right) \left(\frac{1}{3} - \sin^2 \varphi \right)$$

där $\pi = 3,14159$.

$$M = \frac{\text{solens massa}}{\text{jordens massa}} = 332000 \text{ (enl. Young)}$$

$$g = 981 \text{ cm/sek}^2$$

$$P = \text{solparallaxen} = 8'' 80.$$

$$\Delta = \text{solens deklination.}$$

$$\varphi = \text{ortens bredd.}$$

Man finner att solens inflytande följer samma lag som månens och i det hela taget förstärker månens, vilket är

omkring tre gånger starkare. Därför har i den föregående framställningen, där det endast varit fråga om relativa tal, storheten ΣF endast uträknats för månen. Ett undantag har gjorts härifrån i den härefter följande framställningen av de kosmiska orsakerna till de sekulära bohuslänska vintersillfiskeperiodernas förekomst, emedan deras infallande är bundet till en viss årstid nämligen tiden för jordens perihelium.

De variationer, som solen åstadkommer, betecknas med E_I och E_{II} .

$\Sigma F_{E_{II}}$ vid polerna växlar mellan $+ 1,62 \times 10^{-7}g$ och $+ 0,83 \times 10^{-7}g$. ΣF_{E_I} vid ekvatorn växlar mellan $- 0,82 \times 10^{-7}g$ och $- 0,42 \times 10^{-7}g$.

VATTENUTBYTET MELLAN DE TROPISKA OCH DE POLARA HAVEN

I. Återblick på föregående teorier över den oceaniska cirkulationen.

O. Krümmel börjar sin framställning av teorien för havsströmmarna ganska betecknande med orden: »Blickt man zurück, so ist das Feld mit Trümmern aufgegebenen Theorien bedeckt.»

Vid dessa spekulationer har man alltsedan Maurys tid gärna utgått från uppgiften att förklara Golfströmmens uppkomst, ett problem som intager en central plats i oceanografiens teori. Det var naturligt att man i första hand skulle betrakta Golfströmmens uppkomst såsom ett termiskt fenomen vars kraftkälla var solstrålningen i tropikerna, vilken uppvärmer ytvattnet och genom att utvidga dess volym tenderar att höja nivån¹ i de nämnda områdena av havet medan värmeutstrålningen i arktiska trakter verkar förminskning av volymen och lägre vattenstånd. Härom utspann sig för 70 år sedan en strid mellan Carpenter och Croll, vilken förnekade möjligheten att finna drivkraften till oceanens vattencirkulation uti nivåskillnader i ytan som framkallas genom direkt uppvärmning på följande grunder:

Den utvidgning som ytlagret i havet lider under inflyttandet av uppvärmningen genom solen i de tropiska haven är så liten att nivåskillnaden icke kan framkalla någon märkbar strömning allra minst av sådan hastighet som man observerat hos Golfströmmen. Man kunde ju experimentellt bestämma huru stor lutning vattenytan i en ränna skulle ha för att någon ström skulle uppstå, nämligen minst 1:500,000.

¹ G. Schott har t. ex. beräknat nivåskillnaden mellan Atlantens yta vid ekvatorn och vid polarkretsen till $2\frac{1}{4}$ meter. Härom yttrar O. Krümmel i sin Handbuch d. Ozeanographie II p. 456. »In den theoretischen Erörterungen der Konvektionsströme spielt die Frage andauernd eine grosse Rolle welche Stromgeschwindigkeit die aus der stärkeren Erwärmung der äquatorealen Regionen zu folgende Niveauerhöhung gegenüber den kühlen Wassermassen der hohen und höchsten Breiten hervorrufen könne; von den einen wird die Geschwindigkeit sehr hoch eingeschätzt, während von den anderen ihre Vernichtung durch die Reibung als überwiegend hingestellt wird.»

Att solstrålningen är en av de viktigaste faktorerna uti oceanens vattencirkulation lär väl ingen förneka, men den naiva uppfattningen att drivkraften skulle ligga uti den nivåskillnaden som ytvattnets nivåhöjning genom uppvärmning kan framkalla har numera inga anhängare.

Även om man antog rent överdrivna värden på den utvidgning som värmet kunde medföra vid ekvatorn och den sammandragning i volym som avkylning och utstrålningen i polartrakterna åstadkomma så kunde man icke räkna sig till större nivåskillnader än $\frac{1}{4}$ eller $\frac{1}{10}$ av detta värde. Croll förkastade därför den termiska cirkulationsteorien. I stället för dessa oändligt små nivåskillnader som uppstå genom uppvärmning och avkylning och äro otillräckliga som drivkraft hade man ju en alldeles påtagligt mäktig verkan av vindarne som drev vattenmassorna mot sydväst i passatregionen och mot nordost i antipassatregionen. Det är därifrån Golfströmmen får sin drivkraft menade han. Den är en »drift-ström» och uppvärmningen av ytan i tropikerna (Mexikanska viken, etc.) har intet att skaffa med Golfströmmen utanför Europas kust; icke en droppe av den verkliga Golfströmmens vatten kommer dit. Strömmarna i havet äro vindströmmar, d. v. s.: *oceanen lånar den energi som driver dess vattencirkulation från atmosfären*. De havsströmningar som ej direkt drevos av vindarne förklarades såsom kompensations- eller ersättningsströmmar som bortförde vatten från de trakter där det anhopats av vinden så att inga tomrum uppstå och *kontinuiteten* i vattencirkulationen upprätthålles.

Men huru förklara *vertikalcirkulationen* och *djupvattnets rörelse*? Man visste att det funnos kalla vattenlager i havets djup, men huruvida detta kalla bottenvatten var i strömning eller stagnerande visste man ej. Man var benägen att antaga att det vatten som sjunkit ned efter avkylning i polarhaven var statt i en nästan omärklig rörelse mot ekvatorn (»a slow creeping movement»).

Och de *mellanliggande lagren*? Hade de någon strömning, och huru långt nedåt sträckte sig den? Och vad framkallade överhuvud rörelser hos vattnet under ytan som ju behärskades av vinden?

Härpå gav en tysk matematiker Zöppritz på 1880-talet svaret: »rörelseimpulsen fortplantas från ytan nedåt genom friktion mellan vattenpartiklarne». Zöppritz förklaring vilade på en matematisk utredning. Friktionen mellan vattenpartiklarna kunde bestämmas experimentellt genom kapillaritetsexperiment och dess verkan på de underliggande lagren kunde beräknas ävensom tiden för rörelsens fort-

plantning nedåt djupet. För att göra detta behövde Zöppritz göra några »förenklande förutsättningar»:

- 1) att havets vatten var ett homogent medium. Havet skulle tänkas vara fyllt av vatten av samma täthet från botten till ytan.
- 2) att friktionen inom denna vattenmassa är molekylär friktion.
- 3) att man kan bortse från jordrotationens inflytande.

Dessa förutsättningar äro oriktiga, men det oaktat väckte Zöppritz teori genom den matematiska omklädnad författaren givit sin framställning förtroende hos auktoriteter som Professor Krümmel och andra och blev härskande inom vetenskapen under mer än trettio år.

Sedan W. Ekman visat att en ström som framkallats av vinden ej kan uppnå större mäktighet än omkring 150 meter, emedan jordrotationens inflytande devierar strömriktningen alltmera i de undre vattenlagren, och W. Sandströms iakttagelser i Gullmarfjorden visat att endast kontinuerligt verkande vindar kunna framkalla varaktiga strömningar i havsytan har vindteoriens betydelse reducerats till sina rätta proportioner.

O. Pettersson, som återgick till den thermiska förklaringen ehuru i helt annan form än förut, framställde för 25 år sedan åsikten att vattencirkulationen i oceanen icke drives av energi lånad från atmosfären utan genom en direkt transformation av solvärme i rörelseenergi genom en termodynamisk cirkelprocess som utspelas mellan de tropiska haven och ishaven varest värme omsättes i arbete genom issmältningen, den s. k. *issmältningsteorien*, vilken emellertid mötte det livligaste motstånd av alla auktoriteter: Nansen, Helland Hansen, Schott m. fl. medan den utvecklats och försvarats, utom av författaren, endast av Sandström. I närvarande ögonblick kan man anse frågan oavgjord och vägen alltså öppen för nya synpunkter och teorier.

II. Golfströmmen och den Atlantiska strömmen.

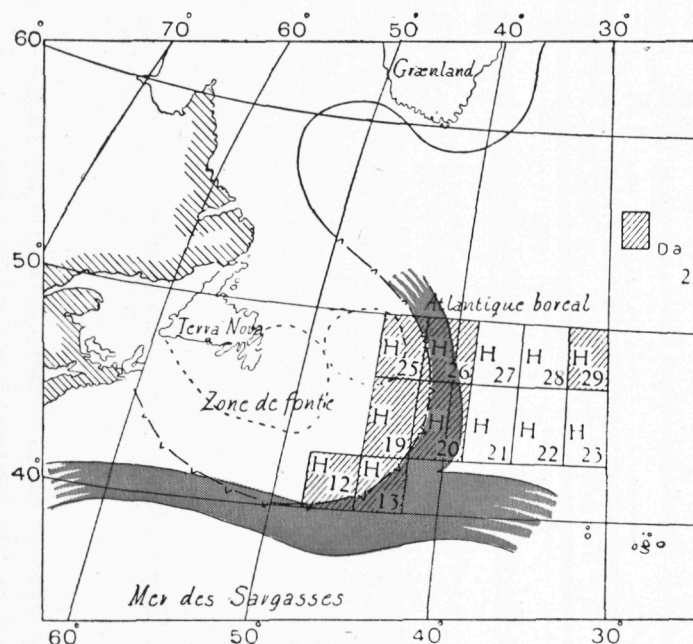
Maurys beskrivning av Golfströmmen såsom »en flod i havet» ger icke någon trogen bild av dess förlopp. En havsström kan icke jämföras med en flod på kontinenten, den har icke någon början eller något slut utan är ett led i oceanens vattencirkulation och drives ej såsom flodens vatten entydigt av tyngdkraften: den är med ett ord icke en mekanisk utan en dynamisk företeelse. Det är betecknande att man icke kunnat bliva enig om var Golfströmmen slutar, d. v. s. försvinner från ytan, eller uppmäta dess hastighet experimentellt.

Den s. k. Golfströmmen är nämligen icke en rätlinigt fortskridande strömning utan utgör resultanten av en tidvattensrörelse i havet av vattenpartiklar i gyratoriskt oscillerande rörelse varpå alla månperioderna utöva inflytande och som av jordrotationen tvingas att närma sig Europas kust när flodkraften ökas och att lämna plats för andra vattenslag som intränga mellan kustbanken och Golfströmmen (*transgressioner*)¹ när den minskas.

¹ Dessa växlingar uti Golfströmmens rörelse upptäcktes av Dr Le Danois under hans försök att utfinna Golfströmmens hastighet under olika årstider. Han fann till sin överraskning att denna var så obetydlig att

Vad som kan mätas är transporthastigheten av de levande och döda föremål som medfölja strömmen. Bland dessa äro ållarverna, Leptocephaliderna, de mest karakteristiska indikatorerna på Golfströmsvattnets närvaro, och det enda vi veta om dess förflyttning från Sargassohavet till Medelhavet och Europas kuster vilar på Johannes Schmidts undersökningar vilka visa att detta tager omkring 3 år.

Frågan om huru långt mot öster och nord som den egentliga Golfströmmen når innan han försvinner från havsytan har ånyo blivit aktuell genom en avhandling av Dr V. I. Pettersson² som, genom sammanställning av statistiken över yttemperaturobservationerna alla månader under 22 års tid från området söder och öster om ismältningsregionen omkring Newfoundland, funnit att detta område efter de månader då isdriften pågår nämligen aug.—nov. är omgivet av varmare vatten vilket utgör en gren av Golfströmmen som drages dit genom den sugverkan som ismältningsprocessen utövar, och såsom kompensationsström mot den arktiska isströmmen (Labradorströmmen) går rätt mot nord³



han kom till det resultat »att någon egentlig Golfström icke existerade utanför Europas kustbank». Visserligen kunde under en viss årstid (våren och sommaren) en framskjutning mot norr av de isotermer och isohaliner som tillhörde det varma ytlagret i havet konstateras vilket under vintern avstannade (*Stabilisation*). Men denna rörelse var mindre markerad än en annan periodisk rörelse i östlig och västlig direction, d. v. s. till och från Europas kust, vilken bestod däruti, att de vattenlager som ansågos tillhöra Golfströmmen ömsevis närmade sig kusten och inträngde på själva kustbanken och därefter avlägsnade sig. Fenomenet gör fullkomligt skäl för namnet *transgression* vilket torde bliva dess benämning sedan dess orsak, nämligen det atlantiska strömsystemets pendling under inflytande av tyngdkraftens variation blivit känd (G. Ekman och O. Pettersson vilka 1899 iakttagit en sådan periodisk variation i Nordatlantens vattencirkulation hade på grund av likheten med blodomloppet uti en levande organism betecknat fenomenet såsom havets »systole och diastole»).

² Étude de la Statistique Hydrographique du Bulletin Atlantique du Conseil International pour l'exploration de la mer.

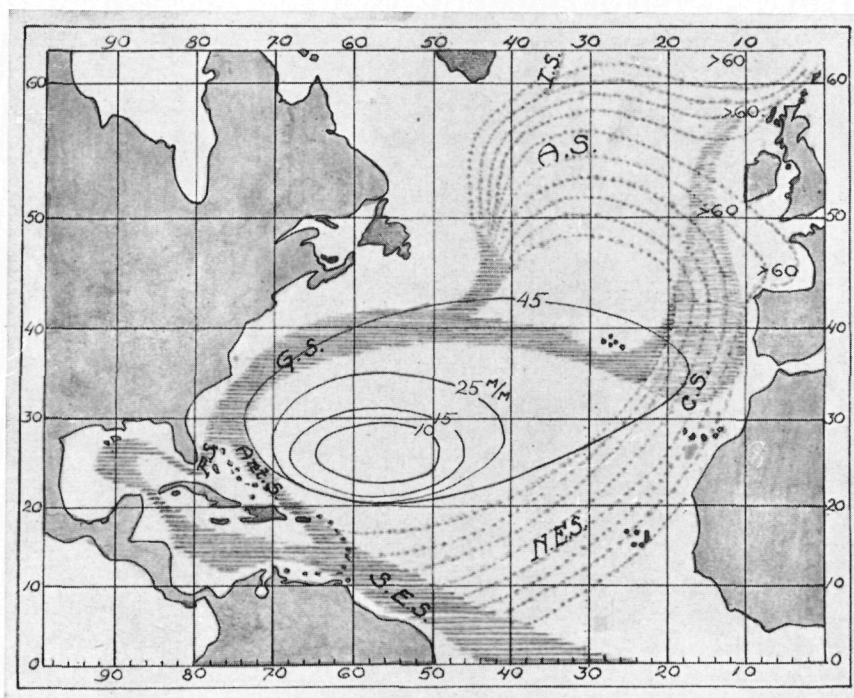
Svenska Hydrografisk-Biologiska Kommissionens Skrifter. Ny serie, Hydrografi I.

³ Medan huvudströmmen framgår mot öster mot Afrikas och Europas kust.

från 40° lat. till 50° lat. där det varma Golfströmsvattnet blandas med vattnet i det stora boreala området av norra Atlanten och ger upphov åt en ytström vilken av de västliga vindarne (antipassaden) drives mot öster och nord, varest denna *Atlantiska ström* överlagrar Golfströmsvattnet och ger upphov till den stora varmvattenström som framgår över Island—Færöbanken genom Norska havet och av ålder benämnts Golfström. Denna Atlantiska ström som medför vatten av 35 ‰ salthalt (och däröver) försvinner i sin ordning från havsytan utanför Spetsbergens kust och går som underström vidare in i Polarbassinen där dess relativt varma vatten med temperatur över 0° påträffades av Fram-expeditionen 1895—96 c:a 60—800 meter under den isfyllda havsytan. Genom en konvektionsprocess av värme från den varmare underströmmen mot polarisen smältes densamma *underifrån*¹, varvid smältvattnet från isen avlägsnas med polarströmmen utefter Grönlands kust och det avkylda Atlantiska vattnet sjunker ned och fyller hela Polarbassinen och Norska Havets djupbassin med iskallt »arktiskt» vatten, vilket glider ned över Wyville Thomson-bankens krön ned uti Atlantens östra djupränna och bildar bottenströmmen däruti (se p. 5 i det följande).

¹ Se härom Byråchefen Sandströms erfarenheter under hans senaste expedition i Norra Ishavet. (Ymer 1930 I o. II p. 107—108.)

Meteorologer och hydrografer hava enats om att anordna en statistik över Atlantens yttemperaturs växlingar under olika årstider genom fartygsobservationer på vissa områden som ansetts vara betydelsefulla. Den ovan anförda kartskissen, p. 2, visar resultatet av en sådan sammanställning av medeltalen av yttemperaturen på dessa internationella »försöksfält», betecknade med tecknen H_{12} , H_{13} , H_{19} , H_{20} , H_{25} , H_{26} , under 22 år. Dr Pettersson kom till det överraskande resultatet att vattentemperaturen i fälten H_{13} , H_{20} , H_{26} som gränsa till ismältningsområdet öster om New Foundland var högre än i de närmast öster därom belägna fälten H_{21} och H_{27} under månaderna aug., sept., okt. och nov., d. v. s. *efter ismältningsperioden*, oaktat man borde kunnat vänta motsatsen. Förklaringen är: *att ismältningsprocessen har dragit till sig varmt vatten söderifrån från Golfströmmen, vilken alltså grenat ut sig genom denna »sugverkan».* Temperaturhöjningen i fälten H_{13} , H_{20} , H_{26} är en efterverkan av ismältningen som skett under de föregående månaderna mars—juni på bekostnad av det värme som Golfströmsvattnet avlämnat åt isen. Denna nordligt gående strömgren, som under sommaren och hösten förer varmt vatten av 14°—17° temperatur från 40:de till 50:de breddgraden, blandas där med det boreala vattnet och ger upphov åt den *Atlantiska driftströmmen* vilken överlagrar och ersätter Golfströmmen utanför Europas kust.



- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| S. E. S. Södra Ekvatoreal-strömmen. | A. S. Atlantiska strömmen. |
| Ant. S. Antiller-strömmen. | C. S. Canarie-strömmen. |
| F. S. Florida-strömmen. | N. E. S. Norra Ekvatoreal-strömmen. |
| G. S. Golfströmmen. | I. S. Irminger-strömmen. |

III. En arbetshypotes.

Det ämne som i denna uppsats skall diskuteras hör till huvudproblemen i den oceaniska cirkulationens teori. Man antager f. n. att drivkraften till den oceaniska cirkulationen hämtas: dels ifrån vindarnes mekaniska impuls på havsytan, dels ifrån omsättning av solstrålningens termiska energi uti mekaniskt arbete. Denna förklaring är otillräcklig, *emedan vertikalcirkulationen och rörelserna i havets djupaste lager icke kunna förklaras ensamt genom energiverkningar i havsytan*.¹ I det föregående har visats, att vattenutbytet mellan Atlanten och Östersjön (liksom alla fjordarne vid Skandinavien kust) i väsentlig grad sker genom kosmisk gravitationell energi som uppstår när den attraktion som sol och måne utöva på de rörliga media på jorden växlar och därigenom framkallar inre tidvattensböljor i vattenskikten. Vågfronten av dessa interna flodböljor icke blott injicerar saltvatten från oceanen i form av en rytmiskt pulserande underström genom alla sund och över alla trösklar utan verkställer tillika utdrivning av ytvattnet ur våra fjordar och innanhav och underhåller en blandningsprocess av vattenslagen i största skala.

Frågan blir, om det är tillåtligt att använda en liknande förklaring såsom arbetshypotes² vid diskussion av vattenutbytet i stor skala emellan oceanens tropiska regioner och polarhaven.

Erfarenheten från Skagerak, Kattegat och Gullmarfjorden hava lett till den slutsats att en ökning av den vertikala flodkraftens intensitet över ett havsområde som innehåller skiktat vatten verkar utströmning åt sidorna av vattnet i det understa skiktet, emedan detta lager påverkas ovanifrån av det ökade trycket av alla överliggande skikt och underifrån av mottrycket från havsbotten. För denna pressning måste vattenmassan giva vika och glida undan. Bottenlagret blir tunnare. En strömning utefter havsbotten uppstår.

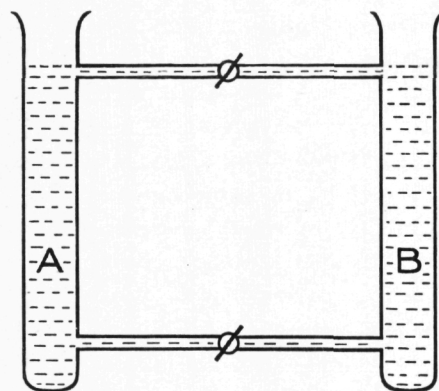
Månens och solens kraftfält skiftar och sträcker sig över många breddgrader av jorden alltefter som deklinationen

¹ Bland de försök som gjorts att från vindens inverkan på havsytan deducera orsaken till djupvattnets strömningar äro de bekantaste Zöppritz arbeten på 1880-talet och W. Ekmans bekanta teori över driftströmmar vilkas inflytande i öppna havet icke sträcker sig längre nedåt än 100—150 meter. Genom reflektion av en sådan driftström mot kontinentens sockel kan denna reflexverkan sträcka sig även till de djupare lagren. Att den skulle räcka till för att driva bottenvattnets transport söderut i Nordatlanten har han icke visat.

² I första rummet bör det undersökas om en ny arbetshypotes är behöfvig. Detta torde kunna medgivas när man besinnar huru litet vi för närvarande veta om vertikalcirkulationen i havet, om orsaken till vattnets nedsjunkande i polarhaven och det kalla bottenvattnets transport till lägre latituder och dess uppstigande därstädes. Visserligen existerar sedan 40 år tillbaka en teori om att isens smältning i polarhaven förorsakar nedsjunkande av avkylt havsvatten som förts dit av varma ytströmmar och avlämnat sitt värmeförråd till underhållande av smältningsprocessen (och delvis även till det mekaniska arbete som hela strömsystemet kräver). Men denna teori är bestridd av nästan alla auktoriteter och den förklaring som Nansen lämnat: nämligen att vattnets nedsjunkande förorsakas, icke genom is-smältning, utan genom ytvattnets avkylning på vissa ställen i arktiska havet från den kallare atmosfärens sida, stöter på den invändning att ytvattnet i arktiska hav har alltför låg densitet för att kunna sjunka till botten huru långt det än avkyles. Under ett sådant tillstånd av ovisshet torde plats kunna finnas för en ny hypotes.

växlar. När månens deklination är $= 0$ (särskilt om detta inträffar vid perigeum, nymåne och upp eller nedstigande nod och dagjämningstid) utövar han maximalt inflytande på oceanens vattenlager; nedtryckande i norra och södra hemisfären norr och söder om nodallinjerna vid $+35^\circ$ och -35° Lat., och samtidigt upplyftande i det tropiska bältet mellan dessa latituder. Vad blir följden härav?

Havsytan sänkes över stora områden av oceanen och bottenlagret förtunnas när månens kraftfält sveper över de polära kalotterna av jorden. På det tropiska och ekvatoreala området mellan de neutrala zonerna vid $+35^\circ$ och -35° Lat., verkar flodkraften omvänt, nämligen upplyftande i alla nivåer. Motståndet här möter vid den *översta gränssytan* d. v. s. själva havsytan, som påverkas av lufttrycket, och här blir det oceanens varma ytlager som får tendens att förtunnas och spridas utåt mot norr och mot söder under vindarnes och jordrotationens inflytande.

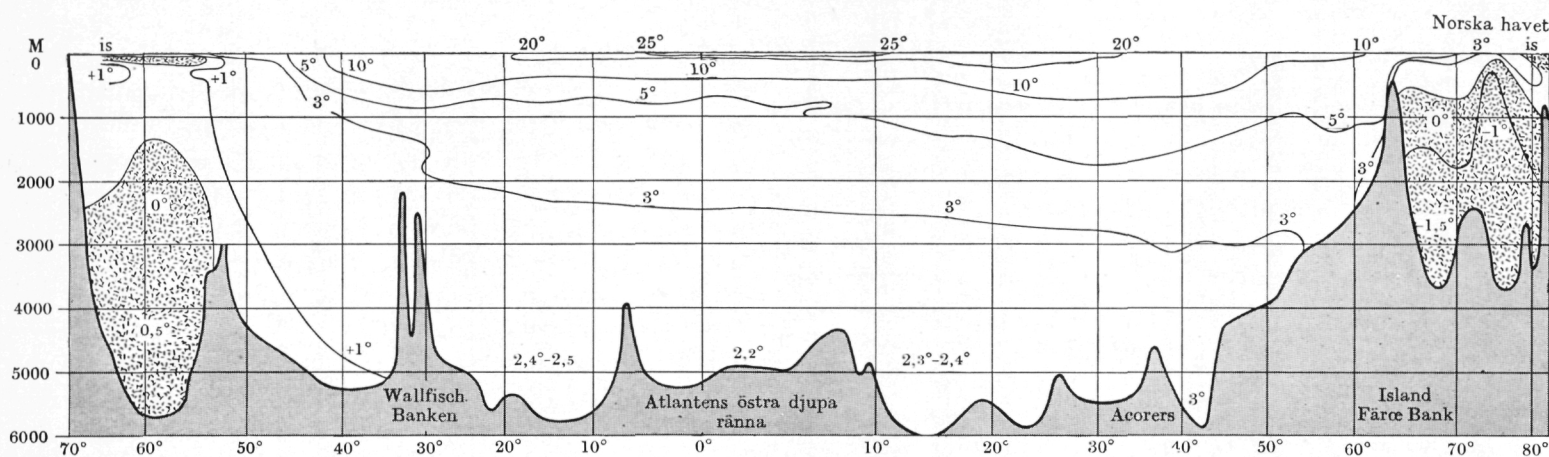


Det å sid. 11 omnämnda experimentet³ med de kommuniserande kärlen A och B vilka i detta fall tänkas representera: A en vattenpelare i ekvatoreala eller tropiska trakter av oceanen, och B en motsvarande vattenpelare i ett av polhaven, ger en verklighetstrogen bild av flodkraftens verkan att framkalla tendens till strömbildning i oceanens översta och nedersta skikt om det utföres så som föreslagits, nämligen medelst tillsats av salt, emedan saltet icke åstadkommer någon annan fysikalisk ändring hos vattnet än ökning av volymenshetens tyngd — alldeles så som ΣF gör.

Sådana rörelser i havet som förorsakas av tyngdkraftens växling skulle endast förorsaka fram och återgående strömningar hos djupvattnet och ytvattnet ifall icke två omständigheter inverkade nämligen:

1. att flodkraften ΣF verkar starkare i de polära havsområdena än i de ekvatoreala.
2. att havsbottens topografi gynnar bottenvattnets strömning mot ekvatorn och hindrar dess återströmning mot polerna.

³ A och B äro fyllda med olika färgat vatten. De båda vattenpelarna äro ifrån början i jämvikt. Sättes några korn salt till vattnet i B går en ström av salt vatten från B till A genom det undre förbindningsröret och en kompensationsström i motsatt riktning genom det övre röret från A till B. Se sid. 11 i avhandl. om Flodkraften.



Ovanstående sektion är ritad efter ett bekant diagram av G. Wüst som offentliggjorts i Journal du Conseil V, 1930 m. fl. tidskrifter föreställande ett hydrografiskt längdsnitt genom Atlantiska Oceanens östra djupa ränna. Sektionen följer rännans bottenkontur, icke någon viss meridian. Det vatten vilket genom kontakt med polarisen fått sin temperatur nedsatt under 0° är i denna figur markerat genom skuggning.

Det vatten som sjunkit ned i polarhavet sedan det av-givit sitt värmeinnehåll åt den smältande isen och avkylts ända till jämviktstemperaturen mellan is och saltvatten, vilken i Norra Ishavet ligger mellan -1°C och $-1,85^{\circ}\text{C}$ (alltefter salthalten) sjunker ned till botten av Polarbassinen och Norska Havet, vars djupa bassin fylles av detta iskalla vatten ända till brädden, d. v. s. till övre kanten av Island-Færö- och Wyville-Thomsonbanken, c:a 500 m. från ytan. Varje nytt tillskott av nedsjunkande arktiskt vatten faller såsom en kaskad över krönet av dessa bankar ned i Norra Atlantens stora östra djupbassin. *Det vatten som en gång fallit ned kan ej passera norrut igen utan ackumuleras i oceanens östra djupränna.* På liknande sätt hindrar underhavströskeln öster om Wallfisch-Bay det kalla bottenvattnet från det Antarktiska Ishavet som söderifrån inkommer i Atlantens östra djupränna över denna bank att strömma tillbaka. Det kalla vattnet som sålunda ackumuleras där-städes från båda ishaven stiger under impulserna av flod-kraften ΣF uppåt och uppvärms genom uppblandning med det ovan liggande saltare och varmare vattnet som upp-värmts av solstrålningen till 3° , 5° , 10° o. s. v., och detta undantränges och sprides utåt såsom varma strömmar mot polarhaven där det i kontakt med isen avkyles, utspädes och åter förvandlas till »arktiskt», resp. »antarktiskt», vatten, vilket sjunker ned i oceanens djupa rännor och sålunda för-nyar sitt kretslopp.

Drivkraften uti den oceaniska cirkulationen är alltså i första hand den vertikala flodkraften vilken åstadkommer en strömning längs havsbotten av kallt vatten från de polära haven mot ekvatorn. Därefter kommer i ordningen inflytandet av solstrålningen på de översta vattenlagren i havet och värmets omsättning i kinetisk energi genom av-dunstning och issmältning. Dessa förlopp har författaren i en rad av föregående arbeten beskrivit såsom två termo-dynamiska kretsprocesser, varav den ena försiggår i luften, den andra i havet. I tredje rummet kommer inflytandet av vindar och lufttryck på ytvattnets rörelser.

Författaren har anfört dessa 3 orsaker i denna ordning efter den betydelse han anser dem hava för cirkulationen i oceanen. Samtidens oceanografer skulle sannolikt vända om rangordningen och i första rummet nämna det moment jag ställt i tredje rummet nämligen vindens verkan och med

stöd av alla auktoriteter, från Laplace till Krümmel, ignorera det kosmiska inflytandet vilket jag satt först:

A. emedan gravitationen över allt när den griper in i fenomenen spelar den dominerande rollen därigenom, att den verkar på varenda masspartikel som faller under dess kraftfält, och

B. emedan den yttrar sig som accelererande kraft vilken ackumulerar sin verkan med varje tidsenhet och icke verkar endast på tingens yta med avbrott, säsongvis, såsom strålningen gör, eller oregelbundet och stötvis såsom vinden.

När flodkraften växer ökas intensiteten av cirkulationen både i bottenlagret och i ytan, där de kompensationsströmmar framgå som föra salt och varmt vatten från de tropiska regio-nerna till polarhaven. Dessa strömmar röna inflytande av två krafter som draga vattnet åt motsatt led och förorsaka avvikel-ser hos strömmen åt öster eller väster. Dessa krafter äro:

I. Jordrotationen, som driver det varma vattnet mot öster i norra Atlanten.

II. Is-smältningens inflytande,¹ vilket driver vattnet västerut mot isfälten och isbergen utanför Grönlands och Labradors kuster för att ersätta det kalla vatten som sjunker nedåt sedan det avlämnat sitt värmeförråd åt den smältande havsisen. Is-smältningsprocessens sugverkan motverkar jordrotatio-nens avböjande kraft, vilket visar sig däruti att varmt och salt ytvatten drages såsom underström västerut från Europas sida mot Amerikas, där det återfinnes under polar-strömmens is överallt där djupet är tillräckligt för att en underström kan framtränga.

¹ Is-smältningens betydelse, vilken jag karakteriserat såsom en av de stora faktorerna uti den oceaniska cirkulationen, har nu så länge varit bestridd av oceanograferna på grund av den opposition som framkommit från Nansens och Helland Hansens samt Brennekes, Schotts, Krümmels och andras sida, att det synes vara tid att äntligen få teorien prövad och antingen erkänd eller underkänd genom iakttagelser *in situ*, d. v. s. av vetenskapliga expeditioner som besöka de isfyllda trakterna i arktiska och antarktiska polarhaven, en uppgift som torde kunna lösas under det snart förestående »Polaråret». Det kan icke gå an i längden att aktuella veten-skapliga problem betraktas såsom avgjorda genom tradition: »wie Nansen so schön gezeigt . . .» etc. (cit. av G. Wüst, Sverdrup . . .). Början är redan gjord genom Byråchefen Sandströms undersökning i Ishavet publicerad i Ymer d. å.

Den Atlantiska varmvattenströmmen är alltså i ständigt pendlande rörelse under inverkan av dessa båda krafter, vilket har det största inflytande på Europas klimat och havsfiske vilket växlar allteftersom huvudströmmen håller sig nära intill Frankrikes, Irlands, Skottlands och Norges kustbank eller devieras åt väster, då dess plats vid kustbanken intages av underifrån uppvällande borealt vatten med lägre salthalt och temperatur och därmed följande boreala fiskarter och plankton.

Orsaken till dessa avvikelser är flodkraftens ΣF växlande styrka. När denna växer ökas hela cirkulationens intensitet i oceanen och därmed hastigheten i den nordgående strömmen hos ytvattnet, vilken betecknas med v i följande formel II som är derivatan av uttrycket för jordrotationens deviation av det strömmande vattnet.

$$\text{I} \dots\dots\dots \Delta = 2v\omega \sin \varphi$$

$$\text{II} \dots\dots\dots \frac{d\Delta}{dv} = 2\omega \sin \varphi$$

där φ = latituden och ω = jordrotationens vinkelhastighet.

Formeln visar: att när strömmens hastighet ökas¹ så ökas vattnets tendens att vika av mot höger d. v. s. mot den Europeiska kontinentens kustbank. När hastigheten v åter avtager viker varmvattenströmmen längre utåt från kustbanken. (Transgressioner).

Formelns betydelse ligger uti dess universalitet. När ΣF växer och avtager inverkar detta på alla strömlinjer i oceanen så att de »pendla», d. v. s. avvika åt höger (resp. åt vänster) sida när cirkulationens intensitet tilltager eller avtager. Effekten är såsom synes av formeln starkare vid högre latituder och försvinner vid ekvatorn. Den yttrar sin verkan samtidigt i de arktiska och antarktiska haven. Två exempel härpå skola här lämnas.

Innehållet i den föregående framställningen är i korthet: när den vertikala flodkraften växer tilltager intensiteten av vattencirkulationen i oceanen i alla nivåer och på alla breddgrader. Denna hypotes kan prövas genom erfarenheten på det sätt, att man iakttagit huruvida flodkraftens variationer, vilka kunna beräknas av astronomiska data, åtföljas av vissa förändringar uti oceanens strömsystem. De viktigaste av dessa förändringar äro:

A. att ismältningen i polarhaven och isdriften därifrån tilltager, emedan tillförseln av varmt vatten från tropikerna norrut och söderut blir starkare.

B. att de stora havsströmmarna pendla, d. v. s. avvika åt höger (resp. vänster) när en acceleration i deras hastighet inträffar.

Om den här framställda hypotesen att den oceaniska cirkulationen regleras av flodkraftens växling är riktig, kan man vänta att ett sådant maximum av ΣF skall hava medfört märkbara följder för Atlantens strömsystem. Vi skola nu tillse vad som inträffade i det Antarktiska havet vid flodkraftens tillväxt i sista decenniet av XIX århundradet.

Flodkraften ΣF genomgår ett maximum när nodapsid i förening med en Sarosepok inträffar. En sådan epok inföll den 18 sept. 1895 och en annan under alldeles liknande konstellationer 27 år därefter den 21 sept. 1922. Denna

¹ Tillfölje av flodkraftens ΣF tillväxt.

sistnämnda är schematiskt framställd å sid. 6 i avhandlingen »Innere Bewegungen in den Zwischenschichten des Meeres und der Atmosphäre» samt »Vattenutbytet mellan Skagerak och Östersjön». Konstellationen 1922 är en repetition av situationen 1895 och flodkraften var ganska lika i båda fallen och maximal.

Den vertikala flodkraften var

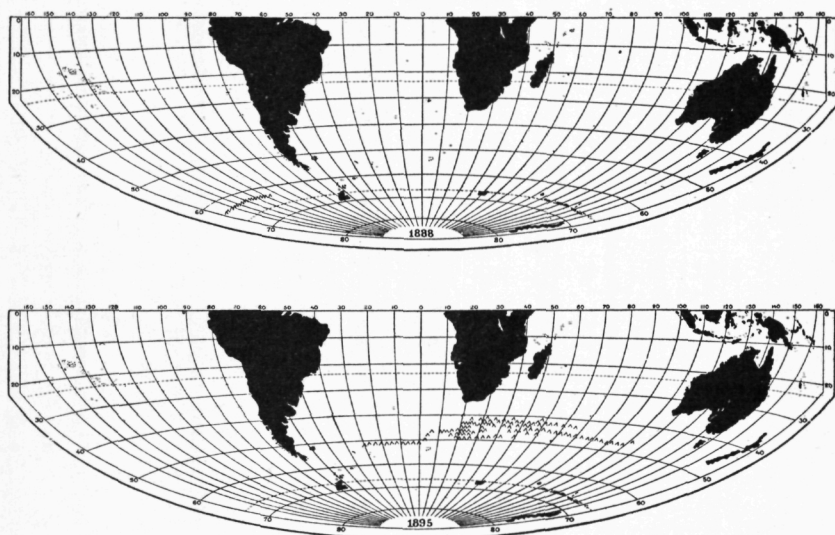
$$\Sigma F = 2,48 \times 10^{-7} \text{ g den 18 sept. 1895.}$$

$$\Sigma F = 2,54 \times 10^{-7} \text{ g den 21 sept. 1922.}$$

Vid båda tillfällena uppnådde ΣF nästan det högsta värde som den kan uppnå vid våra breddgrader (Bornös lat. = 58° 23' N.), emedan nodapsiden inträffade vid dagjämningstiden, då solen förenar sin högsta gravitationsverkan med månens när deklinationen är = 0 för båda.

IV. Förändringarna i Antarktiska ishavet och deras följder i sista decenniet av XIX seklet.

Förändringen bestod uti en oerhörd avlossning av is från den antarktiska isbarriär som gränsar till Atlantiska och Indiska oceanerna. Detta »outburst of antarctic ice» studerades genom sammanställning av skeppsobservationer av astronomen Russell, direktör för observatoriet i Sidney. Från hans tabeller och kartor har jag gjort följande utdrag. På kartan som föreställer isdriften 1888, då katastrofen ännu ej begynt, synas inga tecken till ovanlig förekomst av is. På den följande kartan från 1895 finner man andra förhållanden markerade genom prickning av läget av de blockerande isbergen.



Mellan 1892 och 1897 inträffade utomordentligt starka utbrott av is från Antarktis, vilka fyllde södra Ishavet med packis och isberg till den grad att trafiken mellan Sydamerika, Afrika och Australien måste söka sig nya nordligare vägar. Dessa »outbursts of antarctic ice» hade vittgående klimatiska följder emedan de störde monsunväxlingen i Indiska Oceanen. Åren 1893 och 1894 voro utmärkta av excessiva regnfall i Indien. Därpå följde 1896 och 1899: torkår med hungersnöd. 1896 slog skörden fel över ett område av 256,000 kvadratmil och 1899 över 500,000 kvadratmil i Indien. De nödlidande räknades till 6½ million 1899—1900. Förlusten av boskap uppgick till

många millioner, i några distrikt dog 90 till 95 % av boskapsbeståndet¹.

Även i Queensland och New South Wales i Australien härskade nästan ständig vattenbrist² från 1896 till 1902³. Man har uppskattat antalet får som under 7 års tid dogo till 50 millioner och ett värde av 12,500,000 £.

V. Förändringarna i Norra Ishavet och Polarbassinen i sista decenniet av XIX seklet.

Ökningen av flodkraften i detta decennium, som angives av maximalvärdet å ΣF vid nodapsiden 1895, har haft en liknande verkan i Norra Ishavet som i det Södra: nämligen att öka intensiteten av den oceaniska cirkulationen som visat sig uti framträngandet av varmt och salt atlantiskt vatten till de högsta breddgrader i Polarbassinen, vilket framkallade islossning i stor skala. Därpå finnes två ekla-tanta bevis.

I Augusti 1896 utförde Svante Arrhenius ombord å ånga-ren Virgo en serie djuplodningar från Spetsbergens nord-västra kust rätt västerut i Norra Ishavet uti den s. k. Golfströmmen. Arrhenius' lodning jämföres i följande tabell med en lodning av Framexpeditionen i Polarbassinen 6 gra-der nordligare-året förut.

Arrhenius ⁴			Nansen (Framexpeditionen) ⁵		
Lodning i Norra Ishavet d. 21 aug. 1896. 79° Lat. N. 4° 45' Long. E.			Lodning i Polarbassinen d. 2 dec. 1895. Lat. 85° 29' N. Long. 58° 44' E.		
Djup	Temperatur	Salthalt	Djup	Temperatur	Salthalt
0 M	+ 4.88° C.	34.89 ‰	150 M	— 1.41° C	34.62 ‰
20 »	+ 4.92°	34.89 »	250 »	+ 0.54°	35.06 »
40 »	+ 4.25°	34.89 »	450 »	+ 0.69°	35.15 »
60 »	+ 2.57°	35.03 »	550 »	+ 0.51°	35.14 »
100 »	+ 2.48°	35.10 »	800 »	+ 0.12°	35.11 »
200 »	+ 2.63°	35.15 »	850 »	— 0.03°	34.98 »
400 »	+ 2.46°	35.29 »	900 »	— 0.06°	35.01 »
* 850 »	—	35.10 »	1900 »	— 0.71°	34.58 »

Arrhenius hade genom denna sondering anträffat själva kärnan av den Golfströmsgren som framgår utanför Spets-bergens kustbank och sedan intränger under den isbelagda ytan av Polarbassinen och förorsakar utbrott av is därifrån. Maximum av temperatur och salthalt fann han vid 200—400

meters djup, där temperaturen var + 2.46° C och salthalten 35.29 ‰⁶. 6 månader förut i dec. 1895 hade Framexpe-ditionen träffat kärnan av samma varma ström i Polar-bassinen 6° nordligare 300 meter under polarisen, där temperaturen var + 0.69° med max. vid 300 meter = + 1.18°

Fram-expeditionen fann därjämte, att den varma under-strömmen framgick med väldiga oscillationer i vertikal led, vilket måste berott på interna tidvattensvågor och visar att flodkraften, vars intensitet vid nodapsiden d. 18 sept. samma år (1895) uppnådde ett maximum

$$\Sigma F = 2.48 \times 10^{-7} \text{ g.}$$

utövade en kraftig verkan så högt mot norr som 85° under istäcket och framkallade det utbrott av is som förde isfälten som inneslöto Fram med sig ut ur Polarbassinen.

Flodkraftens ökning 1895—96 hade även följder vid lägre latituder och i de Sverige och Norge omgivande haven, vilka följder blivit ryktbara emedan de medförde det plötsliga upphörandet av den senaste sekulära vintersillfiskeperioden i Skagerak. Det rika fisket under de 18 föregående åren före 1896—97 berodde på att norsk sill vintertiden med-följde inflödet av bankvatten av 32—34 ‰ salthalt från Norska Havet genom Norska Rännan in i Skagerak då flod-kraften var låg och golfströmsvattnet spred sig utåt mot väster lämnande Norska Rännan öppen vintertiden för det sillförande bankvattnet, som spred sig över den svenska kustbanken medförande ett rikt sillfiske uti alla fjordar på Norges sydkust och i Bohuslän. Samtidigt upphörde nästan alldeles det s. k. vårsillfisket vid norska väst-kusten, där de vanliga sillfiskeplatserna stodo tomma under det ett rikt sillfiske pågick i Bohuslän. I och med flodkraftens ökning 1895—96 skedde ett ombyte. Bank-vattnets inflöde i Skagerak avstängdes genom ett mäktigt flöde av Atlantiskt vatten, vilket fyllde Norska Rännan så att det sillförande bankvattnet endast till en liten del slapp in i Skagerak, där dess mäktighet reducerades från 30 meter till mindre än 10 meter och sillfångsterna i Bohuslän min-skades från 2,386,016 HL vintern 1895—1896 till 361,625 vintern 1896—1897. Därmed var den senaste vintersill-fiskeperioden slut och det Norska vårsillfisket uppblomstrade på nytt.⁷ Denna viktiga förändring avhandlas i detalj i en följande avhandling.

Vi skola nu se till vad som inträffade under det senaste decenniet från 1922, då flodkraften ånyo uppnådde samma maximum som 1895 vid liknande konstellation av sol, jord och måne, nämligen $\Sigma F = 2.54 \times 10^{-7} \text{ g.}$

⁶ Denna uppgift har blivit betvivlad av Nansen, vilken partout icke vill medgiva att den varma underströmmen har någon effekt på isen i Polarbassinen, vilken efter hans förmenande smältes av värme från luften. Då Nansen icke anser sig kunna betvivla Arrhenii temperaturbestämning vänder han sin kritik mot salthaltens bestämning vilken han antager måste vara felaktig emedan han själv vid expeditioner några år efteråt icke kunnat finna Golfströmsvatten av så hög salthalt som 35.29 ‰ så långt mot nord i Ishavet. Detta är i själva verket ett alldeles exceptionellt fenomen som berodde på flodkraftens maximum 1895 och som visar vilken mäktig verkan en sådan ökning utövar på den oceaniska cirkulationen.

⁷ Detta stora ombyte i fiskerierna på grund av den hydrografiska för-ändringen har studerats av G. Ekman, J. Hjort och O. Pettersson i: Ska-geraks tillstånd under den nuvarande sillfiskeperioden.

¹ Se Indian Meteorol. Memoirs, Vol. 15, Part I 1903, pp. 185—307.

O. Pettersson: Changes in the oceanic circulation and their climatic consequences. The Geographical Review (New York, Vol. XI N:o 1, Jan. 1929), varuti även litteraturen i ämnet citeras.

² Se v. Hanns Lehrbuch d. Meteorologie 3 Auflage p. 693, »Der einfluss-reichste Factor auf den Regenfall in Indien (August u. September) ist das Verhalten des Luftdruckes über den südlichen Indischen Ozean».

³ Året 1896 betecknar avbrottet uti den antarktiska isdriften. Isbergen träffades då ej mera fritt kringsimmande i öppna havet utan grupperade sig omkring Crozet-öarne, Bouvet I. m. fl. varest deras drift hejdats av de grunda platåer som omgiva dessa ögrupper.

⁴ Arrhenius lodning finnes publicerad uti Geographical Journal för sept. 1904 i O. Petterssons avhandl. On the influence of icemelting upon oceanic circulation p. 35.

⁵ Fram-expeditionens lodning finnes publicerad uti Nansens verk: The Norwegian N. Polar Expedition Vol. III, p. 332.

VI. Förändringar på södra halvklotet i XX seklet efter 1922.

1921—1922 hade tecken till ett nytt utbrott av isberg och is från den antarktiska isbarrieren visat sig. Det var denna gång icke Indiska Oceanen utan Atlantiska och Stilla Havets strömsystem som fick kännning av följderna. Dessa måste bestått uti en ökning uti hela den oceaniska cirkulationen, emedan de visade sig uti en samtidig avvikelse (*pendling*) av de stora nordgående kalla strömmarna från Södra Ishavet: Benguelaströmmen i Södra Atlanten och Humboltströmmen i Stilla Havet. Båda strömmarna följa under normala förhållanden kontinenternas kuster, Benguelaströmmen Afrikas, Humboltströmmen Sydamerikas västkust, vilka båda kuster äro bekanta för sitt torra regnlösa klimat på grund av närheten till de kalla havsströmmarna. Ökas strömhastigheten v så inträffar det fall som beskrivits å sid. 6, nämligen att både Benguela och Humboltströmmen »pendla», d. v. s. devieras åt väster och lämna plats mellan sig och de kontinentala kusterna åt det varma vattnet som samlats i Guineabukten och i Panamabukten, vilket då flödar söderut och genom avdunstning åstadkommer intensivt regnfall över de eljest regnlösa ökentrakterna på Afrikas och Sydamerikas västkust.¹

Detta var fallet under 1922 och följande år, då katastrofala förödelser inträffade både i Afrika och i Sydamerika av denna anledning. Att sådant inträffade samtidigt i två världsdelar och av samma anledning: nämligen avvikelser av två mäktiga havsströmmar, en i vardera oceanen, vilka uppkomma i antarktiska havet samtidigt med att flodkraften genomgick ett maximivärde visar, att man här icke står inför tillfälliga händelser utan ett fenomen av kosmiskt ursprung. Och sannolikheten härav ökas om man tar i betraktande de

VII. Förändringar som inträffade vid samma tid på norra halvklotet i våra trakter.

Till sådana förändringar räkna vi några märkliga invandringar av fiskarter såsom kolja uti Östersjön 1923 och hela stim av thonfiskar i Kattegat och ända in i Östersjön, vilket visar att höjningen i flodkraftens intensitet åtföljts av en acceleration av oceanens strömsystem och, som vanligt, även av katastrofala klimatiska rubbningar, av stormfloder och översvämningar, icke blott i Europa utan även i Stilla Havsländerna.

Som man kan se av den tabell över flodkraftens gränsvärden som finnes å sid. 17 av avhandlingen om flodkraften, kan den närvarande tiden betecknas som en *katastroftid*, enär ΣF f. n. tidvis uppnår i det närmaste samma maximivärden som för 500 år sedan vid medeltidens slut, då konstellationer av perihelium-nodapsider inträffade.² Anledningen är att nodapsiderna nu infalla vid höstdagjämningen då solens ΣF förenar sitt inflytande med månens. I närvarande stund, då detta skrives, har flodkraftens acceleration av den Atlantiska strömmen enligt den citerade formeln på sid. 6 verkat devierande mot öster till den grad att hela södra och mellersta Europas kustländer från Gibraltar till Throndhjemsfjordens latitud lida av översvämningar förorsakade av excessiv nederbörd till följe av avdunstningen från dess yta liksom Perus och Chilis kuster för några år sedan, när den varma strömmen »El Nino» från Panamabukten trängde fram söderut mellan Humboltströmmen och Sydamerikas fastland och Guineaströmmen sökte sig väg mellan Benguelaströmmen och Afrikas öde kuststräcka där regnfallet och översvämningarna 1925 sträckte sig ända till Rhodesia i hjärtat av Sydafrika.

EFTERSKRIFT

En ny hypotes öppnar fältet för nya frågor och försök att förklara dem, d. v. s. för nya hypoteser. Och som den ursprungliga hypotesens värde måste bedömas genom prövning av dess konsekvenser är det skäl att omnämna några av dessa.

Vår arbetshypotes var: att den vertikala komponenten av flodkraften, vilken av alla auktoriteter förklarats vara utan betydelse, utövar ett mäktigt inflytande på de inre rörelserna i havets mellanskikt och därigenom på hela den oceaniska cirkulationen, som blir intensivare när flodkraften tilltager. Den första fråga som framställer sig blir då: har denna vertikala flodkraft som förstärker och försvagar tyngdkraften intet inflytande på atmosfären? Huru är det möjligt att en kraft som kan framkalla interna vågor i havets mellanskikt av flera hundra meters höjd icke har makt att framkalla interna vågor av ännu större amplitud i luften, eller att åtminstone framkalla en regelbunden ebb och flod i atmosfären?

¹ Beskrivningen härav återfinnes i en avhandling i Geographical Review Vol. 16 1926, p. 26—54 av R. C. Murphy och förklaringen av fenomenet uti en avhandling av O. Pettersson i Geogr. Review Vol. 19 No. 1 med titeln: Changes in the oceanic circulation and their climatic consequences, p. 131.

Svar: att stora rörelser äga rum i atmosfärens mellanskikt, vilka enligt Shaw kunna glida över varandra »som korten i en kortlek» är en känd och erkänd sak av meteorologerna, och att även vertikala rörelser av väldiga dimensioner äga rum i form av upp- och nedstigande luftmassor liknande ett oregelbundet system av vågor — därom kan man övertyga sig genom en blick på de aërologiska institutens diagram.³ Men det är en känd sak att spåren av en regelbunden halv-daglig ebb och flod uti atmosfären endast kunnat förmärkas uti en ytterst ringa lufttrycksväxling vid några stationer i ekvatoreala trakter såsom Batavia m. fl. Mera tyckes man ej heller kunna vänta av effekten på barometern av den vertikala flodkraften vilken ökar och minskar tyngdkraften med endast en femmilliondel. Och därtill kommer att ΣF är en accelerande kraft som bör mätas efter den verkan den

² Inflytandet av nodapsiderna kulminerar vid Saros-epoker då både månens och månbanans perioder samverka.

³ Frågan är om dessa rörelser visa en periodicitet som överensstämmer med de parallaktiska interna vågor som observerats i havets mellanskikt. I en avhandling Etudes sur les mouvements internes dans la mer et dans l'air har jag på pl. II och III visat exempel på parallelism mellan interna vågor i atmosfären och hydrosfären (Svenska Hydr.-Biol. Komm:s skrifter VII).

frambringa under en viss tid. Att mäta flodkraftens halvdagliga verkan på statisk väg, d. v. s. efter den variation som luftens tryck frambringa på barometern, är nästan hopplöst. Däremot torde det vara möjligt att uppskatta den *parallaktiska flodkraftens* tryckverkan på atmosfären genom dess termiska effekt, om man ihågkommer att luften är ett sammantryckligt medium, där trycket kan adiabatiskt omsättas i värme. Ut i ett osammantryckligt medium som vattnet måste en ökning av tyngden över ett visst område framkalla en mekanisk effekt genom en pressning mot havsbotten som yttrar sig som en glidning åt sidan av det understa lagret, vilken när den repeteras periodiskt ger upphov till interna vågor och till cirkulation i havet, medan i atmosfären visserligen också utströmning av luft åt sidorna äger rum under det att i kraftfältets centrum den sjunkande luften adiabatiskt sammanpressas, uppvärms och ger upphov till ökat lufttryck, d. v. s. till ett *anticykloniskt område på jorden vars varaktighet beror på den parallaktiska flodkraftens periodicitet*. Min uppfattning är alltså att orsaken till uppkomsten av anticykloner och atmosfärens cirkulation ytterst är att söka uti gravitationellt kosmiskt inflytande, medan cyklonerna torde vara mera tillfälliga företeelser som bero på termiskt inflytande (solstrålningen, avdunstningen från havet, nedglidande kalla luftmassor från bergtoppar, glaciärer o. s. v.).

Det finnes inom meteorologien ingen fråga som är mera osäker och omstridd än uppkomsten av anticyklonerna och orsaken till det höga lufttrycket i dessa. Den vanligaste förklaringen torde vara, att en ackumulering av luft äger rum över ett anticykloniskt område; men denna måste äga rum i så hög nivå att man har svårt att göra sig en föreställning om utsträckningen av den protuberans av ytterligt förtunnad luft i jordens stratosfär som skulle framkalla en tryckökning av ända till 20—30 mm. hos en barometer på jordytan.

För att undgå denna svårighet har man tänkt sig att luftmassan i »protuberansen» genom avkylning har sammandragit sin volym, så att denna ej behöver hava den oerhörda utsträckning som här omnämnts men likafullt genom sin tyngd utövar det tryck vid jorden som angives av barometern i anticykloniska områden. Närvaron av den kalla luftmassan vid gränsen mellan troposfären och stratosfären har man förklarat på två sätt: antingen genom avkylning till följe av utstrålning mot världsrymden (van Everdingen), eller genom konvektion (»leakage currents») i de högsta luftlagren av kall luft från ekvatoreala trakter, där man genom »ballons sondes» erhållit temperaturserier som visa att vid gränsen mellan tropo- och stratosfären vid c:a 15 km:s höjd, luften kan vara avkyld ända till -90° under det att den är varmare högre upp (vid 30 km) där temperaturen visat c:a -55° . Från detta intermediära köldcentrum av luft som adiabatiskt avkylts till denna låga temperatur under uppstigningen från jorden skulle en utströmning äga rum till den trakt där en anticyklon uppstår och den kalla luften sjunker nedåt (Wagners teori).

Svårigheterna vid denna förklaring minskas om man tager med i beräkningen verkan av den vertikala flodkraften på atmosfären. Detta får dock icke fattas så, att det höga barometriska trycket vid jorden över ett anticykloniskt

område uppstår *direkte* genom den statiska effekten av luftpelarens obetydliga tyngdökning, vilken icke kan förklara tryckökningar av 20—30 mm. kvicksilverhöjd. *Trycket inom en anticyklon är en dynamisk effekt förorsakad av en »fallvind», d. v. s. av en vertikal luftström av sjunkande luft ovanifrån accelererad av den parallaktiska flodkraftens verkan, vilken i de lägre nivåerna sammantrycker luften adiabatiskt och åstadkommer stiltje och hög temperatur vid jordytan och endast i anticyklonens utkant kännes såsom vind.* Från denna synpunkt behöver man icke antaga någon »luftprotuberans» av utomordentliga dimensioner eller låg temperatur i stratosfären. Tvärtom kan det hända, att luftpelaren över en anticyklon är lägre än vanligt och att luften strömmar dit från alla håll (leakage currents) och under månens kraftfält får acceleration nedåt mot jorden. Denna hypotes öppnar utsikt till förklaring av det gåtfulla fenomen som Teisserenc de Bort och Hildebrandsson först påpekade, nämligen den långsamma förflyttningen av lågtrycks- (och högtrycks-) områden omkring jorden. Den parallaktiska vertikala flodkraften har ett antal perioder av högst olika längd från en vecka till flera års och århundradens längd och de verkningar den förorsakar i luftkretsen kunna vara långvariga men icke stationära över en viss ort på jorden. Anticykloner kunna vandra i långsam takt över hav och världsdelar ledda av månens och solens kraftfält. Det var detta som Hildebrandsson hade funnit men icke kunde förklara.¹

Ett förhållande som hittills förblivit oförklarat är att gränsen mellan troposfären och stratosfären i regeln ligger vid betydligt högre nivå (ända till 5—6 kilometer högre) i ekvatoreala än i polära trakter. Detta torde bero på att den vertikala flodkraften verkar nedtryckande norr och söder om 35:te breddgraden och starkast vid polerna men upplyftande i det mellanliggande tropiska bältet och starkast vid ekvatorn där en ständig vertikal strömning förer varm och fuktig luft uppåt, varvid kondensation av vattenånga äger rum, varefter den uppstigande luften adiabatiskt avkyles (van Everdingen) till mycket låg temperatur (ända till -90° enligt van Bemmelen o. andra). Den torra luft som stigit allra högst upp bildar den östliga vind som nästan ständigt blåser kring jorden i ekvatoreala trakter.

Enligt denna uppfattning är förloppet av cirkulationen i atmosfären i princip detsamma som i havet. Ut i anticyklonerna över Europeiska och Asiatiska kontinenterna pressas luft nedåt af den vertikala parallaktiska flodkraften,² passerar såsom passadvind över det neutrala bältet vid 35:te latituden, stiger uppåt i den ekvatoreala zonen under stark avkylning vid troposfärens gräns och strömmar mot högre latituder såsom leakage currents till anticykloniska områden för att därifrån förnya sitt kretslopp. Tidvattensfenomenet härskar över allt som är rörligt på jorden.

¹ H. Hildebrandsson: Quelques Recherches sur les Centres d'action de l'atmosphère, I—V K. S. Vet. Ak:s Handl. Bd 51.

² Härvid bortses från den *termiska* verkan som solstrålning och utstrålning under årstidernas växling framkallar vilket är ett fenomen för sig, vars verkningar sammanblandas med flodkraftens *mekaniska* effekt och delvis undanskymmer densamma. Skillnaden är att den ena kraften verkar såsongvis och oregelbundet, den andra kontinuerligt och rytmiskt.

En annan fråga som oavvisligt framställer sig är: huru ersättes den energiförlust som tidvattensfenomenet förorsakar? Så länge man endast fäste sig vid effekten av flodkraftens horisontala komposant att underhålla ett system av två »tvungna» tidvattensvågor i dygnet i havsytan kunde man åtnöjas med förklaringen att den bromsning såväl av månens rörelse som av jordens rotation vilken måste följa därav, är alltför obetydlig för att kunna märkas på dygnets och den synodiska månperiodens längd. Men när nyare undersökningar visat, *dels* att tidvattensrörelsen icke är inskränkt till ytan utan existerar på alla djup i havet, och *dels* att den vertikala komposanten av flodkraftens inflytande icke kan försummas utan bildar en viktig faktor i den oceaniska och atmosfäriska cirkulationen, så att man kan säga att *hela havets vattenmassa hålles i ständig oscillatorisk och translatorisk rörelse genom utveckling av gravitationell energi av kosmiskt ursprung*, tvingas forskningen oavvisligen in på hypoteser om huru energiförlusten ersättes. Följer man den vägvisning som de nyare upptäckterna av de radioaktiva ämnenas dissociation lämnat gestaltar sig denna hypotes ungefärligen så:

Den enda energiform som kan tänkas ersätta gravitationell energi är solstrålningen. Mellan dessa båda måste förvandlingsmöjlighet och ekvivalensförhållande råda. Gravitationen är då den latent och strålningen dess fria kinetiska energiform. Härmed är man inne på en tanke av Einstein vilken måhända är hans största idé. Om man fullföljer den finner man att masspartiklar måste försvinna från solytan — »*förintas*» — och deras energiinnehåll visa sig i trycket av vågfronten hos de strålknippen vilka oupphörligt svepa över jorden från det roterande solklotet.

I en avhandling »Om solens strålning» (Översikt av K. Vet. Ak:s Förhandl. 1881 N:r 1) har jag diskuterat en åsikt som framställts av John Ericsson uti hans bekanta arbete »Radiant Heat» som går ut på följande:

När man vid arbete med solkalorimetern trott sig hava uppmätt intensiteten under en minut av ett ljusknippe av några få kvadrattums genomskärning så har likväl under denna tid tillfölje av jordens rörelse i rymden ett ljusknippe (»a pencil») av 1,757,065 meter multiplicerade med solkalorimeterns diameter passerat över dess absorberande yta. Författaren skulle hava kunnat multiplicera dessa tal med 14 emedan man måste taga med i räkningen icke blott jordens rörelse i sin bana utan även själva ljuskällans, solens, rotation kring sin axel. Denna vågfront av solljus har en mekanisk effekt, ett ljustryck, som av den ryske fysikern Lebedew uppskattats till 57 millioner kilogram eller 0.5 dyn. på kvadratmetern för solens hela strålningsfält på jorden.

I stället för den ohållbara föreställningen: att jorden av okänd anledning och från okänt håll utslungats i världsrymden med planetarisk hastighet och infångats av solens gravitation i dess planetsystem för att därefter i all evighet kretsa omkring solen i ett motståndslöst medium, etern, på grund av sin inertie följande Newtons och Keplers lagar, träder då en annan föreställning: nämligen om ett stationärt tillstånd av jämvikt mellan den gravitationella energi som underhåller cirkulationen i jordens hav och luftkrets och det strålade värmets som genom ljustrycket underhåller jordens och månens rotation och kretslopp.¹

¹ Bland fysici vilkas upptäckter givit ledmotiv till denna tankebyggnad må nämnas John Ericsson, Ramsay, Compton, de Breuil, Jeans, Eddington, Milne och den amerikanske astronomen See, vilken har gått längst i konsekvenser i det han upptagit frågan om huru solvärmets regenereras. Enligt See skulle solen medan den ilar fram i rymden medelst sina planeter såsom fångstarmar infånga kosmiskt stoft, meteoriter o. d. vilket då kommer att kretsa omkring planeten (framför allt Jupiter och Saturnus) tills vid dess perihelium solens attraktion blir övervägande och stoftet kretsar omkring solen och nedfaller däruti. Efter denna uppfattning skulle man komma att föreställa sig solen såsom en förbränningshärd, ett γ εεννα του πυρός, för spillrorna av vrakgodset i världsrymden.

Mezāta