

Norsk institutt for vannforskning  
Oppdrag O-201 - Oslofjordprosjektet  
Undersøkelser K. 1422 og H 431  
Fellesrapport, foreløpig utgave.

O - 201

Månedsfordelt  
ferskvannstilførsel til Oslofjorden. (K 1422)

Tidevannsanalyse  
fra Oslofjorden sommeren 1963. (H 431).

Blindern, 10. oktober 1963.

Bård Glenne.  
Siv. ing.

INNHOLD.

Side:

Forord v. siv.ing. H. Munthe-Kaas	2
Problemstilling	4
I. Månedsfordelt ferskvannstilførsel til Oslofjorden	5
II. Tidevannsanalyse fra Oslofjorden sommeren 1963.	7
Motivering	7
En forenklet matematisk formulering	7
Målinger	8
Databehandling	9
Resultater	12
III. Sammenfatning	18
Litteratur	20
Tabeller	
Figurer	

Forord

Denne rapport omhandler løsninger av to definerte oppgaver i forbindelse med vår forurensningsundersøkelse i Oslofjorden:

Kartlegging av den midlere ferskvannstilførsel til fjorden på månedsbasis

og

Gjennomføring av en tidevannsanalyse i fjorden med henblikk på å øke vår forståelse av de hydrodynamiske prosesser i fjorden.

Da vårt Oslofjordprosjekt hittil ikke har disponert egne folk til å ta seg av oppgaver av denne art, har vi vært henvist til å seke dem løst ved kortvarige engasjementer av fagfolk utenfor instituttet. De to her behandlede oppgaver ble stilt siv.ing. Bård Glenne, som fra siste høst innehar en stilling som "assistant professor" i Civil Engineering ved University of Nevada, USA.

Forfatteren var på forhånd tildelt meget knapp tid til å løse disse to oppgaver, og tiden ble ytterligere innkortet ved at han måtte reise til sitt nye arbeidssted noe tidligere enn forutsatt. Han rakk stort sett å gjennomføre de faglige undersøkelser og beregninger, men fikk kun tid til en preliminær redegjørelse om sine resultater.

I tilknytning til sin rapport har forfatteren også gitt endel kommentarer til prosjektets opplegg og prosjektet forøvrig.

Da det er av betydning for vårt prosjekt at forfatterens resultater snarest mulig blir tilgjengelig for en begrenset krets, men hverken han selv eller prosjektets egne folk førstebig har anledning til å viderebearbeide rapportene til en endelig form, har vi valgt å publisere den internt i noenlunde uendret skikkelse.

Enkelte redaksjonelle forandringer er imidlertid gjort. Under "Problemstilling" er således de første avsnitt av helt generell karakter tatt ut, og et avsnitt fra kapitel II "Målinger" er satt inn under egen overskrift "Motivering."

Kapitel I og II er gjennomgått av siv.ing. Simensen ved NIVA som har foretatt visse omskrivninger hvor dette har vært nødvendig for forståelse av den logiske sammenheng. Litteraturliste manglet og er så langt det er mulig satt opp av oss.

Jeg vil til slutt benytte anledningen til å takke siv.ing. Bård Glenne for dette verdifulle bidrag til vårt Oslofjord-prosjekt.

Hans Munthe-Kaas  
Hans Munthe-Kaas.

### Problemstilling:

Det skal her gjøres forsøk på å formulere den hydrografiske problemstilling som den presenterer seg i forbindelse med Oslofjorden. Deretter hvilken del av denne oppgaven her forsøkes og løses.

Uten å komme nærmere inn på de eksisterende hydrografiske forhold i fjorden, så kan det sies at en forbedring av de generelle forhold må finne sted i den nære fremtid.

De tunngåelige konstanter som er tilstede og krever en løsning, er de mengder av kloakk og avfallsstoffer som Oslo by og de omkringliggende kommuner idag og i fremtiden må bli kvitt.

To forskjellige synsmåter på problemet eksisterer og de inspirerer hver sin løsning eller tilsammen kanskje en kombinasjon av løsninger.

En kan enten se på fjordens effekt på avfallsstoffene eller omvendt.

Vi behandler først fjordens effekt på avfallsstoffene:

Her kommer endel faktorer som meteorologiske og astronomiske forhold, ferskvannstilstrømning og topografiske forhold inn i bildet. I midlertid må en holde seg til en faktor som økonomisk kan reguleres og blir da stående ved tidevannspumpen.

Således kommer det første spørsmål:

1. Er det mulig å forbedre utskiftningene i Oslofjorden, og i tilfelle, hvordan?

Her ser en at en forbedring kan skje på to måter, og en deler denne undersøkelsen i:

- a. kvantitetsmessig forbedring
- b. kvalitetsmessig forbedring.

Hvis det er umulig eller økonomisk ikke forsvarlig å forbedre utskiftningene ved hjelp av tidevannspumpen er en henvist til å koncentrere seg om avfallsstoffenes effekt på fjorden.

Mer detaljert utformet er problemstillingen:

2. Hvor, i hvilke mengder og i hvilke fortynninger kan kloakk og avfallsstoffer slippes ut?  
Det skulle her være unødvendig å si at det er i punkt 2. hovedtyngden av undersökelsene skulle være koncentrert. Her trengs en sammenstilling av flere alternativer og en sammenligning på en helt økonomisk basis.  
Så langt som en idag kan se er det her den virkelige løsning på problemet ligger.

For så i siste rekke å kunne holde følge med utviklingen på det hydrografiske felt kommer tredje og siste problem:

3. I hvilken grad endrer de hydrografiske forhold seg?  
Dette skulle være en enkel og grei undersøkelse av rutinemessig art.

Som slutning kan en si at faren ved en såpass komplisert problemstilling som denne er at en samler for mye data og foretar for mange undersøkelser.

En skal til enhver tid kunne si hvorfor en foretar hver måling og hvilken effekt denne målingen kan ha på det praktiske utfallet.

Det arbeid som følger vil prøve å klarlegge enkelte av de før omtalte forhold som ferskvannstilstrømning og tidevannsutskiftninger.

Deretter vil jeg befatte meg med punkt 1a. Det vil si, jeg skal prøve å fastslå om det kvantitetsmessig er mulig å forbedre utskiftningene i Oslofjorden.

#### I. Månedsfordelt ferskvannstilførsel til Oslofjorden.

For å beregne ferskvannstilførselen er to forskjellige metoder mulige:

- a. Avløpet til Oslofjorden kan anslås direkte ved hjelp av avløpsdata.
- b. Avløpet kan beregnes som en differens mellom nedbør og fordunstning.

Fordelen ved metode a. er at den er forholdsvis nøyaktig når representative og dekkende data foreligger. I Oslofjordens tilfelle er avløpsdata sjeldne og har for det meste en årlig verdi.

Metode b. er generelt ikke så nøyaktig. Den tar heller ikke hensyn til retensjon (sne, magasiner). På den annen side må avløp fra selve Oslofjordens overflate anslåes på denne måte.

Etter en oversikt av de data som eksisterer ble en metode valgt som kombinerer de to ovennevnte metodene.

Av avløpsdata foreligger et arbeide av Halvor Eika: <sup>1)</sup> "Oslofjordens forurensing og rensing" 1956. Et gjennomsnittlig årlig avløp på ca.  $25 \text{ m}^3/\text{sek}$  er her nevnt, og det ser ut til å stemme godt overens med hva som her beregnes.

Avløpsdata over en tiårsperiode (1941 - 1952) fra Jaren <sup>2)</sup> er her brukt. Mest vekt er imidlertid lagt på avløpsdata fra et forsøksfelt (Norges Vassdragsvesen) på Ski. <sup>3)</sup> Også her dreier det seg om en periode på ti år (1952 - 1962).

Nedbørdata er tatt fra "Nedbøren i Norge". <sup>4)</sup> Nedslagsfeltet til Oslofjorden innenfor terskelen ved Drøbak ( $1387,6 \text{ km}^2$ ) ble delt opp i 14 delfelter og nedbøren beregnet for hvert av disse feltene på en månedlig basis. En gjennomsnittlig nedbør for hele nedslagsfeltet ble så regnet ved å vekte disse tallene i henhold til areal. Ved å bruke en stasjon på Nordstrand, en i Oslo og en i Asker ble også en representativ nedbør beregnet for selve Oslofjorden.

Av fordunstningsdata foreligger to kilder: Et arbeid gjort av overing. Sognen, N.V.E., <sup>5)</sup> og noen data teoretisk beregnet av Dr. W. Johannessen, Meteorologisk Institutt. <sup>6)</sup>

Sognens data gir bare en årlig fordunstningsverdi (ca. 300 mm for Oslo-området). Johannessen har prøvd å bryte dette ned i potensiell fordunstning fra vann og fra gress og gir månedlige verdier. Avløpet fra Oslofjordens vannoverflate er beregnet direkte fra Johannessens tall. Et omtrentlig avløp fra nedslagsfeltet er beregnet ved å benytte Johannessens tall etter at disse er blitt redusert med 70 % for å stemme med Sognens mer reelle verdi. Imidlertid er sne-retensjon og liknende ikke her tatt

med. De beregnede avløpstall ble så justert for å gi en forde-  
ling i overensstemmelse med de avløpstall som er observert på  
Jaren og på Ski. En kan si at de endelige tall således er en  
del skjønnsmessig justert mens det totale, årlige avløp er  
beregnet.

Ved så å legge sammen avløp fra nedslagsfeltet og fra selve vann-  
overflaten kan en få en idé om ferskvannsutstrømningen gjennom  
Drøbak (se figur 4 og 5). Ferskvannsutstrømningen er gitt i  
 $m^3/sek$ , men dette vil ikke si at ferskvannsutstrømningen ved  
Drøbak er konstant.

Til slutt må tilføyes at disse er omtrentlige og gjennomsnittlige  
tall. Usedvanlige meteorologiske eller hydrologiske forhold  
vil selvfølgelig spille en stor rolle.

## II. Tidevannsanalyse fra Oslofjorden sommeren 1963.

### Motivering.

Idéen bak disse målingene var først og fremst å få sammenlignet  
tidevannshøyden utenfor Drøbak med den innenfor for å finne et  
eventuelt friksjonstap. Deretter å finne hvor mye vann som strøm-  
mer inn og ut som forelagt i den matematiske formulering og de  
tidsperioder og tidsforskyvninger forbundet med denne ut- og inn-  
strømning.

Med andre ord, å finne Drøbaksundets og Oslofjordens kvantitative  
effekt på utskiftningene som skjer på grunn av tidevannet.

### En forenklet matematisk formulering.

Dette korte studium er basert på nivåmåtere plassert på tre stra-  
tegiske punkter i Oslofjorden. Den matematiske formulering som  
her er foretatt er derfor selvfølgelig tilpasset datamaterialet  
som foreligger.

- $q_u$  = vannføring ut gjennom Drøbaksundet ( $m^3/sek$ ).
- $q_i$  = vannføring inn gjennom Drøbaksundet ( $m^3/sek$ ).
- $t_u$  = utstrømningstid (sekunder).
- $t_i$  = innstrømningstid (sekunder).
- $h_n$  = høydeforskjell mellom flo og fjære (m).
- $h_o$  = høydeforskjell mellom fjære og flo (m).
- $q_f$  = ferskvannstilstrømning ( $m^3/sek$ ).
- $A$  = overflateareal av Oslofjorden innenfor Drøbak-  
terskelen ( $m^2$ ).
- $T$  = tidevannsperioden (sek).

Fra kontinuitetsberegninger:

$$\text{Utstrømning: } q_u dt_u = q_f dt_u + Adh_n \quad (1)$$

$$\text{Innstrømning: } (q_i + q_f) dt_i = Adh_o \quad (2)$$

$$\text{Tidevannsperiode: } t_i + t_u = T \quad (3)$$

$$\text{Fra ligning (1): } q_u = q_f + A \frac{dh_n}{dt_u} \quad (4)$$

$$\text{Fra ligning (2): } q_i = A \frac{dh_o}{dt_i} - q_f \quad (5)$$

Ved å anta at  $h_o = h_n$  kan en regne ut ferskvannsforholdet i  $q_u$ :

$$\frac{T \cdot q_f}{Ah_n + q_f t_u} \quad (6)$$

Den totale utstrømning og innstrømning pr. tidevannsperiode kan også regnes ut:

$$\text{total utstrømning: } Q_u = \int_0^{t_u} q_u dt_u = q_f t_u + Ah_n \quad (7)$$

$$\text{total innstrømning: } Q_i = \int_0^{t_i} q_i dt_i = Ah_o - q_f t_i \quad (8)$$

Ikke noe forsøk vil her bli gjort for å bestemme hastigheter i Drøbaksundet. En kan bare tilføye at den gjennomsnittlige fordeling av utstrømnings- og innstrømningshastighet skulle følge de kurver som senere i denne rapport vil bli bestemt for henholdsvis  $q_u$  og  $q_i$ .

Hvis det senere viser seg påkrevet så kan også et eller to representative tverrsnittsarealer bestemmes for å beregne de respektive hastigheter fra  $q_u$  og  $q_i$ .

#### Målinger.

Ved siden av de data brukt for å beregne ferskvannstilstrømningene og generelle topografiske opplysninger som overflatearealer, dyp og volmer, er data fra tre nivåmålere brukt.

Disse nivåmålere var av standard "Ott" type. De to, plassert henholdsvis på Oscarsborg og i Oslo havn, hadde utveksling 1 : 20,

den i Drøbak utveksling 1 : 5. Det hadde, av hensyn til bearbeidingen av datamaterialet, vært å foretrekke at alle målere hadde hatt utveksling 1 : 5.

Alle målere hadde en omløpstid på en uke. Papir ble således snudd eller skiftet hver mandag. Målerne gikk på standard tid.

Målerne på Oscarsborg og i Oslo havn er permanente. I Oslo havn blir målingene administrert av Oslo Havnevesen, på Oscarsborg av Kystforsvaret. Resultatene av begge målerne blir sendt til Norges Geografiske Oppmåling hvor analysering av resultatene blir foretatt.

Måleren ved Drøbak som lå ved "Glennes Bilverksted", ca. 1 km syd for Drøbakterskelen ble montert og administrert av NIVA.

Som før nevnt fikk en ved hjelp av disse nivåmålerne registrert tidevannshøyden på de tre forskjellige stedene som en funksjon av tiden.

Noen isolerte målinger av tidevannshøyder ble også foretatt inne i Bundefjorden.

Alle tall og figurer brukt i denne rapporten angående tidevannsmålere er analysert og observert direkte fra kurvene av NIVA.

Meteorologiske faktorer som vind og nedbør er også kvalitativt og til en viss grad kvantitativt tatt med i analysen.

De data som er observert og brukt er gjengitt i tabellform og delvis i kurveform i slutten av denne rapport.

#### Databehandling.

For å kunne gi en bedre oversikt over hva som her er gjort vil jeg i all korthet prøve å beskrive analyseringsmetoden som er brukt.

Ved siden av ferskvannstilstrømningen som tidligere er behandlet, samt data over arealer og volumer av Oslofjorden, plus fastpunkter i forbindelse med tidevannsmålerne, foreligger de innsamlede data bare i én form, nemlig som nivåmålinger. Dette vil ikke si at det er den eneste måte å analysere og behandle problemet på, men med den tid som var til disposisjon og problemstillingen som

den artet seg i juni 1963, egnet bruken av nivåmålinger seg til en analyse av problemet.

De rene kurver som registrert av Ott-målerne og som fremstilt i figurene 9 og 14 (en sammenligning av vannstandene i Drøbak og Oslo havn og vannstandene i Oslofjorden den 12/7), viser rent kvantitativt ikke særlig mye. Med de rene nivåkurver får en mest bare et overfladisk inntrykk av problemet.

Det første som derfor er gjort er å lese av respektive høyder og klokkeslett. Dette er satt opp i tabellform (tabellene 1, 2, 3 og 4), hvor klokkeslett for flo og fjære, og høydeforskjellen mellom flo og fjære, og fjære og flo for Drøbak, Oscarsborg og Oslo havn, er anført.

Med disse tall dannes således et bilde over amplituder, innstrømningstider, utstrømningstider og tidsforskjeller på de tre stasjoner som ble benyttet (tabell 5).

Med dette som grunnlag er en i stand til å beregne den totale utstrømning gjennom Drøbaksundet for hver tidevannsperiode. Ved å multiplisere amplituden med fjordens areal, og ved å legge til ferskvannstilstrømningen som i ligning 7, kan en med letthet beregne kurvene i figurene 6 og 7. Videre kan en ved å bruke ligning 6 beregne ferskvannsforholdet i  $q_u$ , som vist i figur 8.

I figur 10 er de kronologisk overensstemmende amplituder for Oslo havn og Drøbak plottet mot hverandre for å se en eventuell sammenheng.

I figur 11 er inn- og utstrømningstidene ved Drøbak fremstilt som et integrert histogram for å se den statistiske spredning og median. Denne figur er et resultat av 55 målinger og kan sikkert fremstilles med større sikkerhet hvis flere målinger taes. Ut fra denne figur er tatt den gjennomsnittlige ut- og innstrømningstid brukt i figurene 6, 7 og 8.

I figur 12 er plottet ut- og innstrømningstid og tidsforskjell på flo og fjære mellom Oslo og Drøbak som en funksjon av amplituden i Oslo. Disse tallene er tatt direkte fra tabellene 1, 2, 3 og 4.

Et forsøk på en direkte sammenligning av tidevannshøydene som målt av nivåmålerne er foretatt i figur 14.

En kan således se at med unntak av figur 13, som skal behandles til slutt, er alle figurene og tabell 5 direkte fremkommet ved å benytte det tabellarisk oppstillede observasjonsmaterialet.

Figur 13, variasjoner i inn- og utstrømningsmengder ved Drøbak, er derimot kalkulert i henhold til ligningene 4 og 5. En gjennomsnittlig ferskvannstilstrømning på  $13 \text{ m}^3/\text{sek}$  for juni/juli er benyttet i beregningene.

Ved å betrakte ligning 4 og 5 finner en at det er nødvendig å differensiere eller å avlese gradienten på nivåkurvene for å kunne regne ut inn- eller utstrømningen. Dette ble gjort ved å lese av høyden på nivåkurven hver halvtime, og ta differansen av disse høydene og dele på antall sekunder i en halvtime. En gjennomsnittlig gradient for denne halvtimen er således beregnet.

Tre kurver for tre forskjellige dager som var nokså representative, men hadde forskjellige amplituder, er benyttet. Ved ikke å bruke så typiske tilfeller kan sikkert kurver med helt annen form oppnås. Kurven for 21/6 har en karakteristisk form også som nivåkurve. Dette gir selvfølgelig knekken i innstromningskurven.

Som en kontroll på denne metoden er disse utskiftningskurvene integrert, og de totale vannmasser en får på denne måte sammenlignet med de vannmasser amplituden multiplisert med arealet plus/minus ferskvann gir. Med andre ord, begge sider av ligningene 7 og 8 er regnet ut som en kontroll. Resultatet gjengis i følgende tabell:

Dato	amp-litude	Ah $\pm q_f t$	$\int_0^t qdt$	% avvikelse
21/6	innst.	30	$60 \cdot 10^6$	$59,8 \cdot 10^6$
	utst.	31	$61,5 \cdot 10^6$	$57 \cdot 10^6$
30/6	innst.	41	$78,5 \cdot 10^6$	$78,5 \cdot 10^6$
	utst.	42	$80,5 \cdot 10^6$	$79,0 \cdot 10^6$
6/7	innst.	26	$50 \cdot 10^6$	$46,5 \cdot 10^6$
	utst.	25	$48 \cdot 10^6$	$47,5 \cdot 10^6$

På grunn av den gunstige målestokken (1 : 5) for måleren ved Drøbak er disse kurvene bare fremstilt på grunnlag av observasjoner på dette punktet. For bedre å forstå kurvene for utskiftningsmengdene burde flere tilfeller vært regnet ut.

Resultater.

Siden nesten alle data foreligger som figurer eller tabeller er det i det følgende foretatt en kort diskusjon av tabell 5 og hver figur.

Tabel 5:

Fra denne tabell kan i første rekke de gjennomsnittlige amplituder, innstrømningstider og utstrømningstider avleses. Den siste kolonne viser de gjennomsnittlige verdier over tidsrummet 17/6 - 15/7. En ser her at amplituden ved Oscarsborg var uvesentlig mindre enn i Drøbak. Som definert i et tidligere arbeid (B.Glenne and T. Simensen: <sup>7)</sup> Tidal Current Choking in the Landlocked Fjord of Nordåsvatnet, Sarsia 11, 19 March 1963) gir dette en "choking coefficient" på:

$$(100)x 29,4 / 29,7 = 99 \text{ \%}.$$

Altså en svært liten demping. En kan også si at friksjonen i Drøbaksundet har meget liten innflytelse på den kvantitative inn- og utstrømning.

Fra arbeidet i Nordåsvatnet har vi funnet at en demping vil føre til kortere innstrømningstid og lengre utstrømningstid. Som vi ser er dette også tilfelle for Drøbaksundet. Her er imidlertid forskjellen bare ca. 2 %. Innenfor Drøbakterskelen ser vi at inn- og utstrømningstiden er omtrent den samme for Oslo og Oscarsborg.

Fra tidsforsinkelsene mellom Drøbak og Oslo, og Drøbak og Oscarsborg, ser vi at forskjellen er uvesentlig mellom Oslo og Oscarsborg. Det vil si at den vesentlige delen av tidsforskjellen finner sted mellom Drøbak og Oscarsborg. Dette kan også sees fra figur 14.

Med hensyn til spørsmålet om målingene bør fortsettes for derved å oppnå nøyaktigere resultater, er å si at den gjennomsnittlige amplitude selvfølgelig vil variere. Hva angår inn- og utstrømningstidene så må man tro at tallene ikke vil variere vesentlig. Tallene er regnet ut på grunnlag av 52 forskjellige målinger.

På den annen side kan det hende at tidsforsinkelsene kan variere. En regner her på grensen av målensyaktigheten, og tallene som er

ført inn i tabellene 1, 2, 3 og 4 er ikke særlig stablie. Fra en nivåkurve (7 dagers observasjoner) er det vanskelig å avlese flo eller fjære med større nøyaktighet enn plus/minus 10 minutter. Dette forklarer variasjonen som tallene i disse tabellene viser.

Figur 6:

Fra ligning 7 er fremstilt figur 6 for å vise hvilke vannmasser som føres ut gjennom Drøbaksundet og hvilken rolle og innflytelse amplituden og ferskvannstilførselen har. En minimum ferskvannstilførsel på  $0 \text{ m}^3/\text{sek}$  og en maksimum på  $50 \text{ m}^3/\text{sek}$  er valgt for å illustrere.

Figur 7:

Denne figur uttrykker det samme som den foregående, bare at utstrømningen er vist i prosent av Oslofjordens samlede volum innenfor Drøbakterskelen ( $9,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ ). En verdi på 0,6 % vil altså si at med en 100 % effektiv tidevannspumpe skulle alt vannet teoretisk skiftes ut hver 86,5 dag.

Figur 8:

Hvis en kombinerer figur 6 med ligning 6 så kan en regne ut ferskvannsforholdet i det utstrømmende vann ved Drøbak som en funksjon av amplituden. Tre typiske ferskvannstilstrømninger er valgt som parameter. En kan se at det er først ved små amplituder under flom om våren eller ved sterk nedbør om høsten at ferskvannsprosenten kan komme opp i en 6 - 7 %. Det normale vil være ca. 2 - 3 %.

Sett på bakgrunn av hvor ustabil tidevannspumpen er, og de usynligheter som må regnes med ved prøvetagning, er det sannsynlig at det er vanskelig å regne nøyaktig på grunnlag av salinitetsmålinger.

Figur 9:

Figuren viser sammenhengen mellom nivåmålingene i Oslo og i Drøbak fra den 17/6 til den 22/6. Høydene er referert til fastpunkter som igjen er referert til N.G.O.-null av 1954.

Nord- og syd-komponentene av vinden er også tegnet inn for den samme periode for Fornebu og Rygge flyplass.

Fra den 18/6 til den 19/6 hadde man en stor nivåsvingning på ca. 0,65 meter. En kan se at selv under slike unormale forhold så følges tidevannskurvene for Oslo og Drøbak svært godt ad. Drøbak er selvfølgelig den drivende funksjon og Oslo den som følger. En kan her se den typiske tidsforskjell og også at amplituden i Oslo er noe større enn i Drøbak. Den 19., 20., og 21. juni kan en også se den karakteristiske knekk på kurven i Oslo, idet den går fra fjære til flo. Jeg skal komme tilbake til dette under figurene 13 og 14.

Vindobservasjoner i forbindelse med strømmålinger i Oslofjorden ble også foretatt av Herman G. Gade i 1959.<sup>8)</sup> De viste det samme som en her kan se, at noen isynefallende sammenheng mellom vind og vannstand eller strøm kan en ikke si eksisterer. En trodde først at det store spranget den 18/6 - 19/6 var på grunn av sterk sydlig vind, men det ser imidlertid ikke slik ut. Det bør på den annen side tilføyes at måleperioden i dette tilfellet er altfor kort til å kunne trekke noen generell slutning angående vannstanden som en funksjon av vinden.

Figur 10:

Den korresponderende amplitude for Drøbak og Oslo Havn er her plottet for å se sammenhengen og variasjonen eller spredningen.

Som en ser så er den korresponderende tidevannsforskjell i Oslo definitivt større enn den i Drøbak. Avvikelsen ser ikke ut til å være lineær med amplituden, men heller en konstant på ca. 3 cm. Fra tabell 5 får en en gjennomsnittlig forskjell på 2,6 cm for tiden 17/6 - 15/7.

På side 553 i "The Oceans" av Sverdrup, Johnson og Fleming diskuteres problemet med tidevann i fjorder. En enkel forsterkning av amplituden skjer hvis  $T_f/T_c$  er mindre enn 1. For Oslofjorden er

$$T_c = 12,42 \text{ timer} = 44712 \text{ sekunder}$$

$$T_f = 4L/c \quad \text{hvor } L = \text{fjordens lengde}$$
$$c = \sqrt{gh} = \sqrt{\frac{A}{B}} \quad h = \text{dybde}$$

$$\text{hvis vi setter } L = 30 \text{ km} = 30000 \text{ meter}$$

$$h = A/B = 58 \text{ meter.}$$

$$T_f = \frac{\frac{4}{3} \times 30\,000}{\sqrt{9,80} \cdot 58} = 5043 \text{ sekunder} = 1,40 \text{ timer}$$

$$T_f/T_c = 1,40/12,42 = 0,11$$

Med  $T_f/T_c = 0,11$  skulle altså en svak forstørrelse av amplituden ved Drøbak finne sted ved Oslo Havn. Som vi før har sett så er forstørrelsen omtrent:

$$\frac{32,3 - 29,7}{29,7} \times 100\% = 8,8\%$$

Disse tall er selvfølgelig omtrentlige og vil variere litt fra måned til måned. Størrelsesordenen er det imidlertid ingen tvil om.

Den ekstreme amplitide på ca. 0,65 meter som en ser i figur 10 kommer fra den før omtalte svingning av 18/6 - 19/6.

Med noen flere målinger kunne en foreta en statistisk analyse for å bestemme spredningen av amplitude-sammenhengen mellom Drøbak og Oslo. På det nåværende stadium ser det imidlertid ikke ut til å være direkte behov for en slik analyse.

En har derfor valgt å vise den statistiske spredningen i tidevannsdataene ved hjelp av ut- og innstrømningstidene, som vist i figur 11.

#### Figur 11:

Denne figuren ligger til grunn for utarbeidingen av nesten alle andre figurer. For en kan beregne ferskvannstilførselen og således totalutstrømningsmengde må en vite ut- og innstrømningstiden i Drøbaksundet. Disse tidene for utstrømning og innstrømning gir kanskje noe av det mest forbausende resultat av denne kortvarige undersøkelsen.

Median utstrømningstid =  $5^{18}$  timer

" inn " =  $7^{05}$  timer.

Som ventet er denne tiden ikke helt lik den gjennomsnittlige som vist i tabell 1. Ved et nøyere studium av kurvene i figur 11 kan dette enkelt forklares.

Et integrert histogram ble valgt istedenfor en Gauss kurve, da en Gauss-kurve ville bli for uregelmessig på grunn av dataenes art.

Uten å gå til en lengre statistisk utredning kan man se på kurvenes gradient at fenomenet er svært uregelmessig. Det vil si at gjennomsnittlige og median verdier, når det er spørsmål om å studere strømforhold og kvalitetsmessige utskiftninger, kan bety svært lite hvis en ikke er klar over den veldige variasjon som tidevannsproblemet har innebygget i seg selv.

Et svært interessant og nyttig problem ville selvfølgelig være å finne noen av årsakene til denne store spredningen. Wind og meteorologiske forhold blir ofte nevnt, men enda er det ikke påvist noen direkte relasjon mellom disse parametrene.

Figur 12:

Et rent logisk forhold er forsøkt fremstilt i denne figuren. Det er nærliggende å tro at inn- og utstrømningstiden er en funksjon av amplituden og at også kanskje tidsforsinkelsen mellom Drøbak og Oslo varierer med amplituden.

Dette resonnement følger når en tenker seg den drivende kraften i systemet, nemlig tidevannet utenfor Drøbak, som sammensatt av tre kontrollerende og definerbare størrelser: amplituden, og perioden som vi kan dele opp i innstrommingstid og utstrommingstid. Vi har før sett at inn- og utstrommingstiden utenfor og innenfor Drøbak følger hverandre ganske nøyte, og at amplitudene har en viss sammenheng (se tabell 5 og figur 10). Det neste spørsmål er om det er en sammenheng mellom amplituden og perioden.

I figur 12 er plottet inn- og utstrommingstid som en funksjon av amplituden for Oslo Havn. Ingen synlig sammenheng kan sees å eksistere.

Tidsforskjellen på flo/fjære mellom Drøbak og Oslo er også plottet som en funksjon av amplituden i Oslo. Heller ikke her er en sammenheng synlig.

Fra modellstudier i forbindelse med vannbølger vet en at amplituden ikke nødvendigvis er en funksjon av perioden eller omvendt. Det samme ser altså også ut til å være tilfelle i en fjord.

Figur 13:

Beskrevet gjennom ligningene 4 og 5 og i databehandlingen er hvordan det er mulig å beregne vannmassene som til enhver tid

går ut eller inn gjennom Drøbaksundet. Nivåmåleren som her ble brukt lå ca. 900 meter utenfor terskelen, men allikevel er det å tro at tallene vist i figur 13 er representative for de dager målingene ble foretatt.

En ser som ventet at innstrømningen skjer over et lengre tidsrum enn utstrømningen, men at derimot (med 30/6 som unntagelse) utstrømningsperioden gir høyere verdier i  $m^3/sek.$

Utstrømningskurven er også langt jevnere enn innstrømningskurven. Dette må føres tilbake til knekken som finnes på nivåkurven, idet denne går fra fjære til flo! Som en kan se fra figur 9 så er denne knekken noen ganger mer utpreget enn andre ganger. I tilfallet med kurven fra 21/6 (se figur 9) så er den valgt med spesiell interesse for å se hvilken rolle en slik knekk i vannstandskurven spiller på variasjon i innstrømningsmengde. Allikevel kan man spore dette fenomenet også på de to andre innstrømningskurvene.

At inn- og utstrømningsmengden er en funksjon av amplituden er selvsagt, men fra figur 13 kan man se at maksimal inn- og utstrømningsmengde ikke varierer direkte med amplituden.

Det er å håpe at kurvene i figur 13 kan være til nytte når man kvalitetsmessig forsøker å bestemme inn- og utstrømningsmengden gjennom Drøbaksundet.

#### Figur 14:

For bedre å forstå problemet i indre Oslofjord så er manuelle nivåmålinger foretatt den 12/7 ved Blylaget i Bundefjorden. De fire nivåkurver fra Drøbak, Oscarsborg, Oslo Havn og Bundefjorden er fremstilt i figur 14.

Man må her gjøre oppmerksom på at de absolutte nivåer for Bundefjorden og Oscarsborg er justert. Det vil si at kurvene er bundet på abcissen av tiden, mens ordinatene er tilpasset slik som det ser riktig ut. I Bundefjorden var ikke et fastpunkt enkelt tilgjengelig, og fastpunktet oppgitt på Oscarsborg av herr Jelstrup i N.G.O. ser ut til å ligge ca. 6 cm for høyt. Siden det er svært urimelig at vannstanden ved Oscarsborg til enhver tid skal ligge høyere enn i Oslo eller Drøbak så ble dette fastpunktet ikke medregnet. Fra figur 14 kan en se at innenfor en nøyaktighet på ca.  $\pm 2$  mm må kurvene ved Bundefjorden og Oscarsborg ligge som de er fremstilt.

Hva som tydelig fremkommer av figur 14 er at Oscarsborg stort sett følger Drøbak bare med den før omtalte tidsforsinkelse, og at Bundefjorden og Oslo Havn også stort sett følger hverandre. Hva virker spesielt er at fra flo til fjære ligger både Oslo Havn og Bundefjorden foran Oscarsborg i tid. Angående nøyaktigheten så må en huske på at både kurven for Oscarsborg og Oslo opprinnelig er tegnet i målestokk 1 : 20 og derfor ikke er så pålitelige som de for Drøbak og Bundefjorden.

Hva man i første rekke ønsker å vise med figur 14 er at den større amplituden i Oslo ikke er et lokalt fenomen, likeledes den nå meget omtalte knekken på kurvene i indre Oslofjord ved stigende vannstand. En ser også noen uregelmessigheter på kurven fra Drøbak fra fjære til flo, men på langt nær så utpreget som i Oslo og Bundefjorden.

Hva denne knekken er forårsaket av er ikke klarlagt. I begynnelsen av analysearbeidet trodde man at det var et resonnansfenomen med en harmonisk stående bølge. Imidlertid så stemmer ikke bølgelengden overens med den resterende kurve. Ved å studere nivåkurvene for resten av måneden så ser man at knekken ikke nødvendigvis alltid er tilstede. Til sine tider finnes den også i kurven fra Drøbak.

Noe inngående studium av saken er ikke foretatt, men det fortørner seg som om det kan være en slags stående bølge, eventuelt forårsaket av vannstanden utenfor Drøbak og forstørret av de topografiske og naturlige forhold i indre Oslofjord.

Kanskje professor Fjeldstad ved Universitetet i Oslo kunne være til hjelp med dette problemet. Han var på ferie på det tidspunkt da dataene ble bearbeidet og denne rapporten skrevet.

### III. Sammenfatning.

Som sagt i problemstillingen så har denne rapporten prøvd å klarlegge enkelte av forholdene i forbindelse med ferskvannstilstromningen og tidevannsutskiftningene i Oslofjorden. Dette skulle være tydelig nok uttrykt under kapitel I og II.

Spørsmål nummer to var om det kvantitetsmessig var mulig å forbedre utskiftningene i Oslofjorden. Eventuelt da med å spreng

bort sjéén ved Drøbak, utvide Drøbaksundet, fjerne Blücher, bore tunnel fra Bundefjorden eller andre mulige løsninger.

Dertil er å svare at med en eksisterende "choking coefficient" på ca. 99 % er det vanskelig å føre mere vann inn i Oslofjorden. Det vil si at friksjonen i Drøbaksundet er svært liten og at lite energi går her tapt. Så uten å tilføre energi er det vanskelig å bringe mere vann inn i Oslofjorden.

Fra figur 14 kan en også for eksempel se at den største høydeforskjell som eksisterer mellom Bundefjorden og Drøbak er ca. 3 cm. Dette fortører seg som en liten gradient for å føre vann gjennom en 3,5 km lang tunnel.

Kvantitetsmessig kan en derfor si at det skal vanskelig gjøres å forbedre utskiftningene i Oslofjorden over hva de idag er uten å tilføre energi i form av pumper etc.

Nå som denne undersøkelsen på en måte er avsluttet og tallene ligger klare for andre å bruke vil denne forfatteren benytte anledningen til å foreslå at den kvalitetsmessige siden av saken blir en av de neste postene på dagsordenen.

En bør her ikke glemme muligheten av å løse problemet eller en stor del av problemet ved et modellforsøk. En slik modell kan også senere være til stor nytte angående utslipp og byggefaser.

Når vi allikevel har en utmerket institusjon som Vassdragslaboratoriet i Trondheim, spesialister i å bygge modeller, så bør i det minste et økonomisk overslag over hvor mye en slik modell vil koste og hva den kan gjøre, foreligge.

Så står det bare igjen å si at oppgaven har vært veldig interessant for forfatteren, og selv om tiden har vært knapp håper jeg at arbeidet er utført til tilfredsstillelse for de som til å begynne med stilte seg så skeptiske til hele problemet og måten å utføre det på.

Jeg takker således instituttsjef Kjell Baalsrud og siv.ing H. Munthe-Kaas som gjorde arbeidet mulig. Jeg takker også siv.ing. T. Simensen og tekniker E. Bergan for gode råd og godt samarbeid.

B. GLENNE.  
(sign.)

LITTERATUR.

1. Eika, Halvor: "Oslofjordens forurensing og rensing" 1956.  
Teknisk Ukeblad nr. 46, s. 1054 - 1059 (1956).
2. Norges Vassdrags- og elektrisitetsvesen, Hydrologisk Avdeling:  
"Hydrologiske Undersøkelser i Norge". H. Aschehoug & Co.,  
Oslo (1958).
3. Norges Vassdrag- og elektrisitetsvesen, Hydrologisk avdeling.  
Ikke publisert.
4. Meteorologisk institutt: "Nedbøren i Norge 1895 - 1943".  
H. Aschehoug & Co., Oslo (1949).
5. Søgnen, Reinhardt, Norges Vassdrags- og elektrisitetsvesen,  
Hydrologisk avdeling. Ikke publisert. X
6. Johannessen, W., Meteorologisk institutt.  
Ikke publisert. X
7. Glenne, B. og Simensen, T.: "Tidal Current Choking in the  
Landlocked Fjord of Nordåsvatnet". Sarsia 11, 19. mars 1963.
8. Gade, Herman G.: "Some hydrographic observations of the  
inner Oslo Fjord during 1959 - Preliminary Report".  
Geofysisk Institutt, Bergen.
9. Sverdrup, Harald U., Johnson, Martin W. og Fleming, Richard H.:  
"The Ocean". Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.,  
U.S.A. (1942).

Tabell 5.

Amplitude (i cm) innstrømningstid og utstrømningstid (i timer og minutter):

		uken 17/6-24/6		uken 24/6-1/7		uken 1/7-8/7		uken 8/7-15/7		Gjennomsnitt 17/6-15/7	
	ampl.	innstr.	utstr.	ampl.	innstr.	ampl.	innstr.	ampl.	innstr.	ampl.	innstr.
Drobak	33,8	7 <sup>02</sup>	5 <sup>25</sup>	29,1	6 <sup>27</sup>	5 <sup>58</sup>	30,4	7 <sup>03</sup>	5 <sup>12</sup>	25,6	6 <sup>56</sup>
Oscarsborg	33,8	7 <sup>13</sup>	5 <sup>12</sup>	28,6	6 <sup>26</sup>	6 <sup>07</sup>	30,1	6 <sup>38</sup>	5 <sup>40</sup>	25,1	6 <sup>48</sup>
Oslo Havn	35,0	7 <sup>05</sup>	5 <sup>25</sup>	31,8	6 <sup>24</sup>	6 <sup>02</sup>	32,7	6 <sup>45</sup>	5 <sup>32</sup>	29,6	6 <sup>48</sup>

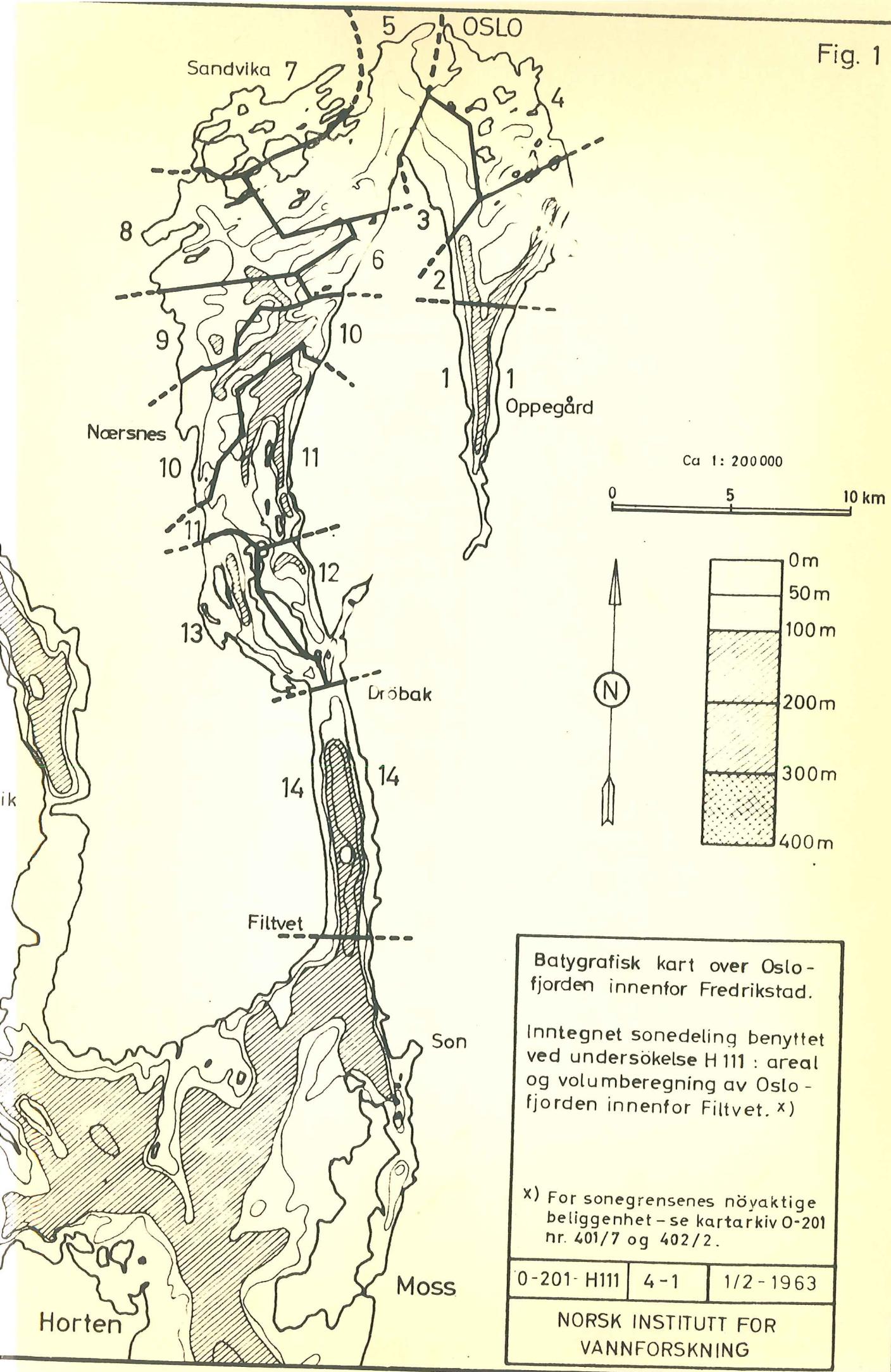
Gjennomsnittlig tidsforsinkelse 17/6 - 15/7 på fjære vann mellom Drøbak og Oscarsborg: 42 minutter

" " " " " " " " " " " " Oslo Havn : 40 minutter

" " " " " " " " " " " " vann mellom Drøbak og Oscarsborg: 35 minutter

" " " " " " " " " " " " Oslo Havn: 34 minutter

Fig. 1



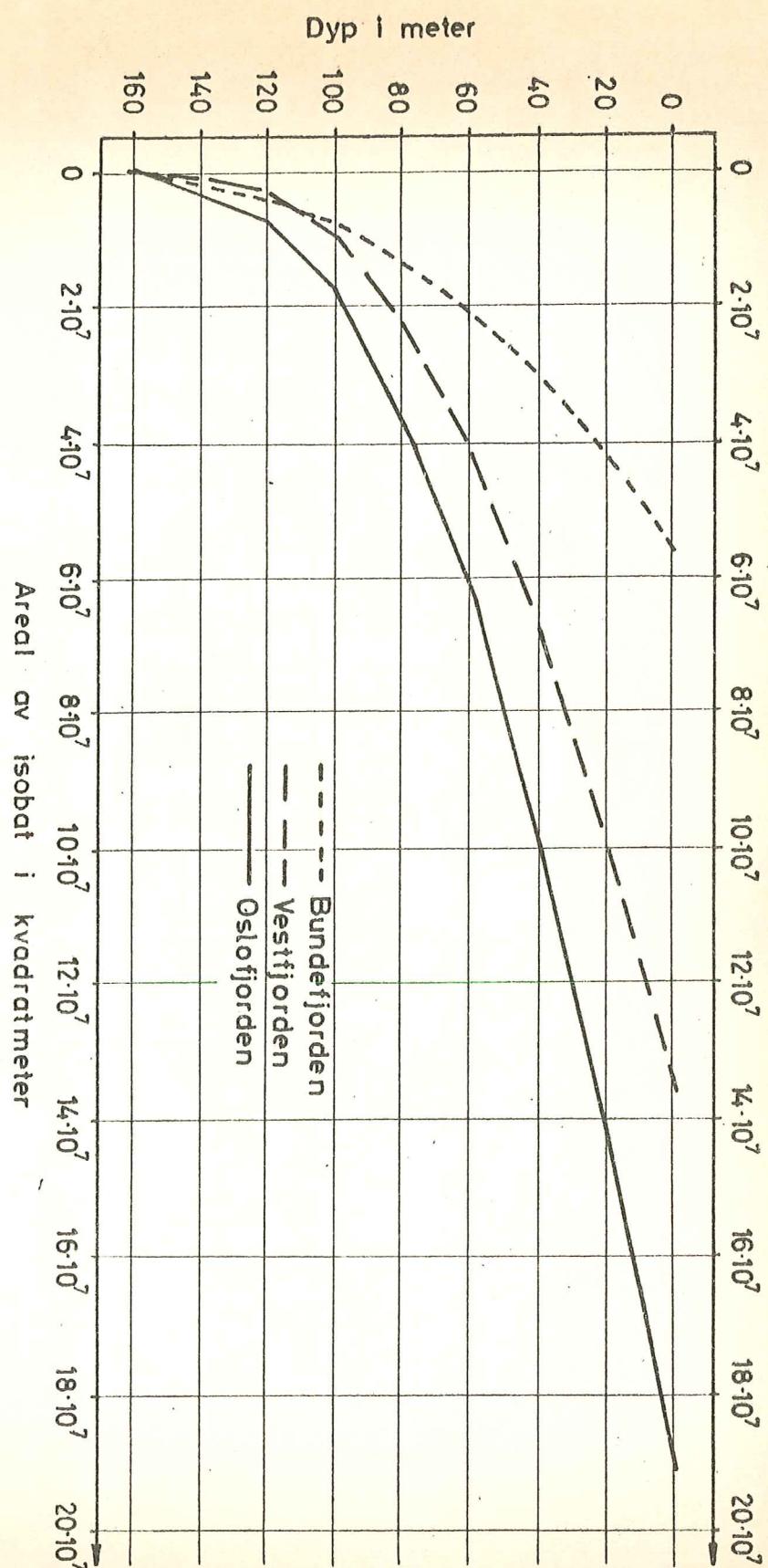


Fig. 2

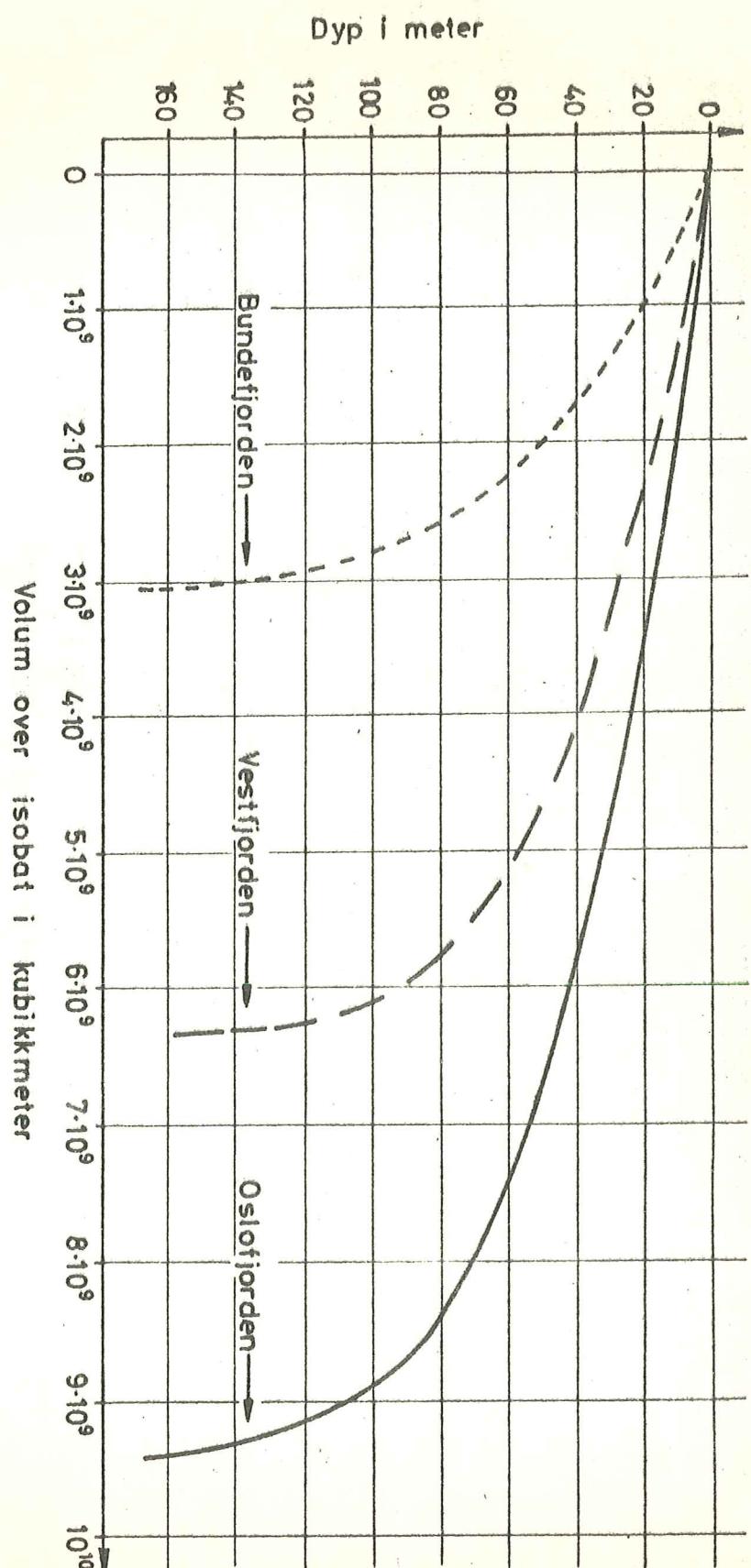


Fig. 3.

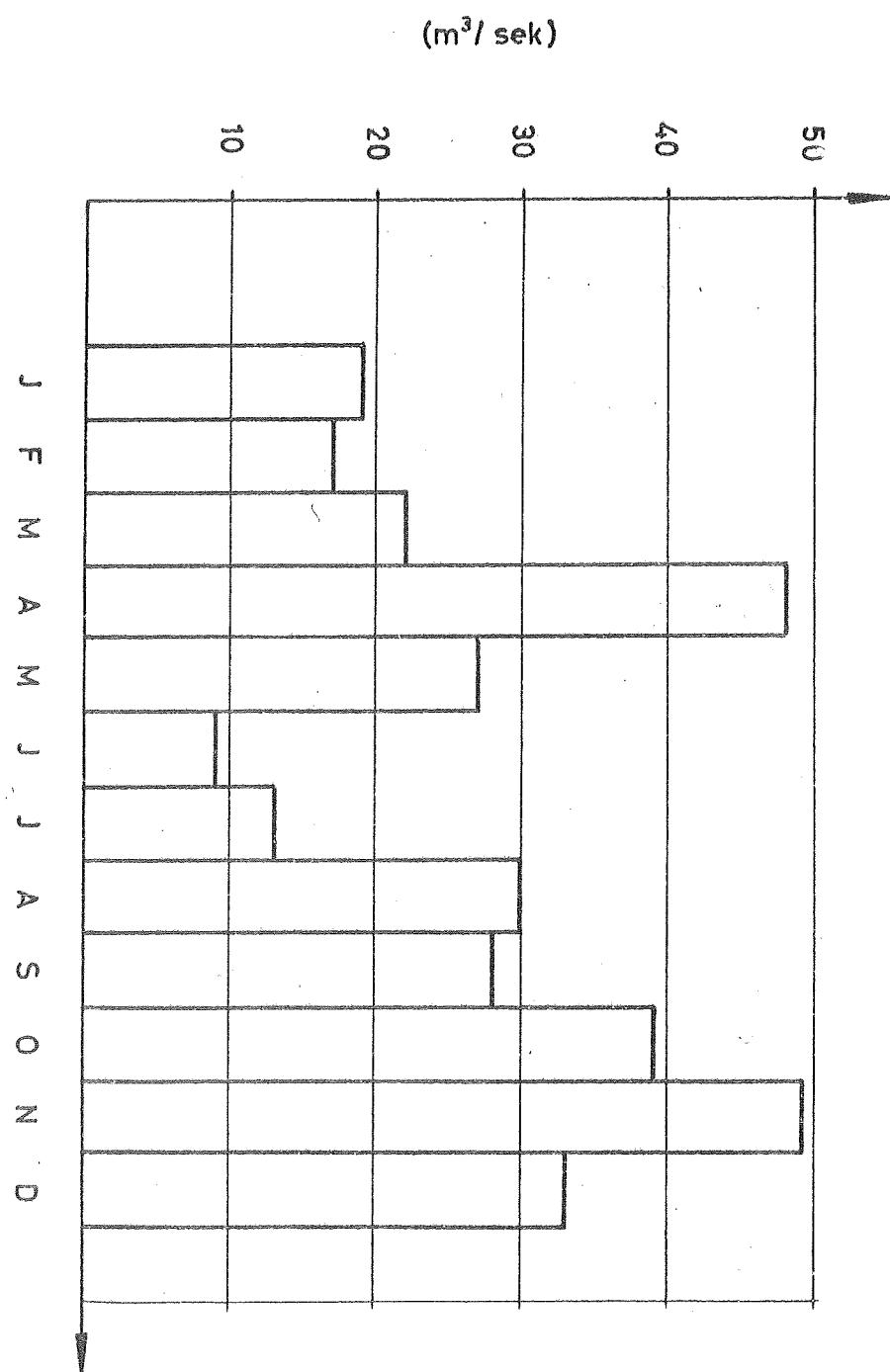


Fig. 4

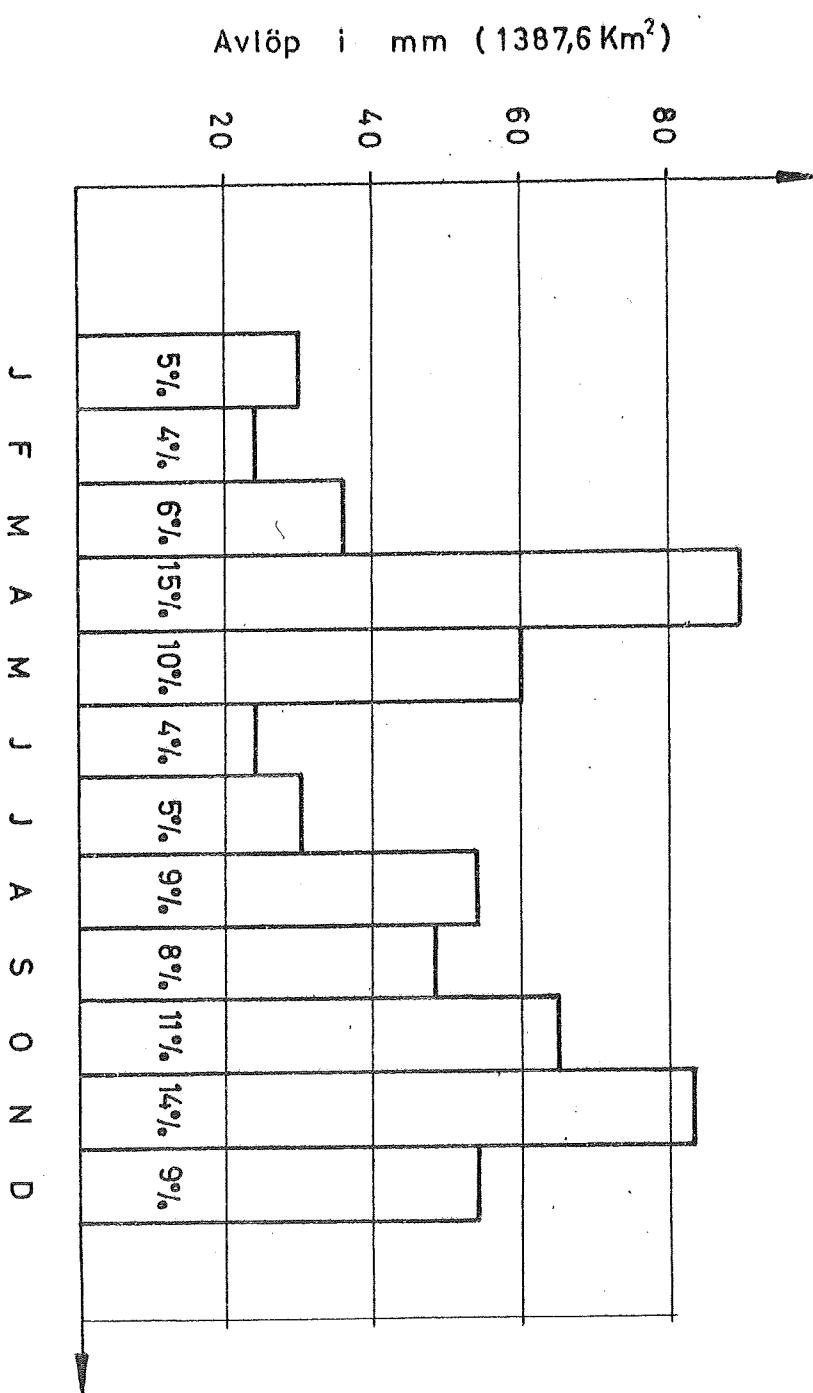
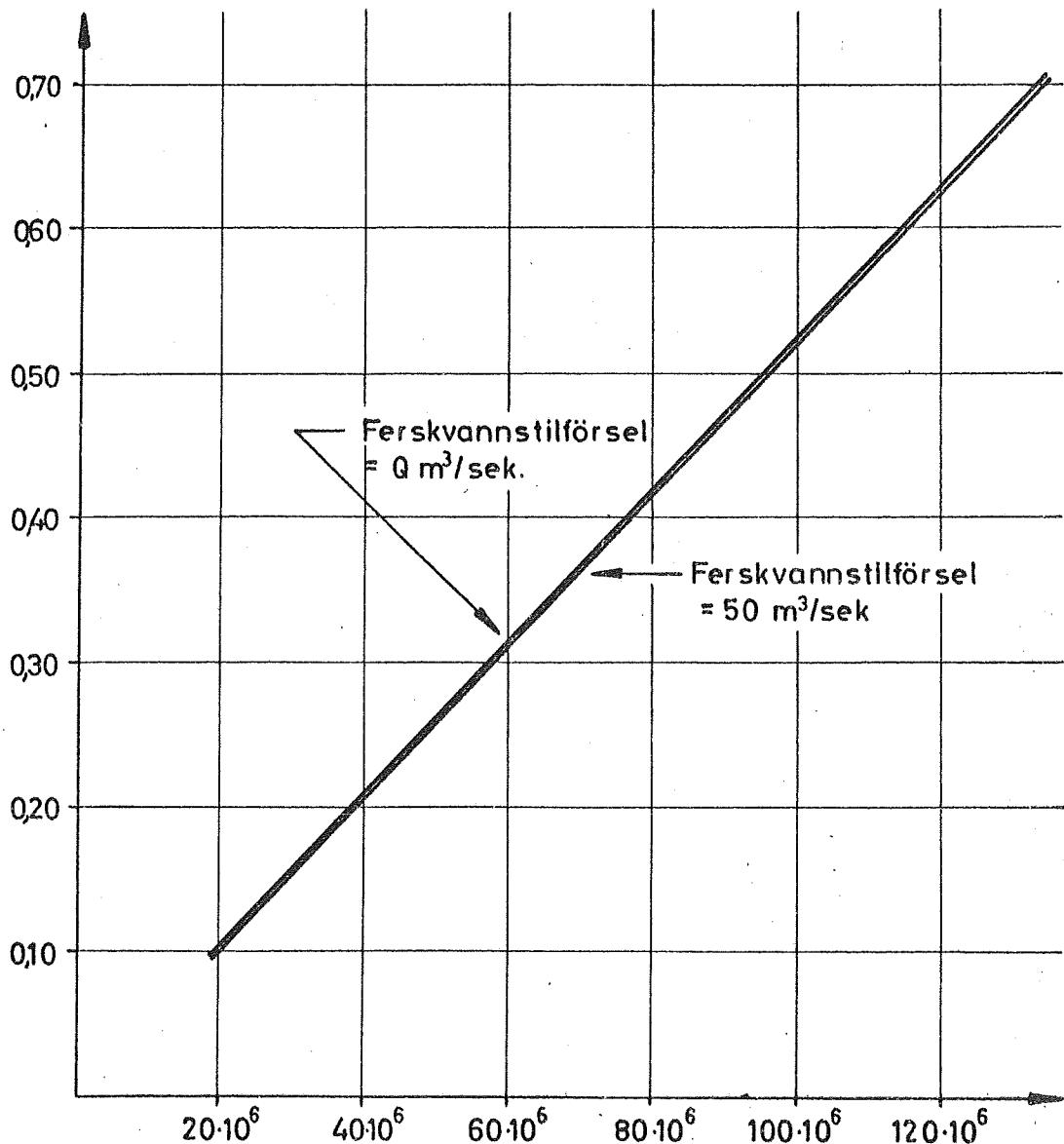


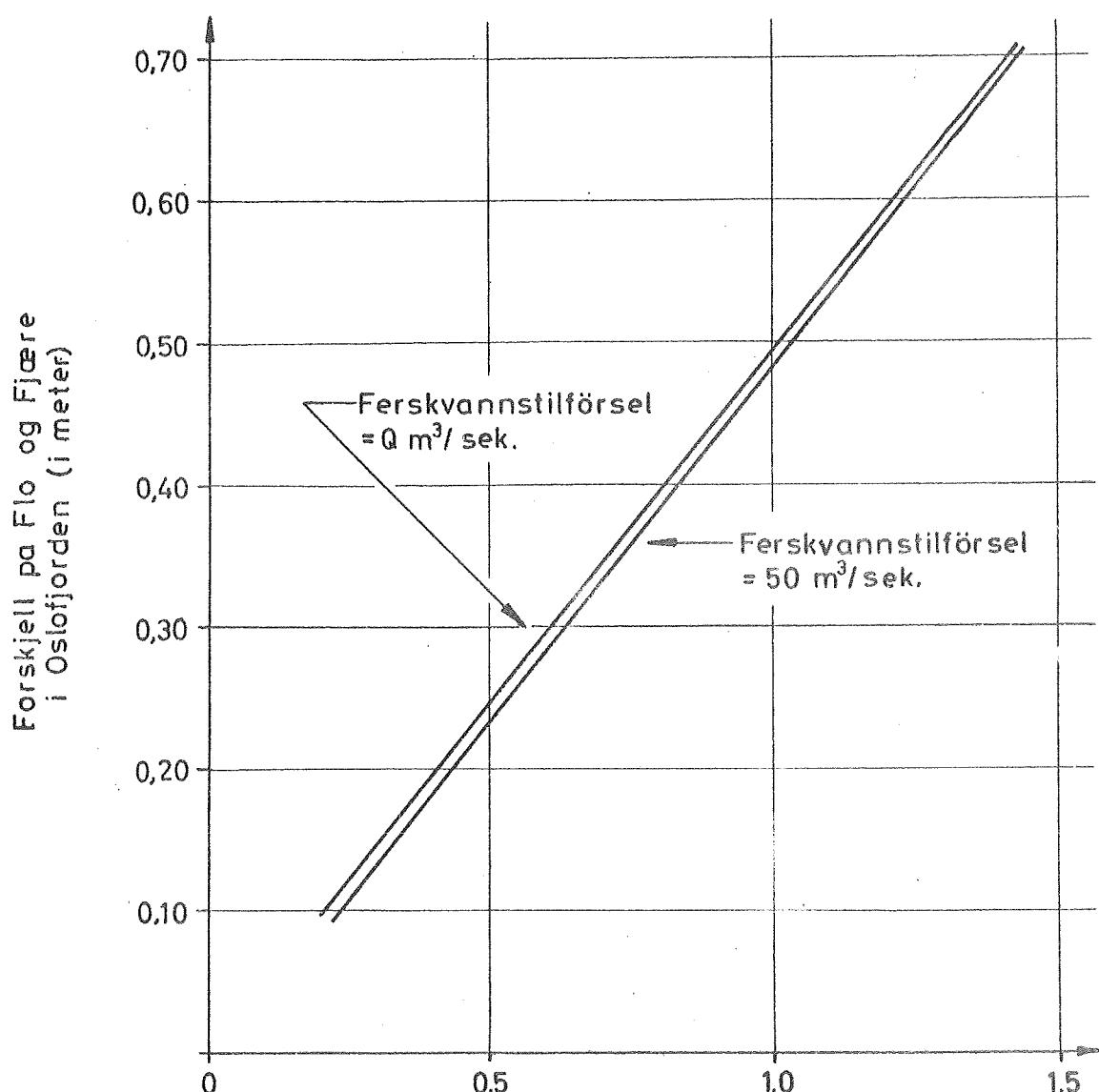
Fig. 5

Forskjell på Flo og Fjære  
i Oslofjorden (i meter)



Utströmning gjennom Dröbaksundet  
pr. tidevannsperiode (kubikkmeter)

Fig. 6



Utströmmende vann gjennom  
Dröbaksundet pr. tidevanns-  
periode i prosent av det totale  
vannvolum i Oslofjorden.

Fig. 7.

Forskjell på flo til fjære i Oslofjorden (meter)

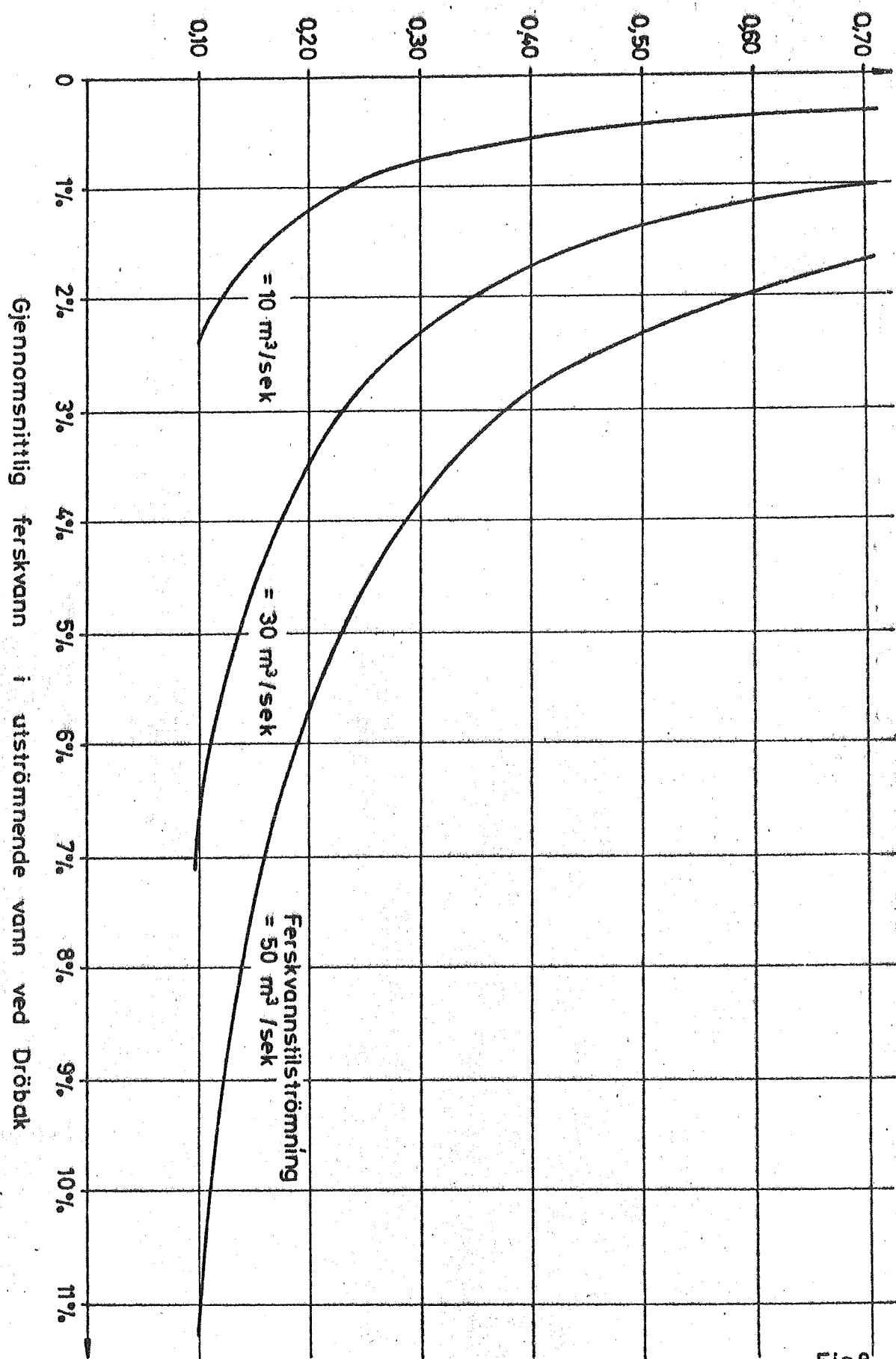


Fig.8

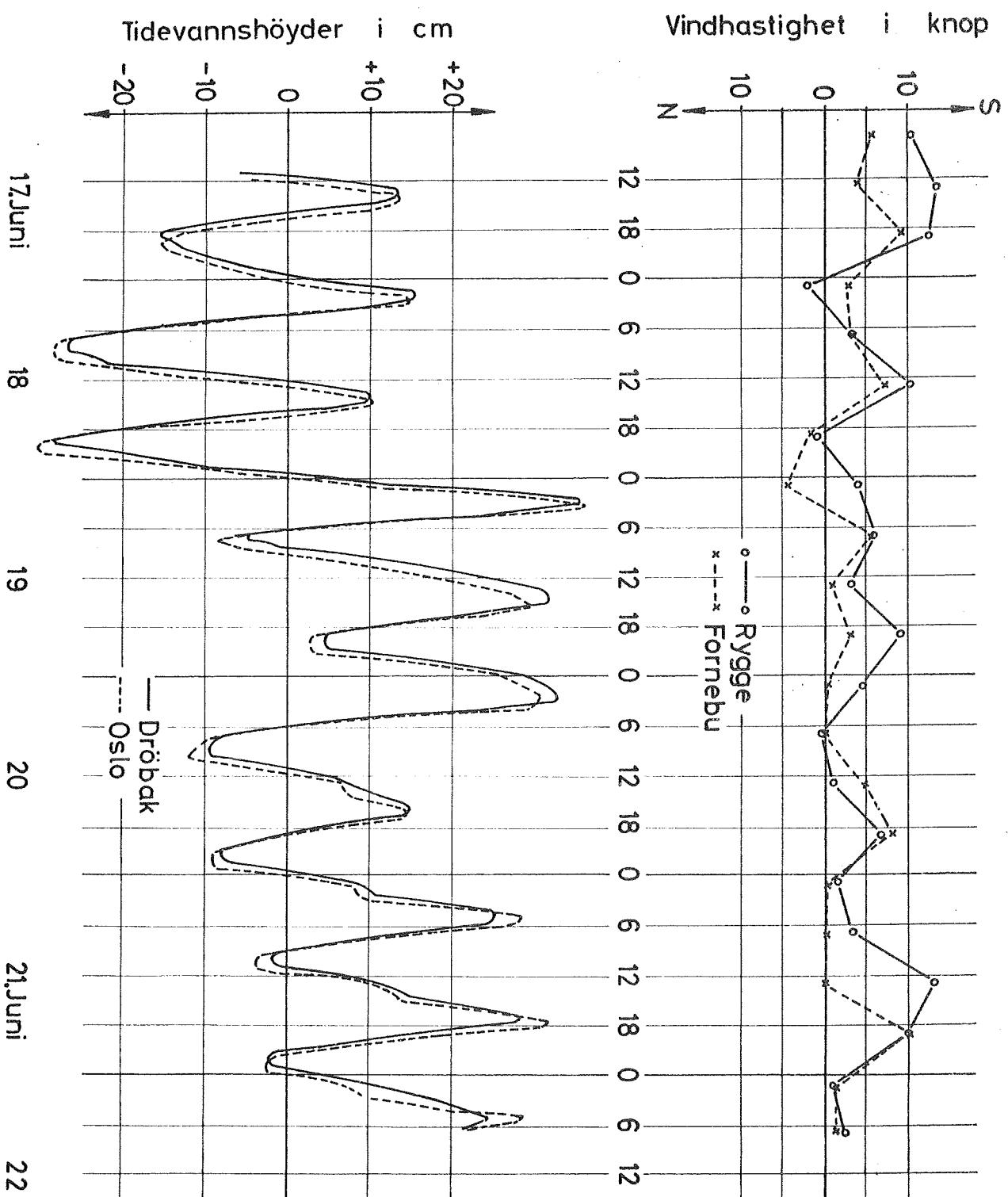


Fig.9

NORSK INSTITUTT FOR  
VANNFORSKNING  
BLINDERN

Vindhastigheter observert på  
Rygge og Fornebu samt tide-  
vannshöyder for Oslo havn og  
Drøbak i tiden 17-22 Juni 1963

M.

Nr. 0-201 4369

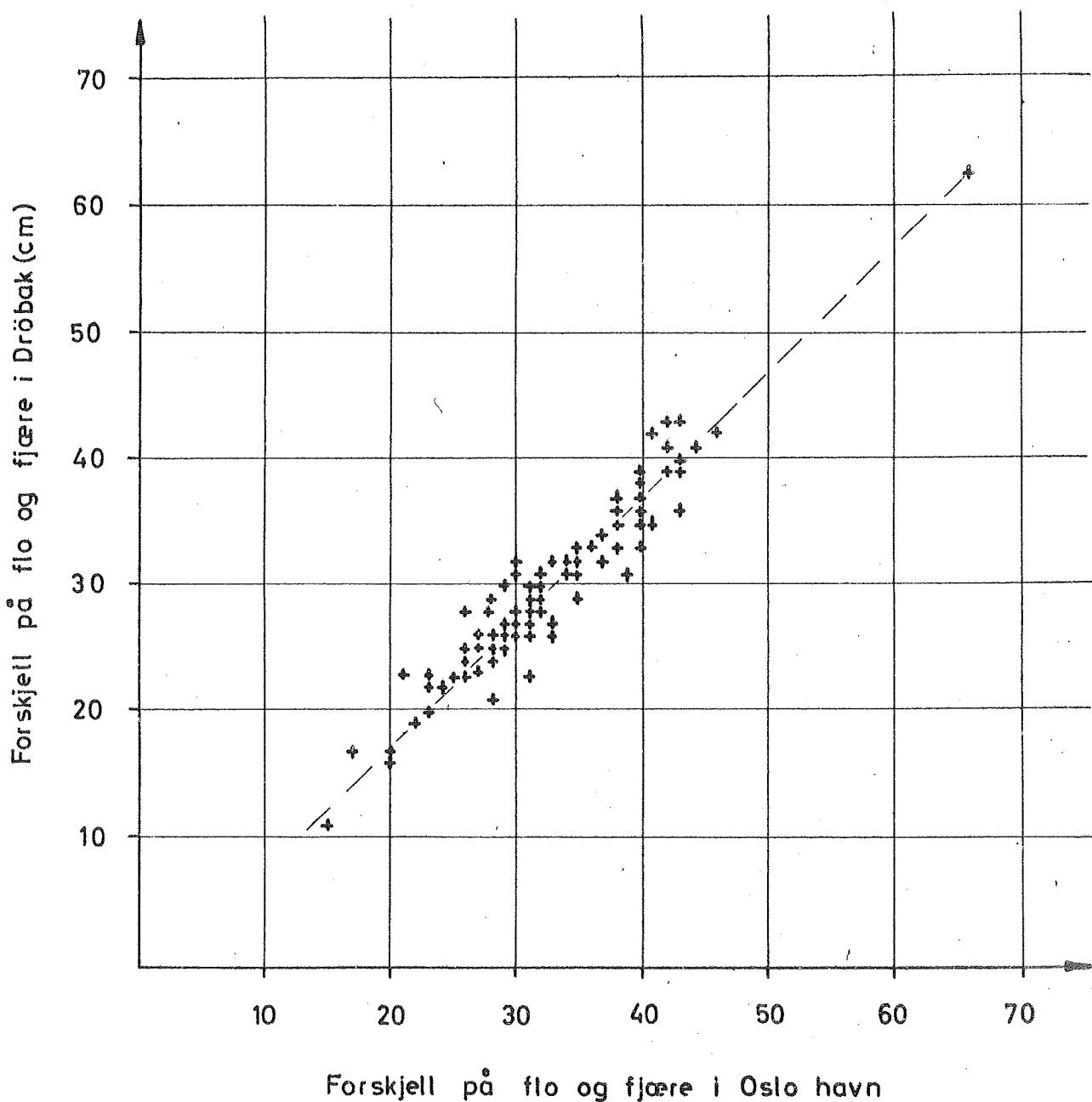
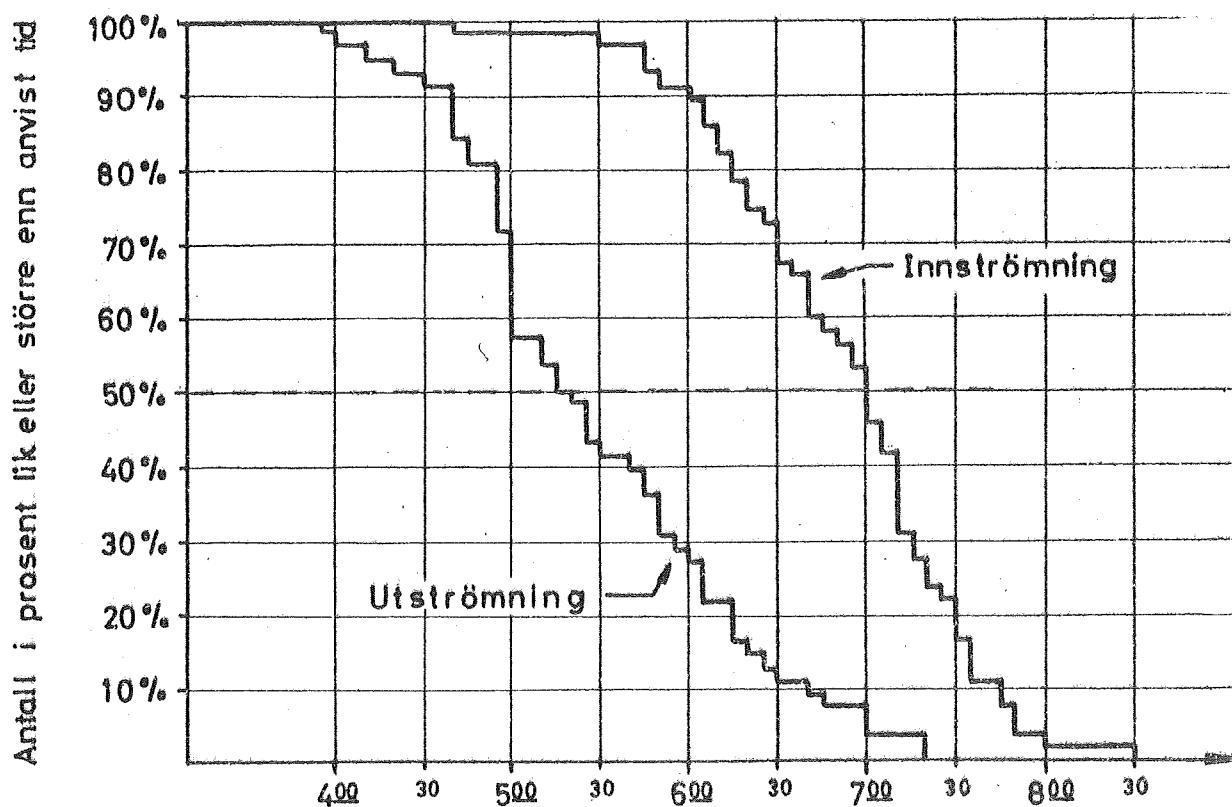


Fig. 10

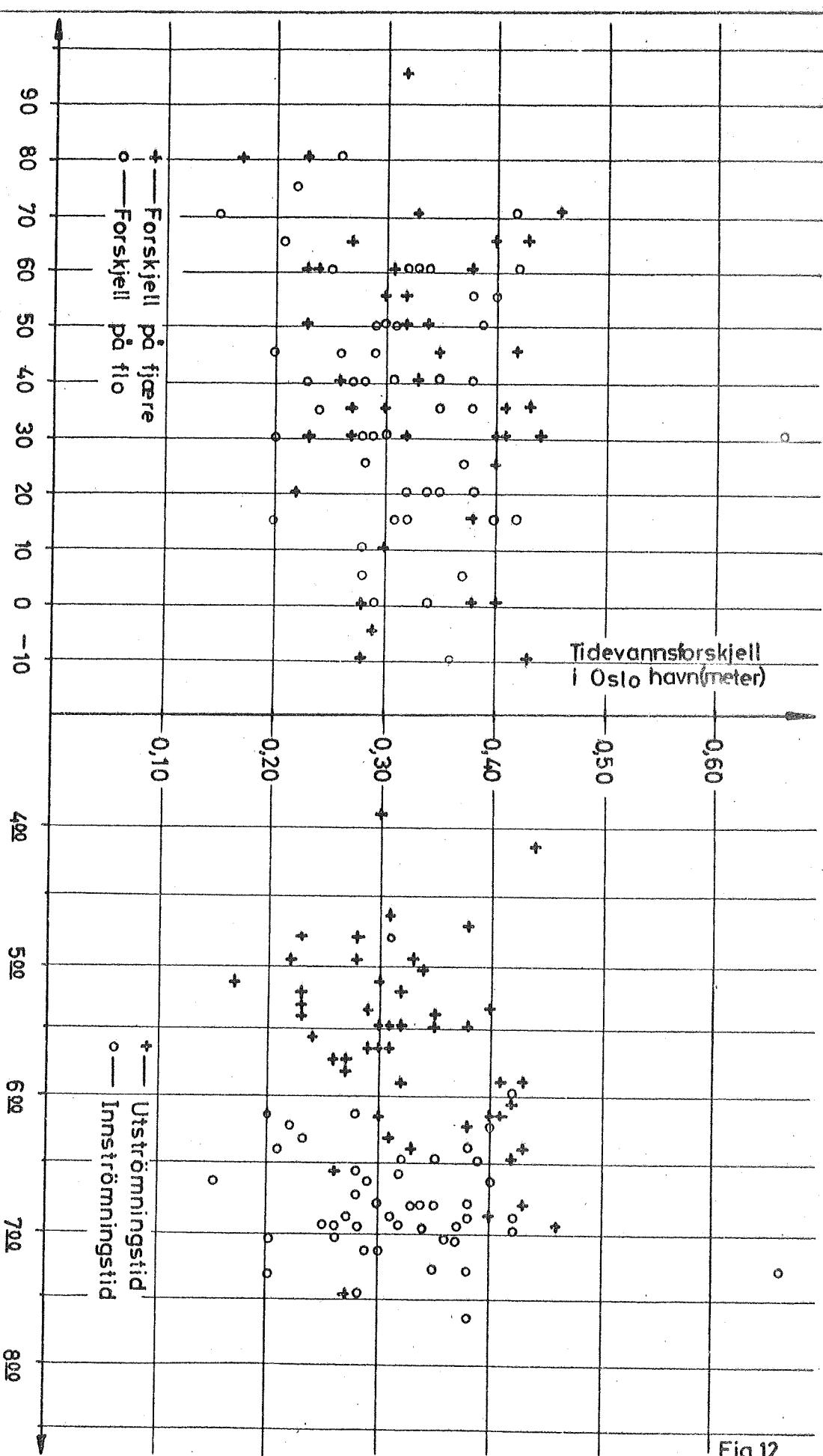


Utströmnings- og innströmningstid  
ved Dröbak  
(timer)

Fig. 11

Tidstorskjell på flo og fjære mellom  
Drøbak og Oslo havn (minutter)

Utvannstid i Oslo havn (timer)



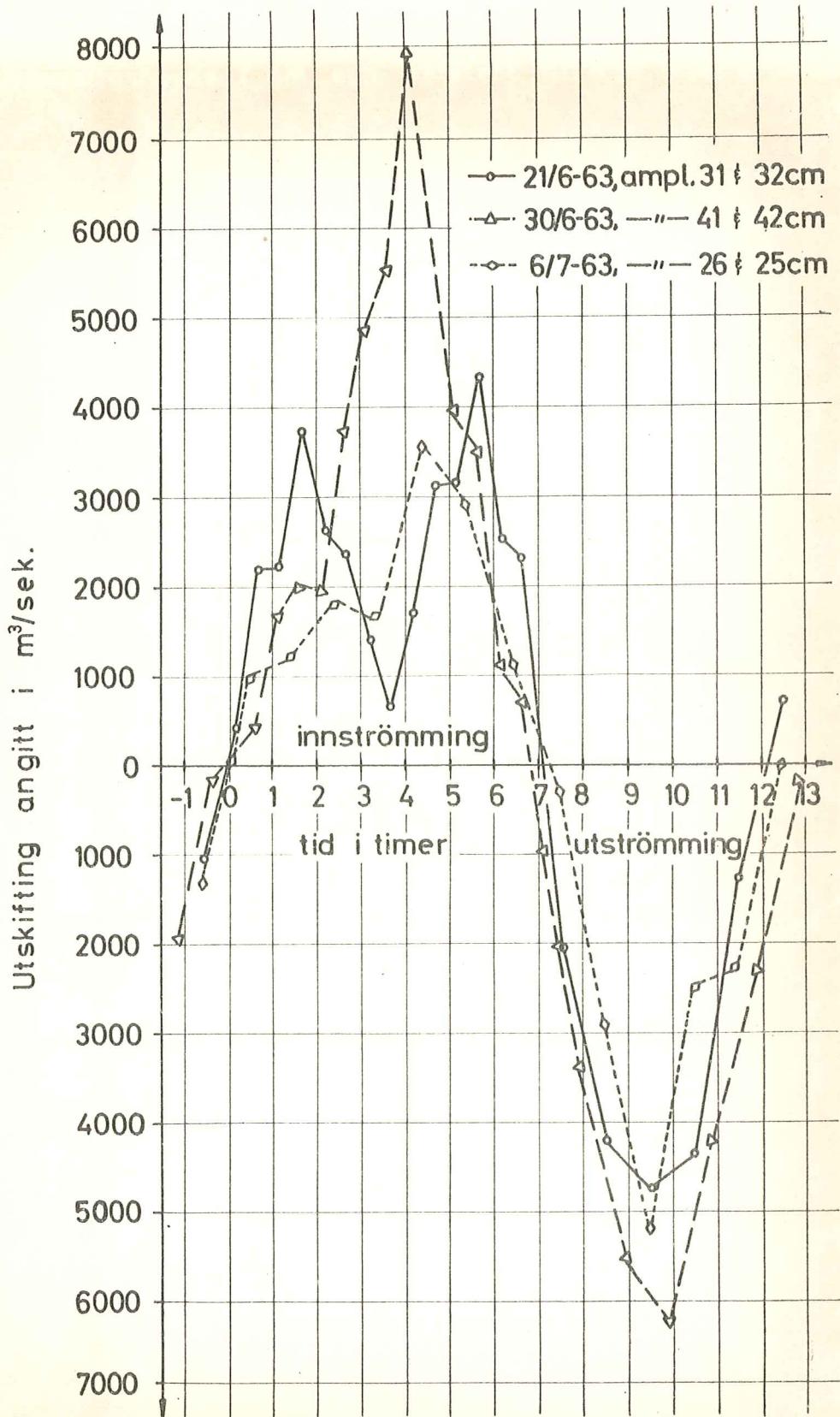


Fig.13

Tidevannshöyde i cm som referert til NGO. null av 1954

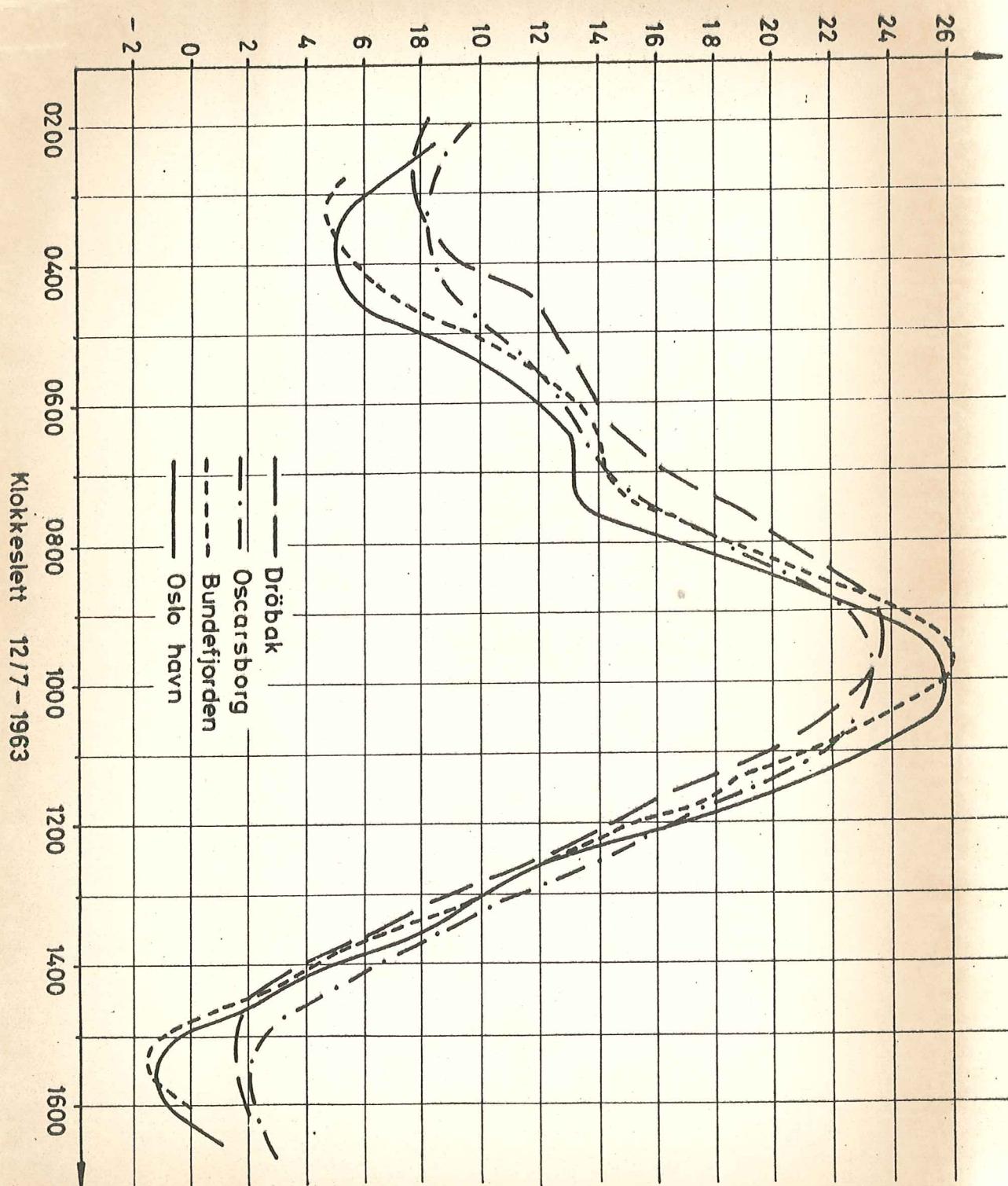


Fig.14

Tabell 1

## Tidevannsmålinger i uken 17/6 til 24/6 1963

17/6	18/6	19/6	20/6	21/6	22/6	23/6	24/6
------	------	------	------	------	------	------	------

DRÖBAK: amplitude: 33.8cm innströmning: 7<sup>02</sup> utströmning: 5<sup>25</sup>

1405	0210	1415	0300	1500	0245	1615	0450	1710	0505	1800	0645	1850	0750
plitude	30	32	43	37	39	65	41	37	28	29	43	25	23
re	1900	0800	1940	0710	2000	0900	2140	1000	2210	1120	2350	1200	0045
strömn.	7 <sup>10</sup>	6 <sup>15</sup>	7 <sup>20</sup>	7 <sup>50</sup>	6 <sup>45</sup>	7 <sup>15</sup>	7 <sup>10</sup>	7 <sup>10</sup>	6 <sup>55</sup>	6 <sup>40</sup>	6 <sup>55</sup>	6 <sup>50</sup>	7 <sup>05</sup>
strömn.	4 <sup>55</sup>	5 <sup>50</sup>	5 <sup>25</sup>	4 <sup>10</sup>	5 <sup>00</sup>	6 <sup>15</sup>	5 <sup>25</sup>	5 <sup>10</sup>	5 <sup>00</sup>	6 <sup>15</sup>	5 <sup>50</sup>	5 <sup>15</sup>	5 <sup>55</sup>

OSCARSBORG: amplitude: 33,8cm innströmning: 7<sup>13</sup> utströmning: 5<sup>12</sup>

1420	0220	1450	0355	1610	0305	1710	0615	1820	0635	1910	0725	1935	0815
plitude	30	31	43	37	40	60	45	39	30	29	40	25	22
re	1910	0800	2010	0820	2055	0915	2250	1045	2310	1135	0045	1255	0130
strömn.	7 <sup>10</sup>	6 <sup>50</sup>	7 <sup>45</sup>	7 <sup>50</sup>	6 <sup>10</sup>	7 <sup>55</sup>	7 <sup>25</sup>	7 <sup>35</sup>	7 <sup>25</sup>	7 <sup>35</sup>	6 <sup>40</sup>	6 <sup>40</sup>	6 <sup>45</sup>
strömn.	4 <sup>50</sup>	5 <sup>40</sup>	5 <sup>20</sup>	4 <sup>25</sup>	4 <sup>45</sup>	6 <sup>10</sup>	5 <sup>40</sup>	4 <sup>30</sup>	4 <sup>50</sup>	5 <sup>00</sup>	5 <sup>35</sup>	5 <sup>30</sup>	5 <sup>55</sup>

OSLO HAVN: amplitude: 35,0cm innströmning: 7<sup>05</sup> utströmning: 5<sup>25</sup>

1430	0240	1450	0330	1520	0310	1645	0515	1750	0550	1820	0700	1950	0830
plitude	29	30	43	38	40	66	44	38	28	28	42	28	23
re	1950	0835	2016	0740	2010	0915	2210	1030	2250	1120	0000	1250	0140
strömn.	6 <sup>50</sup>	6 <sup>25</sup>	7 <sup>20</sup>	7 <sup>40</sup>	7 <sup>00</sup>	7 <sup>30</sup>	7 <sup>05</sup>	7 <sup>20</sup>	7 <sup>00</sup>	7 <sup>00</sup>	7 <sup>00</sup>	7 <sup>00</sup>	6 <sup>50</sup>
strömn.	5 <sup>20</sup>	5 <sup>55</sup>	5 <sup>20</sup>	4 <sup>10</sup>	4 <sup>50</sup>	6 <sup>05</sup>	5 <sup>25</sup>	5 <sup>15</sup>	5 <sup>00</sup>	5 <sup>30</sup>	5 <sup>40</sup>	5 <sup>50</sup>	5 <sup>50</sup>

Tabell 2

## Tidevannsmålinger i uken 24/6 til 1/7 1963

24/6	25/6	26/6	27/6	28/6	29/6	30/6	1/7
------	------	------	------	------	------	------	-----

DRÖBAK: amplitude: 29.1cm innströmning: 6<sup>37</sup> utströmning: 5<sup>58</sup>

flo	1915	0800	2005	0920	2020	1035	2240	1200	0050	1230	0110	1320	0130	
amplitude	27	35	27	22	23	28	30	27	26	24	17	19	16	36
fjære	1250	0130	1345	0250	1320	0300	1530	0600	1700	0750	1830	0715	1815	0630
innströmn.	6 <sup>25</sup>	6 <sup>30</sup>	6 <sup>20</sup>	6 <sup>30</sup>	7 <sup>00</sup>	7 <sup>35</sup>	7 <sup>10</sup>	6 <sup>00</sup>	7 <sup>50</sup>	4 <sup>40</sup>	6 <sup>40</sup>	6 <sup>05</sup>	7 <sup>15</sup>	
utströmn.	6 <sup>15</sup>	5 <sup>45</sup>	6 <sup>43</sup>	4 <sup>50</sup>	6 <sup>40</sup>	4 <sup>55</sup>	7 <sup>20</sup>	5 <sup>00</sup>	7 <sup>00</sup>	6 <sup>00</sup>	6 <sup>05</sup>	4 <sup>55</sup>	7 <sup>00</sup>	

OSCARSBORG: amplitude: 28.6 cm innströmning: 6<sup>26</sup> utströmning: 6<sup>07</sup>

flo	1945	0850	2020	1005	2135	1150	2335	1255	0125	1315	0135	1425	0235	1435
amplitude	27	32	25	20	20	25	28	27	26	23	15	18	15	34
fjære	1255	0150	1490	0240	1415	0520	1820	0655	1825	0730	1905	0815	1945	0915
innströmn.	6 <sup>50</sup>	7 <sup>00</sup>	6 <sup>10</sup>	7 <sup>25</sup>	7 <sup>20</sup>	6 <sup>30</sup>	5 <sup>15</sup>	6 <sup>00</sup>	7 <sup>00</sup>	5 <sup>45</sup>	6 <sup>30</sup>	6 <sup>10</sup>	6 <sup>50</sup>	5 <sup>20</sup>
utströmn.	6 <sup>05</sup>	5 <sup>20</sup>	6 <sup>20</sup>	4 <sup>10</sup>	7 <sup>45</sup>	6 <sup>30</sup>	7 <sup>20</sup>	5 <sup>30</sup>	6 <sup>20</sup>	5 <sup>50</sup>	6 <sup>40</sup>	5 <sup>20</sup>	6 <sup>40</sup>	

OSLO HAVN: amplitude: 31.8cm innströmning: 6<sup>34</sup> utströmning: 6<sup>02</sup>

flo	2015	0910	2110	1020	2110	1050	2310	1210	0040	1310	0130	1420	0240	
amplitude	33	38	29	24	21	30	32	30	31	26	20	22	20	40
fjære	1330	0230	1445	0320	1415	0345	1550	0600	1735	0820	1900	0820	1950	0940
innströmn.	6 <sup>45</sup>	6 <sup>40</sup>	6 <sup>25</sup>	7 <sup>00</sup>	6 <sup>55</sup>	7 <sup>05</sup>	7 <sup>20</sup>	6 <sup>10</sup>	7 <sup>05</sup>	4 <sup>50</sup>	6 <sup>30</sup>	6 <sup>00</sup>	6 <sup>50</sup>	
utströmn.	6 <sup>15</sup>	5 <sup>35</sup>	6 <sup>10</sup>	3 <sup>55</sup>	6 <sup>55</sup>	5 <sup>00</sup>	6 <sup>50</sup>	5 <sup>25</sup>	7 <sup>30</sup>	5 <sup>50</sup>	6 <sup>50</sup>	5 <sup>50</sup>	7 <sup>00</sup>	

Tabell 3

## Tidevannsmålinger i uken 1/7 til 8/7 1963

1/7	2/7	3/7	4/7	5/7	6/7	7/7	8/7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

DRÖBAK: amplitude: 30.4cm innströmning: 7<sup>03</sup> utströmning: 5<sup>12</sup>

lo	1440	0230	1540	0340	1615	0420	1715	0525	1800	0620	1815	0620	1815	0600
amplitude	32	33	40	37	31	36	37	36	30	31	35	32	27	28
jære	1935	0950	2010	1005	2100	1005	2155	1025	2220	1100	2335	1100	2330	
innströmn.	6 <sup>55</sup>	5 <sup>50</sup>	7 <sup>30</sup>	6 <sup>10</sup>	7 <sup>20</sup>	7 <sup>10</sup>	7 <sup>30</sup>	7 <sup>35</sup>	8 <sup>00</sup>	7 <sup>15</sup>	6 <sup>45</sup>	7 <sup>15</sup>	6 <sup>30</sup>	
utströmn.	4 <sup>55</sup>	7 <sup>20</sup>	4 <sup>30</sup>	6 <sup>25</sup>	4 <sup>45</sup>	5 <sup>45</sup>	4 <sup>40</sup>	5 <sup>00</sup>	4 <sup>20</sup>	4 <sup>40</sup>	5 <sup>20</sup>	4 <sup>40</sup>	5 <sup>15</sup>	

OSCARSBORG: amplitude: 30.1cm innströmning: 6<sup>38</sup> utströmning: 5<sup>40</sup>

lo	1435	0235	1530	0330	1620	0425	1715	0530	1810	0610	1835	0700	1805	0640
amplitude	33	34	40	37	32	38	37	36	30	32	35	33	29	28
jære	1945	1945	0930	2035	0950	2110	1045	2255	1145	2305	1155	2355	1205	0020
innströmn.	6 <sup>50</sup>	6 <sup>00</sup>	6 <sup>55</sup>	6 <sup>30</sup>	7 <sup>15</sup>	6 <sup>30</sup>	6 <sup>55</sup>	6 <sup>25</sup>	7 <sup>05</sup>	6 <sup>40</sup>	7 <sup>05</sup>	6 <sup>00</sup>	6 <sup>20</sup>	
utströmn.	5 <sup>10</sup>	6 <sup>55</sup>	5 <sup>05</sup>	6 <sup>20</sup>	4 <sup>50</sup>	6 <sup>20</sup>	5 <sup>40</sup>	6 <sup>15</sup>	4 <sup>55</sup>	5 <sup>45</sup>	5 <sup>20</sup>	5 <sup>05</sup>	6 <sup>15</sup>	5 <sup>20</sup>

OSLO HAVN: amplitude: 32.7cm innströmning: 6<sup>45</sup> utströmning: 5<sup>32</sup>

lo	1450	0250	1555	0420	1710	0435	1720	0515	1800	0600	1810	0645	1850	0640
amplitude	35	35	43	40	34	38	40	40	31	32	38	37	30	28
jære	2020	0940	2150	1030	2200	1020	2230	1100	2300	1130	2350	1200	0020	
innströmn.	6 <sup>30</sup>	6 <sup>15</sup>	7 <sup>20</sup>	6 <sup>40</sup>	6 <sup>35</sup>	7 <sup>00</sup>	6 <sup>45</sup>	7 <sup>00</sup>	7 <sup>00</sup>	6 <sup>40</sup>	6 <sup>55</sup>	6 <sup>50</sup>	6 <sup>20</sup>	
utströmn.	5 <sup>30</sup>	6 <sup>50</sup>	5 <sup>05</sup>	6 <sup>10</sup>	4 <sup>50</sup>	5 <sup>95</sup>	5 <sup>10</sup>	5 <sup>45</sup>	5 <sup>00</sup>	5 <sup>30</sup>	5 <sup>40</sup>	5 <sup>15</sup>	5 <sup>30</sup>	

Tabell 4

## Tidevannsmålinger i uken 8/7 til 15/7 1963

8/7

9/7

10/7

11/7

12/7

13/7

14/7

15/7

DRÖBAK:

amplitude: 25.6cm

innströmning: 6<sup>56</sup>utströmning: 5<sup>33</sup>

lo	1845	0720	1930	0800	1940	0910	2010	0915	2215	1140	2245	1205	0010	
amplitude	26	29	11	20	31	23	23	20	25	25	26	16	23	21
cære	1115	5050	1230	0100	1300	0145	1350	0240	1505	0555	1640	0505	1705	0555
inströmn.	730	630	700	700	640	725	620	635	710	745	605	750	705	
utströmn.	605	510	530	500	605	490	630	550	590	500	620	500	525	

OSCARSBORG:

amplitude: 25.1cm

innströmning: 6<sup>48</sup>utströmning: 5<sup>41</sup>

lo	1855	0800	1955	0830	2025	0920	2040	1000	2240	1200	2345	1250	0040	
amplitude	25	28	12	18	30	23	21	19	23	22	26	16	23	30
cære	1200	0110	1300	0135	1330	0205	1420	0310	1600	0500	1700	0630	1750	0620
inströmn.	655	650	655	655	655	715	620	650	640	700	645	620	650	
utströmn.	615	500	540	500	590	500	630	600	620	500	645	500	540	

OSLO HAVN:

amplitude: 29.6cm

innströmning: 6<sup>48</sup>utströmning: 5<sup>41</sup>

lo	1930	0830	2020	0900	2100	1000	2125	1000	2220	1140	2320	1240	5015	
amplitude	29	31	15	23	39	31	25	23	26	27	30	17	22	33
cære	1220	0150	1350	0200	1350	0250	1510	0350	1545	0430	1630	0550	1720	0640
inströmn.	710	640	630	700	710	710	615	610	635	710	650	650	655	
utströmn.	620	520	590	450	550	510	625	545	610	450	630	440	625	