Norsk institutt for vannforskning
Oppdrag O-201 - Oslofjordprosjektet
Undersøkelser K. 1422 og H 431
Fellesrapport, foreløbig 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 søke 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 "assistent 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 foreløbig 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 uunngåelige 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. Imidlertid 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 konsentrere 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 undersøkelsene skulle være konsentrert. 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 anslåes 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 metoder.

Av avløpsdata foreligger et arbeide av Halvor Eika:[1] "Oslofjordens forurensing og rensing" 1956. Et gjennomsnittlig årlig avløp på ca. 25 $m^3$/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[2] er her brukt. Mest vekt er imidlertid lagt på avløpsdata fra et forsøksfelt (Norges Vassdragsvesen) på Ski.[3] Også her dreier det seg om en periode på ti år (1952 - 1962).

Nedbørdata er tatt fra "Nedbøren i Norge".[4] Nedslagsfeltet til Oslofjorden innenfor terskelen ved Drøbak (1387,6 $km^2$) 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. Søgnen, N.V.E.,[5] og noen data teoretisk beregnet av Dr. W. Johannessen, Meteorologisk Institutt.[6]

Søgnens 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 Søgnens mer reelle verdi. Imidlertid er sne-retensjon og liknende ikke her tatt

med. De beregnede avløpstall ble så justert for å gi en fordeling 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 vannoverflaten 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 strømmer inn og ut som forelagt i den matematiske formulering og de tidsperioder og tidsforskyvninger forbundet med denne ut- og innstrømning.

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 nivåmålere plassert på tre strategiske 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 Drøbakterskelen ($m^2$).
$T$ = tidevannsperioden (sek).

Fra kontinuitetsberegninger:

Utstrømning: $q_u\, dt_u = q_f dt_u + A dh_n$ (1)

Innstrømning: $(q_i + q_f) dt_i = A dh_o$ (2)

Tidevannsperiode: $t_i + t_u = T$ (3)

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

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

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

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

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

total utstrømning: $Q_u = \int_o^{t_u} q_u\, dt_u = q_f t_u + Ah_n$ (7)

total innstrømning: $Q_i = \int_o^{t_i} q_i\, dt_i = Ah_o - q_f t_i$ (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 volumer, 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 nivåmålere 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 istand 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 $m^3$/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 innstrømningskurven.

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 ± $q_f t$ | $\int_o^t qdt$ | % avvikelse |
|---|---|---|---|---|---|
| 21/6 | innst. | 30 | 60 $.10^6$ | 59,8.$10^6$ | 0 |
| | utst. | 31 | 61,5.$10^6$ | 57 $.10^6$ | 4 |
| 30/6 | innst. | 41 | 78,5.$10^6$ | 78,5.$10^6$ | 0 |
| | utst. | 42 | 80,5.$10^6$ | 79,0.$10^6$ | 1 |
| 6/7 | innst. | 26 | 50 $.10^6$ | 46,5.$10^6$ | 7 |
| | utst. | 25 | 48 $.10^6$ | 47,5.$10^6$ | 1 |

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.

Tabell 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: [7] Tidal Current Choking in the Landlocked Fjord of Nordåsvatnet, Sarsia 11, 19 March 1963) gir dette en "choking coefficient" på:

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

Altså en svært liten dempning. 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 dempning 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 målenøyaktigheten, 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 $m^3$/sek og en maksimum på 50 $m^3$/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 ($9{,}4 \cdot 10^9$ $m^3$). 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 unøyaktigheter 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.[8] De viste det samme som en her kan se, at noen iøynefallende 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[9] diskuteres problemet med tidevann i fjorder. En enkel forsterkning av amplituden skjer hvis $T_f/T_c$ er mindre enn 1. For Oslofjorden er

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

$$T_f = 4L/c \quad \text{hvor } L = \text{fjordens lengde}$$

$$c = \sqrt{gh} = \sqrt{g\frac{A}{B}} \quad h = \text{dybde}$$

hvis vi setter $L = 30 \text{ km} = 30\,000$ meter

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

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

$$T_f/T_c = 1,40/12,42 = \underline{0,11}$$

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:

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

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

Den ekstreme amplitude 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. Før 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. Vind 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 innstrømningstid og utstrømningstid. Vi har før sett at inn- og utstrømningstiden utenfor og innenfor Drøbak følger hverandre ganske nøye, og at amplitudene har en viss sammenheng (se tabell 5 og figur 10). Det neste spørsmål er om det er en sammenheng mellon amplituden og perioden.

I figur 12 er plottet inn- og utstrømningstid 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 tilfellet 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 amplitude 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 fortoner 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 ferskvannstilstrømningen 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 sprenge

bort sjetéen 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 fortoner 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.

6. Johannessen, W., Meteorologisk institutt. Ikke publisert.

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. | utstr. | ampl. | innstr. | utstr. | ampl. | innstr. | utstr. | ampl. | innstr. | utstr. |
| Drøbak | 33,8 | $7^{02}$ | $5^{25}$ | 29,1 | $6^{37}$ | $5^{58}$ | 30,4 | $7^{03}$ | $5^{12}$ | 25,6 | $6^{56}$ | $5^{33}$ | 29,7 | $6^{55}$ | $5^{32}$ |
| Oscarsborg | 33,8 | $7^{13}$ | $5^{12}$ | 28,6 | $6^{26}$ | $6^{07}$ | 30,1 | $6^{38}$ | $5^{40}$ | 25,1 | $6^{48}$ | $5^{41}$ | 29,4 | $6^{46}$ | $5^{40}$ |
| Oslo Havn | 35,0 | $7^{05}$ | $5^{25}$ | 31,8 | $6^{34}$ | $6^{02}$ | 32,7 | $6^{45}$ | $5^{32}$ | 29,6 | $6^{48}$ | $5^{41}$ | 32,3 | $6^{48}$ | $5^{40}$ |

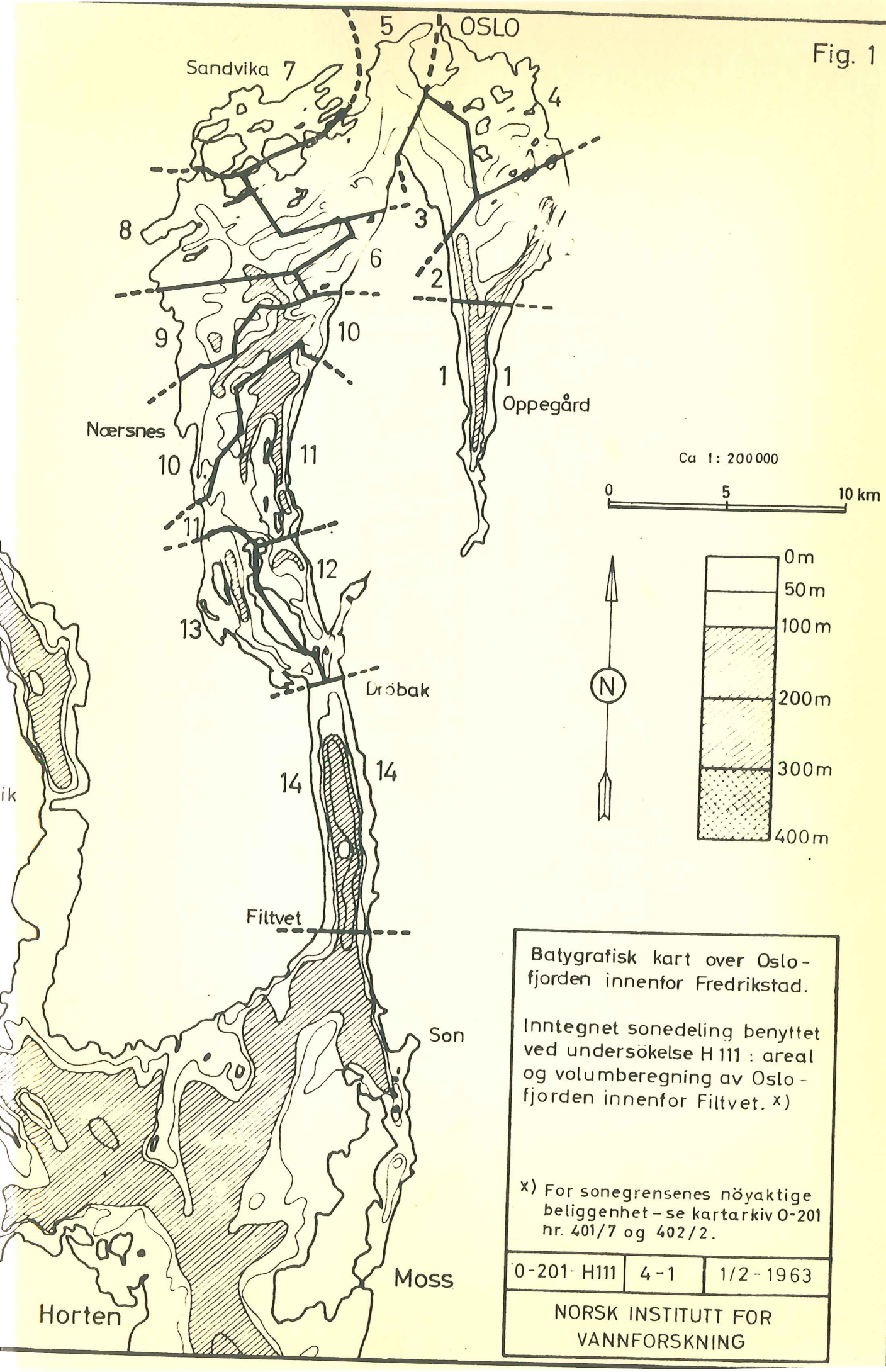
Gjennomsnittlig tidsforsinkelse 17/6 - 15/7 på fjære vann mellom Drøbak og Oscarsborg: 42 minutter

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

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

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

Fig. 1




Batygrafisk kart over Oslofjorden innenfor Fredrikstad.

Inntegnet sonedeling benyttet ved undersökelse H 111 : areal og volumberegning av Oslofjorden innenfor Filtvet. x)

x) For sonegrensenes nöyaktige beliggenhet – se kartarkiv 0-201 nr. 401/7 og 402/2.

| | | |
|---|---|---|
| 0-201- H111 | 4-1 | 1/2-1963 |

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

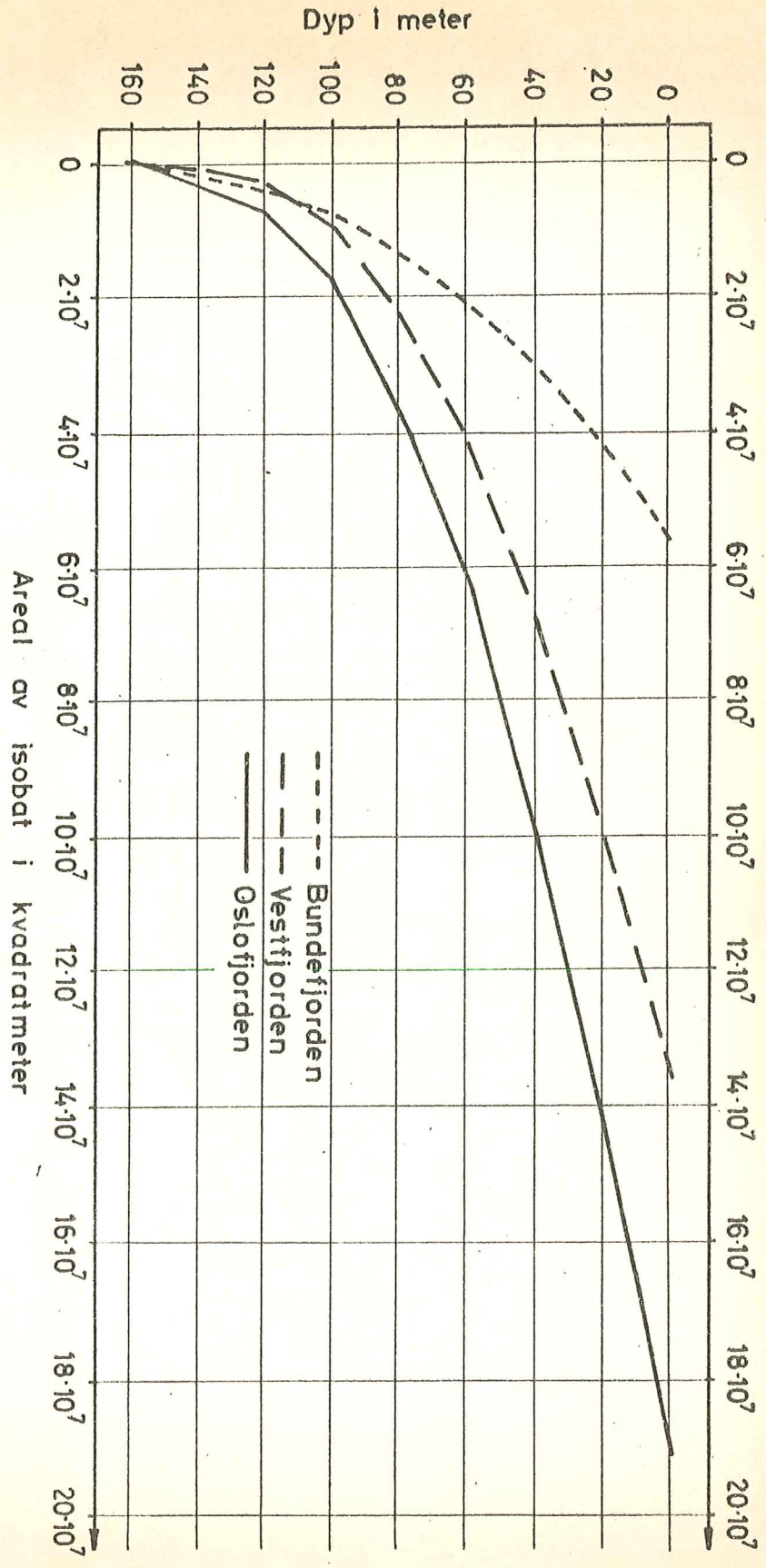



Fig. 2

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Arealer i Oslofjorden | 0-201 4362 |

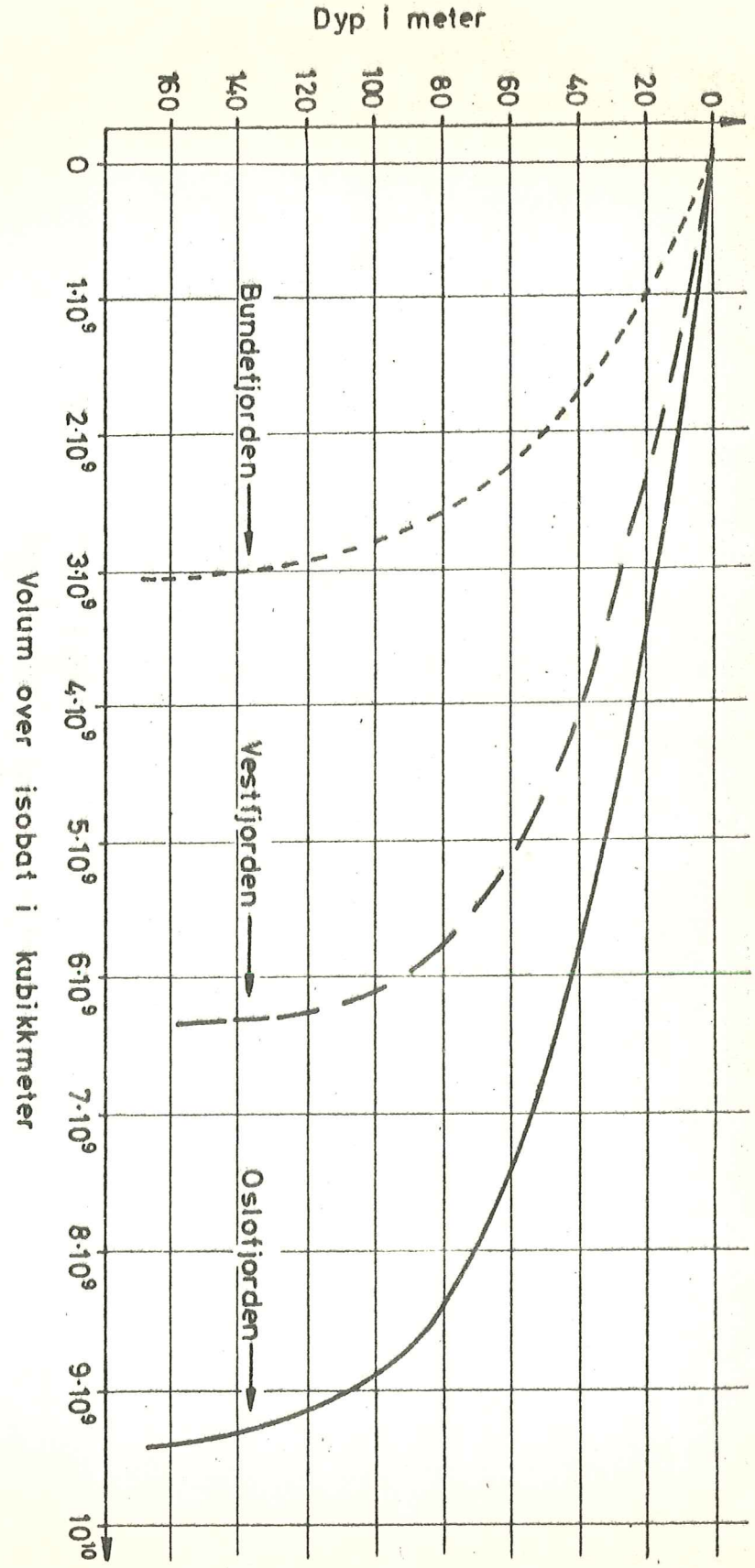



Fig. 3.

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Volumer i Oslofjorden | O-201 4361 |

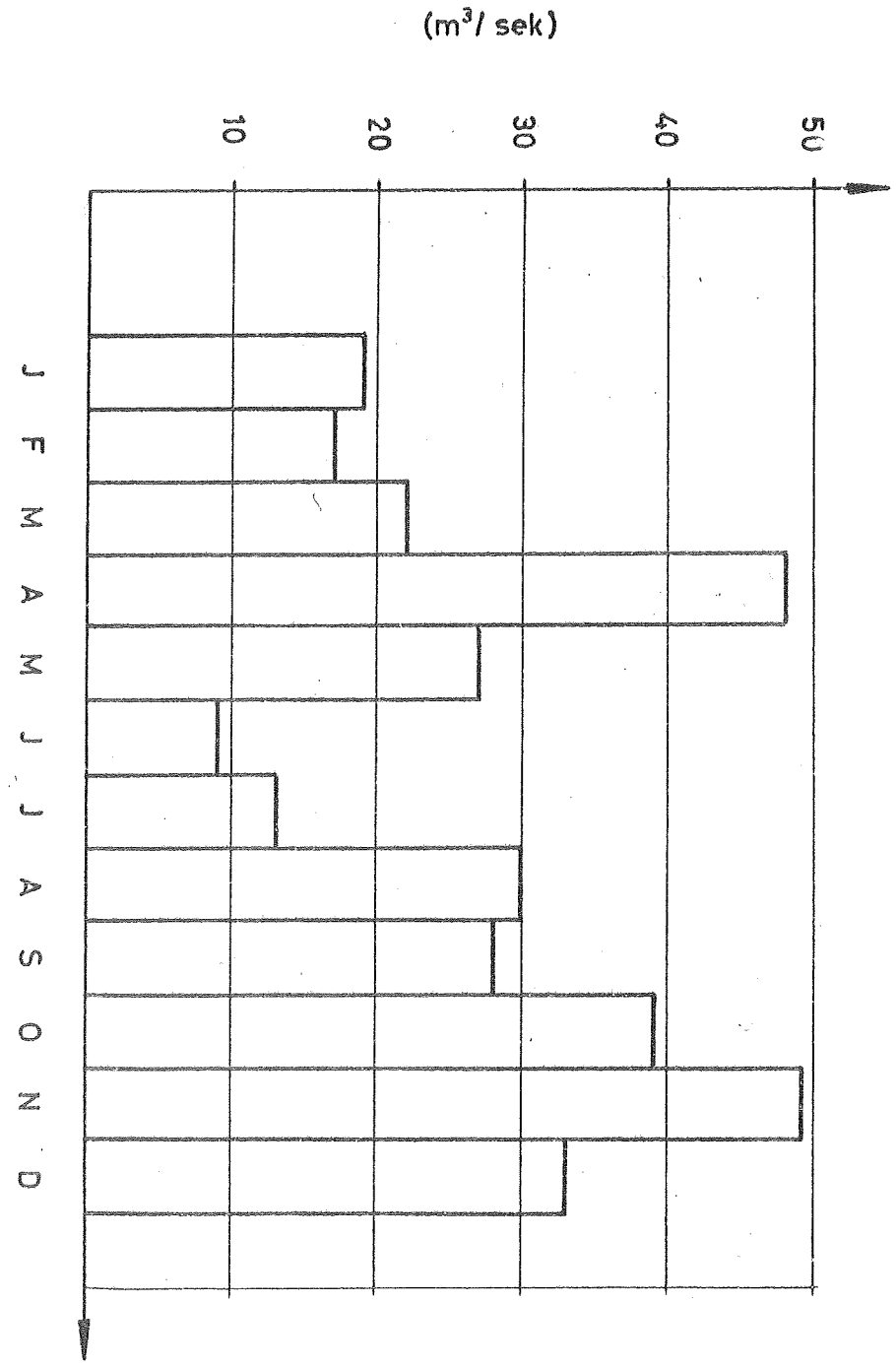



Fig. 4

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Sannsynlig gjennomsnittlig ferskvannutströmning ved Dröbak | 0-201 4360 |

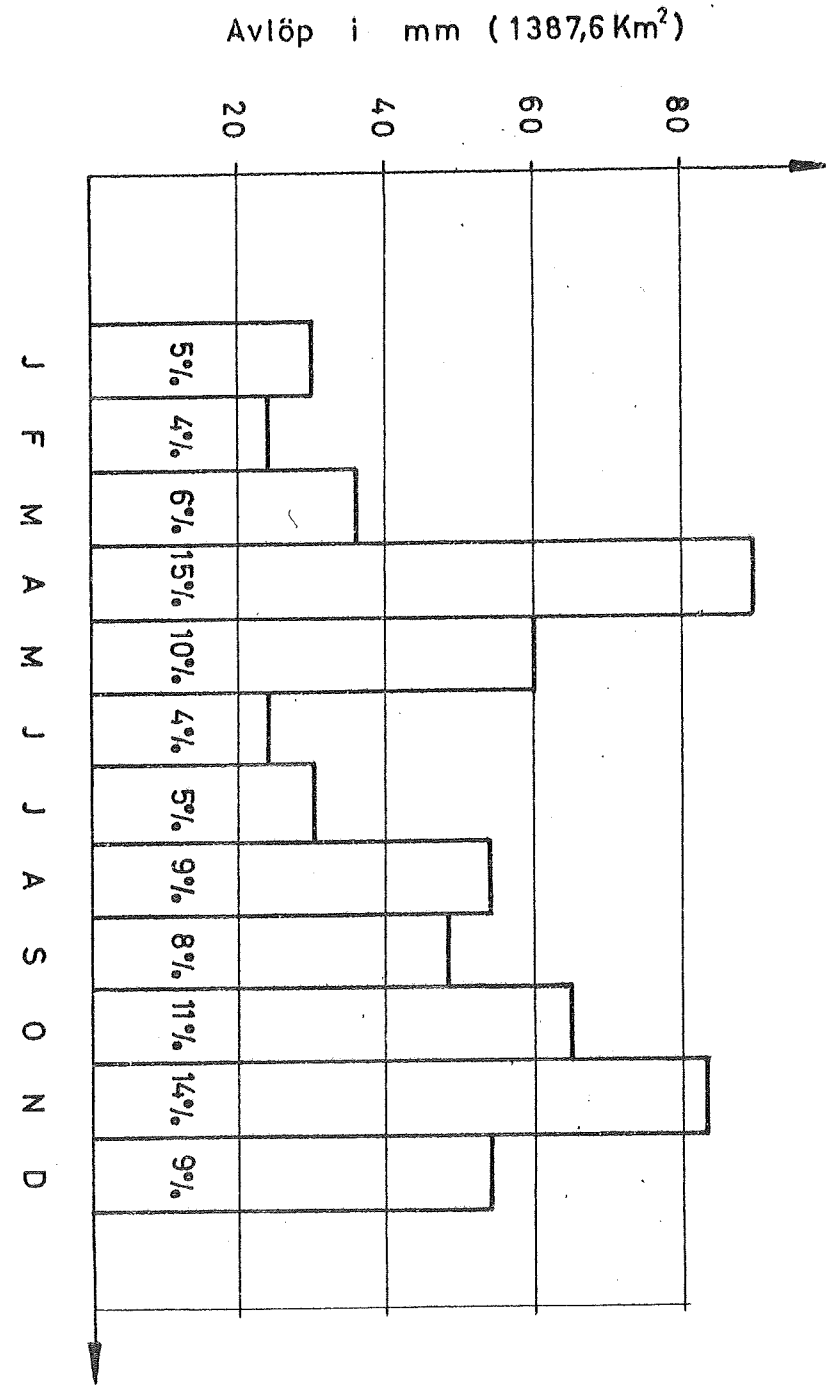



Fig. 5

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Avlöp i mm for Oslofjordens nedslagsfelt | 0-201 4359 |

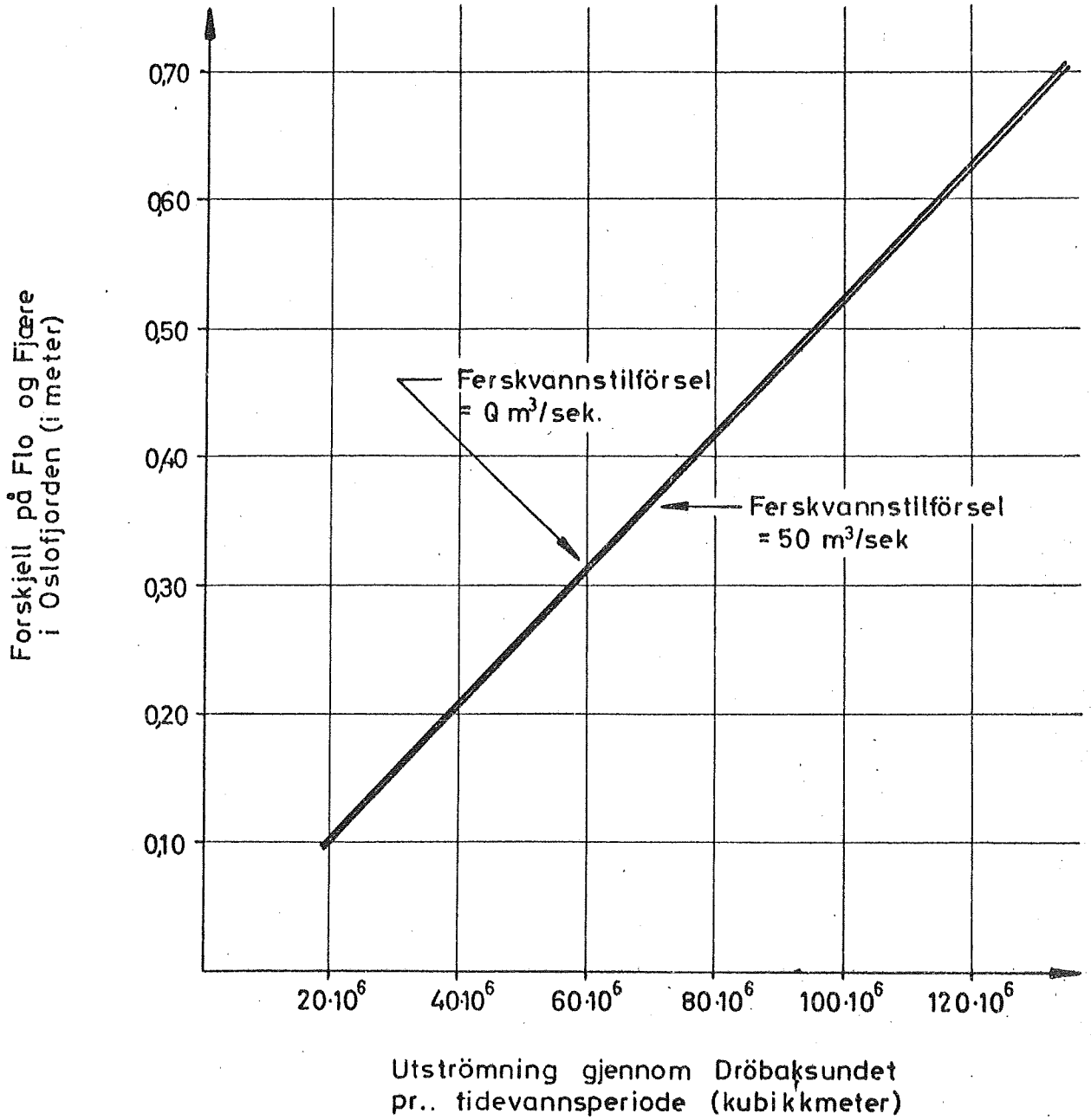
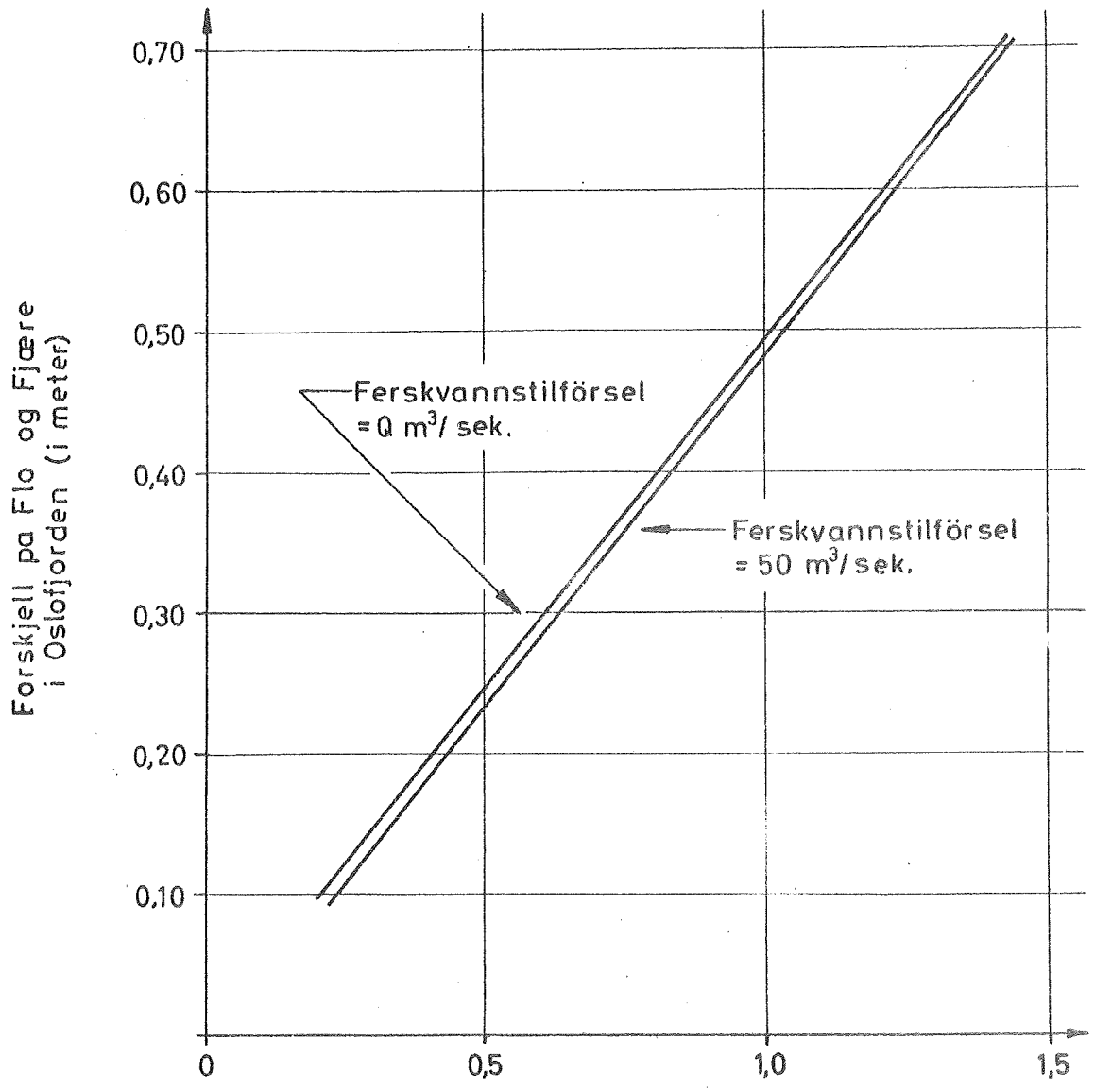



Fig. 6

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Volumutskiftninger ved Dröbak som funksjon av tidevannshöyden | 0-201 4364 |




Utströmmende vann gjennom Dröbaksundet pr. tidevannsperiode i prosent av det totale vannvolum i Oslofjorden.

Fig. 7.

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Utströmmende vann gjennom Dröbaksundet i prosent av Oslofjordens volum som funksjon av amplituden. | O-201 4365 |

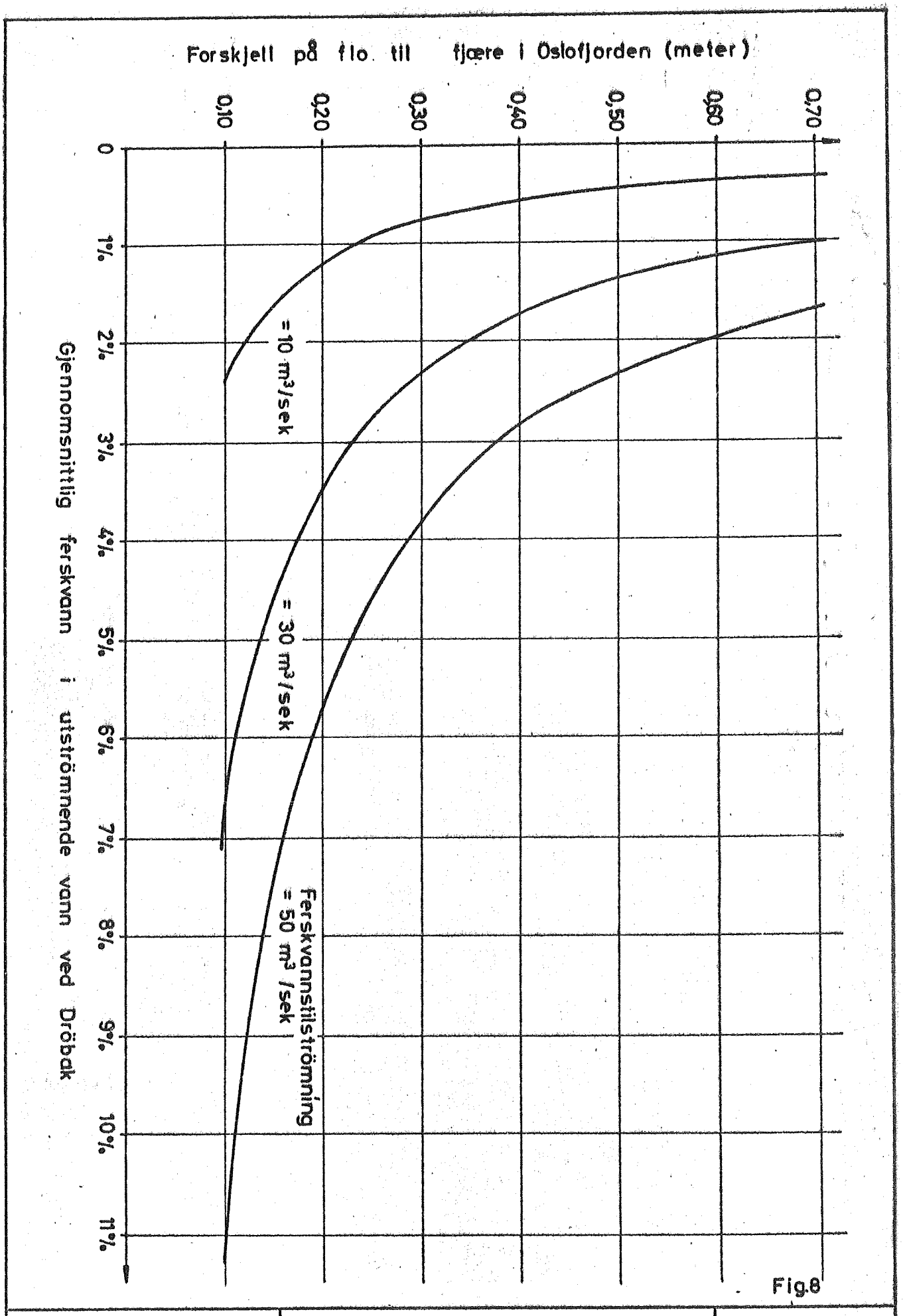



Fig.8

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Ferskvannsprosent i utströmmende vann gjennom Dröbaksundet som funksjon av tidevannshöyden. | O-201 4366 |

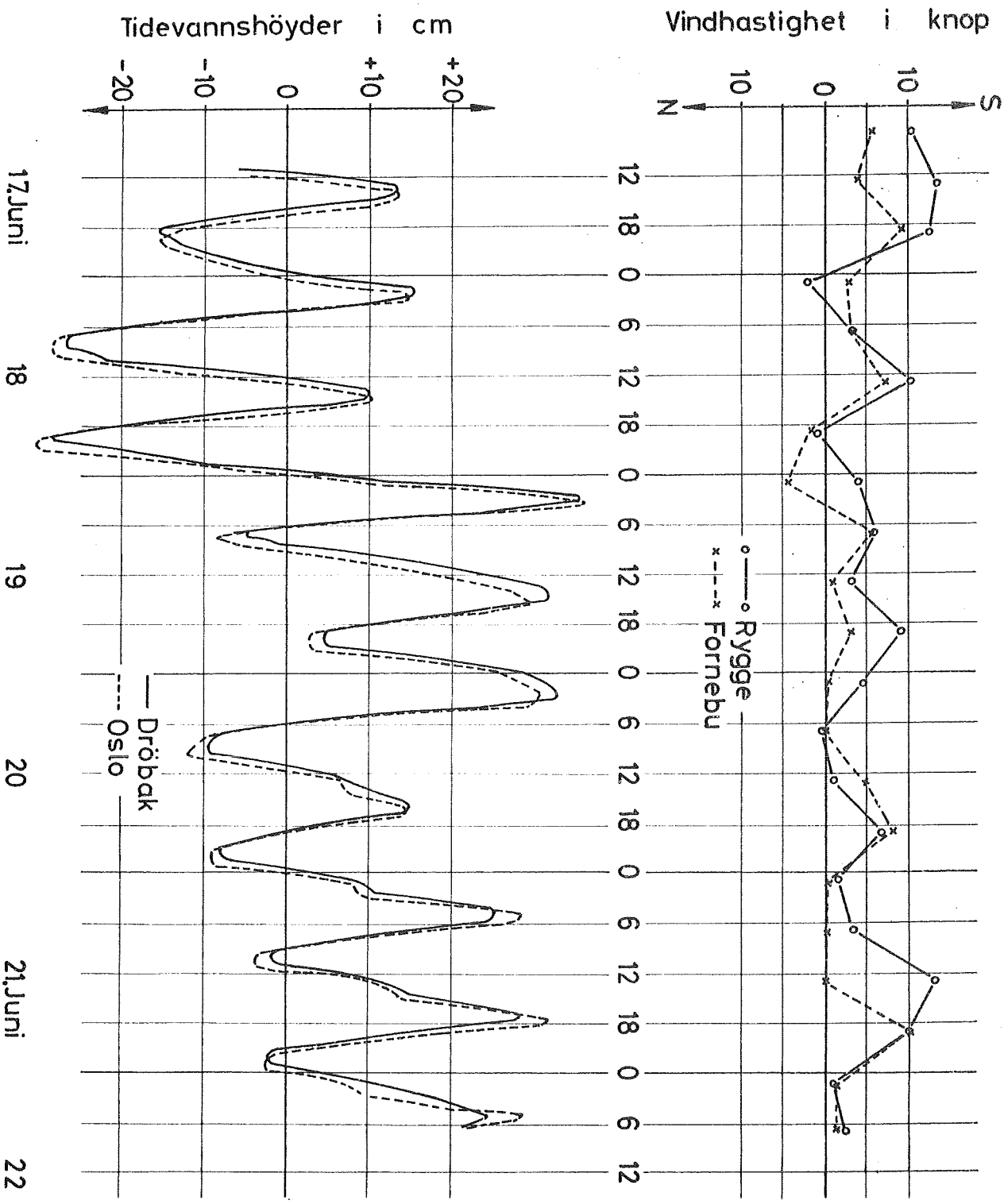



Fig.9

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Vindhastigheter observert på Rygge og Fornebu samt tidevannshöyder for Oslo havn og Dröbak i tiden 17–22 Juni 1963 | M.<br>Nr. O-201 4369 |

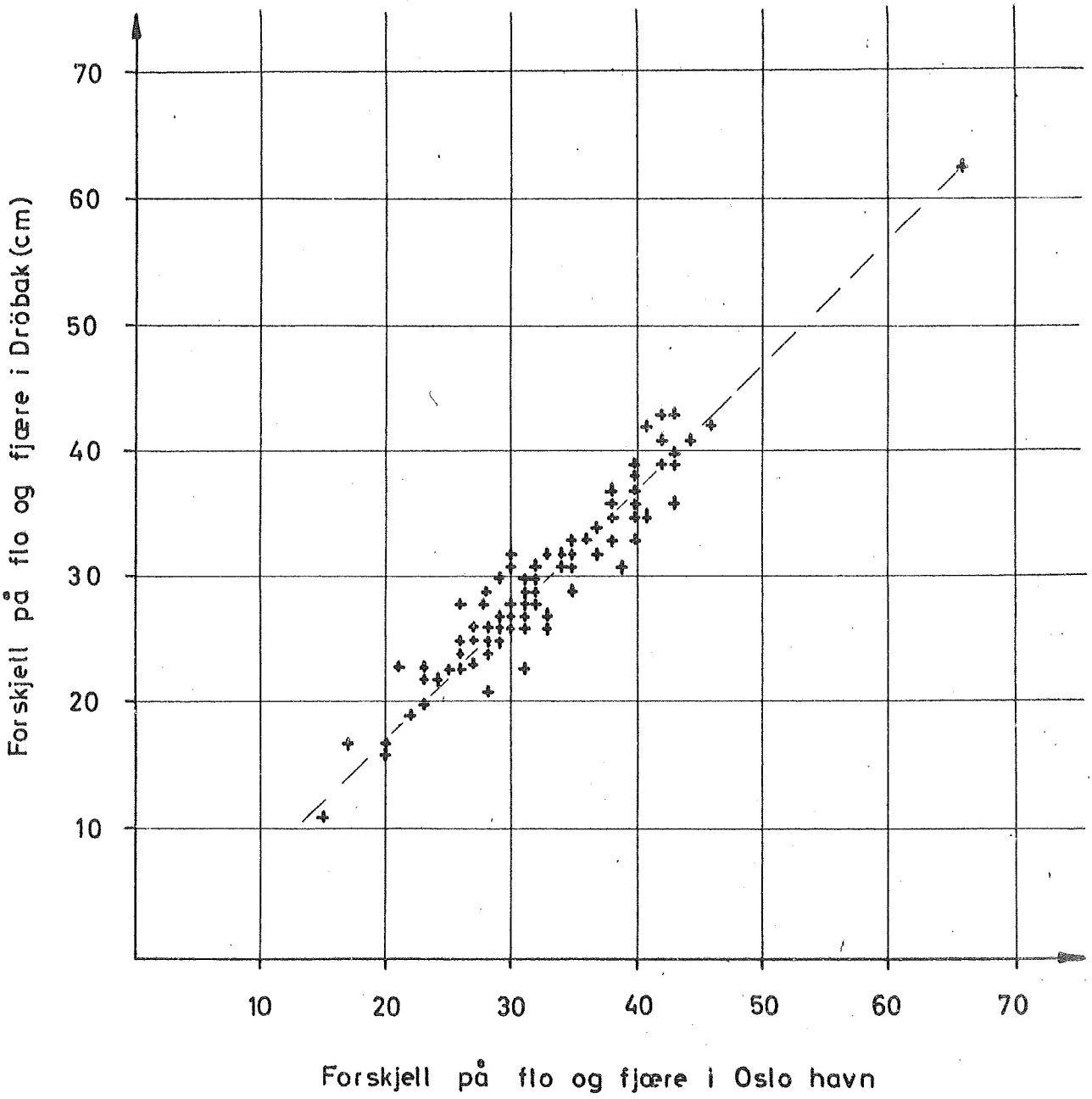
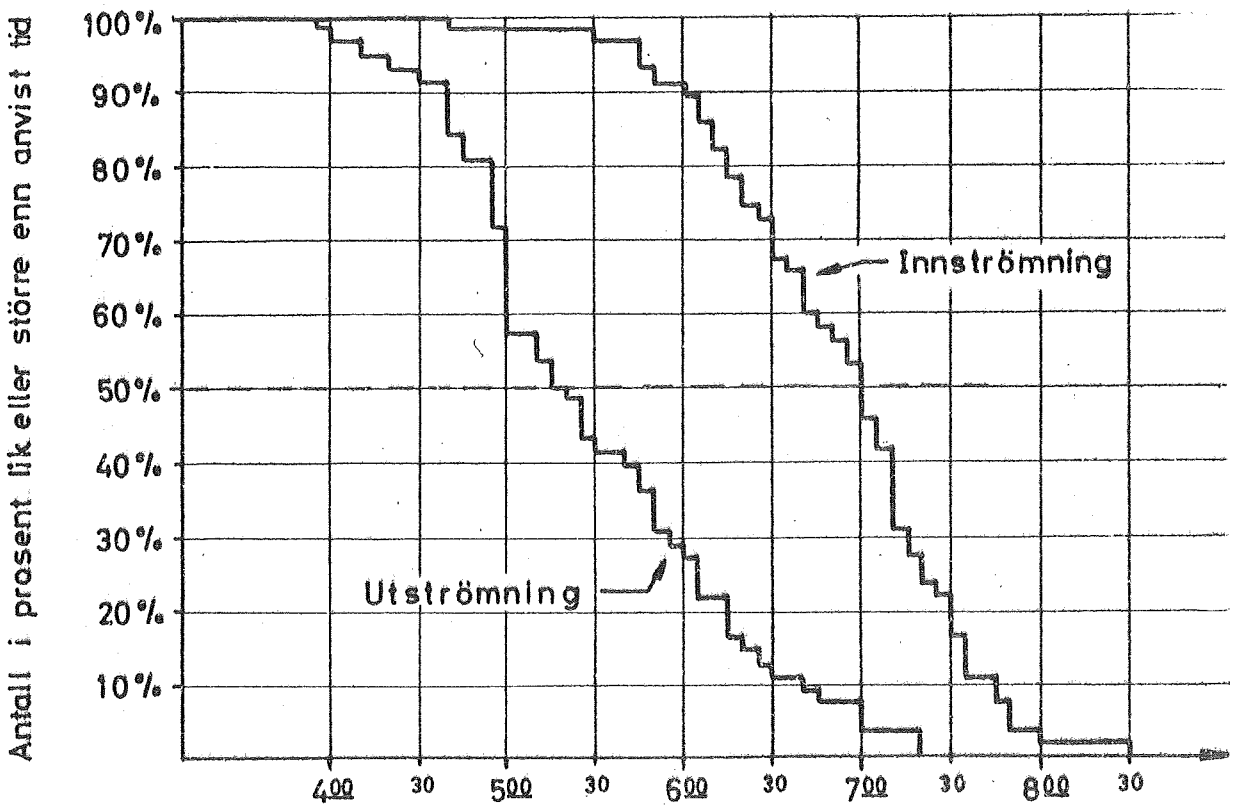



Fig. 10

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Korresponderende tidevannshöyder i Dröbak (utenfor terskelen) og i Oslo havn – Juni/Juli 1963. | O-201 4358 |




Utströmnings- og innströmningstid
ved Dröbak
(timer)

Fig. 11

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Integrert histogram for innströmning og utströmningstider ved Dröbak. Basert på 55 målinger 15/6–15/7 1963. | 0-201 4367 |

Fig. 12

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN

110 Observasjoner 15/6 – 15/7 1963

O-201 4363

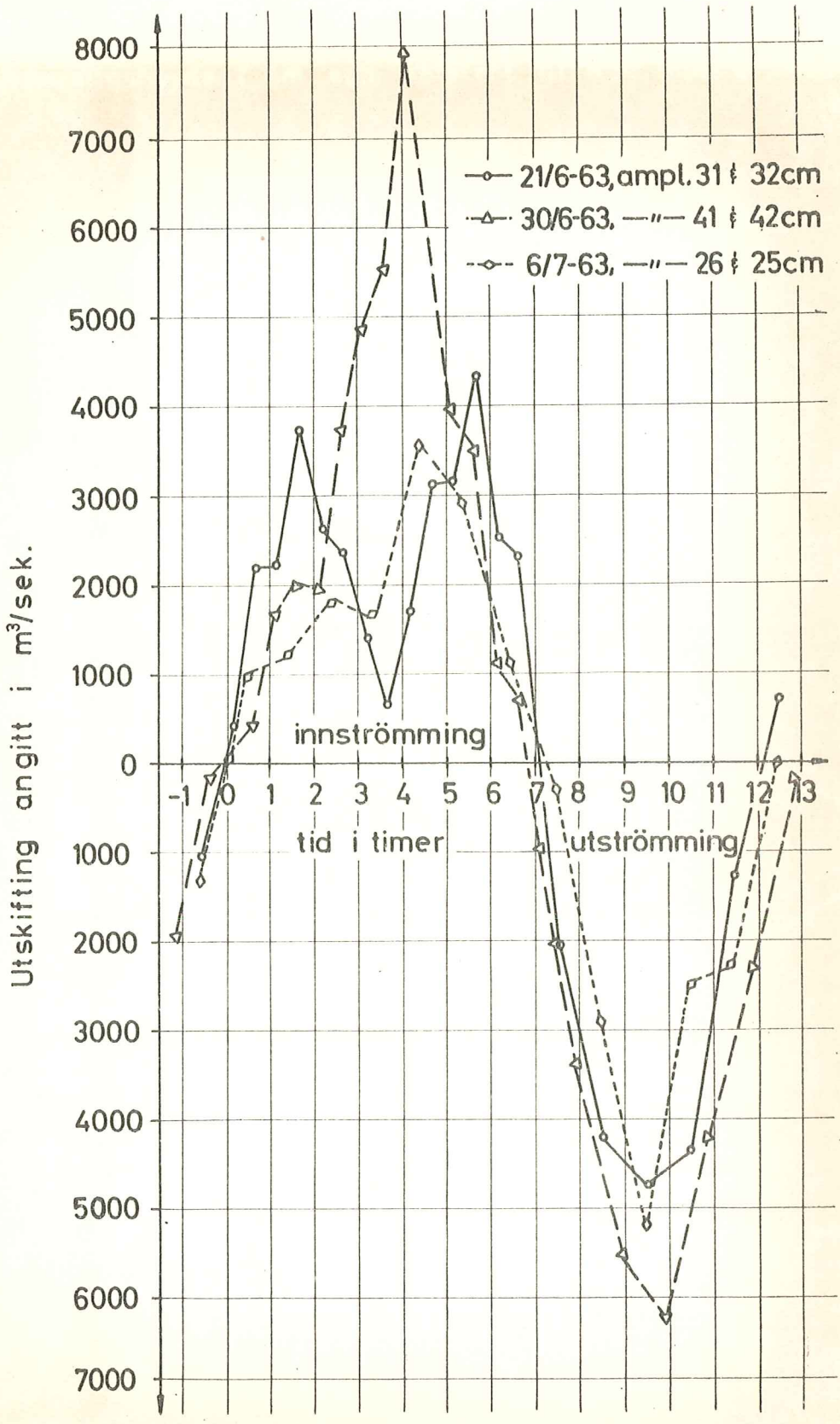



Fig. 13

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Diagram over tidevanns-utskifting i Dröbaksundet | M.<br>Nr. O-201 4368 |

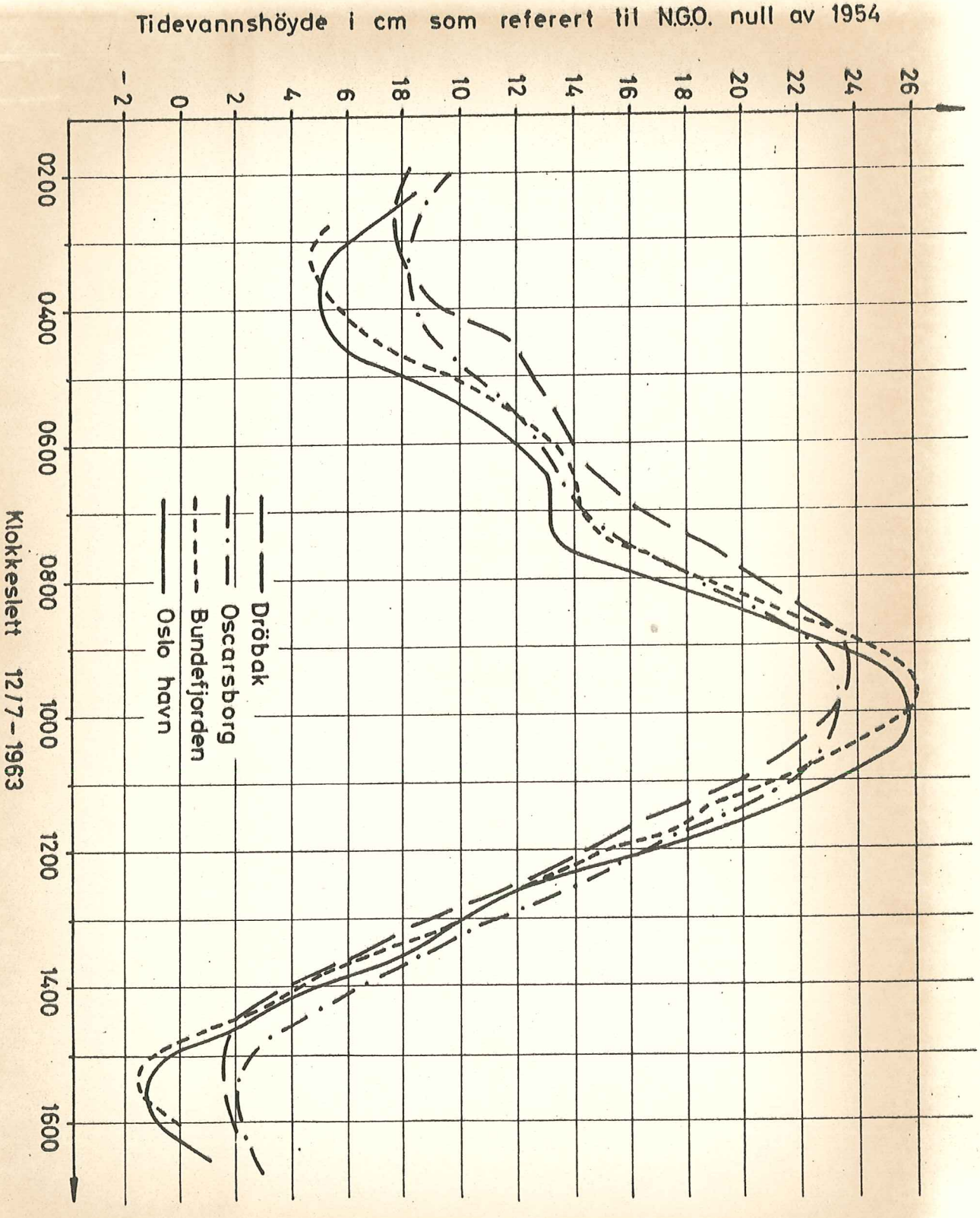



Fig.14

| | | |
|---|---|---|
| NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING<br>BLINDERN | Synkroniserte tidevannshöyder i Dröbak, Oslohavn Oscarsborg og Bundefjorden 12/7-1963. | O-201 4357 |

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: $7^{02}$ utströmning: $5^{25}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 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 | 34 | 28 | 31 | 32 | 28 | 36 | 32 | 31 | 41 | 30 | 31 | 29 | 25 | | | | | | | |
| ere | | 1900 | | 0800 | | 1940 | | 0710 | | 2000 | | 0900 | | 2140 | | 1000 | | 2210 | | 1120 | | 2350 | | 1200 | | 0045 | | | | | | | |
| strömn. | | $7^{10}$ | | $6^{15}$ | | $7^{20}$ | | $7^{50}$ | | $6^{45}$ | | $7^{15}$ | | $7^{10}$ | | $7^{10}$ | | $6^{55}$ | | $6^{40}$ | | $6^{55}$ | | $6^{50}$ | | $7^{05}$ | | | | | | | |
| strömn. | $4^{55}$ | | $5^{50}$ | | $5^{25}$ | | $4^{10}$ | | $5^{00}$ | | $6^{15}$ | | $5^{25}$ | | $5^{10}$ | | $5^{00}$ | | $6^{15}$ | | $5^{50}$ | | $5^{15}$ | | $5^{55}$ | | | | | | | | |

## OSCARSBORG: amplitude: 33,8cm innströmning: $7^{13}$ utströmning: $5^{12}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1420 | | 0220 | | 1450 | | 0355 | | 1610 | | 0305 | | 1710 | | 0615 | | 1820 | | 0635 | | 1910 | | 0725 | | 1935 | | 0815 | | | | | | | |
| plitude | 30 | 31 | 43 | 39 | 40 | 60 | 45 | 39 | 30 | 29 | 40 | 25 | 22 | 34 | 30 | 32 | 32 | 27 | 36 | 34 | 29 | 40 | 29 | 30 | 29 | 24 | 27 | | | | | | |
| ere | | 1910 | | 0800 | | 2010 | | 0820 | | 2055 | | 0915 | | 2250 | | 1045 | | 2310 | | 1135 | | 0045 | | 1255 | | 0130 | | 1255 | | | | | |
| strömn. | | $7^{10}$ | | $6^{50}$ | | $7^{45}$ | | $7^{50}$ | | $6^{10}$ | | $7^{55}$ | | $7^{25}$ | | $7^{35}$ | | $7^{25}$ | | $7^{35}$ | | $6^{40}$ | | $6^{40}$ | | $6^{45}$ | | | | | | | |
| strömn. | $4^{50}$ | | $5^{40}$ | | $5^{20}$ | | $4^{25}$ | | $4^{45}$ | | $6^{10}$ | | $5^{40}$ | | $4^{30}$ | | $4^{50}$ | | $5^{00}$ | | $5^{35}$ | | $5^{30}$ | | $5^{55}$ | | $4^{40}$ | | | | | | |

## OSLO HAVN: amplitude: 35,0cm innströmning: $7^{05}$ utströmning: $5^{25}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 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 | 37 | 32 | 35 | 33 | 26 | 38 | 34 | 30 | 42 | 32 | 34 | 32 | 27 | | | | | | | |
| ere | | 1950 | | 0835 | | 2016 | | 0740 | | 2010 | | 0915 | | 2210 | | 1030 | | 2250 | | 1120 | | 0000 | | 1250 | | 0140 | | | | | | | |
| strömn. | | $6^{50}$ | | $6^{25}$ | | $7^{20}$ | | $7^{40}$ | | $7^{00}$ | | $7^{30}$ | | $7^{05}$ | | $7^{20}$ | | $7^{00}$ | | $7^{00}$ | | $7^{00}$ | | $7^{00}$ | | $6^{50}$ | | | | | | | |
| strömn. | $5^{20}$ | | $5^{55}$ | | $5^{20}$ | | $4^{10}$ | | $4^{50}$ | | $6^{05}$ | | $5^{25}$ | | $5^{15}$ | | $5^{00}$ | | $5^{30}$ | | $5^{40}$ | | $5^{50}$ | | $5^{50}$ | | | | | | | | |

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: $6^{37}$ utströmning: $5^{58}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 | 25 | 32 | 33 | 23 | 27 | 42 | 30 | 35 | 39 | 30 | 41 | 42 | | | | |
| fjære | 1250 | | 0130 | | 1345 | | 0250 | | 1320 | | 0300 | | 1530 | | 0600 | | 1700 | | 0750 | | 1830 | | 0715 | | 1815 | | 0630 | | | |
| innströmn. | $6^{25}$ | | $6^{30}$ | | $6^{20}$ | | $6^{30}$ | | $7^{00}$ | | $7^{35}$ | | $7^{10}$ | | $6^{00}$ | | $7^{50}$ | | $4^{40}$ | | $6^{40}$ | | $6^{05}$ | | $7^{15}$ | | | | |
| utströmn. | | $6^{15}$ | | $5^{45}$ | | $6^{43}$ | | $4^{50}$ | | $6^{40}$ | | $4^{55}$ | | $7^{20}$ | | $5^{00}$ | | $7^{00}$ | | $6^{00}$ | | $6^{05}$ | | $4^{55}$ | | $7^{00}$ | | | | |

## OSCARSBORG: amplitude: 28.6 cm innströmning: $6^{26}$ utströmning: $6^{07}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 | 24 | 31 | 32 | 24 | 28 | 40 | 30 | 38 | 38 | 30 | 42 | 41 | 40 | | | |
| fjære | 1255 | | 0150 | | 1410 | | 0240 | | 1415 | | 0520 | | 1820 | | 0655 | | 1825 | | 0730 | | 1905 | | 0815 | | 1945 | | 0915 | | | |
| innströmn. | $6^{50}$ | | $7^{00}$ | | $6^{10}$ | | $7^{25}$ | | $7^{20}$ | | $6^{30}$ | | $5^{15}$ | | $6^{00}$ | | $7^{00}$ | | $5^{45}$ | | $6^{30}$ | | $6^{10}$ | | $6^{50}$ | | $5^{20}$ | | |
| utströmn. | | $6^{05}$ | | $5^{20}$ | | $6^{20}$ | | $4^{10}$ | | $7^{45}$ | | $6^{30}$ | | $7^{20}$ | | $5^{30}$ | | $6^{20}$ | | $5^{50}$ | | $6^{40}$ | | $5^{20}$ | | $6^{40}$ | | | | |

## OSLO HAVN: amplitude: 31.8cm innströmning: $6^{34}$ utströmning: $6^{02}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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 | 28 | 35 | 36 | 27 | 31 | 41 | 32 | 40 | 42 | 32 | 42 | 46 | | | | |
| fjære | 1330 | | 0230 | | 1445 | | 0320 | | 1415 | | 0345 | | 1550 | | 0600 | | 1735 | | 0820 | | 1900 | | 0820 | | 1950 | | 0940 | | | |
| innströmn. | $6^{45}$ | | $6^{40}$ | | $6^{25}$ | | $7^{00}$ | | $6^{55}$ | | $7^{05}$ | | $7^{20}$ | | $6^{10}$ | | $7^{05}$ | | $4^{50}$ | | $6^{30}$ | | $6^{00}$ | | $6^{50}$ | | | | |
| utströmn. | | $6^{15}$ | | $5^{35}$ | | $6^{10}$ | | $3^{55}$ | | $6^{35}$ | | $5^{00}$ | | $6^{50}$ | | $5^{25}$ | | $7^{30}$ | | $5^{50}$ | | $6^{50}$ | | $5^{50}$ | | $7^{00}$ | | | | |

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: $7^{03}$ utströmning: $5^{12}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Flo | 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 | 26 | 31 | 25 | 28 | 26 | 26 | 25 | 26 | 23 | 39 | 28 | 22 | | | | | |
| Fjære | | 1935 | | 0950 | | 2010 | | 1005 | | 2100 | | 1005 | | 2155 | | 1025 | | 2220 | | 1100 | | 2335 | | 1100 | | 2330 | | | | | |
| Innstrømn. | | $6^{55}$ | | $5^{50}$ | | $7^{30}$ | | $6^{10}$ | | $7^{20}$ | | $7^{10}$ | | $7^{30}$ | | $7^{35}$ | | $8^{00}$ | | $7^{15}$ | | $6^{45}$ | | $7^{15}$ | | $6^{30}$ | | | | | |
| Utstrømn. | $4^{55}$ | | $7^{20}$ | | $4^{30}$ | | $6^{25}$ | | $4^{45}$ | | $5^{45}$ | | $4^{40}$ | | $5^{00}$ | | $4^{20}$ | | $4^{40}$ | | $5^{20}$ | | $4^{40}$ | | $5^{15}$ | | | | | | |

## OSCARSBORG: amplitude: 30.1cm innströmning: $6^{38}$ utströmning: $5^{40}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Flo | 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 | 26 | 32 | 25 | 29 | 26 | 26 | 25 | 26 | 20 | 38 | 28 | 20 | 18 | | | | |
| Fjære | | 1945 | 1945 | 0930 | | 2035 | | 0950 | | 2110 | | 1045 | | 2255 | | 1145 | | 2305 | | 1155 | | 2355 | | 1205 | | 0020 | | 1205 | | | |
| Innstrømn. | | $6^{50}$ | | $6^{00}$ | | $6^{55}$ | | $6^{30}$ | | $7^{15}$ | | $6^{30}$ | | $6^{55}$ | | $6^{25}$ | | $7^{05}$ | | $6^{40}$ | | $7^{06}$ | | $6^{00}$ | | $6^{20}$ | | | | | |
| Utstrømn. | $5^{10}$ | | $6^{55}$ | | $5^{05}$ | | $6^{20}$ | | $4^{50}$ | | $6^{20}$ | | $5^{40}$ | | $6^{15}$ | | $4^{55}$ | | $5^{45}$ | | $5^{20}$ | | $5^{05}$ | | $6^{15}$ | | $5^{20}$ | | | | | |

## OSLO HAVN: amplitude: 32.7cm innströmning: $6^{45}$ utströmning: $5^{32}$

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Flo | 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 | 27 | 34 | 28 | 30 | 30 | 29 | 29 | 31 | 23 | 40 | 31 | 23 | | | | | |
| Fjære | | 2020 | | 0940 | | 2150 | | 1030 | | 2200 | | 1020 | | 2230 | | 1100 | | 2310 | | 1130 | | 2350 | | 1200 | | 0020 | | | | | |
| Innstrømn. | | $6^{30}$ | | $6^{15}$ | | $7^{20}$ | | $6^{40}$ | | $6^{35}$ | | $7^{00}$ | | $6^{45}$ | | $7^{00}$ | | $7^{00}$ | | $6^{40}$ | | $6^{55}$ | | $6^{50}$ | | $6^{20}$ | | | | | |
| Utstrømn. | $5^{30}$ | | $6^{50}$ | | $5^{05}$ | | $6^{10}$ | | $4^{50}$ | | $5^{05}$ | | $5^{10}$ | | $5^{45}$ | | $5^{00}$ | | $5^{30}$ | | $5^{40}$ | | $5^{16}$ | | $5^{30}$ | | | | | | |

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: $6^{56}$ | utströmning: $5^{33}$ | | | | | |
| lo | 1845 | 0720 | 1930 | 0800 | 1940 | 0910 | 2010 | 0915 |
| mplitude | 26 | 29 | 11 | 20 | 31 | 23 | 23 | 20 |
| ære | 1115 | 5050 | 1230 | 0100 | 1300 | 0145 | 1350 | 0240 |
| nnströmn. | $7^{30}$ | $6^{30}$ | $7^{00}$ | $7^{00}$ | $6^{40}$ | $7^{25}$ | $6^{20}$ | $6^{35}$ |
| tströmn. | $6^{05}$ | $5^{10}$ | $5^{30}$ | $5^{00}$ | $6^{05}$ | $4^{40}$ | $6^{30}$ | $5^{50}$ |
| **OSCARSBORG:** | amplitude: 25.1cm | innströmning: $6^{48}$ | utströmning: $5^{41}$ | | | | | |
| lo | 1855 | 0800 | 1955 | 0830 | 2025 | 0920 | 2040 | 1000 |
| mplitude | 25 | 28 | 12 | 18 | 30 | 23 | 21 | 19 |
| ære | 1200 | 0110 | 1300 | 0135 | 1330 | 0205 | 1420 | 0310 |
| nnströmn. | $6^{55}$ | $6^{50}$ | $6^{55}$ | $6^{55}$ | $6^{55}$ | $7^{15}$ | $6^{20}$ | $6^{50}$ |
| tströmn. | $6^{15}$ | $5^{00}$ | $5^{40}$ | $5^{00}$ | $5^{40}$ | $5^{00}$ | $6^{30}$ | $6^{00}$ |
| **OSLO HAVN:** | amplitude: 29.6cm | innströmning: $6^{48}$ | utströmning: $5^{41}$ | | | | | |
| o | 1930 | 0830 | 2020 | 0900 | 2100 | 1000 | 2125 | 1000 |
| mplitude | 29 | 31 | 15 | 23 | 39 | 31 | 25 | 23 |
| ære | 1220 | 0150 | 1350 | 0200 | 1350 | 0250 | 1510 | 0350 |
| nnströmn. | $7^{10}$ | $6^{40}$ | $6^{30}$ | $7^{00}$ | $7^{10}$ | $7^{10}$ | $6^{15}$ | $6^{10}$ |
| tströmn. | $6^{20}$ | $5^{20}$ | $5^{40}$ | $4^{50}$ | $5^{50}$ | $5^{10}$ | $6^{25}$ | $5^{45}$ |

| | 8/7 | 9/7 | 10/7 | 11/7 | 12/7 | 13/7 | 14/7 | 15/7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lo | 2215 | 1140 | 2245 | 1205 | 0010 | | | |
| mplitude | 21 | 35 | 25 | 24 | 29 | 36 | 35 | 29 |
| ære | 1505 | 0555 | 1640 | 0505 | 1705 | 0555 | | |
| nnströmn. | $7^{10}$ | $7^{45}$ | $6^{05}$ | $7^{50}$ | $7^{05}$ | | | |
| tströmn. | $6^{35}$ | $5^{40}$ | $5^{00}$ | $6^{20}$ | $5^{00}$ | $5^{25}$ | | |
| lo | 2240 | 1200 | 2345 | 1250 | 0040 | | | |
| mplitude | 14 | 20 | 20 | 34 | 25 | 25 | 30 | 34 | 33 | 28 | 33 | 40 |
| ære | 1600 | 0500 | 1700 | 0630 | 1750 | 0620 | | |
| nnströmn. | $6^{50}$ | $6^{40}$ | $7^{00}$ | $6^{45}$ | $6^{20}$ | $6^{50}$ | | |
| tströmn. | $6^{00}$ | $6^{20}$ | $5^{00}$ | $6^{45}$ | $5^{00}$ | $5^{40}$ | | |
| o | 2320 | 1240 | 5015 | | | | | |
| mplitude | 41 | 29 | 28 | 35 | 42 | 38 | 31 | 38 | 43 |
| ære | 1545 | 0430 | 1630 | 0550 | 1720 | 0640 | | |
| nnströmn. | $6^{35}$ | $7^{10}$ | $6^{50}$ | $6^{50}$ | $6^{55}$ | | | |
| tströmn. | $5^{45}$ | $6^{10}$ | $4^{50}$ | $6^{30}$ | $4^{40}$ | $6^{25}$ | | |