

OM SAMMENHENGEN MELLOM FERSKVANNSAVRENNINGEN
OG EN DEL BIOLOGISKE PARAMETRE

Av

Svein Sundby

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt, Bergen

Innvirkningen av ferskvannstilførselen på produksjonen i sjøen er blitt diskutert av flere forfattere med forskjellig utgangspunkt. GRAN (1923) antyder at ferskvannet inneholder store mengder plantenæringsstoffer som direkte gjødsler overflatelagene og gir høy primærproduksjon. SUND (1924) hevder derimot at det er en klar sammenheng mellom årsklassenes styrke av skrei og nedbørfattige vintre. Dette forklares med at nedbørfattige vintre gir opphav til liten stabilitet i sjøen, og dermed blir det næringsrike dypvannet lett blandet opp i primærproduksjonssonen. Dette skulle igjen bevirke høy produksjonen opp gjennom næringskjeden.

SKRESLET (1976) hevder at det er en kausal sammenheng mellom årsklassenes styrke på skrei og flomtoppen fra Nord-Vestlandet året før. Som en indikasjon på dette presenteres en tidsserie på 13 år (1949-1962) hvor det blir funnet en korrelasjonskoeffisient på 0,82 m.h.p. lineær regressjon mellom overlevingsindeks for norsk-arktisk torsk i de tre første leveår og den 30 døgns maksimale flomtoppen fra den hydrologiske regionen Møre-Trøndelag (Fig. 1). Overlevingsindeksen for norsk-arktisk torsk er hentet fra GARROD (1973) og er forklart i detalj av RØRVIK (1979). Flomtoppen er framkommet ved å summere seks pentademidler for avrenningen fra et vassdrag på Nordmøre. Avrenningen fra hele den hydrologiske regionen Møre-Trøndelag er antatt å skje i takt med avrenningen fra dette vassdraget. Således blir ferskvannstilførselen, $F(i \text{ km}^3)$, i løpet av flomtoppen over 30 døgn

$$F = \sum_{i=1}^6 \frac{r_i A}{a} C,$$

hvor r_i er avrenningen i m^3/s for pentademiddel i , a er arealet av vassdragets nedslagsfelt, og A er arealet av hele den hydrologiske regionen. C er omregningsfaktor fra m^3/s til $km^3/30$ døgn.

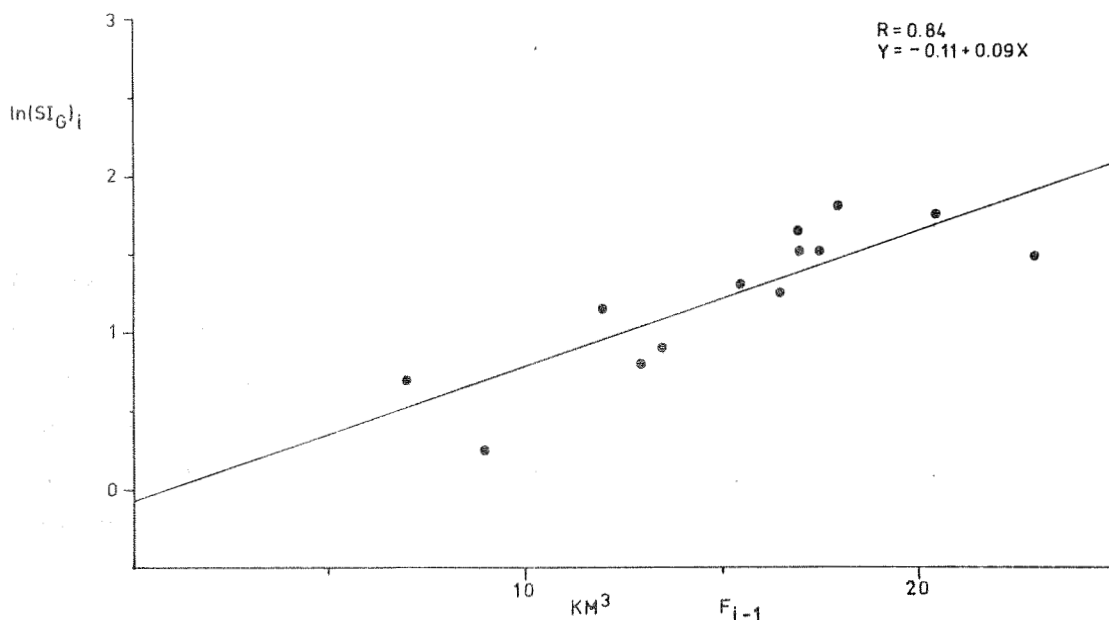


Fig. 1. Sammenhengen mellom overlevingsindeks for skrei og beregnet flomtopp fra Møre-Trøndelag året før for perioden 1949 1962.

Forklaringen på sammenhengen mellom ferskvannstilførselen og overleving av norsk-arktisk torsk er av SKRESLET (1976) forklart med en økologisk modell. De viktigste punktene i denne modellen er her gjengitt i Fig. 2:

"Entrainment"-prosessen eller medrivning av dypereliggende næringsrikt vann i fjorder og kystnære farvann øker med økende flomtopp. Dette medfører at phytoplanktonproduksjonen varierer i takt med flomtoppen. Høy phytoplankton-produksjon gir så en sterk zooplanktongenerasjon, hovedsaklig raudåte, som driver nordover med kyststrømminger og søker ned i dypet utover høsten for overvintring. Da befinner denne generasjonen seg utenfor Nord-Norge, f.eks. i Vestfjorden. Om våren blir den sterke generasjonen av zooplankton opphavet til en stor yngelproduksjon. Dette gir godt mattilbud for torskelarvene og dermed stor overleving. Dette skulle så kunne

måles ca. $\frac{1}{2}$ år seinere når årsklassen er etablert som 0-gruppe. Tilslutt antas det at overlevingsindeksene for 0-gruppe er proporsjonal med overlevingsindeksen beregnet på tre-årsstadiet.

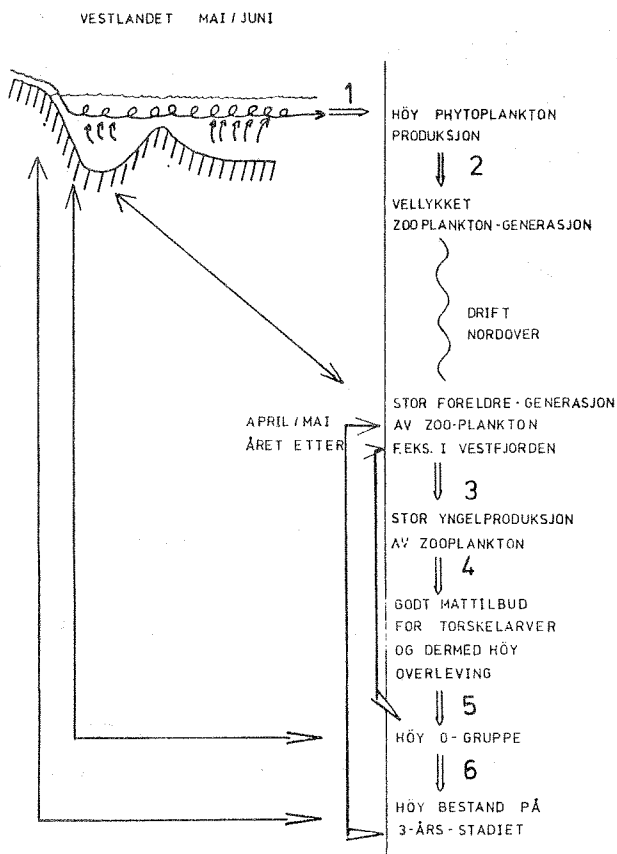


Fig. 2. Antatt sammenheng mellom flomtoppen fra Møre-Trøndelag og overleving av torskelarver i Lofoten. Etter Skreslet (1976). (Pilene angir korrelasjonsanalysene som er foretatt i denne rapporten).

For å undersøke nærmere denne økologiske modellen, er det her benyttet forbedrede data både for overlevingsindeksen og variasjonene i ferskvannstilførselen. Tidsserien er dessuten forlenget fra 13 til 29 år (1946-1975).

Overlevingsindeksen er her, som i GARROD (1973), beregnet på grunnlag av data fra V.P.A. (virtuell populasjonsanalyse). Imidlertid er overlevingsindeksen her beregnet i forhold til biomassen av gytebestanden og ikke på antallet gytere som i GARROD (1973). I tillegg er det lagt inn korreksjon for reduksjon i gytealder for skrei i løpet av de siste 30 år. Denne indeksen er her gitt betegnelsen $\ln(SI_2)$, mens Garrods indeks er gitt betegnelsen $\ln(SI_G)$. For perioden fra 1965 til 1978 er det også benyttet en særskilt overlevingsindeks basert på de internasjonale 0-gruppeundersøkelsene i Barentshavet. Indeksen er her betegnet $\ln(SI_{0-gr.})$. Samtlige av disse indeksene er diskutert av RØRVIK (1979).

For å øke sikkerheten i beregning av variasjonene i flomtoppen er det benyttet fem vannmerker fra området Møre-Trøndelag istedet for ett. Således er det samlede nedslagsfeltet fra disse vassdragene 3804 km^3 som utgjør 6,6% av regionens totalareal. Dataene er stilt til disposisjon fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen. Basis for beregningene er døgnmiddelverdier for avrenningen fra de enkelte vannmerkene $r_{ij} (\text{m}^3/\text{s})$ hvor i er det enkelte døgn og j det enkelte vannmerke.

Den 30 døgns maksimale flomtoppen, F , blir da

$$F = \sum_{i=1}^{30} \sum_{j=1}^5 \frac{r_{ij} A}{a_j} \cdot C$$

hvor a_j er arealet av nedslagsfeltet fra vannmerke j , og A er totalarealet. C er omregningsfaktoren fra m^3/s til $\text{km}^3/30$ døgn.

I Fig. 3 er disse beregningene satt opp sammen med beregningene fra SKRESLET (1976). Selv om Skreslets verdier er noe lavere, varierer kurvene stort sett i takt. I prinsippet burde imidlertid verdiene som er beregnet her gi et bedre bilde av variasjonene i flomtoppen. Begge beregningsmetodene har allikevel visse svakheter.



Fig. 3. Beregnet 30-døgnsmaksimale flomtop fra Møre-Trøndelag av Skreslet (1976), A og NVE/HI, B.

Tidsrommet for den 30 døgns maksimale flomtoppen varierer endel innen området, og dette medfører at variasjonene fra år til år i Skreslets verdier blir noe for høy. I beregningene som er gjort her vil derimot variasjonene være mer realistiske mens absoluttverdiene blir for høye. For begge metodene gjelder imidlertid at avrenningen fra de kystnære områdene ikke er tatt med i tilstrekkelig grad. Alle vannmerkene som er benyttet, representerer nemlig typiske innlandsvassdrag. Allikevel vil feilen som introduseres her ha liten betydning da det er innlandsområdene som dominerer flommen.

På bakgrunn av disse feilkildene må beregningene sies å være representative kun for Møreområdet og ikke for hele den hydrologiske regionen Møre-Trøndelag.

Feilkildene for overlevingsindeksene er diskutert av RØRVIK (1979).

I Fig. 4 er de korrigerede overlevingsindeksene $\ln(SI_2)_k$ og flomverdiene F_{k-1} plottet opp for den utvidede tidsserien fra 1946-1974. Lineær regressjon gir

$$\ln(SI_2)_k = 0.023 F_{(k-1)} + 0.072 \quad \text{hvor } k \text{ er det enkelte året.}$$

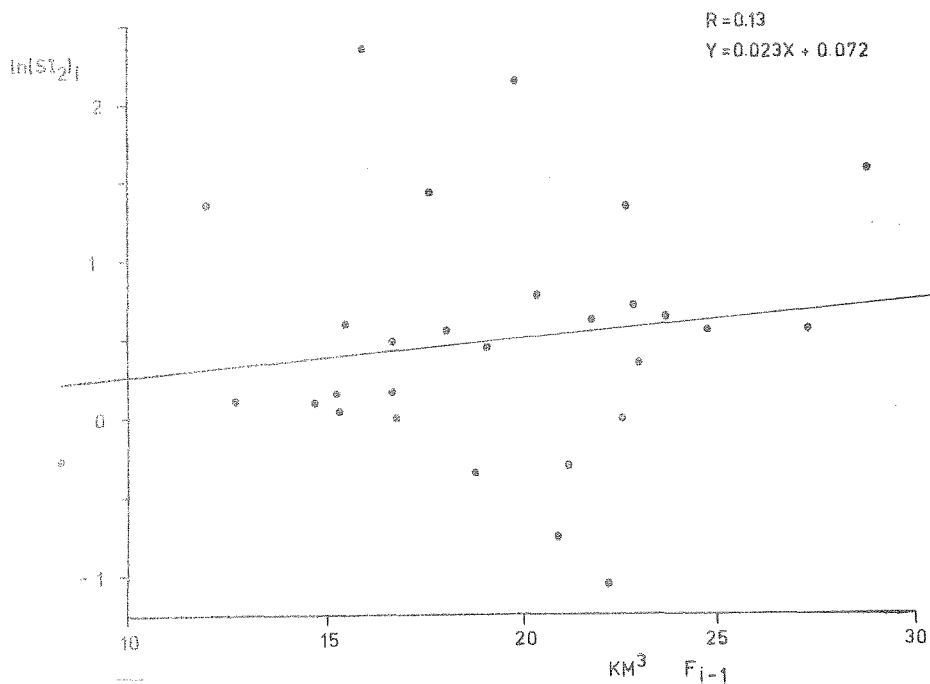


Fig. 4. Sammenhengen mellom korrigerede overlevingsindekser for skrei og 30-døgnsmaksimale flomtopp fra Møre-Trøndelag året før for perioden 1946 - 1975.

Korrelasjonskoeffisienten er 0.13 og det kan således ikke sies å være noen funksjonell sammenheng mellom de to parametrene.

I Fig. 5 er overlevingsindeks basert på 0-gruppeundersøkelsene, $\ln(SI_{0-gr.})$ plottet opp mot flomtoppen. Lineær regressjon her gir

$$\ln(SI_{0-gr.})_k = - 0.166 F_{(kU1)} + 0.783$$

Korrelasjonskoeffisienten er her 0.30 og således er det heller ikke her mulig å antyde noen funksjonell sammenheng.

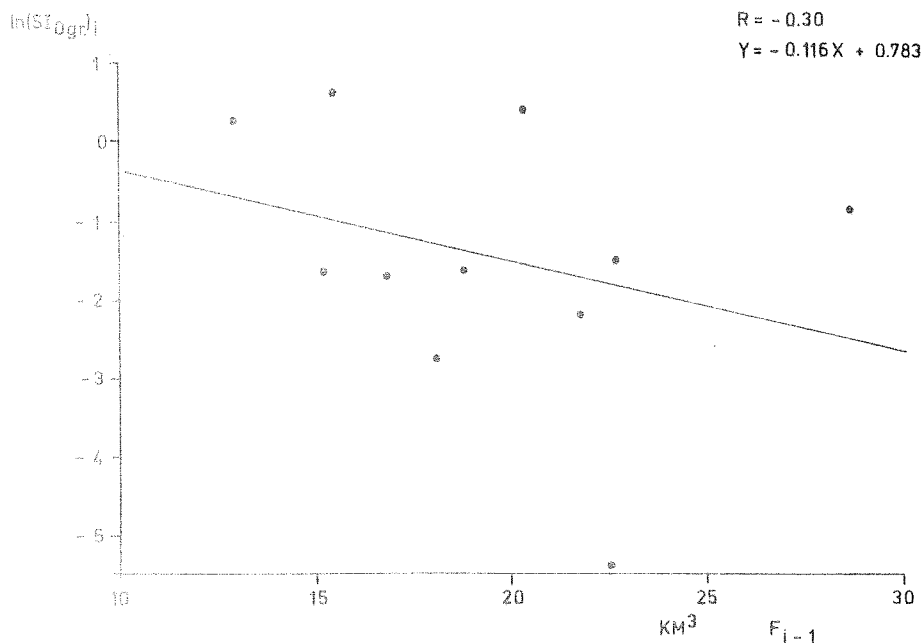


Fig. 5. Sammenhengen mellom overlevingsindeksen for skrei basert på 0-gruppe-undersøkelser og 30-døgnmaksimale flomtopp fra Møre-Trøndelag året før for perioden 1965 - 1975.

I Fig. 6 er flomtoppen fra hele Vestlandet og Møre-Trøndelag plottet opp mot de korrigerede overlevingsindeksene. For å redusere feilen som introduseres ved at den 30-døgn maksimale flomtoppen opptrer til forskjellig tid i de forskjellige områdene er det her benyttet den 90-døgn maksimale flomtoppen. Med denne beregningen skulle en betydelig større del av flommen fanges opp, og muligheten for at dette påvirker phytoplanktonproduksjonen burde i prinsippet være større enn om en bare tar i betraktning 30-døgn flomtoppen over et begrenset område. Imidlertid er det heller ikke i dette tilfelle indikert noen funksjonell sammenheng.

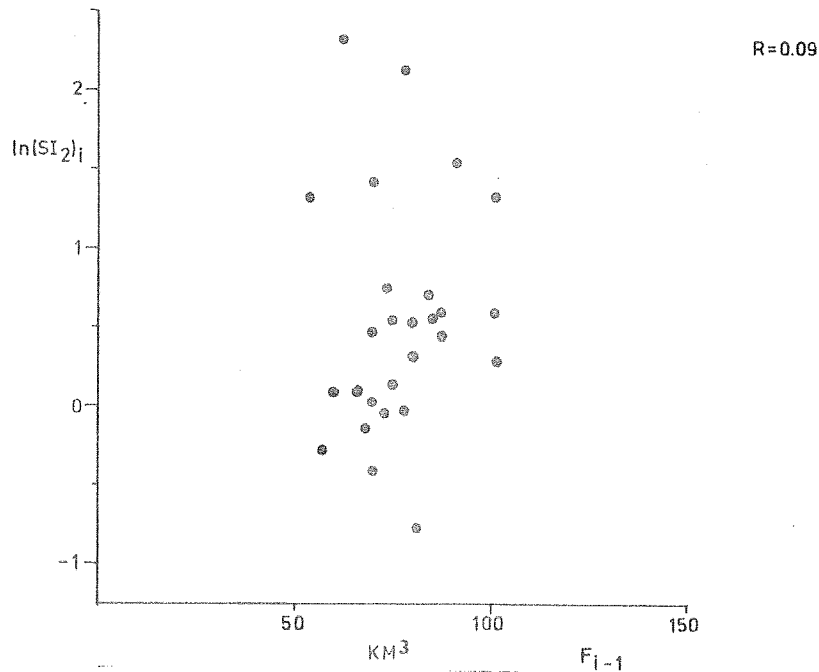


Fig. 6. Sammenhengen mellom korrigerte overlevingsindekser for skrei og 90-døgnsmaksimale flomtopp fra Vestlandet og Møre-Trøndelag året før for perioden 1946 - 1974.

Den mulige påvirkningen av flommen er også forsøkt målt på en mer direkte måte idet den er sammenlignet med størrelsen av foreldregenerasjonen av zooplankton med opphav utenfor Mørkysten (Fig. 2). Således elimineres fire av implikasjonsleddene i slutningsrekken i Fig. 2, og dette betyr at en først og fremst reduserer målestøy som blir akkumulert for hvert av implikasjonsleddene. Dessuten elimineres da alle andre kjente og ukjente faktorer mellom slutningsrekken fra zooplankton til torskelarver. Zooplanktondataene som er benyttet her, er middelverdien for april og mai for den faste stasjonen på Skrova i Vestfjorden. Det er altså antatt at dette er zooplankton som har sin opprinnelse utenfor Møre året før. Datamengden er opparbeidet av WIBORG (1978) og er basert på Judayhovtrekk fra 300 til 0 m. I Fig. 7 og 8 er den relative verdien for volummengder zooplankton i ml/m² overflate plottet opp mot den 30-døgn maksimale flomtoppen for h.h.v. perioden 1949-62 og 1962-74. Heller ikke her finnes det noen funksjonell sammenheng. Zooplanktonvolumene er også forsøkt korrelert med overlevingsindeksene. Dette også uten signifikant korrelasjon.

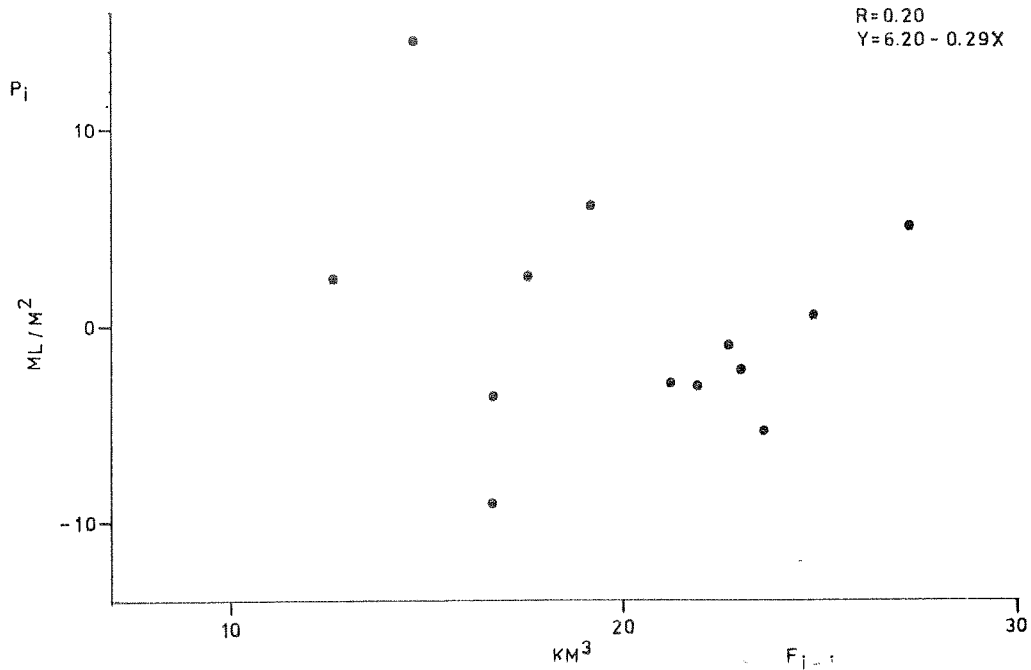


Fig. 7. Sammenhengen mellom relative verdier for april/mai for zooplanktonvolum ml/m^2 (300-0 m) på den faste stasjon Skrova og 30-døgnsflomtoppen året før fra Møre-Trøndelag for perioden 1949 - 1962. Planktondata etter Wiborg (1978).

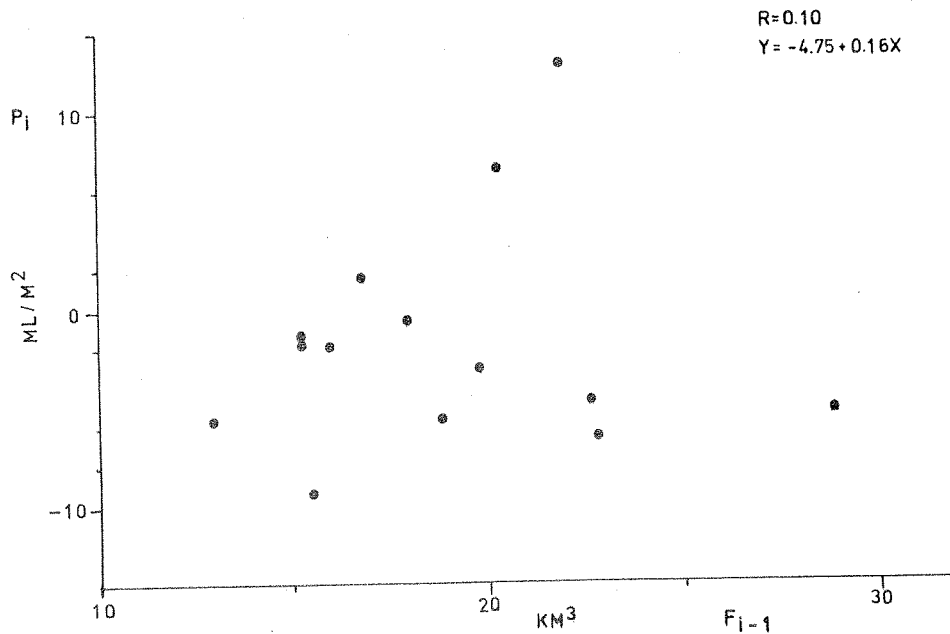


Fig. 8. Sammenhengen mellom relative verdier for april/mai for zooplanktonvolum ml/m^2 (300-0 m) på den faste stasjon Skrova og 30-døgnsflomtoppen året før fra Møre-Trøndelag for perioden 1962 - 1974. Planktondata etter Wiborg (1978).

Tilslutt er det forsøkt å sammenligne 90-døgn flomtoppen fra Vestlandet og Møre-Trøndelag med den maksimale ekvivalente ferskvannstykkelsen ved den faste stasjonen Skrova i Vestfjorden (Fig. 9).

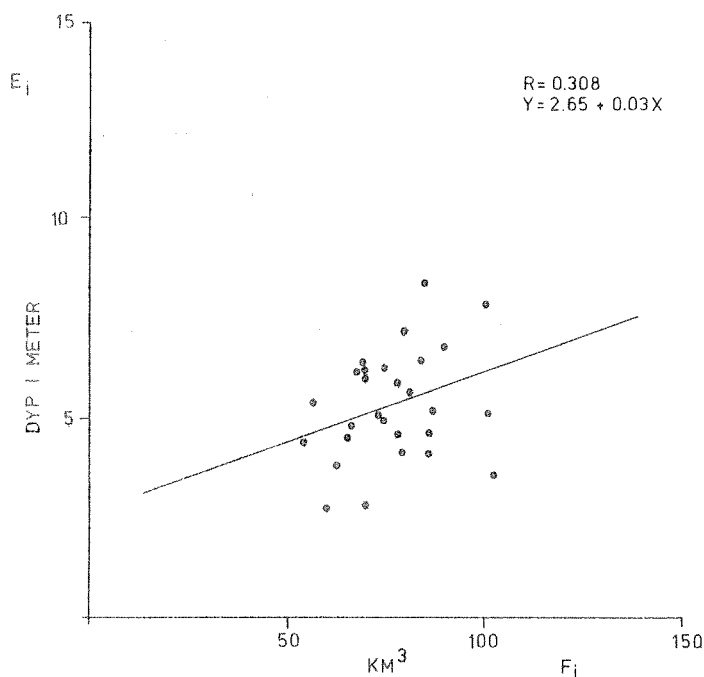


Fig. 9. Sammenhengen mellom maksimal ekvivalent ferskvannstykkelse på den faste stasjon på Skrova og 90 døgnsflomtoppen fra Vestlandet og Møre-Trøndelag.

Ekvivalent ferskvannstykkelse er den høyde med ferskvann som er inneholdt i en vannsøyle sjøvann når saltholdighet over et gitt nivå regnes som 100% sjøvann.

Den ekvivalente ferskvannsstykkelsen, E , kan da uttrykkes slik

$$E = H - \frac{1}{S(H)} \int_0^H S(z) dz$$

hvor H er dybden ned til nivået for referansesaltholdigheten $S(H)$, og $S(z)$ er saltholdigheten i dypet z .

Korrelasjonen er også her uten signifikans. Dette siste resultatet antyder at flommens innvirkning på kyststrømsystemet ikke er så enkel som en kanskje kunne anta. Trolig må en se ferskvannstilførselen fra hele Østersjøområdet, Nordsjøen og Norge under ett for å få signifikant korrelasjon. Vindforholdene virker i meget sterk grad inn på flere faktorer i kyststrømmen som f.eks. på stabilitet, innblanding av atlantisk vann og oppstuing langs land. Derfor kan en stille spørsmålet om flomtoppen i det hele tatt har den virkningen

på phytoplanktonproduksjonen slik som antatt i det første implikasjonsleddet i Fig. 2.

Proessen "entrainment" eller medrivning er riktignok en prosess som gir transport av næringsrikt vann opp til brakkvannslaget, men nøyaktig hvordan flommen innvirker på denne prosessen er ikke klart. Blandingsprosesser forårsaket av vind og tidevann har trolig større betydning for transport av næringsrikt dypvann opp i produksjonssonen.

I tillegg til de korrelasjonsanalyser som er beskrevet her, er det også utført korrelasjonsanalyser mellom flere parametre og andre tidsserier uten at det for noen av disse er funnet signifikant korrelasjon. Alt dette er oppsummert i Tabell 1.

Tabell 1.

Oversikt over lineære korrelasjonsanalyser som er gjennomført uten at det er funnet signifikant korrelasjon.

Indeks II = den hydrologiske regionen Møre-Trøndelag.

Indeks III = den hydrologiske regionen Vestlandet.

P = zooplanktonvolumer på den faste stasjonen Skrova.

Ellers er det brukt symboler som i teksten.

TIDSSERIE 1946-75		TIDSSERIE 1946-62		TIDSSERIE 1949-74
$\ln(SI_G)_k$	- F30(II) _{k-1}	$\ln(SI_G)_k$	- F30(II) _{k-1}	P_k - F30(II) _{k-1}
$\ln(SI_1)_k$	- F30(II) _{k-1}	$\ln(SI_2)_k$	- F30(II) _{k-1}	P_k - $\ln(SI_2)_k$
$\ln(SI_2)_k$	- F30(II) _{k-1}	$\ln(SI_2)_k$	- F90(II+III) _{k-1}	P_k - $\ln(SI_{0-gr.})_k$
$\ln(SI_{0-gr.})_k$	- F30(II) _{k-1}			
$\ln(SI_2)_k$	- F90(II+III) _{k-1}			
E_k	- F90(II+III) _k			
$\ln(SI_2)_k$	- F90(II+III) _k			
$\ln(SI_2)_k$	- F30(II) _k			

REFERANSER

- GARROD, D.J. 1973. The variation of replacement and survival in some fish stocks. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 164: 43-56.
- GRAN, H.H. 1923. Snemeltning som hovedårsak til den rike produktion i vort kysthav om vaaren. Samtiden 1923: 606-613.
- RØRVIK, C.J. 1979. Overlevingsindekser for Norsk-Arktisk torsk. Fisken og Havet Ser. B, 1979(7): 5-13.
- SKRESLET, S. 1976. Influence of fresh water outflow from Norway on recruitment to the stock of Arcto-Norwegian cod (Gadus morhua). P. 233-237 in SKRESLET, S., LEINEBØ, R., MATTHEWS, J.B.L. and SAKSHAUG, E. ed. Proc. Symp. on the influence of freshwater outflow on Biological processes in fjords and coastal waters, 22-25 April 1974, Geilo, Norway. The Association of Norwegian Oceanographers, Oslo.
- SKRESLET, S. 1978. Vannkraft og kystfiske. Norsk Natur, 14(2): 36-39.
- SUND, O. 1924. Snow and the Survival of Cod Fry. Nature, Lond., 113: 163-164.
- WIBORG, K.F. 1978. Variations in Zooplankton Volumes at the permanent oceanographic stations along the norwegian coast and at weathership station M(IKE) in the Norwegian Sea during the years 1949-1972. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 16: 465-487.

Oversikt over tidligere artikler finnes i tidligere nr.

- 1979 Nr. 1 Else Ellingsen: Foreløpige undersøkelser av rekelarvens (Pandalus borealis Krøyer) forekomst over et rekefelt i sørlige Norge.
- 1979 Nr. 2 Jan Aure, Otto Grahl-Nielsen, Svein Sundby: Spredning av oljeholdig avløpsvann i Fensfjorden fra oljeraffineriet på Mongstad.
- 1979 Nr. 3 Svein A. Iversen og Didrik S. Danielssen: Vekst, dødelighet og fôrøpptak hos 0-gruppe torsk (Gadus morhua L.) ved forskjellige temperaturer.
- 1979 Nr. 4 Einar Dahl, Else Ellingsen og Stein Tveite: Fiskeribiologiske undersøkelser i Oslofjorden februar-november 1977.
- 1979 Nr. 5 Bjørn Bøhle: Dyrking av blåskjell i Norge. Biologisk grunnlag, praktisk veiledning og muligheter.
- 1979 Nr. 6 Einar Dahl, Else Ellingsen og Stein Tveite: Fiskeribiologiske undersøkelser i Langesundsområdet, februar-november 1978.