

af
1
RAPPOR
BKO-9008

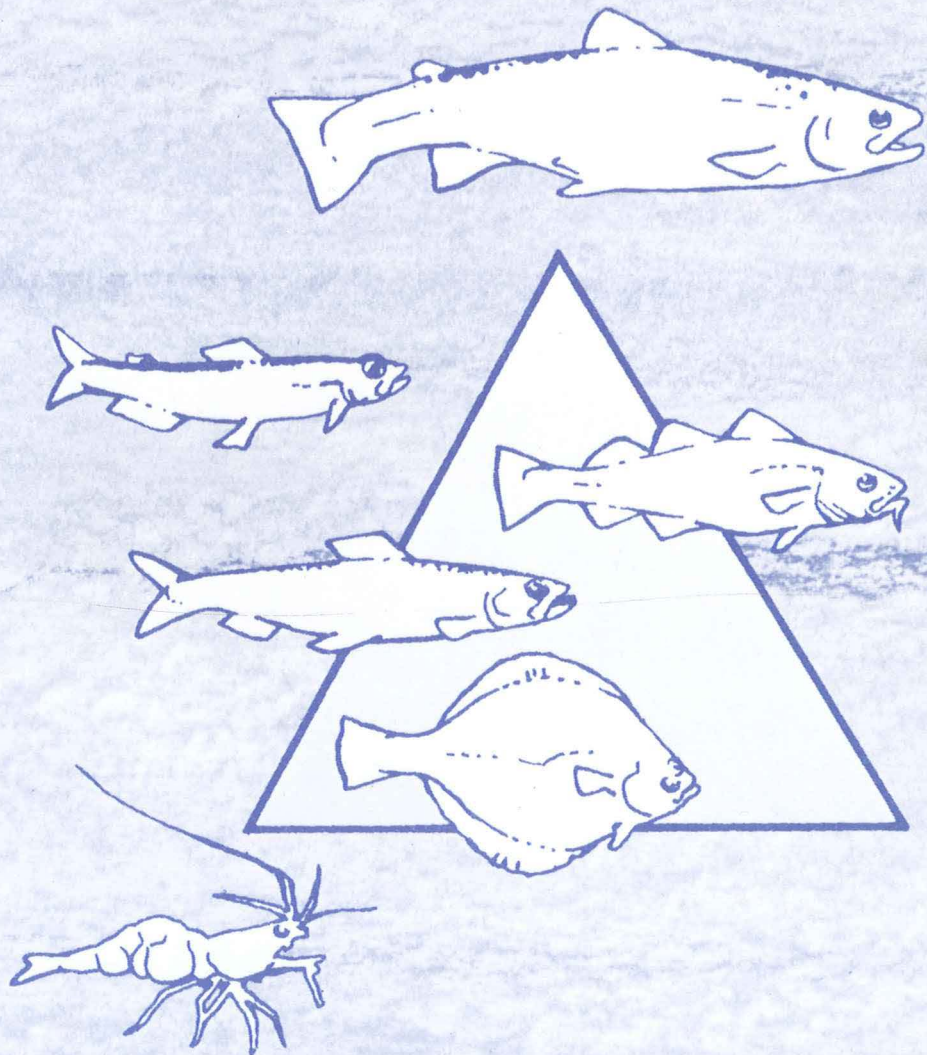
des. 1
AKUP-rapport pr. 31.12.90.

**MARINE ORGANISMERS FØLSOMHET FOR
OLJE SOM FUNKSJON AV ALDER.**

Bjørn Serigstad m.fl.

9 JAN. 1991

Fiske- og viltforvaltnings
bibliotek



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Senter for Marint Miljø

MARINE ORGANISMERS FØLSOMHET FOR OLJE SOM FUNKSJON AV ALDER.

AV

Bjørn Serigstad
 Torunn Ellingsen
 Frank Midtøy
 Arne Hassel
 Leif Austgulen
 Svein Wilhelmsen
 Lars Føyn

HVA GJØR VI PÅ HAVFORSKNINGSINSTITUTTET ?

Stikkord:

Eksperimentelle undersøkelser
 OLJE/FISK

BIOLOGI:

utviklingstrinn
 art

KJEMI:

forsøkstemperatur
 oljetype

INNLEDNING.....	3
OPPBYGGING AV NYTT ØKOTOKSIKOLOGISK LABORATORIUM.....	4
INNSAMLING AV BIOLOGISK MATERIALE OG TESTER I LABORATORIET...5	
Sei.....	5
Vårgytende sild.....	6
Lodde.....	7
Makrell.....	7
Høstgytende sild.....	8
KJEMISKE ANALYSER.....	14
KORT SAMMENFATNING AV VÅRE KUNNSKAPER.....	19

INNLEDNING

Vi baserer vårt arbeid hovedsakelig på kontrollerte bioteststudier. Fysiologiske, biokjemiske og morfologiske/patologiske studier benyttes til å avsløre eksperimentgruppens eventuelle avvik fra en kontrollgruppen.

Gode kjemiske analyser av oljekonsentrasjon og kjemisk sammensetning av oljen er helt nødvendig for å kunne utføre disse studiene. Det har vist seg at de enkelte typer Nordsjøolje oppfører seg meget forskjellig når de kommer i kontakt med sjøvann. Det er også store forskjeller i oljens kjemiske sammensetning innen en og samme oljebrønn, avhengig av stadium i produksjonsfasen. Videre har vi sett at oljens innblanding i sjøvann er i stor grad er avhengig av vanntemperaturen.

Hvis modellering skal ha noen verdi i sammenheng med effekter på pelagiske marine organismer, må vi øke vår kunnskap om oljens oppførsel i vann. Løselighet og vertikal nedblanding er viktig i denne sammenheng.

Det har vist seg vanskelig å finne klare olje effekter på levende materiale som hentes inn fra naturen. Vi har noen biokjemiske metoder som gir indikasjoner på om organismen har vært utsatt for oljeforurensning (induksjon av cytochrome p-450), men metoden er foreløpig lite spesifikk. Det må gjøres et detaljert registreringsarbeid på grunnlag av laboratorie-eksperimenter før metoden fullt ut kan gjøre nytte i praktiske problemstillinger.

Den beste arbeidsmetoden vi har i dag er å koble kontrollerte laboriestudier med feltobservasjoner. I laboratorie studiene kan vi bestemme effekten av forurensning på de enkelte utviklingsstadier av en organisme, og vi kan bestemme hvilke arter som er mest følsomme. Disse resultatene kobles sammen med feltobservasjoner. Vi kjenner utbredelses områdene for de enkelte stadier og arter og kan på grunnlag av dette peke ut spesielt sensitive områder.

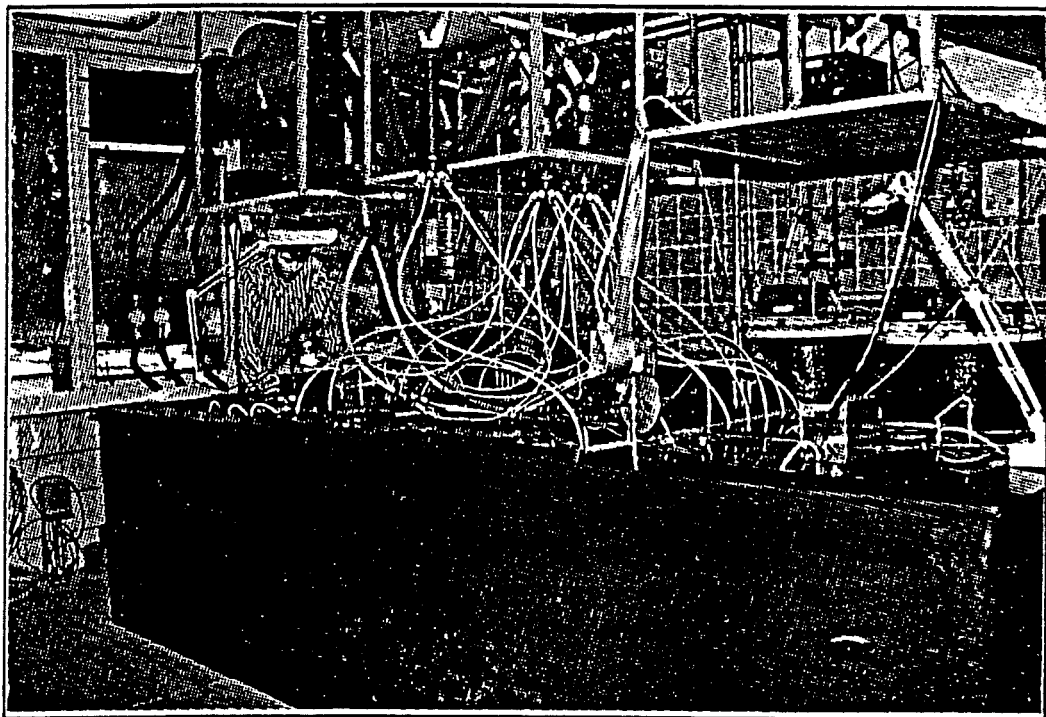
"Enkle" toksisitets tester kan være et meget godt hjelpemiddel i kartleggingen av forurensningseffekter, spesielt på grunn av den korte tiden som trengs for å gjennomføre en test. Det har imidlertid vist seg at det er store artsspesifikke forskjeller når det gjelder virkningen av olje på marine organismer. Sei larver er meget følsomme for oljeforurensning, mens silde larver ser ut til å bli lite påvirket. På samme måte er det store forskjeller i følsomhet mellom de enkelte utviklings stadiene. Det er gjennomgående de yngste stadiene som er mest følsomme.

Modellering er et meget viktig verktøy i forbindelse med konsekvensutredninger. I dette arbeidet må vi alltid passe på at vi har holdbare data og putte inn i modellen. Det hjelper lite med avanserte modeller hvis majoriteten av de data som puttes inn er ren gjetting. Vårt prosjekt søker å fremskaffe deler av de grunnlagsdataene som må til for å kjøre en realistisk modellering, og derved også en holdbar konsekvensvurdering.

OPPBYGGING AV NYTT ØKOTOKSIKOLOGISK LABORATORIUM

Ved Havforskningsinstituttet i Bergen, Senter for Marint Miljø, er det bygget opp et miljøtoksikologisk laboratorium som måler effekter av oljeforurensning på fiskeegg, fiskelarver og større fisk. Laboratoriet er i første rekke bygget opp for å kunne utføre AKUP-prosjektet "Marine organismers følsomhet for olje som funksjon av alder".

Laboratoriet er bygget opp på grunnlag av de erfaringer vi har høstet under vårt tidligere biotest arbeid ved Havforsknings instituttet. Vi har stadig blitt mer klar over temperaturens viktige rolle når det gjelder påvirkningen på biologiske så vel som kjemiske parametere. Det er derfor lagt stor vekt på temperatur styring og temperaturkontroll i vår nye lab.



Figur 1 viser deler av vårt nye biotestanlegget

I laboratoriet er det mulig å kjøre forsøk ved temperaturer fra 0 til 30 C med en temperaturstyring på ± 0.1 C, og man kan gjøre tester ved 3 temperaturer samtidig. Her kan man også dosere inntil 6 forskjellige kjemikalier samtidig. Man har adgang til et utall av innredninger med hensyn til akvariestørrelse, fra 48 fem liters akvarier til 3 tusenliters akvarier eller 3 fire meters klekkerenner for lakseegg.

Biotestanlegget er bygget opp slik at det kan kjøres med kontinuerlig gjennomstrømnings. På denne måten kan vi hele tiden ha tilførsel av friskt reint vann og nye kjemikalier med de ønskede temperaturer.

I tilknytning til laboratoriet har vi også et startforings opplegg som består av et rotasjonsfilter av type "UNIK" som får en vanntilførsel på ca 1200 liter/minutt. Sjøvannet som hentes fra ca 8 meters dyp inneholder tilstrekkelige mengder dyreplankton til å fore opp de fiskelarvene vi tester på i laboratoriet.

INNSAMLING AV BIOLOGISK MATERIALE OG TESTER I LABORATORIET.

Vi gjør oppmerksom på at de resultatene som presenteres i dette avsnittet er basert på en rask og nokså overfladisk gjennomgang av datamaterialet. Dette pga. kort tid fra avslutning av forsøkssesongen. Denne presentasjonen må derfor regnes som en presentasjon av rå-data. Etter nøyere gjennomgåelse av materialet vil vi kunne gjøre endringer både på kurver og konklusjoner.

Det er lagt ned mye arbeid både ved Havforskningsinstituttet alene og i samarbeid med Universitetet i Bergen for å finne biologiske/fysiologiske parametere å måle på, som kan avsløre eventuelle effekter av olje. (Se tidligere AKUP-rapporter fra Havforskningsinstituttet). På grunnlag av dette arbeidet har vi valgt å bruke avvik i oksygenopptak som et mål for oljeeffekter på marine organismer. I tillegg til dette arbeidet driver vi hele tiden utprøving av nye teknikker for å avsløre effekter. Et stort antall prøver blir konservert eller opparbeidet på annen måte for senere analyser. Noe av dette er ferdig opparbeidet, men det vil bli samlet og presentert i sin helhet i neste års sluttrapport.

Sei

I midten av februar gikk turen til Fosnavåg på Sunnmøre for å fiske gytemoden sei. Vi stryker egg og melke fra moden fisk, og skaffe på denne måten nybefruktede seiegg til forsøk i laboratoriet. Seien må strykes straks etter at den er trukket opp av vannet for å få et godt resultat. Vi måtte gjøre to turer til Fosnavåg i år før vi fikk gode forsøksgrupper.

På grunn av oppbyggingen av det nye biotestanlegget fikk vi ikke kjørt noen langtidsserier med oljeeksponering av seiegg og larver i år. Vi brukte eggseriene til å skaffe oss kunnskap om behandling av seiegg og kartlegging av den naturlige utviklingen av disse. Sei er en fiskeart hvor det er gjort lite studier av den tidlige utviklingen, og vi tror vi skjønner litt av grunnen til dette når vi ser hvor mye strev vi har hatt for å skaffe brukbare eggserier av denne arten.

Vi gjorde to parallelle langtidstester av oljepåvirkning (Statfjordolje) på sei egg og larver ved 5 C i 1989. Disse undersøkelsene viste at seien var meget følsom for olje. Alle larvene døde to dager etter klekking, ved en eksponering til 30 ppb av den vannløselige fraksjonen (WSF) av oljen, fra tidlig på eggstadiet. (Se prosjektrapport for 1989).

Tidspunktet da vi hadde seilarver i laboratoriet falt sammen med forliset av lastebåten "Merkantil Marita" utenfor Haugesund. Vi fikk vann som var hentet like under et oljeflak i området hvor båten gikk ned. Alle seilarvene som ble satt ut i dette vannet døde etter kort tid.

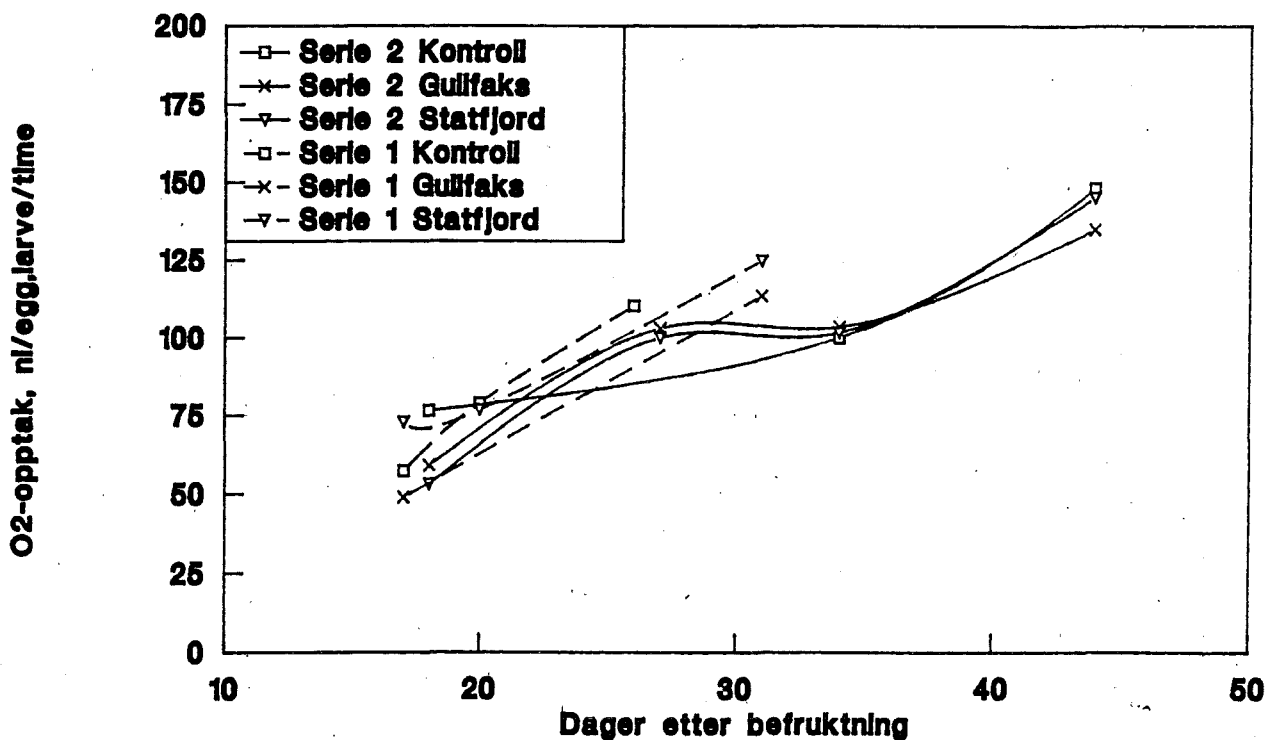
I juni fikk vi inn sei yngel i laboratoriet. Disse var fanget med strandnot i Skogsvåg på Sotra. Fisken hadde en gjennomsnittsvekt på ca 5 gram. Denne sei yngelen ble kjørt i oljeeksponeringsforsøk parallelt med makrell egg og larver. Vi observerte ingen dødelighet eller unormal atferd på sei yngelen.

Vårgytende sild

Det ble kjørt to forsøksserier med vårgytende sild i 1990. Silda blei fisket ved Herdla utenfor Bergen, og fraktet til laboratoriet hvor den blei strøket. Vi har tidligere gjort mange studier av oljeeffekt på vårgytende sild, men vi har hele tiden benyttet Statfjordolje. Vi ønsket denne gangen å sammenligne Statfjord og Gullfaksolje for å se om det var noen forskjell mellom dem. Vi har ikke tidligere funnet noen effekter av olje på oksygenopptaket hos silde egg eller larver, og vi fant heller ingen effekt av Gullfaksoljen på disse (Fig.2).

Oksygenopptak Sild, egg/larver

Var 1990, 5C



FIGUR 2). Figuren viser oksygenopptaket i (n1O2/egg-larve/time) for serie 1 og serie 2, Oljeeksponert og kontroll. Forsøkene ble utført ved 5C i 340/oo Sjøvann. Hvert punkt er gjennomsnittet av 4 målinger med 5 egg eller 3 larver.

Lodde

I slutten av april var vi i Vadsø for å skaffe lodde egg til forsøk. Når vi skal ha tak i lodde pleier vi å leie en reketrøler i Vadsø og tråle i Varangerfjorden. Det er lett å få tak i lodde, men det har vist seg vanskelig og å få til kunstig befruktning på den. Dette skyldes at det er kun kort tid før naturlig gyting at loddeeggene lar seg befrukte. Lodda gyter bare en porsjon med egg, og vi må ha full klaff med tidspunktet for å få dette til. Den naturlige gytingen kan variere noe fra år til år, blant annet avhengig av temperaturen. Vi må derfor oppholde oss i området i noen uker for å være sikre på å få brukbare eggserier. I år hadde vi ikke hellet med oss når vi strøk lodde. Av 30 eggserier vi strøk, var det kun et par serier som hadde noen få befruktede egg (under 5% befruktning). Dette var for dårlig til å bruke i biotestforsøkene våre.

Makrell

Gytemoden makrell ble fisket med drivgarn utenfor Øygarden ved Bergen. Fisken ble strøket straks den kom ombord. Dette er nødvendig med makrellen, fordi vanntemperaturen er relativt høy (13-14C) på denne tiden av året. Ved denne temperaturen skjer utviklingen raskere, og holdbarheten på eggene er dårligere enn ved forsøkene med feks. torsk og vårgytende sild hvor vi har temperaturer på ca 5C.

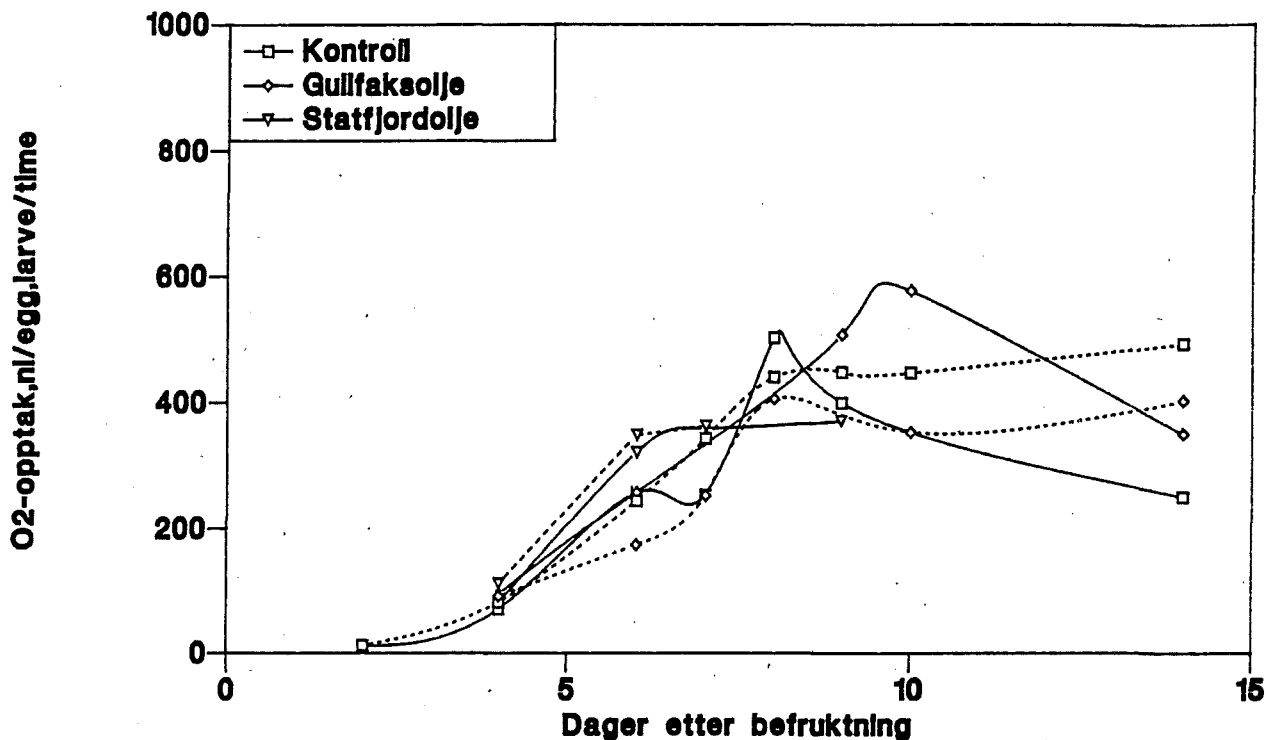
Det ble gjort forsøk med 4 makrellserier i år. To av seriene ble kjørt som langtidsserier med testing av Statfjord og Gullfaksolje ved 15C.

Vi fant ingen effekter av verken Statfjord eller Gullfaks olje på oksygenopptaket hos makrell (Fig. 3).

Vi skal imidlertid være oppmerksomme på at oljekonsentrasjonen i vannet var meget lav under disse forsøkene. Det ble kjørt en oljeinnblanding identisk til hva vi har gjort i tidligere forsøk med torsk, sei og sild. Men ved 15C fikk vi en atskillig lavere oljekonsentrasjon en forventet. Dette skyldes en større fordampning av oljekomponenter ved den høyere temperaturen (se senere).

Oksygenopptak Makrell, egg/larver

Serie 1 og serie 2



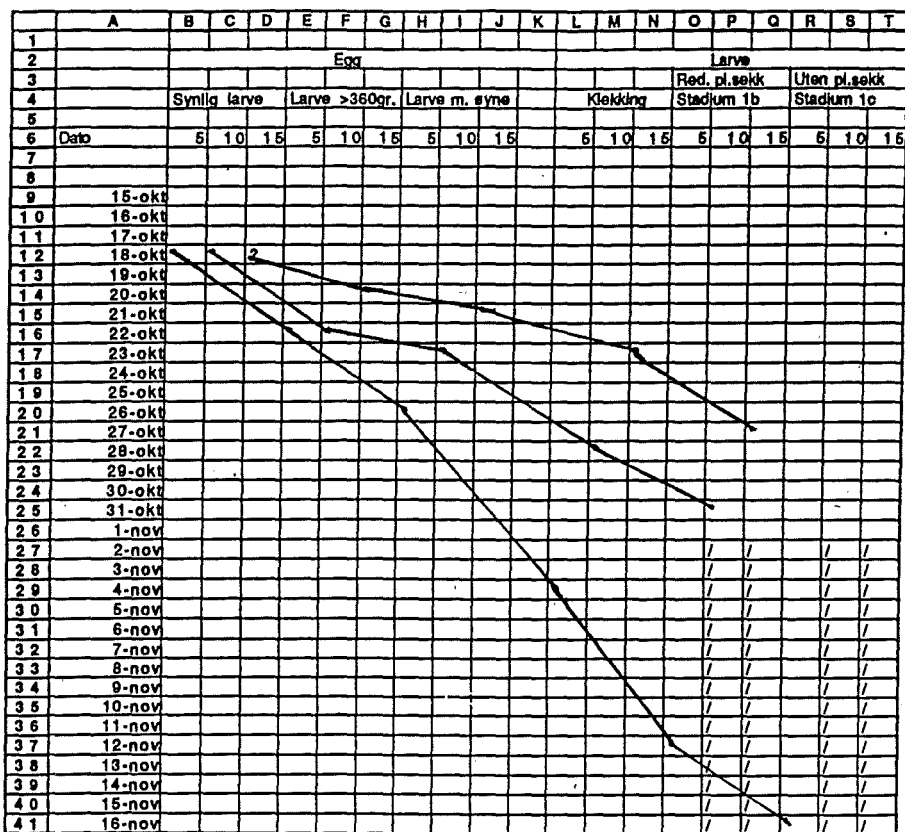
FIGUR 3). Figuren viser oksygenopptaket ($\text{nlO}_2/\text{egg-larve/time}$) hos makrell egg og larver ved 15°C i 34 o/oo sjøvann. Hvert punkt representerer 5 egg eller 1 larve.

Høstgytende sild.

Høstgytende sild ble fisket med sildegarn i Skogsvåg på Sotra i midten av november. Egg og melke ble strøket fra moden fisk. Vanntemperaturen var ca 10°C . Det ble kjørt forsøk med to eggserier. En eggserie vil for oss si egg fra en hunn som er befruktet med melke fra to hanner.

På dette tidspunktet var det nye biotestanlegget ferdig, og det ble gjort forsøk med 2 oljetyper (Gullfaks og Statfjord) i 3 forskjellige temperaturer (5, 10 og 15°C). Hver av forsøksseriene ble delt i 9 like store grupper (kontroll, Gullfaksolje og Veslefrikkolje i alle 3 temperaturene)

Inkubasjonstiden for eggene, og utviklingen av larvene er sterkt avhengige av temperaturen. Ofte uttrykkes inkubasjonstid og stadier ved hjelp av døgngader. Vi har i tillegg til bruk av døgngader tatt bilder av egg og larver under utvikling i de enkelte temperaturer, og bruker dette til å matche de enkelte stadier ved de forskjellige temperaturene (Fig. 4)

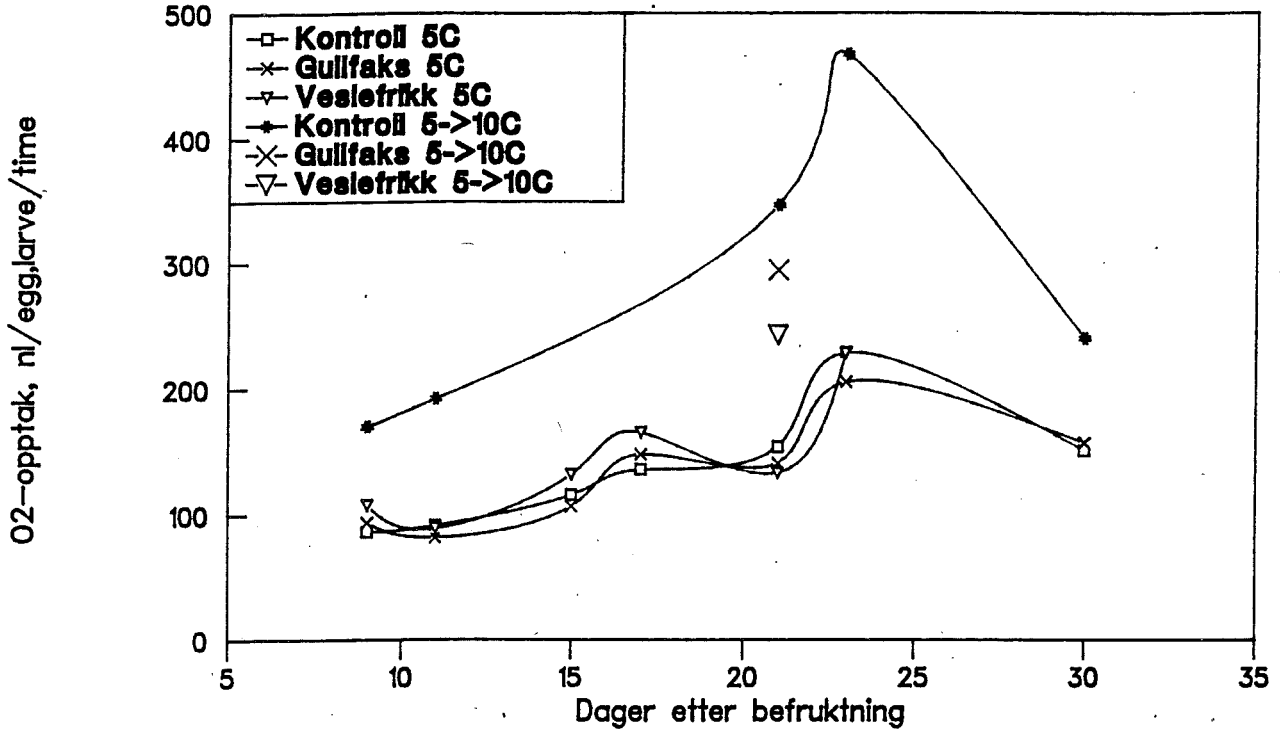


Figur 4) Figuren viser utviklingshastigheten hos sildeegg inkubert ved 5, 10 og 15C i 34 o/oo sjøvann.

Vi vet at temperaturen har en meget sterk innvirkning på metabolismen hos vekselvarme marine organismer som fisk og evertebrater. Endringen i metabolismen når temperaturen økes med 10C uttrykkes ofte som Q10. Q10 for metabolismen måles ved å se på endringen når et dyr blir akutt overført til en ny temperatur uten en forutgående aklimering. Generelt ligger Q10 hos fisk på ca 2.3, men i litteraturen finnes variasjoner fra 1-6. Figur 5 viser oksygenopptaket hos høstgytende sild, kontroll og oljeeksponerte fra serie 1 ved 5C og etter akutt overføring til 10C. Vi ser at vi får en kraftig økning i oksygenopptaket hos egg og larver etter overføring til 10C. Hos kontrollgruppen ligger Q10 på ca 5, det vil si at larvene må "skru" opp metabolismen kraftig ved denne temperaturøkningen. Dette vil være et ekstra stress for larvene, de må "arbeide" hardere. Hvis en larve har en skade vil denne kunne komme til syne ved et slikt eksperimentelt oppsett. Det var kun på dag 21, første dag etter klekking vi overførte oljeeksponerte larver fra 5 til 10C. For begge oljetypene ser vi at de oljeeksponerte larvene ikke klarer å komme opp på det samme metabolske nivået som kontroll larvene. Den største effekten har vi med Veslefrikkoljen.

Oksygenopptak, sildeegg og -larver

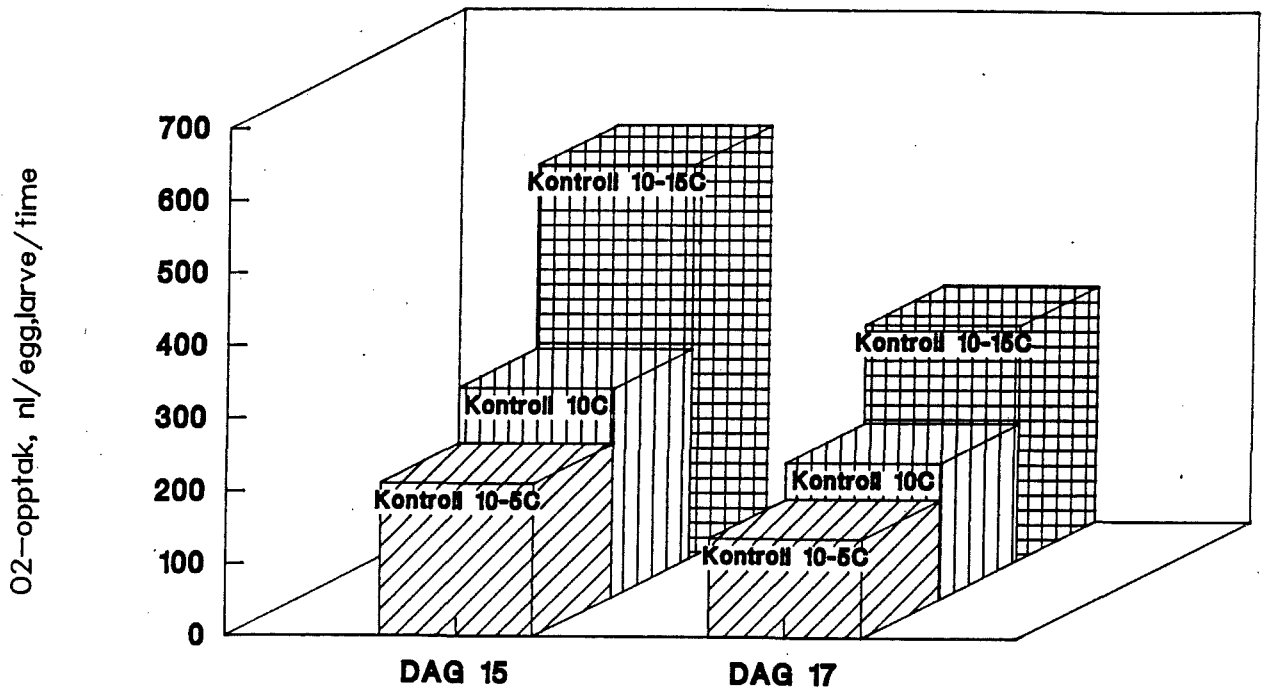
Serie 1 1990, Temp. 5oC



Figur 5). Figuren viser oksygenopptaket (nlO₂/egg-larve/time) for sildeegg og larver ved 5C, og ved overføring fra 5 til 10C ved 34o/oo sjøvann. Kontroll og oljeeksponerte grupper (Gullfaks og Veslefrikkolje).

Oksygenopptak sild, egg/larver

Serie SH1 1990, Temp. 10C



Figur 6). Figuren viser oksygenopptaket (nlO₂/larve/time) for sildelarver, aklimert ved 10C, og målt ved 5, 10 og 15C, i 34o/oo sjøvann.

I figur 6 ser vi endringen i metabolismen ved to forskjellige tidspunkt etter klekking for larver som er aklimert til 10C, og som overføres til 5C eller 15C. Vi ser at en økning i temperaturen fra 10 til 15C gir en noe lavere Q₁₀ (I underkant av 4) enn det vi så ved overføringen fra 5 til 10C. Vi ser også at et fall i temperatur fra 10C til 5C ikke gir den samme dramatiske endringen i metabolisme som det vi så når endringen gikk den andre veien. Ved fall i temperatur fra 10 til 5C, ser vi en Q₁₀ på ca 1/2.7. Det er bare litt i overkant av hva vi kunne forvente ut fra den generelle litteraturverdien (2.3). Disse litt merkelige Q₁₀ verdiene kan i stor grad forklares ut fra ut fra fiskelarvens spesielle situasjon. Etter at larven har kommet ut av egget har den med seg en plommesekk som skal fungere som en nistepakke inntil larven selv er istand til å jakte på byttedyr og skaffe seg mat. Larven må prøve å disponere denne nistepakken så godt som mulig, og den bruker temperaturen til hjelp. Vi vet fra kontrollerte forsøk at det er mye lettere å

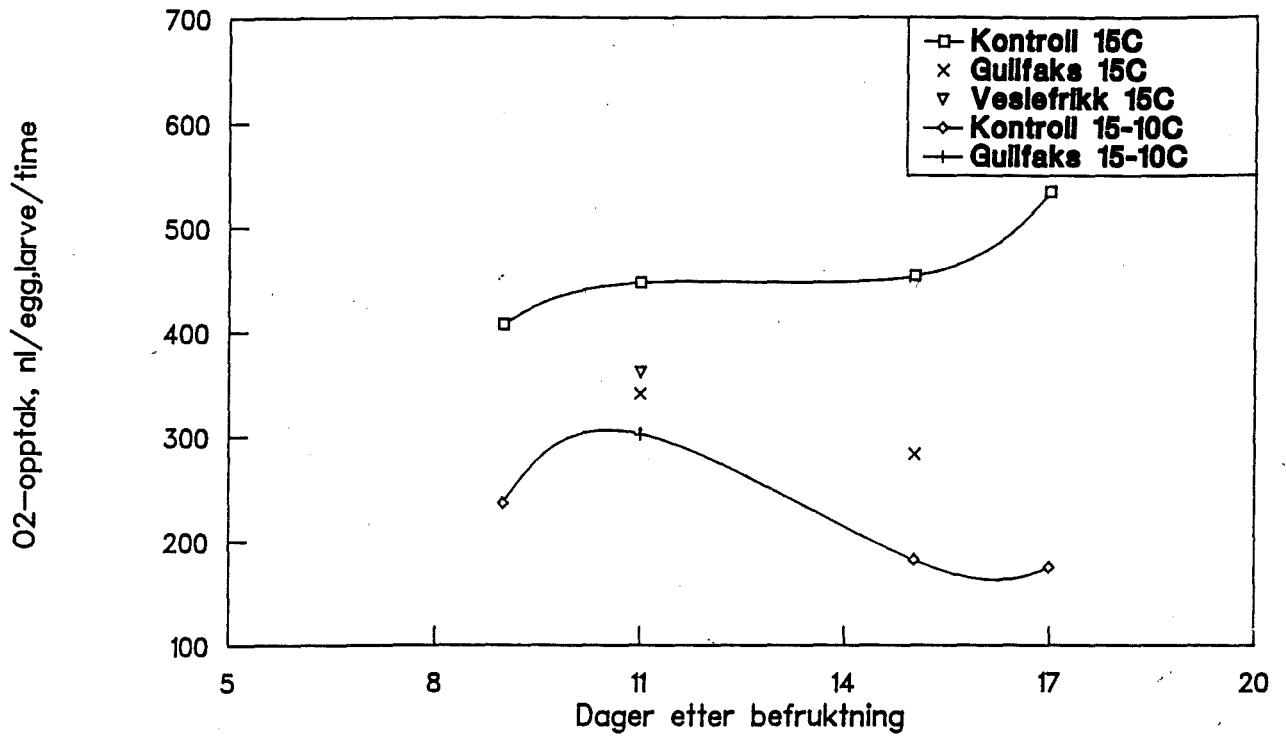
startfore en larve hvis man har en kontinuerlig stigning i temperatur i startforingsperioden, og for enkelte arter er dette kanskje en betingelse for å få til kunstig startforing (kveite). Vi kan først se på situasjonen for vårgytende sild. Om våren har vi en stigning i sjøtemperaturen. Kontinuiteten i denne stigningen kan nok variere noe, lokalt. Hvis man feks. har klarværsdager med mye sol vil vi kunne få en noe raskere oppvarming i de øvre vannlagene hvor mesteparten av larvene befinner seg. Samtidig vil vi også få stimuli til en oppblomstring av phytoplankton og dyreplankton. Det er først når disse organismene finnes i et rimelig stort antall at det er gunstig for fiskelarven å spise sin nistepakke, og starte jakten på byttedyr. På grunnlag av dette kan vi trekke den slutningen at det er gunstig for sildelarven å ha en så høy Q10. I våre forsøk har vi brukt temperaturdifferanser på 5C. Det er relativt store sprang, men det er erfaringer fra startforing som tyder på at man skal ha en temperaturøkning over en viss terskel før larven slår til med sin "eksplosive" økning i metabolismen. En terskelverdi ville også være fornuftig ut fra det faktum at en oppblomstring av plankton som følge av temperaturstigning (sollys) trenger noe tid.

Hvis vi ser på høstgytende sild er situasjonen annerledes. Temperaturen i sjøen faller, og konsentrasjonen av plankton er stort sett lav. Larven må spare på sine næringsreserver for å kunne overleve til neste vår. Vi har sjelden store temperaturøkninger, over "terskelverdien" som lokker larven til å forbrenne sine næringsreserver, og hvis vi hadde en slik temperaturstigning ville vi kanskje også få litt mat til larven. Den Q10 faktor på 1/2.7 som vi ser når vi har et fall i temperatur fra 10 til 5C er stort sett slik vi skulle forvente og finne den. Vi ser ikke noe dramatisk stort fall i metabolismen som indikerer at larven kjører metabolismen over på sparebluss. Derimot ser det ut til at sildelarver generelt kjører metabolismen på sparebluss, og "girer" opp når betingelsene i omgivelsene er gunstige, det vil si ved stigende temperatur. Dette kan forklare at høstgytende sild kan overleve en næringsfattig vinter, og det kan forklare at vi ikke ser noen oljeeffekt på sildelarver når forsøkene utføres ved en konstant temperatur på 5C.

I figur 7 ser vi oksygenopptaket hos høstgytende sild kontroll og oljeeksponerte larver (Gullfaks og Veslefrikkolje) ved 15C og ved overføring av larver fra 15 til 10C. Ved overføring av larver fra 15 til 10C ser vi en Q10 på 1/5. Dette betyr at larvene ved denne temperaturen er oppe i den aktive fasen av metabolismen, de bruker sine næringsreserver. Ved fallet i temperatur fra 15 til 10C skifter sildelarvene tilbake til "sparebluss" for å kunne bevare sin næring, og kanskje komme tilbake ved neste temperaturøkning. Vi ser også at det er effekter av olje på sildelarvene ved 15C. Både Gullfaks og Veslefrikkoljen gir et redusert oksygenopptak. Ved overføring av oljeeksponerte larver fra 15 til 10C faller metabolismen ned til samme nivå som kontrollarvene. Dette indikerer igjen Med utgangspunkt i tidligere rapporter og forsøk med andre arter, at dette er et metabolsk "sparenivå".

Oksygenopptak, sildeegg og -larver

Serie 1 1990, Temp. 15oC



Figur 7). Figuren viser oksygenopptaket (nlO₂/egg-larve/time) for kontroll og oljeeksponerte egg og larver (Gullfaks og Statfjordolje), aklimert til 15C og målt ved 15 og 10C, i 34o/oo sjøvann.

KJEMISKE ANALYSER.

I vårt arbeid med økotoksikologiske tester er vi helt avhengig av et kjemilaboratorium for analyse av de stoffer som skal testes, og til kjemiske og biokjemiske analyser av det biologiske materialet som testes.

Når det gjelder testing av olje effekter på marine organismer blir det utført et stor antall oljeanalyser slik at vi hele tiden kan referere en eventuell effekt på organismene til en bestemt oljekonsentrasjon, og til organismenes tidligere oljeeksponeringshistorie. Når vi kjører forsøk med to oljetyper og tre forskjellige temperaturer utgjør oljeanalysene en arbeidsinnsats tilsvarende 1 person i full stilling dersom de skal kjøres daglig, og det ser vi som en fordel.

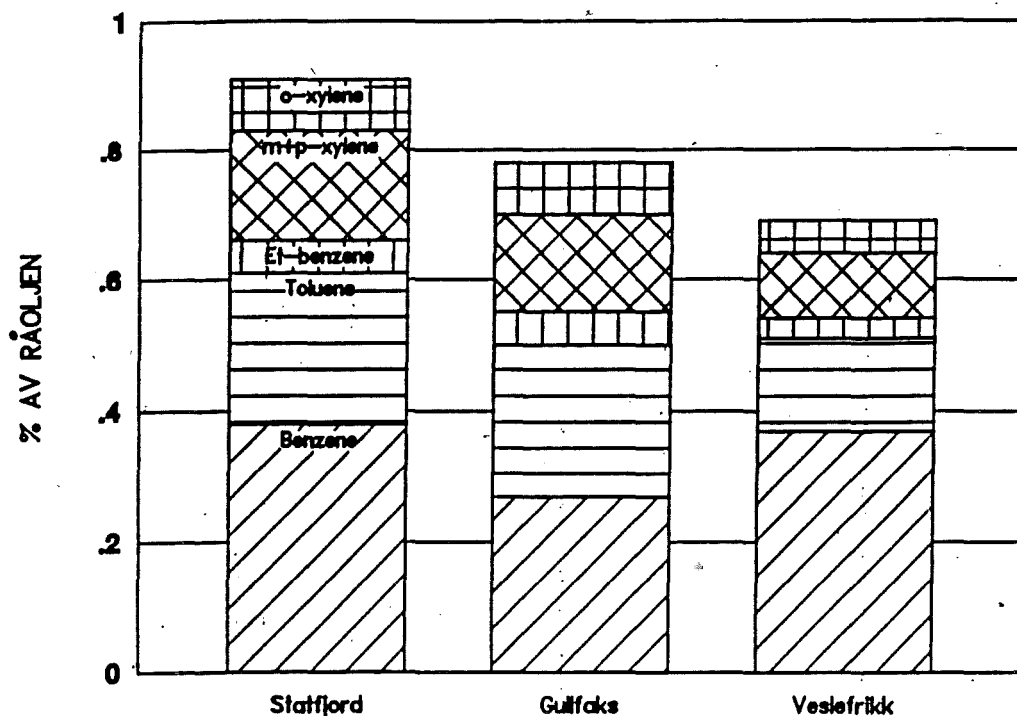
Ved Havforskningsinstituttet benytter vi en metode for måling av oljehydrokarboner som baseres på bruk av gasskromatografi (GC) og gasskromatografi i forbindelse med massespektrometri (GC-MS).

Råoljen som benyttes i forsøkene våre består av en rekke forskjellige stoffer med forskjellige fysiske og kjemiske egenskaper. De fleste stoffene er upolare og lite vannløselige. En del stoffer, slik som fenoler, finnes i oljen (Statfjordolje) i konsentrasjoner opp til ca. 1%. Disse stoffene er polare og delvis vannløselige, men de er meget vanskelig å analysere. Analyser av fenoler i stamløsningen viser at disse kan utgjøre ca 5% av totalmengden av oljekomponenter som blandes ned i vannet.

Hvis vi tar en vannprøve under et "fersk" oljeflak og ekstraherer denne med diklormetan ser vi at det er de lavataromatiske stoffene Benzen, Toluen og Xylener (BTX-Komponenter) som dominerer. I vårt biotestanlegg utgjør disse stoffene 80-90% av diklormetan ekstraherbare komponentene. Disse stoffene utgjør til sammenligning bare 1-2% av totalinnholdet av hydrokarboner i råoljen (Fig.8). Årsaken til anrikningen av visse oljekomponenter skyldes den høyere vannløseligheten av disse i forhold til de øvrige komponentene i oljen.

I tillegg til BTX-komponentene finnes det hovedsakelig C3-C4 Benzener, Naftalen, C1-C3 Naftalener og Fenoler. Hvis stamløsningen som brukes i våre biotester inneholder dispergert olje vil vi med en gang se dette på gasskromatogrammet. Da vil de tyngre oljekomponentene, de som nesten ikke finnes i den vannløselige fraksjonen, fullstendig dominere.

BTX-KOMPONENTER I 3 FORSKJELLIGE TYPER NORDSJØOLJE



Figur 8). Figuren viser prosentvis innhold av BTX-komponenter i Statfjord, Gullfaks og Veslefrikkoljen som ble benyttet i våre forsøk.

Når vi gjør oljeanalyser ekstraherer vi først vannprøven med diklormetan, og deretter måler vi på to oljefraksjoner:

A): Benzen, Toluen, Ethylbenzen, ortho-, meta- og para-Xylener (BTX).

B): Det analytiske vindu mellom ortho-Xylene og n-C22 alkan.

Rutinemessig, det vil si ca hver 2. dag, analyseres A. Noe sjeldnere, men iallfall ved begynnelse og slutt av en forsøksserie, analyseres B.

Oljekonsentrasjonene som oppgis i forbindelse med våre biotestforsøk, (WSF av diklormetan ekstraherbare komponenter) = A + B

Når vi snakker om oljekonsentrasjoner på feks. 50 ppb WSF så er dette altså A + B.

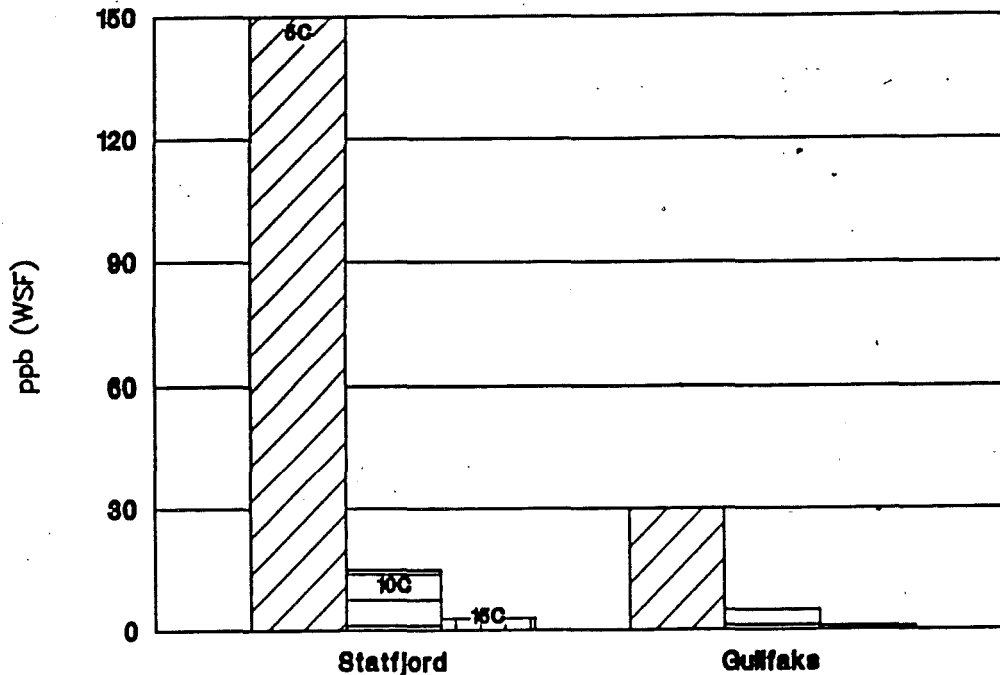
Vi har valgt å arbeide med kun den vannløselige fraksjonen av oljen. Det er denne fraksjonen vi mener kan ha uforutsigbare effekter på fiskeegg, larver og zooplankton ut fra den kunnskap vi idag innehar. Dersom fiskeegg eller larver fanges direkte i et oljeflak vet vi uten å kjøre kostbare forsøk at disse ikke vil overleve.

Når det gjelder dispergerte oljedråper, vil disse i størst grad finnes i de øvre vannlagene der konsentrasjonen av molekylært løst olje også er størst. Hvis oljedråpene føres ned på større dyp vil de vannløselige komponentene gradvis vaskes ut av dråpen. Oljen kan likevel ha en potensiell effekt ved at organismer spiser oljedråpene. Dette er ikke aktuelt når det gjelder fiskeegg og tidlige plommesekkklarver. Vi kan også tenke oss effekter ved at dråpene fysisk fester seg til organismene.

Sammensetningen av oljekomponenter i stamløsningen vi bruker vil svare til sammensetningen av vannløselige komponenter i sjøen under et flak av "fersk" olje. Når oljen har ligget på sjøen en stund, har mesteparten av de lette komponentene (BTX-komponentene) dampet av eller blitt løst ut i sjøen. Oljen tar opp vann, og nedbrytningsprosesser av forskjellige slag er igang. Gjennom hele denne prosessen vil konsentrasjonen av BTX-komponenter avta raskere enn fallet i konsentrasjon av de fleste andre tyngere stoffene. I utgangspunktet under fersk olje har vi ca 90% BTX-komponenter og 10% andre tyngere stoffer. Etter en stund kan vi tenke oss at bildet er forandret slik at vi feks. har 10% BTX-komponenter og 90% andre stoffer, men da har også konsentrasjonen av total WSF falt til 10-15% av utgangskonsentrasjonen. Tidsforløpet her vil være meget sterkt temperaturavhengig, og det vil også være avhengig av vær, vind og strømforhold. Vi får altså ikke noen vesentlig økning i konsentrasjonen av de tyngere stoffene over tid, men vi kan få en kraftig økning i konsentrasjon av polare nedbrytningsprodukter av oljen. På dette punktet finnes det lite data. Dette skyldes store analytiske problemer med et utall av forskjellige komponenter.

I likhet med de marine organismene er også oljekjemien meget temperaturavhengig (Fig 9.)

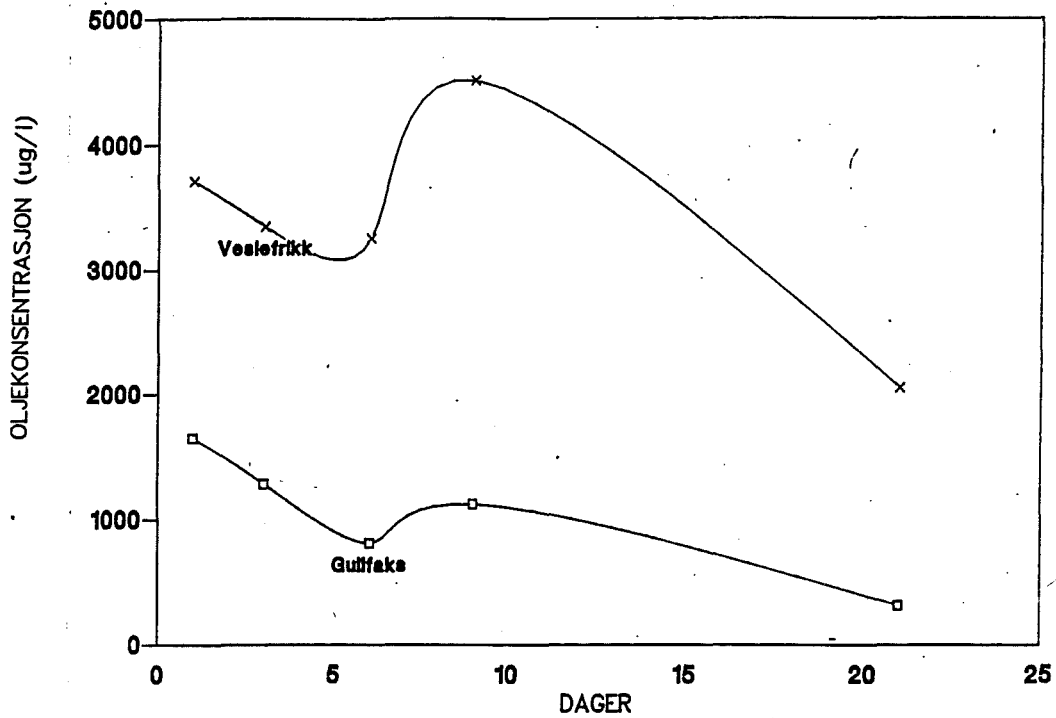
EFFEKTER AV TEMPERATUR PÅ OLJENS LØSELIGHET I SJØVANN



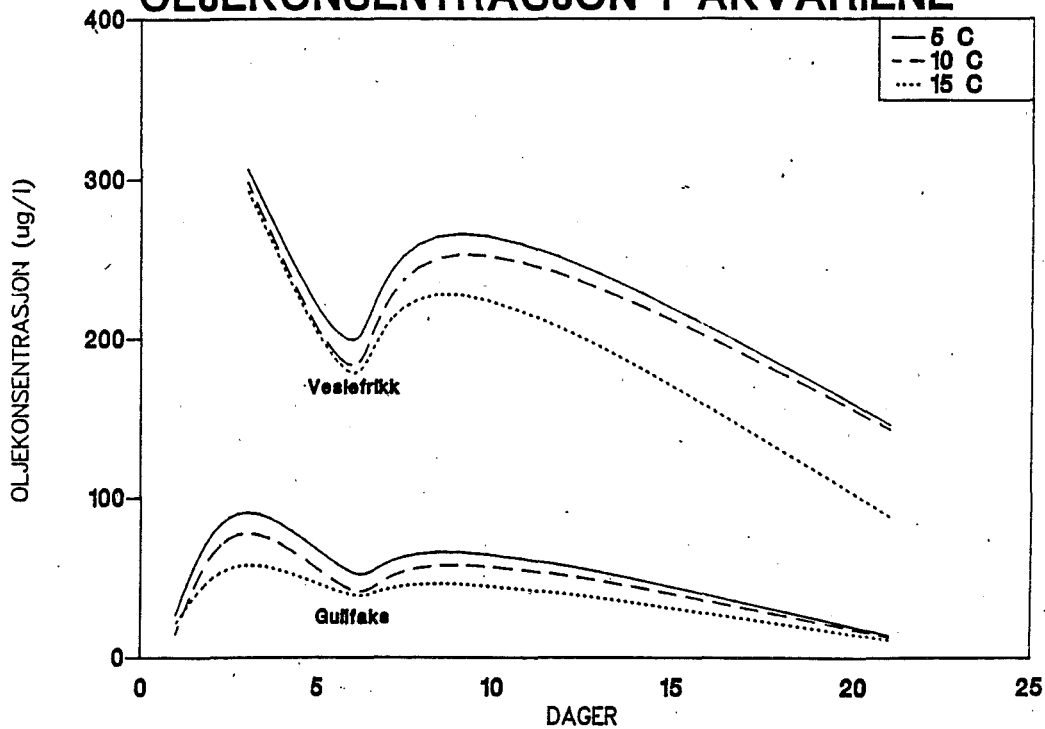
Figur 9). Figuren viser oljekonsentrasjonen (ppb WSF) i akvariene ved 5, 10 og 15C. Halveringstid for utskifting av vann i akvariene = 12 timer

Figuren viser konsentrasjonen av Statfjord og Gullfaksolje på en tilfeldig valgt dag under makrellforsøket som er omtalt tidligere. Innblandingen av de to oljetyperne var helt identisk med tanke på oljetilførsel vanngjennomstrømning og andre innblandingsforhold. Vi ser at vi oppnår en konsentrasjon av BTXx-komponenter som er ca. 5 ganger så høy for Statfjord oljen i forhold til Gullfaksoljen. Dette er atskillig større forskjell enn forventet når vi ser på innholdet av BTX-komponenter i råoljen (Fig. 8). Dette illustrerer at det er mange forhold som spiller inn når det gjelder å anta en oljekonsentrasjon i vannet utfra den mengde olje som slippes ut. Figur 9 viser at vi får en relativt høy oljekonsentrasjon ved 5C. Når temperaturen øker ser vi at oljekonsentrasjonen faller raskt. Ved 10C er konsentrasjonen av Statfjordolje redusert til ca 10%, og ved 15C har vi svært lite olje i systemet. Denne reduksjonen skyldes nok i første rekke fordampning av de lette BTX-komponentene, men vi vil også få en raskere nedbryting av oljen ved høyere temperatur. I dette forsøket skal vi merke oss at vi hadde en lav vannutskifting i akvariene våre, ca 1 gang pr. 24 timer.

OLJEKONSENTRASJON I STAMLØSNING



OLJEKONSENTRASJON I AKVARIENE

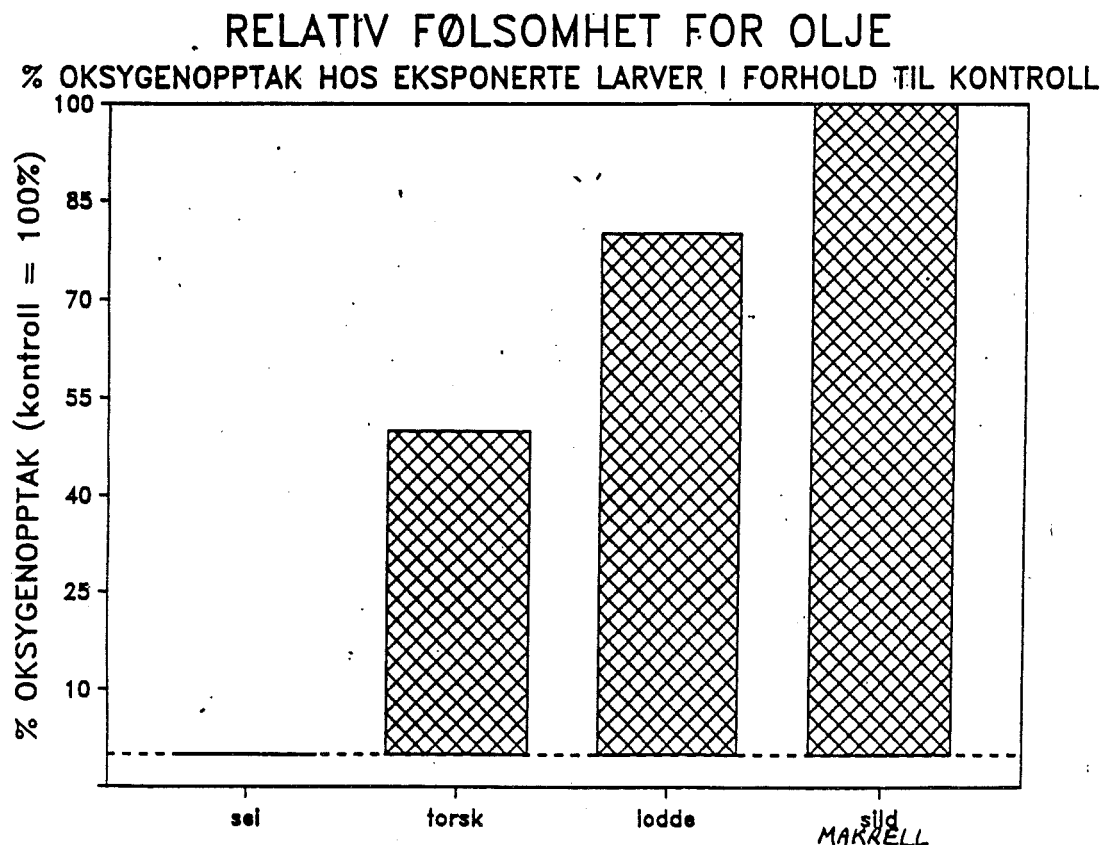


Figur 10). Figuren viser oljekonsentrasjonen (ppb WSF) i stamløsning og i akvariene ved 5, 10 og 15C, under forsøkene med høstgytende sild. Halveringstid for vannutskifting i akvariene = 30 minutter.

I figur 10 ser vi oljekonsentrasjonen i akvariene våre under forsøket med høstgytende sild som er omtalt tidligere. Vi benyttet Gullfaks og Veslefrikkolje i eksperimentet. Konsentrasjonen av Veslefrikkoljen lå 3-4 ganger høyere enn konsentrasjonen av Gullfaksoljen selv om innblandingsprosessen var identisk. I dette forsøket hadde vi en langt høyere vannutskifting i akvariene, 1 gang pr time. Vi ser likevel av figuren klare forskjeller i oljekonsentrasjon for begge oljetypene ved forskjell i temperatur. Høyest konsentrasjon ved lavest temperatur for begge.

KORT SAMMENFATNING AV VÅRE KUNNSKAPER.

Den relative følsomheten for olje hos de fiskearter vi har testet er vist i Figur 11. I denne figuren er alle artene unntatt makrell testet ved 5C. Vi ser vi ser da ingen effekter av olje på sild, men våre forsøk med høstgytende sild viser effekter ved 15C og ved akutt overføring av sildelarver til en høyere temperatur.



Figur 11). Figuren viser relativt oksygenopptak hos oljeeksponerte plommesekkklarver av sei, torsk, lodde, sild og makrell. Kontrollgruppens oksygenopptak er satt lik 100%. De oljeeksponerte larvenes oksygenopptak er uttrykt som prosent av kontrollen.

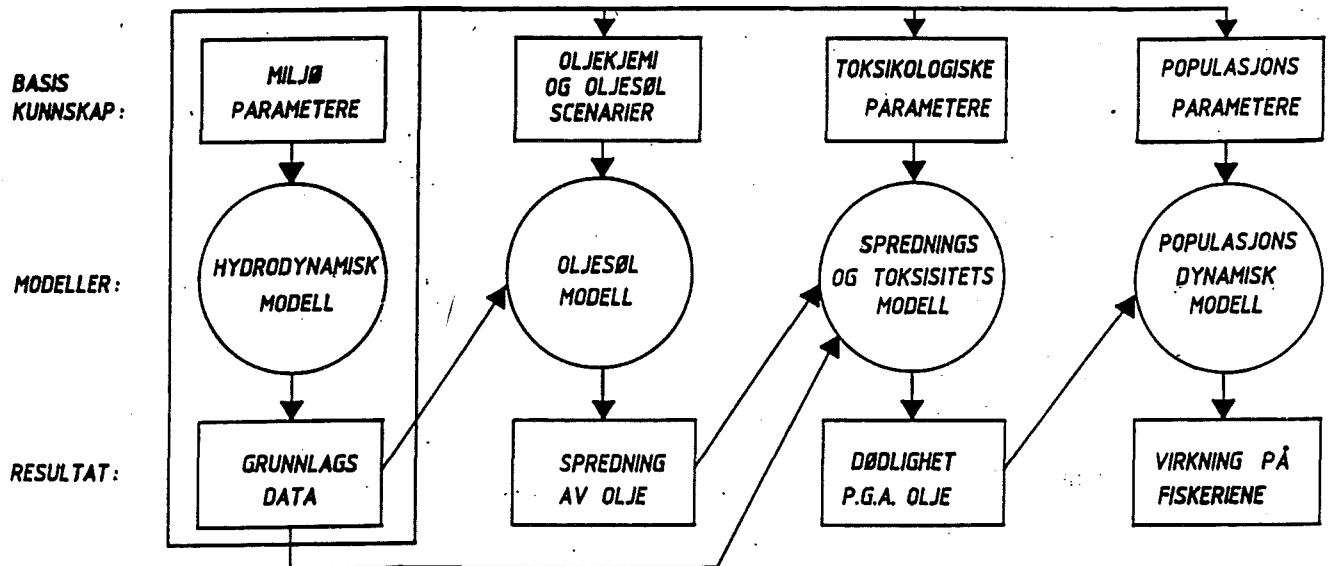
Figur 12 gir en oversikt over de biologiske effektene på de enkelte utviklingstrinn hos fisken. Vi vet at fisk kan lukte forskjellige typer kjemikalier blant annet olje i meget lav konsentrasjoner. Forsøk som vi har utført viser en klar fluktreaksjon hos torsk når den utsettes for oljeforurenset vann. Det vi imidlertid ikke vet er om fisken vil svømme vekk fra området, eller om den etter kort tid vil søke tilbake til det forurensete vannet. Vi vet at mange fiskearter kan finnes i relativt sterkt oljeforurenset vann.

SAMMENDRAG AV BIOLOGISKE EFFEKTER

- **EGG OG SMÅ LARVER ER MEST SENSITIVE**
- **INGEN OBSERVERTE EFFEKTER PÅ LARVER > 20 mm**
- **STOR VARIASJON I SENSITIVITET MELLOM DE ENKELTE ARTER**
- **FISKEN KAN LUKTE OLJE I MEGET SMÅ KONSENTRASJONER OG DEN VIL SVØMME VEKK FRA FORURENSET VANN**
- **DE VIKTIGE FORORGANISNENE FOR DE SMÅ FISKELARVENE SER UT TIL Å BLI MINDRE PÅVIRKET ENN DE MEST FØLSOMME FISKELARVENE**

Figur 12). Figuren viser en oversikt over oljens effekt på de enkelte utviklingstrinn hos fisk.

SKJEMATISK MODELL AV OLJENS VIRKNING PÅ FISK.



Figur 13). Figuren viser en skjematisk fremstilling av problemene omkring oljens virkning på fisk.

Vi har som mål å fylle inn verdier i alle boksene på skjemaet, slik at vi kan ende opp med et konkret svar i boksen nederst til høyre. VIRKNING PÅ FISKERIENE.

Med hilsen

Bjørn Serigstad

Bjørn Serigstad