

S 291 Ras

Fiskeridirektoratets
Biblioteket

Virkningen av undervannsekspløsjoner på dyrelivet i havet

notat av

Birger Rasmussen, febr. 1964.

I forbindelse med utnyttelsen av naturforekomster i havet oppstår ofte interessemotsetninger av forskjellige slag. Problemer av en helt ny art ble skapt da f.eks oljeindustrien etter siste verdenskrig begynte med seismiske undersøkelser ut i havet i forbindelse med søking etter oljeforekomster i bunnlagene utenfor kysten av California.

Seismiske undersøkelser krever utsendelse av intense lavfrekvente lydbølger i bestemt punkter og i et bestemt mønster. Den mest praktiske kilde for slike lydbølger er en eksplosjon. Seismiske undersøkelser med sprengstoff på havet foretas i den hensikt å registrere de trykkbølger som fra en eksplosjon reflekteres fra havbunnen og de underliggende lag.

En metode går ut på å anvende det prinsipp at trykkbølgens hastighet varierer i henhold til bergartens elastisitet og egenvekt. Bølgens fart gir beskjed om hvor langt ned f.eks. fjellet går og hvilken bergart det dreier seg om (refraksjonsmålinger). Hvis man er mer interessert i selve lagstrukturen enn i bergarten, brukes en litt annen metode som går ut på at trykkbølgene kastes tilbake som et ekko når det treffer et grenseskikt mellom lag av forskjellig elastisitet og egenvekt. Dybden av det reflekterende lag kan bestemmes ved å måle tiden det tar for bølgene å vandre fra havets overflate ned til det reflekterende laget og opp igjen (refleksjonsmålinger).

Under seismiske undersøkelser på havet nyttes vanligvis to fartøyer som samarbeider. Det ene fartøy går langs en opptrukket kurs og kaster ut sprengstoff med jevne mellomrom. Det kan begynne med sprengningene så langt borte som 60 n. mil fra det annet fartøy som skal registrere ekkoene. Det første fartøy fortsetter med eksplosjonene til det kommer fram til registreringsfartøyet, passerer dette og fortsetter inntil

60 n. mil videre. De sprenglegemer som nyttes ved denne arbeidsmetode varierer i størrelse fra ganske små puffere som brukes på nært hold, til vanlige dypvannsbomber på 135 k som brukes lenger borte. Registreringsfartøyet ligger stille med alle maskiner avslått og med hydrofoner for lytting nedsenket i sjøen. På spesielle apparater ombord registreres fortløpende ekkot fra de forskjellige lag i jordskorpen fra bunnen og nedover.

Til seismiske undersøkelser kan også brukes et enkelt fartøy. Fartøyet sleper da hydrofonene etter seg i en lang wire. Det slippes ut sprengstoff fra hovedfartøyet som ved hjelp av en flottør bringes til å eksplodere på et bestemt dyp et stykke aktenfor hydrofonene. En sprengladning som er vanlig ved denne arbeidsmåte er 22.5 kg ammoniumnitrat som eksploderer 1,5-2 meter under overflaten.

Det er flere andre metoder enn seismiske sprengninger som kan nyttes til undersøkelse av undergrunnen på kontinentalsøkkelen. Bl.a. kan nevnes at magnetiske målinger fra fly f.eks. har vært utført både i Nordsjøen og Skagerak. Et annet instrument er undervannsgravimeteret som brukes for tyngdemålinger. Dette må plasseres i en kabel nede i sjøen. Det er et kostbart og komplisert instrument som bare kan brukes ned til 80 - 90 meters dyp. Et instrument som brukes er også den såkalte "electric sparker", et slags ekkolodd som kan gi opplysning om strukturen i bunnlagene ned til 150 meter. Man kan også nytte en såkalt "gas exploder" som frembringer kontinuerlige sjokkbølger ved at en komprimert gassblanding antennes elektrisk. Med dette apparat kan man få opplysninger om lagstrukturen i bunnen ned til 1500 - 2400 meter. Men dette er ikke tilstrekkelig for en geologisk kartlegning som bør registrere atskillig dypere.

For undersøkelser over kontinentalsøkkelen har seismiske sprengninger vist seg å være det enkleste og gir de beste resultater. Hvor dypt man kan registrere ved slike sprengninger er avhengig av flere faktorer. Amerikanske forskere fant ut i 1961 at ved bruk av større sprengstoffmengder, og ved å senke hydrofonene dypt ned i sjøen var det mulig å få detaljerte opplysninger om lagdelingen inntil

4.500 meter under bunnen. Metodene ved seismiske undersøkelser er under stadig utvikling. Således venter man f.eks. snart å bli istand til å få mer detaljerte opplysninger om jordskorpen under havbunnen med nye mekaniske instrumenter med hyppigere lydimpulser. Med en slik apparatur unngår man også faren og ulempene med å håndtere de store mengder sprengstoff ombord på et fartøy (Ewing 1962).

Når et sprenglegeme eksploderer nede i sjøen oppstår det en sjokkbølge som forplanter seg med en hastighet av ca. 1.500 m/sec. Ved eksplosjonen dannes i sprengningspunktet også gassboble som vider seg ut og trekker seg sammen på grunn av vanntrykket. Dette fenomen forårsaker sekundære sjokkbølger eller pulser i vannet som imidlertid er mindre kraftig enn den første store sjokkbølge. For å unngå å registrere bobleeffektene ved de sekundære bølger, har man ved de nyere metoder valgt å foreta sprengninger bare 1,5-2,0 meter under overflaten. Den gassboble som blir frembragt ved eksplosjonen blir da øyeblikkelig brutt i overflaten og sprengningen resulterer i en høy vannsøyle som reduserer litt av sprengningens energi.

Ved eksplosjon av hurtig sprengstoff som TNT, dynamit etc. i sjøen, oppstår en sterk sjokkbølge med en bratt front og stor trykkintensitet. Men trykket reduseres fort med avstanden fra eksplosjonsstedet. Forsøk med dypvannsbomber (135 kg. TNT) har f.eks. vist at et trykk på 2.350 kg/cm² 1.5 meter fra eksplosjonen er redusert til 150 kg/cm² 15 meter borte og til 11 kg/cm² i 150 meters avstand (Cole 1948).

Undersøkelser, særlig i U.S.A., har vist at den trykkbølgetype som oppstår ved eksplosjon under vann av TNT, dynamitt o.l., kan være meget skadelig for fisk. Det vanlige er at fisk innen en viss radius av sprengningsstedet blir skadet eller drept ved at fiskens svømmebære, blodkar og andre organer blir sprengt ved de hastige trykkforandringer. Det er særlig fiskearter med svømmeblære som er mest utsatt for dette fenomen. Svømmeblæren, som er et indre organ plassert langs ryggraden, finnes hos de fleste vanlige fisk i alle hav. I våre egne farvann er de fleste av våre matnyttige fisk

utstyrt med svømmeblære, slik som f.eks. torsk, hyse, sei, uer sild, brisling og andre. Svømmeblæren mangler hos en del bunn fisk, for eksempel hos flyndrene, og likeså hos skalldyr.

Under de seismografiske undersøkelser i forbindelse med leting etter olje i sjøen utenfor California i årene 1947 og 1948, ble det konstatert at store mengder verdifull matnytt fisk ble drept ved eksplosjonene. Ødeleggelsen av fisk var så stor at myndighetene måtte trekke tillatelsene for de seismisk undersøkelser tilbake i 1949 og 1950. Men tillatelsen ble fornyet igjen i 1951. Denne fornyelse ble gitt etter at eksperimenter i de mellomliggende år hadde vist at bruk av krutt istedet for dynamitt for frembringelse av seismiske bølger sannsynligvis ville gi brukbare seismiske data uten at fisk ble drept i alt for stort omfang.

I forbindelse med den påbudte stans i den seismiske kartlegning, ble det i 1949-1951 i California foretatt eksperimenter med sprengstoff og fisk utelukkende for å undersøke om det kunne finnes frem til metoder som hindret den store fiskedødelighet. Som en begynnelse ble det undersøkt om små dynamittladninger stukket ned i havbunnen ville eksplodere uten å skade fisk i sjøen ovenfor. Det ble imidlertid påvist at fisk som på eksperimentell basis var plassert i ruser, og likeledes helt fritt svømmende fisk, ble utsatt for sterke skader ved eksplosjoner selv dypt nede i bunnen. Disse skader syntes å fremkomme nesten øyeblikkelig i eksplosjonsøyeblikket. Under forsøkene ble trykkbølgene målt ved hjelp av et katodestråle-ossiloskop.

Sprengninger med dynamitt og krutt viser en fundament forskjell. Med sprengning med dynamitt viser trykkbølgen et skarpt voldsomt mønster med en bratt høy trykkfront, mens kruttekspløsjonen viser en langsom utvikling av en trykkbølge med liten amplitude og en avrundet front.

I forbindelse med eventuelt fremtidige seismologiske sprengninger i farvannet utenfor norskekysten kan det være av interesse å se litt nærmere på de sprengningsforsøk som ble foretatt i California (Hubbs 1952) og de reaksjoner på fisken som ble observert der. Vanddybden hvor forsøkene foregikk var

9-30 meter.

Dynamittladninger på 5 kilo ble eksplodert like under havflaten, eller de ble plasert 16 til 18 meter ned i bunnen. I begge tilfeller var resultatet dødelig for fisk. Det viste seg at selv om ladningen var plasert ned i bunnen drepte den fisk hele veien fra bunn til overflate. Enkelte sprengninger av samme art kunne derimot drepe mange fisk i overflaten, men ingen fisk ved bunnen.

Forsøk med dynamittladninger på 2 1/2 kilo plasert nede i bunnen viste at også disse kunne ha en dødelig virkning på fiskefaunaen (vanndybde 7-28 m). I disse forsøk lå sjokkbølgens maksimum atskillig over 2,8-5 kg. pr. cm², hvilket øyensynlig var terskelgrensen for en sjokkbølges dødelige virkninger på fisk. Ladninger på 2 1/2 kilo gravet ned i bunnen, drepte og beskadiget fisk 21 meter borte. Den dempende virkning av bunnmaterialet var øyensynlig ikke tilstrekkelig til å eliminere den dødelige virkning av eksplosjonen, selv der hvor bunnen besto av sandblandet mudder. Det ble imidlertid konstatert at jo dypere i bunnen ladningen ble plasert, var det i alminnelighet en minskning i eksplosjonens drepende virkning. Størst dødelighet ble observert når ladningen var plasert grunnere enn 10 meter nede i bunnen. Når den 2,5 kilo store dynamittladning var plasert dypere enn 12 meter var det vanligvis liten eller ingen dødelighet. Av forsøkene måtte man imidlertid trekke den konklusjon at virkningen av dynamittsprengninger oppe i sjøen og nede i bunnen er vanskelig å tyde og like vanskelig å forutsi. Det kan for eksempel nevnes at i et par tilfeller hvor ladningen var begravet henholdsvis 15 og 21 meter nede i bunnen ble all fisk drept i russer som var plasert både på bunnen og nær overflaten.

Forsøk med 1,2 kg ladninger nedgravet i bunnen ble gjennomført i tre tilfeller på vanndybde 9-17 meter. Alle disse forsøk resulterte i skader på fisk. I det ene forsøk var ladningen begravet 11-13 meter og dette ga den største dødelighet i hele forsøksserien. Forklaringen i dette spesielle tilfellet kan være at ladningen har ligget like over hardt

fjell som kan ha fordoblet sjokkvirkningen i vannet. Ved overflaten ble det i dette tilfellet målt en sjokkstyrke på 11 kilo pr. cm^2 . Dybden fra overflate til bunn var i dette tilfellet ca. 17 meter.

Den dødelige virkning av undervannsekspløsjoner ble ikke unngått selv om sprengladningen ble redusert til 560 gram (vanndybde ca. 12 m.). Som eksempel kan nevnes at 87-100 % av fisk som var plasert i ruser ble drept av denne lille ladning selv om den var nedgravet 4,5 meter, og all fisk ble drept da ladningen ble nedgravet til 7,5 meter. I 9 forskjellige forsøk med 560 grams dynamittladninger var fiskedødeligheten stor når sjokkstyrken var over 8,4 kilo pr. cm^2 . Dødeligheten var ubetydelig når sjokkstyrken lå under 4,1 kilo pr. cm^2 (sjokkstyrke målt i overflaten).

Bruk av krutt (type FFG og FFFG) istedenfor dynamitt under de seismiske sprengninger ga helt forskjellige resultater (vanndybde 9-30 m). Man konstaterte at meget få fisk ble drept selv om kruttladningene ble øket til 20 kilo, enten ladningen ble avfyrt på bunn eller i overflaten, d.v.s. en plassering hvor dynamittladninger hadde vært mest ødeleggende. Observasjoner viste at kruttladninger på inntil 40 kilo hadde liten drepende virkning på fisk. I 17 forsøk med kruttladninger på 1,8-18 kilo begravet 1,5-6 meter i bunnen ble ingen fisk drept. Det samme var tilfellet med kruttladninger avfyrt på bunn og oppe i sjøen. Selv i et tilfelle hvor fiskerusen ble fullstendig ødelagt av sprengningen overlevet fisken som var inne i ruser.

Både når det gjelder lyd og sjokk var virkningen av kruttsprengninger forholdsvis svak sammenlignet med dynamittsprengninger. Ofte kunne lyden av kruttladninger plasert nede i undergrunnen såvidt være merkbar i båtene som lå i overflaten. Kruttekspløsjoner i overflaten laget vannkaskader 15-45 meter høy, men ga meget mindre lyd enn lignende eksplosjoner med dynamitt. Kruttekspløsjonene hadde ingen synlig innvirkning på de lokale fiskeforekomster som hverken ble skrent vekk eller sluttet med å beite i området.

Det bølgemønster og de andre fysiske fenomener som oppstår ved en undervannsekspløsjon er ganske kompliserte og

neppe helt utforsket ennå. De viktigste komponenter i relasjon til fiskedødelighet antas å være amplituden (maksimum trykk), trykkbølgens mønster og uttynningen (rarefaction). En undervannseksplisjon lager to slags positive trykkbølger, nemlig den første sammentryknings- eller sjokkbølge, og den påfølgende boble- pulserende bølge. Den viktigste forstyrrelse i vannet inntreffer når den første trykkbølgen fra eksplosjonen kommer. Forstyrrelsen drives gjennom vannet som en trykkbølge med en bratt front (sjokkfront), eller en avrundet front, avhengig av typen sprengstoff som brukes. Det maksimale trykk avtar utover, og denne minskning er en funksjon av sprengstoffets art og mengde, og avstanden fra sprengningen.

Både ved dynamitt og kruttsprengninger er boblebølgepulsen forholdsvis langvarig med lavt maksimumstrykk uten noen bratt front. Observasjonene viser at boblebølgepulsen ikke hadde noen særlig betydning for ødeleggelsen av fisk. Her er det den første sjokkbølge som er den viktigste. Ved en dynamittsprengning i vann får sjokkbølgen maksimumintensitet nesten øyeblikkelig og den forplanter seg gjennom vannet som en trykkbølge med en skarp bratt front. En kruttladning derimot brenner langsommere og sjokkbølgen har en mer avrundet front. Dødelighetsgrensen for fisk ved dynamittsprengning lå ifølge forsøkene utført i California øyensynlig ved et sjokktrykk på 2,8-5,0 kg pr. cm². På den annen side ble det konstatert at sjokktrykk på 8,5-11,0 kg fra kruttsprengninger ikke drepte fisk.

Grunnen til at selv en sterk reduksjon i en dynamittladnings størrelse resulterer i så liten nedsettelse av bølgenes dødelige virkning, er at det maksimale trykk i sjokkbølgen ikke er direkte proporsjonal med mengden av sprengstoff. En dynamittladning på 2,3 kg gir for eksempel 1/3 av trykk-effekten i en 56 kilos ladning. Sannsynligvis vil trykket ved en krutteksplisjon ikke nå samme høyde som ved en dynamitt-eksplosjon. Med voksende kruttladninger vil trykkbølgens maksimumstrykk øke bare lite, mens derimot varigheten av trykkbølgen vil forlenges.

Det skjedde ofte under eksperimentene i California at fisk i overflaten ble drept, mens fisk ved bunnen nær

eksplosjonsstedet ikke ble skadet. Dette kan delvis forklares ved at mange bunnfisk (flyndre etc.) ikke har svømmeblære og derfor er mer motstandsdyktige mot trykkendringer. Den store fiskedødelighet nær overflaten forklares ved at tynnings- eller refleksbølgen her har sin største intensitet.

Det antas at når trykkbølgen fra en eksplosjon på litt dypere vann reflekteres fra et medium av mindre tetthet, f.eks. hvor vann/luft møtes i overflaten, går den nedover igjen med motsatt fortegn på grunn av en faseforandring. Den omformes til en negativ trykkbølge (tynningsbølge). Det plutselige negative trykk som fisken utsettes for er sannsynligvis særlig drepende. At et plutselig negativt trykk dreper fisk synes å fremgå av det faktum at svømmeblæren som oftest er eksplodert utover. Gassen i svømmeblæren trenger ut i bukhulen og får fisken til å flyte opp. Et plutselig negativt trykk som fisken utsettes for kan også forårsake bobler i blodet og sprengne blodkar. Dødeligheten ved en slik negativ refleksbølge er utvilsomt størst nær sjøens overflate. Refleksbølgen dempes fort ned med økende avstand. De amerikanske forskere mener at forskjellen i dødelighet ved bruken av dynamitt i motsetning til krutt antagelig skyldes at dynamitteksplosjonen forårsaker et meget negativt trykk.

De store variasjoner som ble funnet i fiskedødelighet ved sprengningene antar man skyldes at sjokkbølgen ofte får en bestemt retning på grunn av bunnkonturer etc. Den energi som f.eks. sendes oppover fra en nedgravet sprengladning blir retningsbestemt av et kegleformet sprengkrater. Energien fra sprengningen vil da ledes opp igjennom sjøen i en lignende kegleform. Resultatet blir at det blir en skyggesone rundt krateret. Fisk i skyggesonen vil kunne overleve mens fisk i overliggende lag og i overflaten vil bli drept.

Lignende forsøk med sprengstoff og fisk er utført også på Amerikas Atlanterhavskyst (Coker 1950). Etter protester fra fiskere over militære sprengninger i sjøen i Chesapeake Bay, ble det forsøksvis sprengt 26 ladninger TNT hver på 115-550 kg i vanddybde 5-40 meter. Minst 33.000 stk. fisk ble drept, vekt ca. 9.000 kg. Særlig sterk var virkningen av en 115 kg ladning

sprengt midt i sjøen. Fisk var drept og skadet 90-180 meter borte, enkelte drept 450 meter vekk. Det antas at mange fisk ble skadet som ikke fløt opp til overflaten. Det kunne ikke påvises noen selektiv dødelighet med hensyn til fiskestørrelse idet fisk mellom 3 og 106 cm ble drept. Likevel i California forårsaket eksplosjonene indre skader på fisken. Antall fisk drept i hvert tilfelle var avhengig av mengden av fisk tilstede i området, og sto ikke i forhold til sprengladningens størrelse. Konklusjonen var at under planlegging av seismiske undersøkelser bør man ta hensyn til det tidspunkt da det er minst fisk i området.

I området hvor seismiske sprengninger foretas er det som oftest muslinger og krepsdyr på bunnen. Forsøk ble utført i Chesapeake Bay i 1944/45 for å studere virkningen av undervannsekspløsjoner også på disse dyreformer (Chesapeake Bld. Lab. 1948). Disse forsøk ble utført på dybder mellom 7,5 og 12 meter, og sprengstoffet var Nitramon og TNT med ladninger på 12-135 kilo eksplodert midt i sjøen. I disse forsøk ble ruser med muslinger og krepsdyr plassert i en avstand av 30-300 meter fra detonasjonsstedet.

Som representant for muslingsgruppen ble valgt østers. De resultater man kom frem til viste at bare en liten prosent av østersen ble drept og at de fleste ville overleve selv om de var ganske nær inn til eksplosjonsstedet. Østers som naturlig forekom på bunnen viste mindre dødelighet enn de som var plassert i ruser oppe i sjøen. Selv om sprengladningen ble øket, var det ikke noen tilsvarende økning i dødeligheten og heller ikke i den radius hvor dødelighet ble observert, Der ble også gjort 4 forsøk med krabber anbragt 7,5-45 meter fra sprenglegemer på 15 kilo. Det viste seg at ca. 90 % av krabbene ble drept i 7,5 meters avstand hvor trykkbølgen målte over 55-60 kg/cm². Bare få krabber døde 45 meter borte hvor trykket var redusert til 18 kilo pr. cm². Grenseområdet for dødelige skader lå innen en radius av 45 meter fra detonasjonspunktet.

Forsøk med hummer har vist at dette skalldyr er meget motstandsdyktig mot trykkbølger fra undervannsekspløsjoner.

Som eksempel kan nevnes at hummer plasert 17 meter fra en 9 kg dynamittladung (60% petrogel) tålte påkjenningen fint (Aplin 1947).

Orienterende undersøkelser har også vært foretatt med sprengstoff og reker i Mexico-gulven hvor det ble brukt ladninger på inntil 360 kilo. Det viste seg her at reker 15 meter borte ikke ble skadet ved eksplosjonene (Univ. Miami, Gulf Carib. Fish. Inst. 1949).

For eventuelle seismologiske undersøkelser i europeiske farvann er det av interesse å se litt på de forsøk som har vært utført med fiskearter fra dette området, som f.eks. torsk, sild og brisling. Sommeren 1957 ble det i Finnland utført eksperimenter på linje med de amerikanske som er ontalt foran (Sjøblom 1958). De finske forsøk gikk ut på å konstatere virkningen av undervannsekspløsjoner på fisk i forbindelse med geofysiske undersøkelser i Østersjøen. I alle forsøkene ble sprengladningene lagt på bunnen og fisk var plasert i ruser i forskjellig avstand fra eksplosjonsstedet. De finske forsøk angir ikke hvilke type sprengstoff som ble brukt, med sannsynligvis har det vært TNT eller lignende sprengstoff som brukes i miner. Ialt ble det under de finske forsøk utført 8 sprengninger på dybder varierende fra 33 til 126 meter.

De to første sprengninger var på ca. 30 meters dyp, hård bunn, 20 kilo sprengstoff. Sild og brisling fløt opp inntil 100 meter fra detonasjonsstedet. De to neste sprengninger foregikk på 68 og 117 meters dyp, bløt bunn med 3-4 kilo mudder, sprenglegemet en mine på 300 kilo. Der ble funnet døende sild, brisling og torsk som fløt opp inntil 400 meter fra sprengningsstedet. Sprengning nr. 5 og 6 foregikk på 126 meters dyp, bløt bunn, sprenglegemet 2 miner, tilsammen 600 kilo i hvert forsøk. Sild, brisling og torsk fløt opp inntil 1000 meter fra eksplosjonsstedet. Sprengning nr. 7 og 8 foregikk på 118 meters dyp ca. 1 meter mudder, sprenglegemet som i foregående forsøk. Virkningen var den samme som i foregående forsøk. Fisk som var plasert i ruser i forskjellig avstand fra sprengningsstedet døde alle sammen straks eller senest etter et par timer.

De finske forsøk viser at undervannsekspløsjoner av denne størrelsesorden har virkning over større avstand enn det som tidliger har vært antydnet i litteraturen. Men også disse forsøk viser varierende resultater, hvilket skyldes at fisk kan oppholde seg i skyggepartier for trykkbølgen og således unngå skader.

Under planlegging av seismiske undersøkelser i sjøen utfor Alaska er det fra fiskernes side reist mange spørsmål som hittil ikke har vært undersøkt. F.eks. hva er sprengningenes virkning på planktonorganismer og fiskeyngel, hvor stor er den forsinkede dødelighet hos fisk ved siden av den øyeblikkelige som kan påvises? Disse spørsmål kan ikke besvares idag, men enkelte laboratorieforsøk gir oss indikasjoner på hvordan f.eks. fiskeyngel reagerer på trykkvariasjoner. Slike forsøk viser at virkningen av varierende trykk på fiskeyngel er avhengig av fiskeart, fiskens alder, tilstedeværelsen av svømmeblære, og om denne er åpen eller lukket (Bishai 1961). Forsøk med nyklekte larver av sild og laks viser at disse kan leve når de blir utsatt for trykk på 5 kg/cm^2 , og de blir øyensynlig ikke affisert av en hurtig eller langsom trykkforandring, og de tåler også undertrykk. Men når samme yngel blir 3-6 mdr. gammel dør de innen 24 timer når trykket øker utover $0,2 \text{ kg/cm}^2$. Når de blir eldre blir de ikke affisert på samme måte. Flyndreyngel tåler trykk på minst 2 kg/cm^2 uten skade. I nyklekte larver av sild og laks er svømmeblæren ikke utviklet. Den utvikles på et senere tidspunkt, og da kommer også reaksjonen på trykkforandring. Flyndre har ikke svømmeblære og reagerer derfor lite på trykkforandring.

Fiskeyngel i større mengder kan finnes konsentrert i avgrensede områder utfor kysten i kortere tid vanligvis om våren i mars-april. Men yngelen som lever oppe i sjøen spredes fort ned strømmen, og tettheten er neppe så stor f.eks. sommer og høst at sprengninger vil redusere yngelmengden vesentlig.

De seismiske undersøkelser i havet har gjennomgått en rask utvikling i perioden 1950-60. Den alminnelige tendens har vært å bruke mindre mengder sprengstoff, og sprengningene foregår i overflaten, ikke ved bunn. Etter de forsøk som har vært foretatt med fisk, og på grunnlag av de erfaringer som har

vært høstet, har myndighetene f.eks. i U.S.A. fastsatt bestemte normer for de seismiske sprengninger. Bl.a. gjelder dette den type og de mengder sprengstoff som kan nyttes under forskjellige forhold. I staten Washington på Amerikas Stillehavskyst har man f.eks. den regel at det skal nyttes inntil 41 kg. vanlig svartkrutt eller tilsvarende sprengstoff som ikke har større sprenghastighet. Av hastigere sprengstoff som ammoniumnitrat og lignede kan brukes inntil 2,3 kg på grunt vann inntil 60 meter, og inntil 9,1 kg på dypere vann. Ladninger av større vekt og annen karakter skal godkjennes på forhånd. Lignende bestemmelser er gjeldene i andre stater i U.S.A. hvor det foregår seismiske undersøkelser over kontinentalsokkelen.

Som det vil fremgå av foranstående har problemet med undervannsekspløsjoner og sprengningens drepende virkning vært av stor interesse både for biologer og fiskere. I staten Oregon på Amerikas Stillehavskyst har man i en rapport fra 1963 forsøkt å sammenfatte erfaringene fra flere års observasjoner. Av særlig interesse er de slutninger en kom til i forbindelse med bruken av det relativt nye sprengstoff ammoniumnitrat (nitrocarbo-nitrate) som var forsøkt på sildeartet fisk med svømmeblære. Disse resultater vil i våre farvann sannsynligvis kunne nyttes for sild som det mest vil bli tale om i forbindelse med de seismiske undersøkelser i Nordsjøen. Makrell har ingen svømmeblære og blir mindre berørt. Resultatet av de amerikanske undersøkelser viser: "I horisontal retning synes sjokkets dødelige grense i de øvre vannlag å være ca 45 meter for en 2,3 kg ladning, ca. 105 meter for en 4,5 kg ladning, ca 150 meter for en 11,3 kg ladning. Vertikalt under sprengningspunktet synes dødelighetsgrensen å være 30-45 meter for en 2,3 kg ladning, 45-60 meter for en 4,5 kg ladning, og 60-75 meter for en 11,3 kg ladning."

Store oljeselskaper har også begynt å vise interesse for eusopeiske farvann, særlig synes Nordsjøen å være kommet i søkelyset. Sommeren 1963 foretok oljeselskapene endel seismiske undersøkelser i Nordsjøen uten at en hørte noen klage fra fiskere over fiskedødelighet på grunn av de seismiske sprengninger. På forespørsel oppgir ett selskap at de har brukt ammoniumnitrat (Nitranor) : ladninger på 50 lbs. (22,5 kg) som

ble avfyrt 1,5 meter under overflaten. Dette er atskillig større ladning enn det som er tillatt på Amerikas Stillehavskyst. Et annet selskap oppgir at de bruker 2,3 kg ladninger av ammoniumnitrat på grunnere vann og litt større ladninger på dypere vann. Dette siste er i overensstemmelse med reglene for Amerikas Stillehavskyst. Men selskapene opplyser at det arbeides med nye sprengstofftyper og nye metoder for effektivisering av de seismiske undersøkelser.

Når det gjelder seismiske undersøkelser over kontinentalsokkelen utfor Norges kyst og den innvirkning dette vil ha på dyrelivet i havet, så antar jeg at de retningslinjer en er kommet frem til på Amerikas Stillehavskyst når det gjelder mengde og type av sprengstoff ved hver enkel sprengning også kan gjøres gjeldene for den norske sektor av Nordsjøplatået