

Seismikk og fisk



Seismiske undersøkelser er oljeindustriens viktigste redskap for å kartlegge mulige forekomster av olje og gass mange tusen meter under jordoverflaten.

Forskjellige typer seismiske data trengs for de ulike stadiene av virksomheten, fra tidlig letefase til utbygging og produksjon av mulige reserver i et felt. Det kan derfor være nødvendig å gjenta seismisk datainnsamling flere ganger i de samme områdene.

Dette faktaarket gir en framstilling av prinsippene ved seismiske undersøkelser og sammenfatter forskning som er foretatt på virkninger for fisk. Informasjonen er i hovedsak hentet fra rapporten "Seismic Surveys Impact on Fish and Fisheries", som i sin helhet er tilgjengelig på www.olf.no/?14772.pdf.

Seismiske undersøkelser



Prinsippet for seismiske undersøkelser er vist i figuren over. Fra den seismiske signalkilden som taues bak fartøyet sendes det ut et signal som trenger langt ned i havbunnen. Dette signalet vil også reflekteres tilbake fra alle overganger mellom de forskjellige geologiske lagene i undergrunnen. De reflekterte signalene registreres av mange hydrofoner tauet i en flere kilometer lang "seismisk kabel". Forenklet kan en si at hele systemet fungerer som et stort ekkolodd.

Signalene fra den seismiske kabelen blir spilt inn på magnetbånd og sendt til et stort dataanlegg for bearbeidelse. Her blir støy og uønskede signaler fjernet, og dataene blir presentert i en form som er velegnet for tolkning.

Seismiske undersøkelser blir planlagt på grunnlag av tidligere kunnskap om geologien i området.

Det seismiske fartøyet trekker etter seg en signalkilde og en eller flere kabler. Lydsignalene fra luftkanonen sendes ned i undergrunnen og reflekteres mot ulike lag i undergrunnen før de fanges opp av hydrofoner i kablene.

• FAKTA • FAKTA •

Forenklet kan en si at prinsippet bak seismiske undersøkelser fungerer som et stort ekkolodd.

Den informasjonen som samles inn fra seismikkfartøyene er helt avgjørende for å kartlegge mulige forekomster av olje og gass og planlegge leteboringer.



Foto: Petroleum Geo-Services

Etter at undersøkelsen er planlagt er det viktig at det seismiske fartøyet følger de på forhånd fastlagte linjer. Dette vil medføre at andre fartøy i området må vike, og det er nødvendig med god kommunikasjon med disse fartøyene for å sikre et godt samarbeid.

Som regel er det en fiskerikyndig person om bord på seismikkfartøyet, klarert av Fiskeridirektoratet.

Luftkanon

Marine seismiske undersøkelser har vært gjennomført siden 1950-tallet, og i begynnelsen var eksplosiver eneste kjente signalkilde. På 1960-tallet ble nye seismiske signalkilder utviklet, først og fremst av hensyn til sikkerheten ved operasjonene. De nye signalkildene hadde også en vesentlig mindre skadelig effekt på miljøet. Siden tidlig på 1970-tallet har luftkanoner vært dominerende som seismisk signalkilde, og er i dag den eneste som blir benyttet.

Fra en enkelt luftkanon vil det være en kraftig "boble-effekt" idet luften slippes ut. Luften vil trekke seg sammen og utvide seg på veg opp mot overflaten. I praksis vil mange luftkanoner bli satt sammen i et såkalt "array". Dette gjøres for å lage et bedre seismisk signal og for å fokusere lydenergien nedover i undergrunnen. Array-effekten medfører at det er vesentlig forskjell mellom utsendt energi nedover og ut til sidene, og at boble-effekten reduseres betydelig.

Seismisk kabel

Havbunnen og lagene nedover er bygd opp av mange forskjellige geologiske materialer, fra sand og skifer til kalksteiner og i noen områder lavabergarter. De seismiske signalene blir reflektert fra overgangene mellom disse geologiske materialene, og det reflekterte signalet blir fanget inn på den seismiske kabelen som kan være fra 3 til 8 kilometer lang.

Den seismiske kabelen må taues på konstant dyp, normalt mellom 6 til 8 meter. Dette oppnås ved å fylle kabelen med en spesiell olje, slik at den får samme egenvekt som vannet omkring. Mindre avvik fra riktig dybde justeres ved å bruke små vinger på kabelen.

Enden på den seismiske kabelen markeres med en halebøye, for å vise andre fartøy i området hvor kabelen befinner seg. En viktig funksjon for halebøyen er også å gi melding til det seismiske fartøyet om hvor slutten på kabelen er, noe som er viktig for å kunne kontrollere hvor alle deler av kabelen til enhver tid befinner seg.

Lengden på den seismiske kabelen reduserer manøvrerbarheten for det seismiske fartøyet, som derfor trenger et stort område for å snu fra en linje til den neste. Men bortsett fra mulige "trafikkmessige" problemer regnes ikke den seismiske kabelen som et mulig miljømessig problem.

Lyd i vann

Lyd dannes av små trykkforandringer som varierer så raskt at øret er i stand til å oppfatte dem. Trykkforandringer måles i Pascal (Pa). Mer vanlig er det derimot å angi lydtrykket som et forholdstall, og da er decibel (dB) oftest brukt. Decibel er ikke en måleenhet, men et forholdstall som sier noe om eksempelvis trykket i forhold til et referansenivå. Det er vesentlige forskjeller mellom de akustiske forholdene i luft og vann. Dessuten benyttes forskjellig referansenivå, så en kan ikke direkte sammenligne lydtrykk-målinger gjort i luft og vann. Dette har stor betydning ved miljømessige vurderinger.

Styrken på det seismiske signalet vil i stor grad være avhengig av avstanden fra kilden. Stort sett kan en si at signalstyrken er omvendt proporsjonal med avstanden. På større avstander vil signalene være noe mer dempet enn dette, helt avhengig av de lokale forhold både i havbunnen og i geologiske forhold i undergrunnen.

Støy kan opptre som kontinuerlige signaler, eksempelvis fra motorer eller som pulser fra en skytebane. Seismiske signaler er korte pulser som repeteres hvert 10. sekund under operasjonene, og må derfor klassifiseres som pulset støy.

Det er stor forskjell i måten en angir lydtrykket fra disse signalene. Pulset støy angis ofte med maksimalt lydtrykk (spissverdi) og varighet på pulsen, mens kontinuerlig støy enten beskrives med et "rms" nivå eller som "spektralnivå". Det er viktig å ha klart for seg hvordan lydnivåene angis når miljømessige forhold ved sterk lyd vurderes.

• FAKTA • FAKTA •

Lyd fra seismiske undersøkelser blir sendt ut fra en kilde meget nær overflaten, og dette medfører vesentlig større demping enn hvis lydilden var dypere i vannet. Dette medfører at lydtrykkene fra seismiske signalkilder bare kan gjøre fysisk skade meget nær kilden, men lyden kan skremme eller skape ubehag over noe større avstander.

Lyd i vann dempes mindre enn lyd i luft, og under spesielle betingelser kan undervannslyd høres over meget store avstander. Lyd fra seismiske undersøkelser blir sendt ut fra en kilde meget nær overflaten, noe som medfører vesentlig større demping enn hvis lydilden var dypere i vannet. Dette betyr at lydtrykkene fra seismiske signalkilder bare kan gjøre fysisk skade meget nær kilden. Lyden kan imidlertid skremme eller skape ubehag over noe større avstander.

Seismikkens innvirkning på fisk

Det er utført mange studier på effekten av seismiske signaler på fisk i alle livsstadier. Mulig direkte skade er studert på fisk i de aller tidligste stadiene (egg og yngel), men siden voksen fisk kan rømme fra lydilden, er det adferdsmessige påvirkninger som er studert på denne aldersgruppen.

Direkte skade

Mange studier har vist at organismer kan bli skadet når de utsettes for lydimpulser med rask "stigetid" (at lydtrykket vokser meget raskt), og med spissverdi på 230 dB eller mer. Lydimpulsene fra luftkanoner vil ofte ha en relativt langsom stigetid, og derfor kan organismer tåle et høyere spissttrykk fra disse enn fra f.eks. undervannsprengninger.

Lydtrykk med spissttrykk på over 230 dB opptrer bare i umiddelbar nærhet av luftkanonene, i avstander på noen få meter.

Havforskningsinstituttet har i en rapport (Dalen et.al., 1996) konkludert med at antallet egg og yngel som befinner seg innenfor den farlige avstanden er så lite at skaden som luftkanoner kan medføre, ikke har noen betydning for fiskebestanden. De beregnet at dødeligheten forårsaket av luftkanonene i gjennomsnitt kunne være 0.0012 prosent per dag. Sammenlignet med den naturlige dødeligheten på 10 prosent per dag, blir effekten av skadene fra luftkanoner ubetydelig.

En studie fra Australia, publisert i 2003, viser at signalene fra luftkanoner kan medføre skade på fiskens hørselsevne. Lokale skader på fiskens hørselsceller ble studert i elektronmikroskop, og etter 54 dager ble det funnet vesentlige skader på hørselsorganet. En konklusjon fra studien er imidlertid at det er nødvendig med ytterligere studier for å forstå prosessene som fører til slik skade.

Skremmeeffekter og innvirkning på fiske

Fisk i et område hvor det utføres seismiske undersøkelser vil høre lyden av luftkanonene, og i svært mange tilfeller reagere på disse. Hvordan fisken reagerer, vil imidlertid avhenge av mange faktorer, og det er vanskelig å gjennomføre entydige studier for å kartlegge reaksjonsmønstrene.

Havforskningsinstituttet utførte i 1993 en større studie "Effekter av seismisk skyting på fangst og fangsttilgjengelighet av torsk og hyse" (Fisken og Havet nr. 3, 1993), der fangstene på trål og line ble studert før, under og etter seismiske operasjoner i et område på Tromsøflaket.

Studien er utført meget grundig, og viser klart at det er en negativ effekt av seismikk i området rundt et seismisk fartøy. Hvor langt fra seismikkområdet denne effekten strekker seg, er det imidlertid ikke enkelt å si noe entydig om. Undersøkelsene viste reduserte trålfangster av torsk ut til 33 kilometer fra lydilden, men analyse av tallmaterialet gir ikke sikre holdepunkter for en skremmeradius utover 1 til 2 kilometer fra seismikkfartøyet.

The Marine Laboratory of the Fisheries Research Services i Aberdeen, Skottland, gjennomførte i 1998 en studie av skremmeeffekten av luftkanoner på en fiskeforekomst rundt et rev i en av Skottlands fjorder. TV-kamera ble brukt for å studere reaksjonene til fisken på lydimpulsene fra luftkanoner. Denne studien viste at det var svært liten reaksjon på lydimpulsene, selv om disse hadde en spissverdi opp mot 229 dB. Størst reaksjon ble observert når luftkanonene ble plassert direkte på bunnen, der avfiringen medførte en stor sky av luft og bunnsedimenter. Denne visuelle effekten hadde vesentlig større skremmeeffekt enn selve lydimpulsene, selv om disse var svært kraftige.

I en studie utført av Havforskningsinstituttet i 1999 ble skremmeeffekten av seismikk på sild



Foto: Petroleum Geo-Services

studert i et området vest i Norskehavet. Selv om sild er antatt å ha bedre hørsel enn mange andre fiskeslag, ble det ikke observert vesentlige forandringer i mengden av sild i området på tross av de seismiske operasjonene.

Færøyenes Fiskerilaboratorium gjennomførte en større studie i 1999 for å kartlegge effekten av seismikk på fiskeresultatene. Aktiviteten i 1997 ble brukt som grunnlag for studiet, siden dette var det siste året da seismiske operasjoner ikke ble varslet på forhånd i dette området.

Studien omfattet intervju med fiskere på Færøyene og en gjennomgang av fangst dagbøkene deres. Fangstratene varierte meget sterkt i hele perioden, og det var ikke mulig å registrere effekt av seismikk ut fra fangst dagbøkene.

Studien viser at de seismiske operasjonene i Færøysk territorialfarvann i 1997 ikke hadde noen langvarig effekt på fiskeriene eller fiskebestanden i området.

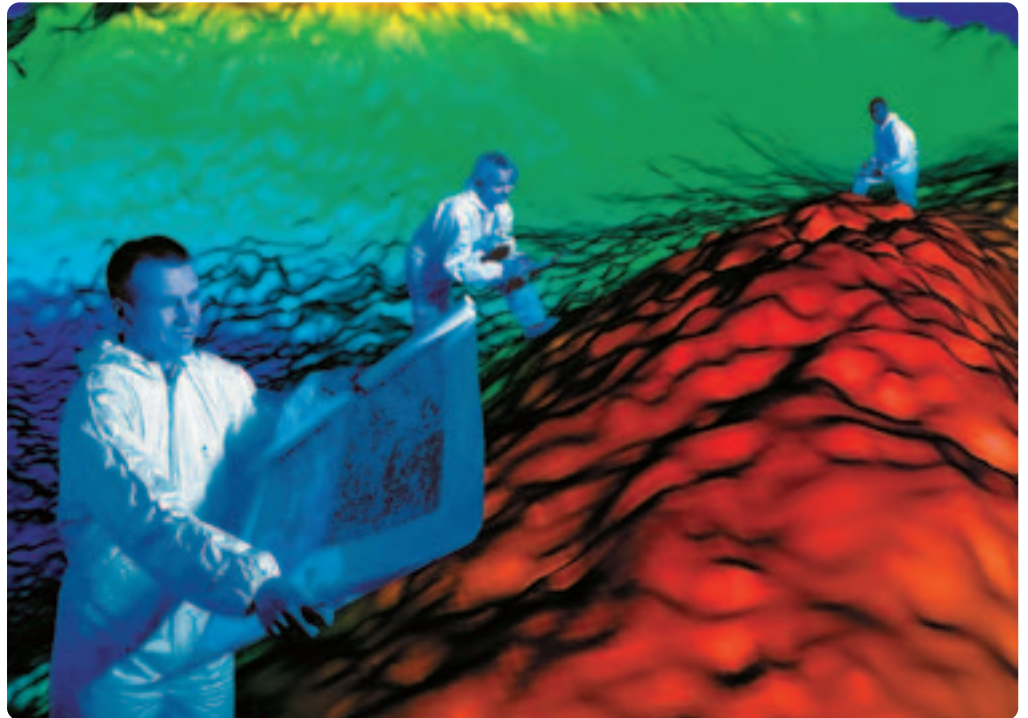
Tilsvarende resultater er observert i en studie fra Australia som dekker perioden 1996 til 1999. Denne studien viser at det er skremmeeffekter ut til avstander på 1 til 2 km fra seismikk fartøyet, men at disse ikke nødvendigvis vil føre til negative effekter for fisket eller for fiskebestanden.

Effekten av seismikk på tobisfisket har lenge vært ansett som et mulig problem, og dette ble studert inngående i en studie gjennomført av Havforskningsinstituttet i 2002. Her ble tobis kartlagt akustisk, den ble observert i bur, og mulig dødelighet ble kartlagt ved innsamling av tobis gjennom grabb og fra burene.

• FAKTA • FAKTA •

Lydtrykk er bare farlig for organismer i havet i umiddelbar nærhet av luftkanonene.

Havforskningsinstituttet har konkludert at antallet fiskeegg og yngel som befinner seg innenfor den farlige avstand er så få at den mulige skaden ikke har noen betydning for fiskebestanden.



Etter at seismiske data er innsamlet og tolket kan oljeselskapenes eksperter danne seg et avansert bilde av hvordan reservoarene ser ut og hvordan de best kan dreneres for olje og gass.

Studien viser at det ikke er økt dødelighet av tobis i området som følge av seismiske operasjoner. Det er observert en viss skremmeeffekt, men denne er vanskelig å kvantifisere. De akustiske målingene viser at mengden av tobis var større etter de seismiske operasjonene enn før. Dette kan skyldes andre forhold som innsig av annen fisk. Studien konkluderer imidlertid med at seismikk ikke har påvisbare negative effekter på tobis.

Fisket i området hadde heller ikke noen påviselig nedgang i fangstene i perioden etter seismiske operasjoner.

Forskjellige typer seismikk

Seismiske undersøkelser kan gjennomføres som såkalte to-dimensjonale (2D) eller tre-dimensjonale (3D) operasjoner.

2D seismikk er relativt billig, og blir i dag mest benyttet i tidlig letefase.

3D seismikk gir et mye bedre bilde av undergrunnen og blir benyttet ved kartlegging av olje- og gassfelt. 3D seismikk er ofte grunnlaget for valg av borelokasjoner.

Gjentatte 3D undersøkelser (ofte kalt 4D) blir brukt for å kartlegge hvordan hydrokarboner blir tatt ut av et reservoar under produksjon. Denne metoden er relativt ny, og har bidratt til økt olje- og gassutvinning fra eksisterende felt.

2D undersøkelser blir planlagt med enkle lange linjer, eller linjer som danner et åpent nett med linjeavstand på 1 kilometer eller mer.

En enkelt signalkilde og en seismisk kabel blir benyttet ved 2D seismiske undersøkelser. Kilden blir satt opp for å sende ut et sterkest mulig signal, og den blir vanligvis avfyrt hver 25. meter, eller omtrent hvert 10. sekund.

Ved 3D undersøkelser vil det seismiske fartøyet seile etter parallelle linjer, og det benyttes ofte to signalkilder og 4 til 8 seismiske kabler. Avstanden mellom linjene er vanligvis 25 meter, og signalkilden avfyres hver 25. meter. Ved å benytte flere kabler og signalkilder kan mange seismiske linjer registreres samtidig, noe som effektiviserer innsamlingen vesentlig. Ved å registrere 8 til 16 linjer for hver gang fartøyet går over et område, blir antallet seilinger vesentlig redusert. Dette har medført at tiden som trengs for en 3D undersøkelse er mye mindre i dag enn det som var vanlig ved 3D teknikkens begynnelse, da to kilder og en seismisk kabel var mest benyttet.



Foto: Petroleum Geo-Services

Med dagens teknikk, med mange seismiske kabler, blir fartøyets manøvreringsevne vesentlig forringet, og det kreves stor plass for å snu og komme tilbake til de enkelte seilinger over det seismiske programmet. Tiden mellom to nabolinjer kan være fra 8 til 12 timer, men blir av operasjonelle hensyn ofte enda lengre.

Det seismiske fartøyet som benyttes både ved 2D og 3D operasjoner, kan arbeide som et komplett geofysisk laboratorium, og er utstyrt med alt nødvendig utstyr for å arbeide 24 timer i døgnet. Det har meget nøyaktig navigasjonsutstyr, og kan kommunisere med alle de har behov for å komme i kontakt med.

Nye seismiske fartøyer kan trekke flere og lengre seismiske kabler og dekker dermed et større område. Dette forringer fartøyets manøvreringsevne. Til gjengjeld reduserer det behovet for antall seilinger.

Publisert september 2003



OLF Oljeindustriens Landsforening
Postboks 8065, 4068 Stavanger.
Besøksadresse: Vassbotnen 1, Sandnes
Telefon 51 84 65 00. Telefaks 51 84 65 01

firmapost@olf.no
www.olf.no

• FAKTA • FAKTA •

Forskningen viser at seismiske operasjoner skader fiskeegg og larver i luftkanonenes umiddelbare nærhet, men at aktiviteten ikke har negative effekter for fisk på bestandsnivå.

Seismiske operasjoner påvirker fiskeforekomster i lokalområdet. Hvor langt ut denne effekten når, er fremdeles gjenstand for diskusjoner. Det er ingen forskning som indikerer betydelige negative effekter på de lokale forekomstene.

Studiene viser at seismiske operasjoner gir skremmeeffekter for fisk. Det er påvist slik virkning i minst 2 til 3 kilometers radius fra fartøyet, men det er ikke klart i hvilken grad skremmeeffektene påvirker fisket negativt.

Oljeindustrien har gjennom en årrekke finansiert betydelig forskning på seismikkens virkning på fisk og fiskerier. Basert på forskningsresultatene er det utarbeidet anbefalinger og reguleringer som har til hensikt å skjerme gytefelt og gytevandringsruter og minimere ulempene for fiskeriene.

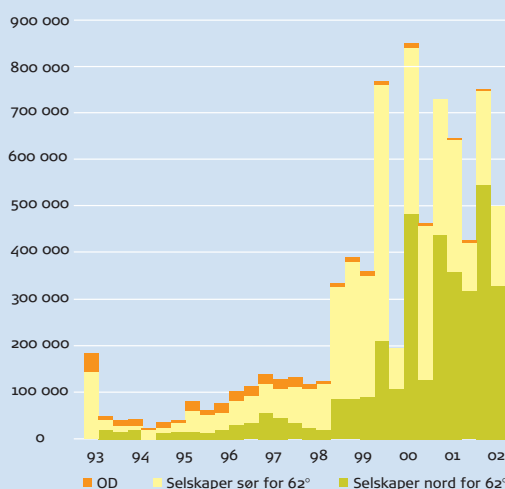
For enkelte lisenser i Norskehavet og Barentshavet er innsamling av seismikk underlagt tidsmessige begrensninger. Dette for å unngå skade og konflikt i perioder med gyting og intensivt fiske.

Omfanget av seismiske operasjoner på norsk sokkel varierer fra år til år. Etter 1990 har den årlige innsamlingen variert fra knapt 200 000 til mer enn 800 000 linjekilometer. I 2002 ble det samlet inn 502 506 kilometer seismikk, 172 612 kilometer i Nordsjøen og 329 894 kilometer i Norskehavet.

Nye seismiske fartøyer, med mange og lange kabler, har effektivisert innsamlingen vesentlig og har redusert behovet for antall seilinger.

OLF har tatt initiativ til årlige seminarer for fiskerinæring, forvaltningen, forskningsinstitusjoner og representanter for oljeindustrien, der det utveksles synspunkter, erfaringer og viten om seismiske operasjoner og forholdet til fiskeriene.

Seismikk innsamlet på norsk kontinentalsokkel 1962-2002



Innsamlingen av seismikk på norsk sokkel har økt vesentlig etter 1990. Nye, avanserte fartøyer har effektivisert innsamlingen.



Dette heftet bygger på en rapport skrevet av Ingebret Gausland. Gausland er sivilingeniør og har siden 1969 jobbet innen geofysikk og seismikk, først i Norges Teknisk Naturvitenskapelige Forskningsråd og fra 1973 i Statoil, der han blant annet har vært sjefgeofysiker og spesialrådgiver innen seismikk og miljø. Han er engasjert som rådgiver innen seismikk og virkningen på det marine miljø både av OLF og den internasjonale organisasjonen OGP (International Association of Oil and Gas Producers).



Les mer om petroleumsindustrien og miljøet på www.olf.no/miljo