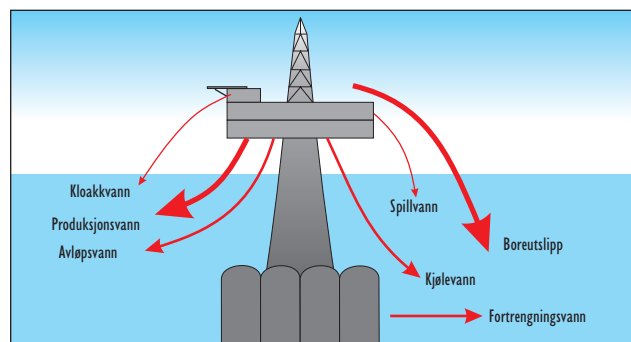


Fra oljevirkosomheten på norsk sokkel slippes det ut store mengder såkalt produsert vann. Jo eldre et felt blir, jo mer produsert vann slippes ut, og det er ikke uvanlig at på slutten av feltets levetid er opptil 98% av det som pumpes opp fra brønnen produsert vann. I løpet av et oljefelts økonomiske liv kan mengden produsert vann være dobbelt så stor som mengden olje som er tatt opp (Figur 6.37). Hvilke konsekvenser de store utslippene har på det marine miljø bekymrer både oljeselskaper, myndigheter, den vanlige mann og ikke minst en rekke vitenskapelige miljøer.

Hva er produsert vann og hvor mye slippes ut?

Produsert vann er vann som følger med olje og gass fra reservoarene og som separeres fra olje og gass på plattformen eller produksjonsskipet. Produsert vann består av formasjonsvann, dvs. vann som naturlig befinner seg i den geologiske strukturen, og vann injisert i reservoaret for å opprettholde trykket. Det produserte vannet renses for olje ned til maksimum 40 mg l⁻¹ og slippes deretter for det meste ut i sjøen. En mindre del reinjiseres i reservoaret. Utslippsgrensen på 40 mg l⁻¹ gjelder dispergert olje. Det finnes ingen tilsvarende grense for oppløste komponenter. I tillegg til rester av olje inneholder vannet kjemikalier og stoffer som finnes naturlig i reservoarene, som metaller, alkylfenoler og aromatiske hydrokarboner (inklusive PAH). I 2000 ble det sluppet ut i overkant av 44 tonn alkylfenoler på norsk sokkel i forbindelse med produksjonsvann-utslipp.

Plattformen som har lagerceller for olje slipper også ut såkalt fortrenningsvann sammen med det produserte vannet. I tillegg kommer dreneringsvann fra dekket på plattformene som også kan inneholde olje. I 2000 kom 2 817 tonn av oljeutslippene fra produsert vann, mens 342 tonn skrev seg fra fortrennings- og dreneringsvann. Resten av de totale utslippene på 3196 tonn på norsk sokkel skyldtes stort sett akuttutslipp i forbindelse med operasjoner på installasjonene. Figur 6.38 viser utviklingen i mengde produsert vann og utslipp av olje til sjø på norsk sokkel.



Figur 6.37
Utslipp til vann fra en oljeproduksjonsplattform.
Discharges to water from an oil production platform.

Utslippene bare øker og øker

Norsk oljevirkosomhet er nå inne i en periode der utslippene av produsert vann fra olje- og gassvirkosomheten øker sterkt (Figur 6.39). Fra et utslipp på 26 millioner m³ i 1993 ventes utslippet i 2001 å være på 120 millioner m³. Dette skyldes at mange olje- og gassfelt begynner å tømmes. I tillegg kommer betydelige utslipp fra engelsk sone.

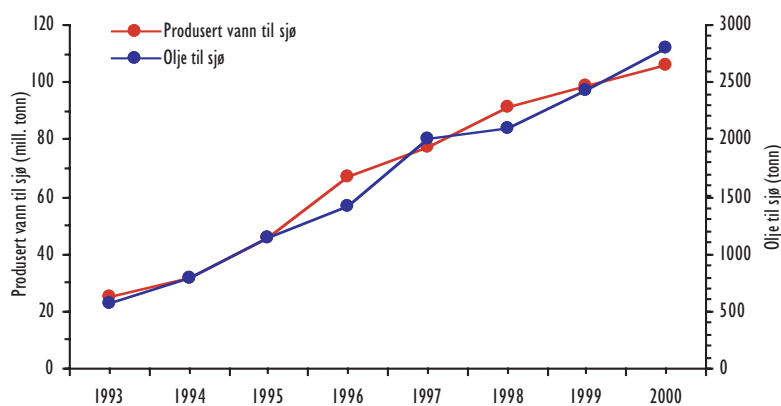
Hva består det produserte vannet av?

Komponentene grupperes i følgende kategorier: Dispergert olje, løste oljekomponenter, tungmetaller, radionuklider, tilsetningskjemikalier, salt og løst oksygen (lave mengder).

Deler av det produserte vannet har vært i kontakt med de oljeførende lag i millioner av år. Sammensetningen er derfor feltavhengig og vil også kunne forandre seg i løpet av produksjonstiden, da stadig mer vann må injiseres i strukturen for å opprettholde trykket.

Effekter av forurensning på formeringsevne

Forurensning kan ha en dyptgripende effekt på fiskens formeringsevne. Siden begynnelsen av 1990-tallet er det satt skarpt fokus på såkalte hormonforstyrrende stoffer. En lang rekke kjemiske forbindelser er påvist å "etterligne" hormoner eller på annen måte påvirke hormonbalansen og dermed forstyrre den naturlige reproduksjon. Bekymringen gjelder først og fremst kjemikalier med "østrogenhermende"

**Figur 6.38**

Mengde produsert vann og utslipp av olje i perioden 1993-2000. (Kilde: SFT, OLF).

Amount of produced water and discharged oil during the period 1993-2000.

effekter, men det rettes også oppmerksomhet mot andre hormonklasser som det androgene system og tyroksinhormonene. Blant stoffer som er påvist å ha østrogenforstyrrende effekter finner vi alkylfenoler, ftalater, bisfenol A, PCB, dioksiner og pesticider som klordane, dieldrin, DDT og dens metabolitt DDE.

Kjønnutviklingen hos fisk innebærer "kritiske vinduer" i de tidlige livsstadier, hvor fisken er spesielt følsom for hormonelle påvirkninger og hvor kortvarig eksponering eller lave konsentrasjoner kan få store og irreversible konsekvenser.

Sårbarhet for østrogenpåvirkning i de tidlige livsstadier gjenspeiler seg også i funn fra felten. Den tydeligste dokumentasjon på hormonforstyrrelser hos fisk kommer fra rapportene om feminisering av hannfisk.

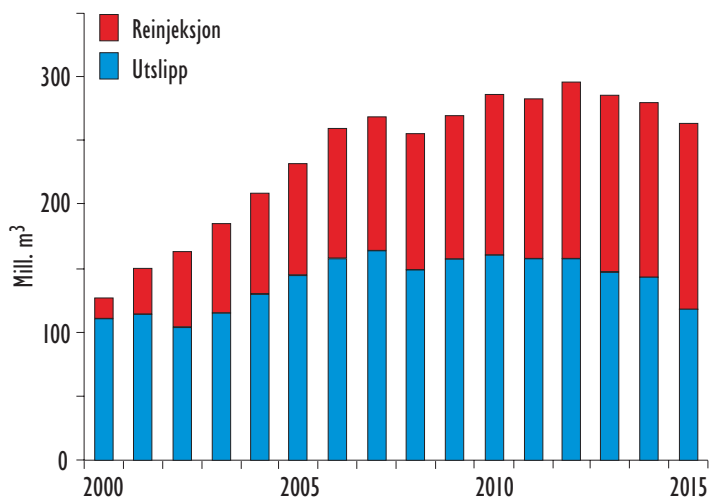
Plommeprotein vitellogenin (VTG) er en følsom biomarkør som blir omfattende brukt i studier av effekter av østrogenhermere på fisk. Selv om VTG

er et protein spesifikt for hannfisk, har også hannfisk hele systemet som trengs for VTG-proteinsyntese. Østrogen inducerer VTG-syntese i leveren både hos hann- og hannfisk. Forhøyede VTG-nivåer i hannfisk kan derfor brukes som indikasjon på østrogenpåvirkning.

Selv om det har vært gjort omfattende feltundersøkelser, stammer størsteparten av bevisene for hormonforstyrrelser forårsaket av hormonhermere fra laboratoriestudier. Det er blitt kritisert at mange av disse undersøkelsene er gjort med urealistisk høye konsentrasjoner sammenlignet med de konsentrasjonene en faktisk finner i miljøet. Det etterlyses flere feltstudier og lavere og mer realistiske konsentrasjoner for laboratoriestudiene samt større vektlegging på langtidseffektene.

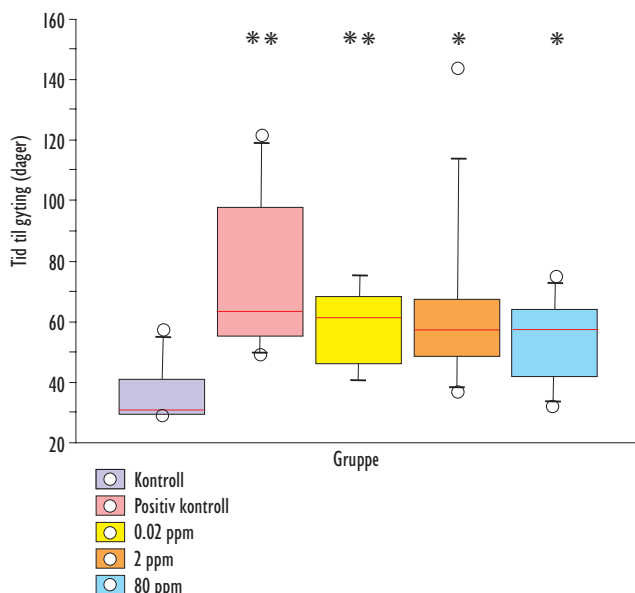
Alkylerte fenolers hormonelle innvirkning på torsk

På grunnlag av de store mengdene produsert vann som slippes ut og det store innholdet av

**Figur 6.39**

Prognose for utslipp og reinjeksjon av produsert vann. (Kilde: MiljøsoK 2000).

Prognosis of water production from Norwegian oil and gas production platforms.



Figur 6.40

Tid til gyting (dager). Tid til gyting er en funksjon av folikkelstørrelse. Boksplot: viser median (strekk), 25-75 prosentil (boks), 10-90 prosentil (vertikal linje) og alle observasjoner utenfor 10 og 90 prosentil som punkt. * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$.

*Time to spawning (days). Time to spawning depends on follicle size. Boxplot: indicates median (line), 25-75 percentile (box), 10-90 percentile (vertical line) and all observations beyond 10 and 90 percentile as points. * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$.*

alkylfenoler og evnen denne stoffgruppen har til å fremkalle østrogenforstyrrende effekter, startet Havforskningsinstituttet i 1997 opp et bredt anlagt prosjekt for å undersøke mulige effekter. Torsk ble valgt som testorganisme siden torsk er Norges viktigste art innenfor fiskeri.

Effekter på hunnfisk

Undersøkelsen viste at alkylfenoler reduserer østrogennivået hos hunnfisk selv ved meget lave doser. Omregnet i teoretiske vannkonsentrasjoner fant en effekt helt ned til 0,032 ppb (eksponering med 20 ppb), som var det laveste nivå som ble undersøkt. Dette er meget lave konsentrasjoner som kan forventes i områder i nærheten av oljeplattformer. Effekter ved enda lavere konsentrasjoner kan ikke utelukkes. Rognen i den eksponerte fisken utviklet seg senere enn normalt og førte til nedsatt gonadosomatisk indeks (rognens vekt i forhold til hele fiskens vekt) i forhold til kontroll. Torsken som ble eksponert for den laveste dosen alkylfenoler fikk beregnet gytestart 21 dager senere enn kontrollgruppen. Eksponeringstiden var fem uker (Figur 6.40). Forsinket gyting kan ha

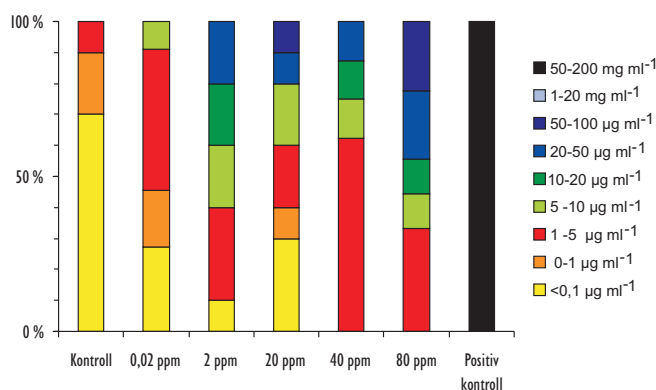
meget stor innflytelse på bestandens formeringsevne, og det er alvorlig hvis tilsvarende forsinkelse kan finne sted i naturlige bestander. Fiskeartenes gytetidspunkt er evolusjonsmessig tilpasset det tidspunkt på året da yngelen finner mest mat. Forskyvning av gytetidspunkt kan således medføre at yngelen ikke lenger har optimale ernæringsforhold og at færre individer vil overleve.

Effekter på hannfisk

Nivået av det hannlige kjønnshormon testosteron avtok i torsk som ble eksponert for alkylfenoler. Disse fiskene begynte også å produsere plomme-masseproteinet vitellogenin, noe hannfisk normalt ikke skal gjøre (Figur 6.41). Det var også en betydelig endring i modningsmønsteret for testis. Andelen spermatozoa (sædceller) ble redusert ved eksponering. Ved den laveste dosen ble også total mengde spermatozoa redusert. Samtidig oppsto en opphopning av spermatogonia og spermatocytter (tidlige stadier av sædceller). Disse effektene vil trolig redusere hannfiskens befruktningsevne, noe som i så fall vil forsterke konsekvensene av det utsatte gytetidspunktet for hunnfisken.

Konklusjon

Resultatene viser at eksponering for alkylfenoler, som er en viktig bestanddel i produsert vann, kan ha alvorlige konsekvenser for torskens formeringsevne. Selv ved lave konsentrasjoner i sjøvann, som dem man kan



Figur 6.41

Intervallinndeling av VTG-nivåer i hannfisk fra en prøve. Kontroll, positiv kontroll (5 ppm E2), 0.02 ppm, 2 ppm, 20 ppm, 40 ppm og 80 ppm alkylfenol-eksponerte grupper.

Interval division of VTG-levels in male fish from one sample. Control, positive control (5 ppm E2), 0.02 ppm, 2 ppm, 20 ppm, 40 ppm og 80 ppm alkylphenol exposed groups.

forvente i områder rundt plattformer, påviste vi effekter. Det er nødvendig at undersøkelsen følges opp med feltstudier både i nærområdene rundt plattformene og i områder med høy oljeut-vinningsaktivitet. Konsentrasjonen av ulike produk-sjonsvannkomponenter i sjøvann og organismer må kartlegges, og faremomentet for fisk og andre organismers formeringsevne og eventuelle andre langtids-effekter må undersøkes.

Summary

Production water discharged from offshore oil and gas

industry contains small amounts of alkylated phenols of which some have the potential for endocrine disrupting effects. This article reports results from a study of the biological effects on hormones and reproduction in cod of alkylated phenols. The sex hormones of both female and male fish were considerably affected resulting in a lower gonadosomatic index, delay of maturation of the gonads and postponement of spawning. These findings indicate that small amounts of these substances may have a severe influence on fish stocks.