

Produsert vann - sammensetning og effekter på det marine miljø

Asbjørn Svardal

Fra oljevirkosomheten på norsk sokkel slippes det ut store mengder såkalt produsert vann. Jo eldre et oljefelt 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 olje-felts økonomiske liv kan volumet produsert vann være ti ganger så stort som volumet av oljen som er tatt opp. Hvilke konsekvenser dette enorme utslippet har på det marine miljøet bekymrer både oljeselskaper, myndigheter, den vanlige mann og ikke minst flere vitenskapelige miljøer.

Produsert vann - hva er det?

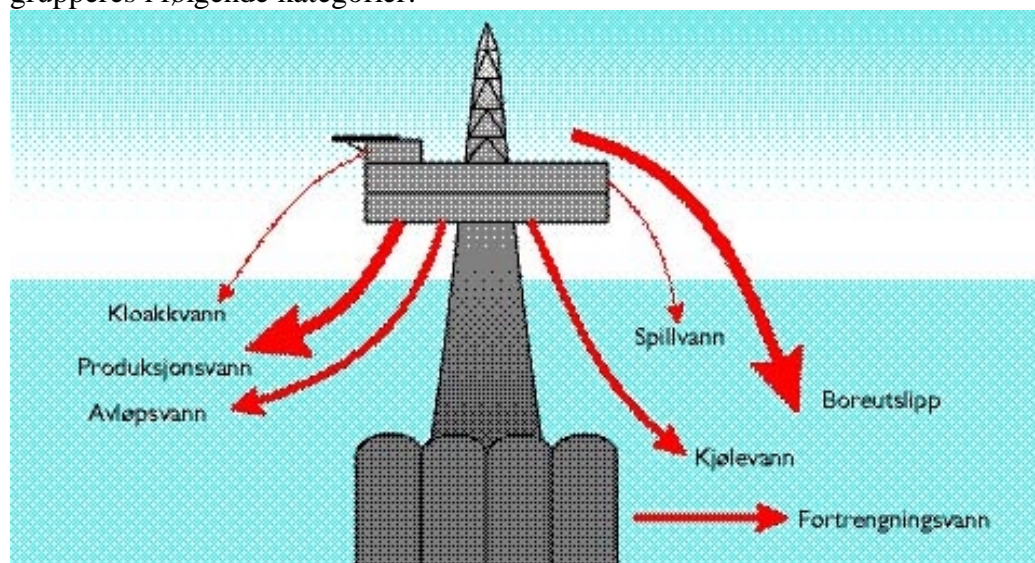
Produsert vann består av såkalt formasjonsvann, dvs. vann som naturlig befinner seg i den geolo-giske strukturen, og vann injisert i reservoaret for å opprettholde trykket. Dette vannet pumpes opp sammen med olje (eller gass), og de to bestanddelene skilles fra hverandre på plattformen. Det produserte vannet slippes enten ut i havet eller reinjiseres i reservoaret (figur 5.15).

Periode med sterk økning i utslipp

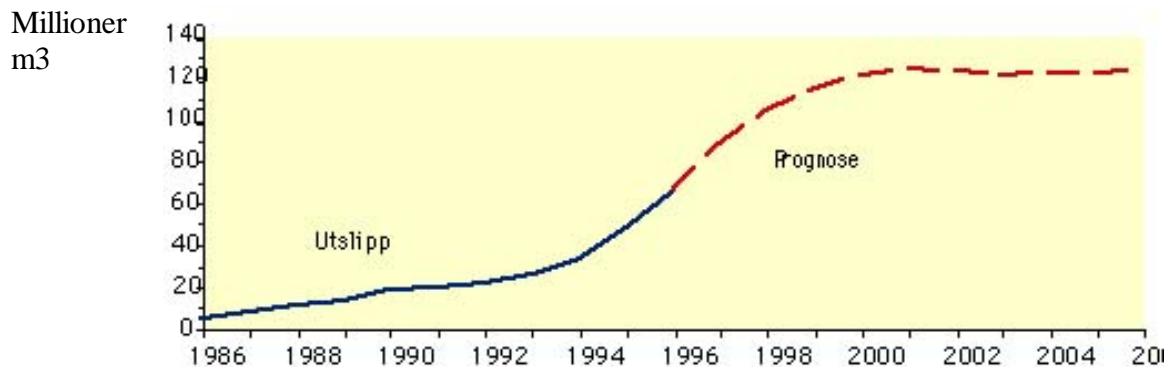
Norge er inne i en periode der størrelsen på ut-slippene av produsert vann fra olje- og gassvirks-omheten øker sterkt (figur 5.16). Fra et utslipp på 26 millioner m³ i 1993 ventes utslippet i år 2000 å være på 120 millioner m³. Dette skyldes at en rekke olje- og gassfelt begynner å tømmes.

Hva består det produserte vannet av?

For å kunne ha kvalifiserte meninger om effekt-ene av utslippene av produsert vann, er det nødvendig å vite hva dette kjemisk sett er sammensatt av. Grovt sett kan komponentene grupperes i følgende kategorier:



Figur 5.15. Utslipp til vann fra en oljeproduksjonsplattform.
Discharges to water from an oil production platform.



Figur 5.16. Prognose over utslippet av produsert vann fra norske olje- og gassproduksjonsplattformer.
Prognosis of water production from Norwegian oil and gas production platforms.

- olje
- tungmetaller
 - Barium (Ba)
 - Kadmium (Cd)
 - Kopper (Cu)
 - Jern (Fe)
 - Kvikksølv (Hg)
 - Bly (Pb)
 - Sink (Zn)
- radionuklider
 - Radium (226Ra)
- tilsetningskemikalier
 - Avleiringshemmere
 - Korrosjonshemmere
 - Biocider
 - Emulsjonsbrytere
 - Forskjellige vannbehandlingsmidler
 - Skumdempende midler
 - Parafin - asfaltenbehandlingsmidler
- salt
 - Hovedsakelig koksalt
 - løst oksygen (lave mengder)

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

Tabell 1 gir en oversikt over den kjemiske sammensetningen av produsert vann på norsk sektor i Nordsjøen, samt resultatene fra feltstudier av bakgrunnsnivåer av noen komponenter i produsert vann.

Innvirkning på det marine miljø

Fra ovenstående er det klart at produsert vann består av et veldig stort antall forskjellige kjemiske komponenter, der noen er definerte mens andre er det ikke. Utslipp over et visst nivå av noen av disse forbindelsene kan medføre endringer i et økologisk system. Graden av endring vil avhenge av mange faktorer, som for eks. utslippsmengden og miljøets kapasitet til å absorbere, nytte eller uskadeliggjøre forurensningene. Noen forurensningskomponenter er lettere å uskadeliggjøre enn andre, noen tas lett opp i næringskjeden, mens andre ikke blir tatt opp.

Noen komponenter i det produserte vannet kan tjene som direkte næringsemner for diverse marine mikroorganismer, og slike finnes først og fremst i fraksjonen av organiske syrer. Utslipet av kortkjededede fettsyrer er høyt (tabell 1), og når en vet at disse er næring for mange forskjellige mikroorganismer er det lett å forestille seg at dette kan forrykke sammensetning og mengde av den naturlige fauna i området. Visse mikro-organismer, får ekstra gode vekstvilkår, noe som kan lede til at andre fortrenges. Resultatet kan være en forskyvning i den naturlige artssammensetningen i området.

Tabell 1 *Kjemisk sammensetning av produsert vann fra oljeproduksjonsfelter på norsk sektor i Nordsjøen sammenlignet med observerte bakgrunnsnivåer.*

Chemical composition of produced water from oil production fields in the Norwegian sector in the North Sea compared to observed background levels.

Norsk sektor Bakgrunnsnivå

Kjemisk forbindelse Enhet Variasjonsbredde Midlere verdi Variasjonsbredde

THC (IR) mg/l 15-60 44 it

BTEX mg/l 1-67 6 it

NPD mg/l 0,06-2,3 1,2 9-185 ng/l

PAH µg/l 130-575 468 1-45 ng/l

Organiske syrer (C6) mg/l 55-761 368 it

Fenoler (C0-C4) mg/l 0,1-43 8 it

Ba mg/l 0,2-228 87 22-80 µg/l

Cd µg/l 0,4-5 2 4-23 ng/l

Cu µg/l 22-82 10 20-500 ng/l

Fe mg/l 0,1-15 4,3 1,8 µg/l

Hg ng/l 0,1-26 1,9 1-3 ng/l

Pb ng/l 0,4-8,3 0,7 20-81 ng/l

Zn mg/l 0,5-13 7 0,3-1,4 µg/l

²²⁶Ra Bq/l it it it

it: ikke tilgjengelig

THC Total HydroCarbon

BTEX Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Xylene fraction

NPD Naphthalene, Phenanthrene, Dibenzothiophene og deres C1-C3 alkylhomologer

PAH Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

PCB Polychlorinated Biphenyls

Det er skrevet tykke bøker om potensielle negative effekter av ulike kjemikalier i produsert vann på det marine miljø. Forskjellige testorganismer fra ulike ledd i næringskjeden er blitt brukt, og oppfinnsomme, såkalte "screeningprotokoller" er utviklet for å bestemme miljøeffektene. Oftest medfører dette grove forenklinger av de ulike biologiske systemer

næringskjedene er sammensatt av, og resultatene av testene har i mange tilfeller meget begrenset verdi. Livet i havet er også ekstremt forskjelligartet og det kan til og med være vanskelig å overføre resultatene funnet på et fiskeslag til et annet. For å være sikker på hvilke spesifikke effekter bestemte kjemikalier har på en fiskeart, bør derfor akkurat den arten undersøkes.

I det følgende fokuseres det på de toksiske effektene av de komponentene som finnes i oljefraksjonen i det produserte vannet, og disse deles opp i akutt og kronisk toksisitet.

Akutt toksisitet

Generelt sett er den akutte toksisiteten av prod-usert vann på marine organismer liten, men feltvariasjoner finnes. Akutte toksisitetsdata fra produsert vann fra Nordsjøen viser at effektnivået er over 0,3 ml/l for alle organismene som ble testet (alger, skjell, kopepoder, amfipoder, reker og fisk). En venter ikke å finne akutte effekter i områder som ligger mer enn 50 meter fra utslippspunktet. Det er gjort undersøkelser på hvilke fraksjoner i det produserte vannet som forårsaker den akutte toksisiteten. Testene som ble brukt var Micro-tox® (Photobacterium phosphoreum), og bioned-brytningstester (OECD 301E). De viste at de største bidragsyterne til den akutte toksisitet til produsert vann var aromat- og fenolfraksjonen.

Kronisk toksisitet

Kronisk toksisitet eller såkalte langtidseffekter defineres som en påvirkning som er langvarig, eller kontinuerlig over lang tid (uker til år, avhengig av organismens livssyklus). Uttrykket "kronisk" kan brukes til enten å definere eks-poneringen eller responsen på eksponeringen (effekten). Typisk for kronisk eksponering er at den biologiske effekten av denne utvikles langsomt og har lang varighet. Langtidseffekter kan oppsummeres som i tabell 2. PAH-fraksjonen i oljen har vært gransket meget nøye gjennom mange år med hensyn til langtidseffekter. Det finnes nå betydelig doku-mentasjon på at eksponering til ulike PAH-forbindelser både kan føre til kreft og nedsettelse av immunforsvaret samt påvirke reproduksjon og utvikling hos fisk. Alkylerte fenoler er mistenkt for å kunne ha samme virkning som det kvinnelige kjønnshormonet østrogen (hormon-hermer). PAH-forbindelser og alkylerte fenoler er således fremtredende bidragsytere til både akutt og kronisk toksisitet. Potensial til å forårsake kronisk toksisitet er nøye knyttet til potensial til bioakkumulering* og biomagnifikasjon*. Det er blitt vist at PAH-forbindelser kan akkumuleres i organismer tilhørende lavere trinn i næringskjeden, men i mye mindre utstrekning i organismer høyere oppe (for eksempel fisk). Dette henger sammen med at f.eks. fisk har mye større kapasitet til kjemisk omdannelse (=biotransformasjon avgiftning)

Tabell 2. *Oversikt over responser og effekter på forskjellige nivåer i økosystemet.*

Overview of responses and effects at different levels of the ecosystem.

Nivå	Type respons	Effekt på neste nivå
Biokjemisk nivå	Forstyrrelser i stoffskifte	Senke energiproduksjonen
Påvirkning av avgiftningssystemer	Reduksjon i energilagring	Organismetilpasing
Organisme	Metabolske forandringer	Nedsettelse av
Forandringer i oppførsel	populasjonens yteevne	Økt sykdomsforekomst
Nedsatt vekst og reproduksjon		Nedsatt bevegelse
Nedsatt motstandskraft mot sykdommer		

Populasjon Forandringer i populasjonsdynamikk Effekter på forekomsten av andre organismer og Populasjonstilpassning til stress samfunn
Samfunn Forandringer i artssammensetningen Svekkelse av samfunnet
Nedsatt energioverføring Nedsatt
Økosystemtilpassing sekundærproduksjon
* Disse betegnelse er definert på slutten av artikkelen

av fremmedstoff enn laverestående organismer. Et konkret eksempel på dette illustrerer situasjonen. PAH-forbindelsen fenantren akkumuleres meget lett i raudåte (*Calanus finmarchicus*). En vesentlig del av den absorberte mengden blir værende i de eksponerte individene over lang tid (måned). Eksponeres fisk for samme forbindelse, vil stoffet relativt raskt skilles ut etter eksponeringstidens slutt og ikke bli værende igjen i individet. Raudåte kan således være mer utsatt for skadelige effekter av fenantren enn fisk, fordi fundamentale biologiske forsvarsmekanismer er mye mindre utviklet i raudåte.

Pågående forskning ved Havforskningsinstituttet (HI)

En sentral oppgave for HI er å dokumentere miljøtilstanden i havet. Dette innebærer ikke minst å kartlegge innholdet av miljøgifter i fisk, sedimenter etc. fra norske kyst- og havområder. Eksempler på miljøgifter som rutinemessig måles på HIs kjemilaboratorium er PCB, PAH, pesticider og ulike oljekomponenter. Bestemmelsen av slike stoffer er viktig av flere grunner, f.eks. for å se på tidstrender, geografisk utbredelse osv. Likeså viktig er det å vite hvilke biologiske effekter som kan forventes utfra de nivåer av ulike miljøgifter som påvises. Her er det en stor kunnskapsmangel. For å bidra til fremskaffelse av slik viten, har en ved HI de senere år satt i gang flere større prosjekter. Ett av dem tar sikte på å klargjøre om alkylfenoler som finnes i produsert vann innvirker på reproduksjonen hos torsk. Årsaken til at denne problemstillingen søkes belyst har sitt utspring i mistanken om at noen alkylfenoler kan være hormonhermere det vil si ha samme virkning som det kvinnelige kjønnshormonet østrogen.

Undersøkelsen ble utført på førstegangsgytende torsk (skrei), det vil si to år gammel fisk ved forsøksslutt. I tillegg til å undersøke effekter på mor-fisken, ble befruktede egg fra noen av fiskene samlet inn for å studere egg- og larveutviklingen samt vekst og kjønnsutvikling hos yngelen (2. generasjonseffekter).

Det er lagt opp til analyse av et stort antall måle-parametre for å få et bredest mulig grunnlag for evaluering av den miljømessige risikoen som er forbundet med alkylfenoler og marin fisk. Av måleparametre kan nevnes: kjønnshormoner, utvikling av kjønnskjerter, påvirkning av ulike enzymer og plommemassepotein. Mengden alkylfenoler i ulike vev vil bli målt. En vil også undersøke om disse stoffene påvirker gytingen og utviklingen av egg, larver og juvenil fisk.

Dette er det første studiet av alkylfenolers langtids effekter på marine fisk: Totalt vil prosjektet ta tre-fire år å gjennomføre, alle analysene inkludert. Noen resultater foreligger, og disse er alle på 2. generasjonseffekter. Så langt er det ingen ting som tyder på at eksponering til alkylfenoler hos foreldrefisk i dette forsøket påvirker vekst, overlevelse eller kondisjon hos avkommet, hverken hos larver eller yngel. Data på kjønnsdifferensiering hos avkommet fra de ulike behandlingene vil først foreligge januar 1999. En kan derfor ikke trekke slutninger med hensyn til eventuelle hormonelle innvirkninger og generasjonseffekter på kjønnsdifferensiering hos torsk.

Studier av langtids effekter av miljøgifter på det marine miljø er svært viktige å gjennomføre, selv om de er meget ressurskrevende. Havets evne til å motta forurensning kan være stor, men det er ikke akseptabelt å mangle grunnleggende kunnskap om hvor grensen går for når

vesentlig skade oppstår. Utslippene av produksjonsvann på norsk sokkel er nå så stort at vesentlig innsats må settes inn for å klargjøre miljøkonsekvensene.

Definisjon av noen betegnelser

- Bioakkumulering - Oppkonsentrering og lagring av stoffer i planter og dyr på grunn av at de utskilles meget sent.
- Biomagnifikasjon - Ytterligere oppkonsentrering i dyr som beiter på laverestående organismer som selv har bioakkumulert stoffene.