

Konsekvensutredning Uhellsutslipp av olje til Årdalsfjorden



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Konsekvensutredning Uhellsutslipp av olje til Årdalsfjorden.	Løpenr. (for bestilling) 6294-2012	Dato 31.1.2012
	Prosjektnr. O-12043	Sider 14
Forfatter(e) Sigurd Øxnevad Torgeir Bakke Eivind Farmen	Fagområde Miljøgifter i marint miljø	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sogn og Fjordane	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Hydro Aluminium Årdal	Oppdragsreferanse Hanne Hoel Pedersen
---	--

Sammendrag

Natt til 26. desember 2011 skjedde det et oljeutslipp ved Årdalstangen. Utslippet har sannsynligvis ikke medført alvorlig skade på livet i Årdalsfjorden. Værforholdene mens utslippet foregikk, og i dagene etterpå, har ført til at oljen har blitt sterkt fortynnet og innblandet i vannmassene. Oljen har en nedbrytning på 55,5 % i løpet av 24 timer, men man må rene med at det har tatt tid før denne nedbrytningen kom i gang. Det er rapportert at oljetypen er lite toksisk for fisk, plankton og alger. Det er ikke sannsynlig at oljekonsentrasjonen i vannmassene har vært høy nok til å skade økosystemet i fjorden. Hovedbestanddelen i oljen, hydrogenerte terfenyler er imidlertid bioakkumulerende og vil ha potensiale til å oppkonsentreres i næringskjeden. På generelt teoretisk grunnlag er det derfor risiko for langtidseffekter av hydrogenerte terfenyler i Årdalsfjorden, men risikoen ansees som svært liten i dette tilfellet.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Oljeutslipp	1. Oilspill
2. Årdalsfjorden	2. Årdalsfjord
3. Therminol 66	3. Therminol 66
4. Konsekvensutredning	4. Environmental impact assessment

Sigurd Øxnevad
Prosjektleder

Torgeir Bakke
Forskningsleder

Kristoffer Næs
Forskningsdirektør

Konsekvensutredning

Uhellsutslipp av olje til Årdalsfjorden

Forord

Denne miljøkonsekvensutredningen er utarbeidet av NIVA på forespørsel fra Hydro Aluminium Årdal etter et uhellsutslipp av olje til Årdalsfjorden ved Årdalstangen natt til 26. desember 2011 under stormen Dagmar. Rapporten er utarbeidet av forsker Sigurd Øxnevad, forskningsleder Torgeir Bakke og forsker Eivind Farnen. Kontaktperson hos Hydro Aluminium Årdal har vært Hanne Hoel Pedersen.

Oslo, 31.1.2012

Sigurd Øxnevad

Innhold

Sammendrag	6
1. Bakgrunn	8
2. Hendelsesforløp	8
3. Karakteristikk av utslippet	10
3.1 Fysiske og kjemiske egenskaper	10
3.2 Nedbrytbarhet	10
3.3 Fordampning	10
3.4 HMS- og miljøklassifisering	10
3.5 Toksisitet	11
4. Spredning med vannmassene	12
5. Sannsynlighet og mulig omfang av effekter på økosystemet	12
6. Konklusjon	14
7. Referanser	14

Sammendrag

Natt til 26. desember 2011 skjedde det et utslipp av anslagsvis 6800 liter olje hos Hydro Aluminium Årdal på Årdalstangen. Uhellsutslippet skjedde under stormen Dagmar da en oljeledning ble slått løs. Det olje av typen Therminol 66 som rant ut i Årdalsfjorden. På forespørsel fra Hydro Aluminium Årdal har NIVA vurdert effektene som utslippet kan ha hatt på miljøet i Årdalsfjorden.

Oljeutslippet har sannsynligvis ikke medført målbar skade på livet i Årdalsfjorden. Værforholdene mens utslippet foregikk, og i dagene etterpå, har ført til at oljen raskt har blitt fortynnet og innblandet i vannmassene. Oljen har i tester vist en nedbryting på 55,5 % i løpet av 24 timer, men vi må regne med at det har tatt tid før denne nedbrytningen har kommet i gang. Det er rapportert at oljetypen er lite toksisk for fisk og plankton, men at alger kan være mer følsomme for effekter. Det er ikke sannsynlig at oljekonsentrasjonen i vannmassene har vært høy nok til å skade fisk, bunndyr og alger eller forringet kvaliteten på lokal sjømat. Hovedbestanddelen i oljen, hydrogenerte terfenyler er imidlertid bioakkumulerende og vil ha potensiale til å oppkonsentreres i næringskjeden. På generelt teoretisk grunnlag er det derfor risiko for langtidseffekter av hydrogenerte terfenyler, men vi anser denne risikoen for svært liten i dette tilfellet.

Summary

Title: Environmental impact assessment. Oilspill to the Årdalsfjord

Year: 2012

Author: Sigurd Øxnevad, Torgeir Bakke, Eivind Farmen

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6029-8

On the 26th of December 2011 a pipeline at Hydro Aluminium Årdal was damaged during the storm Dagmar, causing an acute spill of approximately 6800 litres of Therminol oil to the Årdalsfjord. On request from Hydro Aluminium Årdal, NIVA has assessed the possible environmental impact of the spill.

It is not likely that the oil spill has caused any measurable damage to the marine life in Årdalsfjorden. The harsh weather conditions during and after the spill resulted in a rapid dilution and mixing of the oil into the seawater. Degradation tests of the oil have shown a 55.5 % loss during 24 hours, but one must expect that the *in situ* degradation was delayed since a sufficient population of degraders had to be established. The oil is not considered toxic to aquatic organisms. It is not likely that the concentration of the oil in the waters has been harmful to fish, benthic fauna and plankton. The main constituent of the oil, hydrogenated terphenyls, may bioaccumulate and will potentially biomagnify in the foodweb. Hydrogenated terphenyls therefore possess a theoretical long term risk to the environment in the Årdalsfjord, but this risk is considered to be very low during the present incident.

1. Bakgrunn

Natt til 26. desember 2011 skjedde det et oljeutslipp hos Hydro Aluminium Årdal på Årdalstangen i Årdal i Sogn og Fjordane. Uhellutslippet skjedde under stormen Dagmar da en oljeledning ble slått løs. Det er estimert at ca 6800 liter olje av typen Therminol 66 rant ut i Årdalsfjorden. På forespørsel fra Hydro Aluminium Årdal har NIVA vurdert effektene som utslippet kan ha hatt på miljøet i Årdalsfjorden. Vurderingen er gjort på basis av informasjon av Hydro Aluminium Årdal om hendelsesforløp, mengde olje og datablad for fysisk, kjemisk og toksikologisk karakteristikk av oljen.

2. Hendelsesforløp

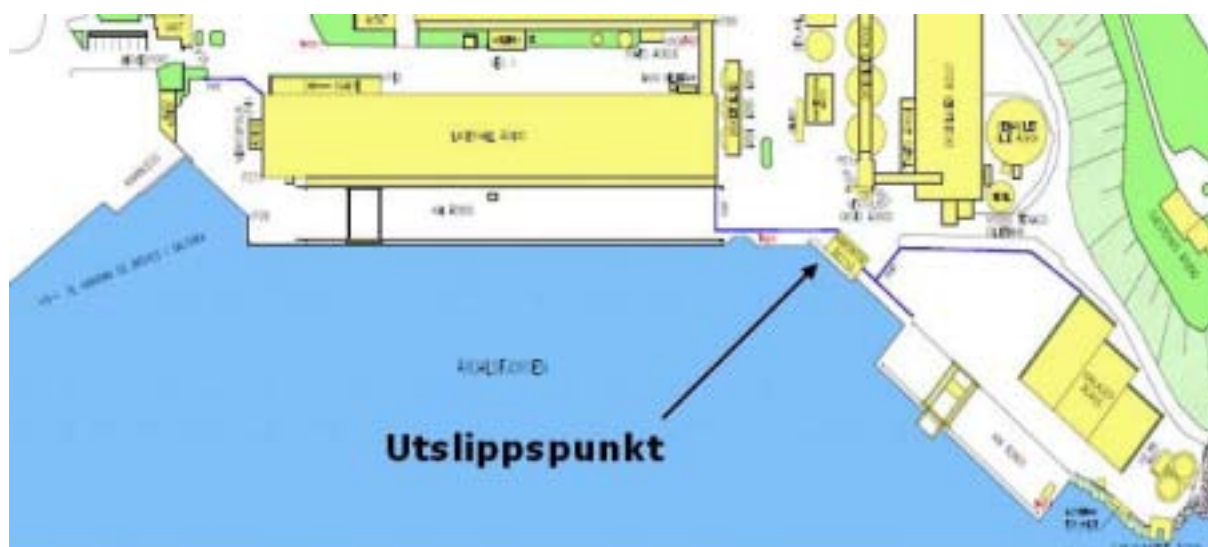
Natt til 26. desember 2011 skjedde det et oljeutslipp hos Hydro Aluminium Årdal på Årdalstangen (figur 1 og 2 og bilde 1). Uhellutslippet skjedde under stormen Dagmar. Den natten var det full storm, med sterk pålansvind. Det var høy sjøgang, og det er mest sannsynlig en bråttstjø som har slått løs oljeledningen. Den var sveiset fast i brakettene som henger langs veggen (se bilde 1). Det er ikke funnet spor av korrosjon i sveisene. Ledningen ble sist inspisert 21. desember, og da var alt OK.

Hendelsen ble varslet fra kai kl 01:45 natt til 26. desember. Ventiler på bekledningen ble da stengt umiddelbart. Observasjoner fram til strøbrudd ca. kl 22:15 den 25. desember ga ingen indikasjoner på at noe var feil. Observasjoner i anlegget tyder også på at alt var i orden kl 23:00 samme kveld. En kan derfor sannsynligvis snevre inn tidspunktet for lekkasjen til mellom kl 23:00 og kl 01:45. Det var ikke mulig å se oljeutslippet kl 01:45, men det luktet olje i området da. På grunn av værforholdene var det umulig å legge ut lense. Dagen etter var det ikke mulig å se olje på sjøen. Det var fortsatt noe lukt ved ledningen, men ingen synlig olje. Etter at vinden løyet kom det store mengder nedbør i form av regn.

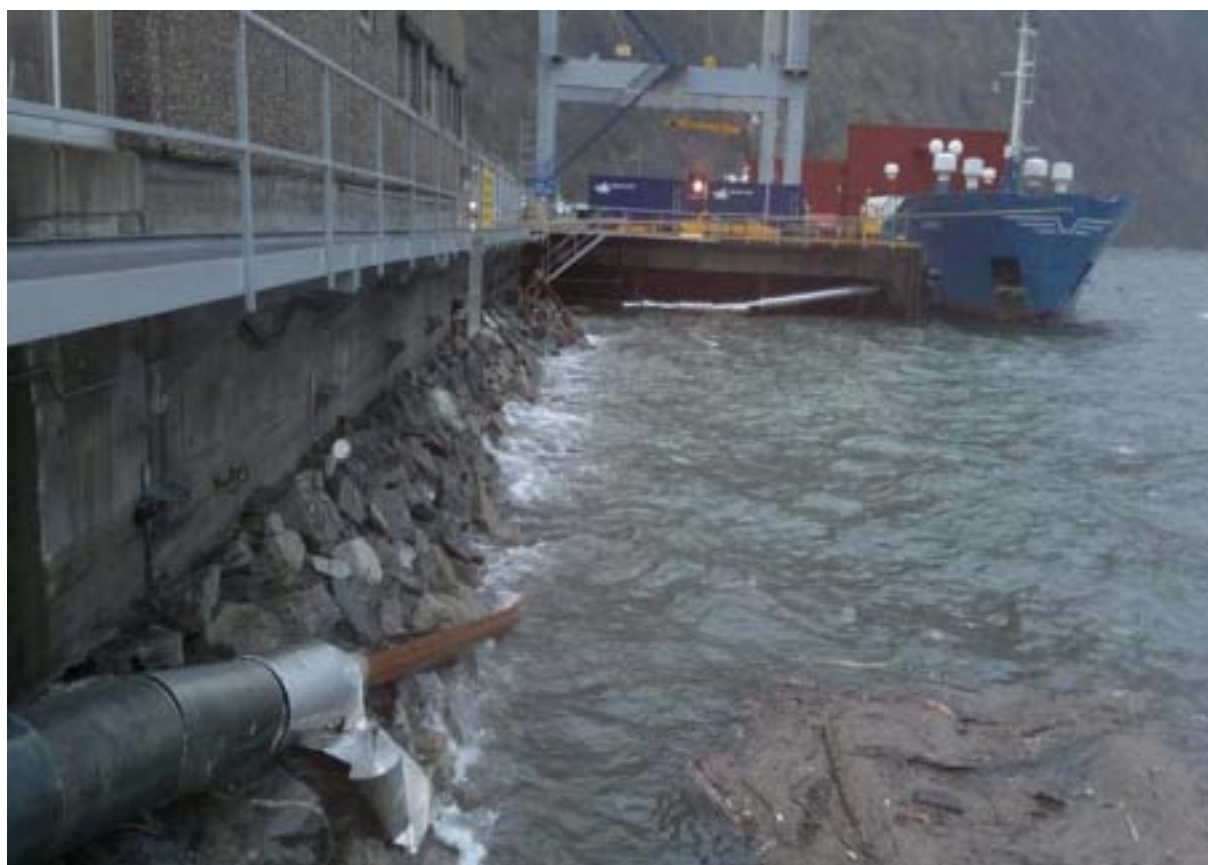
Det er estimert at ca 6800 liter av oljen Theriminol 66 rant ut i Årdalsfjorden. Oljen hadde temperatur på ca 180 °C da den rant ut i sjøen.



Figur 1. Oljeutslippet skjedde hos Hydro Aluminium Årdal på Årdalstangen innerst i Årdalsfjorden.



Figur 2. Markering av utslippspunktet.



Bilde 1. Foto av oljeledningen som ble slått løs under stormen Dagmar. Foto: Hydro Aluminium Årdal.

3. Karakteristikk av utslippet

3.1 Fysiske og kjemiske egenskaper

Therminol 66 betegnes i HMS datablad som varmeoverføringsmiddel. Oljens bestanddeler er angitt i tabell 1

Tabell 1. Sammensetning av Therminol 66

Komponentnavn	CAS nummer	Innhold
Terfenyl, hydrogenert	61788-32-7	74 - 87 %
Polyfenyler, kvartære og høyere, delvis hydrogenerte	68956-74-1	< 18 %
Terfenyler	26140-60-3	3 - 8 %

I HMS datablad er vannløslighet er oppgitt å være 0,061 mg/L og tettheten er 1,003-1,013.

3.2 Nedbrytbarhet

Nedbrytbarhet er oppgitt å være 55 % over et tidsrom på 24 timer (modifisert SCAS test). Dette er en test med bruk av aktivt slam, der man kan forvente at mikrobiell nedbrytning av oljen vil komme i gang raskere enn i sjøen der oljenedbrytende bakterier først må bygges opp i tilstrekkelig mengde. Vi kan derfor regne med at nedbrytningen de første dagene vil være betydelig mindre enn 55 %. En blanding av ulike terfenyler ble i en annen studie rapportert til å være fullstendig nedbrutt etter 130 timer (Catelani et al., 1970).

3.3 Fordampning

Oljen er oppgitt til å ha kokepunkt på 359 °C og forventes derfor ikke å fordampe nevneverdig fra havoverflaten. Dette understøttes også av damptrykket, som er oppgitt til <0,1 hPa ved 25 °C. Vi kan imidlertid regne med at vind og bølger har spredt små oljedråper (aerosoler) til luft og at disse er blitt spredt langt fra utslippsstedet.

3.4 HMS- og miljøklassifisering

Therminol 66 er klassifisert som R53 etter klassifiseringssystem 67/548/EEC eller 1999/45/EC. Oljen er dermed oppgitt til å kunne ha uønskede langtidsvirkninger i vannmiljøet.

3.5 Toksisitet

Toksisitet av Therminol66 og dens komponenter (hentet fra HMS datablad) har blitt vurdert ved at det har blitt søkt etter litteratur av økotoksikologisk karakter i databaser som US Environmental Protection Agency ECOTOX Database (<http://cfpub.epa.gov/ecotox/>) og United States National Library of Medicine TOXNET Toxicology Network (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>) . Søk avsluttet 25.01.2012.

Ved søk på EPA ECOTOX database ble det ikke funnet noen grenseverdier for giftighet av enkeltkomponentene i Therminol 66. Imidlertid framgår det av HMS datablad for Therminol 66 at giftighetstester har blitt utført med alger, krepsdyr og fisk, oppsummert i tabell 2. Det antas at toksisitetstudiene presentert i datablad er sponset av produsent, da de ikke var gjenfinnbare i offentlige databaser.

Tabell 2. Tilgjengelig grunnlag fra giftighetstesting

Livsform	Artsnavn	Testparameter	LC50 verdi
Alge	<i>Selenastrum capricornutum</i>	96 t vekstinhibisjon/dødelighet	44 mg/L
Alge	<i>Selenastrum capricornutum</i>	96 t vekstinhibisjon/dødelighet	56 mg/L
Krepsdyr	Vannloppe (<i>Daphnia magna</i>)	48 t immobilisering/dødelighet	Større enn løslighet
Fisk	Tannkarpe, eggleggende (<i>Pimephales promelas</i>)	96 t dødelighet	>1000 mg/L
Fisk	Blågjellet solabbor (<i>Lepomis macrochirus</i>)	96t dødelighet	>100 mg/L
Fisk	Regnbuørret (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	96 t dødelighet	>1000 mg/L

Som det fremgår av tabellen er alle EC/LC 50 verdiene er over vannløslighet (0,061 mg/L). Alger ser ut til å være vesentlig mer følsomme sammenliknet med fisk. Det er ikke oppgitt data for noen kroniske toksisitetstester.

Søk i TOXNET resulterte i flere litteraturhenvisninger om de aktuelle stoffene. Imidlertid var de fleste interndokumenter fra ulike produsenter, slik at de ikke var tilgjengelig ved tidspunkt for denne konsekvensvurderingen. Ingen artikler av langtidseffekter på vannlevende organismer ble funnet. En studie der rotte ble eksponert for hydrogenert terfetyl gjennom føde eller innhalering i 14 uker konkluderte med økning i lever- og nyrevekt, uten patologiske tegn ved høydosebehandling på 2000 ppm eller 500 mg/m³/dag (Farr et al, 1989)

BCF (bioconcentration factor) for et stoff angir forholdet mellom konsentrasjon i akvatiske organismer og konsentrasjon i vannet ved likevekt. $BCF = 100$ betyr at det er 100 x høyere konsentrasjon i organismene enn i omgivende vann, og er også grenseverdien for kjemikalier betegnet som potensielt oppkonsentrerende i organismer. Det er ikke angitt noen BCF for Therminol 66, men for hovedbestanddelen hydrogenerte terfenyler er BCF oppgitt til å være i området 700- 5200 (HMS datablad for hydrogenerte terfenyler). Man kan derfor konkludere med at hydrogenerte terfenyler i utslippet er bioakkumulerende. Netto bioakkumulering vil også være funksjon av organismenes evne til å bryte ned og skille ut stoffer. Vi har ikke informasjon om dette når det gjelder terfenyler slik at det ikke er mulig å bedømme risikoen for oppkonsentrering i næringskjeden. På generelt grunnlag er det derfor en risiko for langtidseffekter i form av forhøyet vevsnivå av terfenyler, derav oljens miljøklassifisering.

4. Spredning med vannmassene

Årdalsfjorden er omtrent 18 km lang og 1-2 km bred, og dybden øker utover til 600 m dyp ved samløp med Lustrafjorden. Noen få km lengre ute i Sognefjorden har fjorden dybder på mer enn 900 meter, og lengre ut (ved Vadheim) er Sognefjorden på det dypeste 1308 meter dyp.

Oljen Therminol 66 har relativ tetthet på 1,003-1,013 (regner med gjennomsnitt: 1,008). Sjøvann har ved 8-10 grader tetthet på ca 1,027. Dette tyder på at oljen legger seg på overflaten og brer seg ut som en stor film. Det var full storm da oljeutslippet skjedde og det var sterk vind og mye nedbør de påfølgende dagene. Det var ikke synlig olje på fjorden dagen etter utslippet. På grunn av de ekstreme værforholdene og den lille tetthetsforskjellen i forhold til sjøvannet betyr dette at den del av oljen som ikke fordampet sannsynligvis har blitt kraftig innblandet i vannmassene og spredt langt utover i fjorden.

5. Sannsynlighet og mulig omfang av effekter på økosystemet

Som et konservativt utgangspunkt for etablering av en grenseverdi for effekter (PNEC - Predicted No Effect Concentration) med det eksisterende datagrunnlaget, benyttes den laveste kjente LC50 verdien for alger, krepsdyr og fisk. Med en anbefalt applikasjonsfaktor¹ på 1000 blir da PNEC i denne situasjonen 44 µg/l eller ppb. Dette er på linje med PNEC anvendt i tidligere vurderinger av operasjonelle utslipp fra offshoreindustrien. Den er også i samsvar med PNEC som generelt ansees gjeldende for kronisk eksponering til olje i sjøvann, og er således meget konservativ for et kortvarig utslipp som i Årdalsfjorden.

Det er ikke gjort noen spredningsberegninger av oljen, og det er derfor vanskelig å anslå hvor stort vannvolum, eller influensområde, som kan ha fått en konsentrasjon av olje høyere enn PNEC. Hvis vi i utgangspunktet regner at utslippsvolumet ble blandet ned i vannet, vil det ha resultert i et totalt vannvolum på $1,4 \times 10^8 \text{ m}^3$ med en oljekonsentrasjon som tilsvarer PNEC. Dette ville f.eks. tilsvare et areal på ca 3 x 5 km ned til 10 m dyp.

Det er imidlertid lite sannsynlig at influensområdet var så stort. Vi må regne med at en del av oljen er transportert til luft, men vet ikke hvor mye. Det vil også ha vært betydelig høyere konsentrasjon enn PNEC nær bruddstedet ved land. Typiske nivåer i vannet ved et oljespill er ca 0,7 – 1 mg/l under et ferskt oljeflak. Ved gradvis fallende konsentrasjon ut til PNEC, betyr dette en gjennomsnittskonsentrasjon på ca 0,5 mg/l i hele influensområdet (med en løselighet på 0,061 mg/l vil mesteparten av dette foreligge som oljedråper).

Legges disse tallene til grunn vil utslippet ha gitt et totalt influensvolum på $1,2 \times 10^7 \text{ m}^3$ med en oljekonsentrasjon > PNEC. Dette ville f.eks. tilsvare en utbredelse på vel 1 x 1,5 km ned til 10 m dyp. Siden en del av oljen også ble kastet på land i stormen, kan vi regne med at influensområdet var enda mindre enn dette. En slik utbredelse stemmer i tilfredsstillende grad med det man har kommet fram til ved modellering av noe større oljeutslipp under normale vindforhold. Denne enkle PEC/PNEC risikovurderingen antyder dermed at uhellutslippet av Therminol 66 bare i begrenset grad vil ha hatt negativ innvirkning på vannlevende organismer.

¹ Faktor som brukes for å ta høyde for usikkerhet i datagrunnlaget for PNEC-verdien.

Forslått LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) for hydrogenerte terfenyler hentet fra en studie med rotte (Farr et al., 1989) er 200 mg/kg. Tar man bakgrunn i en konservativ BCF=5200 for fisk og en PEC på ca 0,45 mg/L, gir dette et beregnet nivå i fisk på 2340 mg/kg, dvs 10 x LOAEL. Dette skulle tilsi at det vil være en viss helserisiko ved konsum av slik fisk. Det er imidlertid flere argumenter for at denne risikoen ikke er reell:

- Det vil ha vært et meget lite vannvolum som hadde den terfenylkonsentrasjonen som er lagt til grunn.
- Dette volumet vil i stormen raskt ha blitt blandet inn med annet vann og fortynnet terfenylen videre.
- Andelen av lokal fiskebestand som ble eksponert for dette vannet har sannsynligvis vært liten.
- Eksponeringstiden forventes å ha vært for kort (timer heller enn dager) til bioakkumulering av betydning både på grunn av videre spredning og fortynning og på grunn av nedbrytning.
- Fisk har stor evne til raskt å bryte ned en rekke organiske fremmedstoffer, og det er mulig at dette også vil gjelde terfenyler.

Det er derfor lite trolig at vannlevende organismer ble utsatt for konsentrasjonsnivåer høyere enn PNEC og LOAEL i tidrom lange nok til å forårsake biologiske effekter.

Mulig tilgrising på land

På grunn av værforholdene må vi forvente at olje har blitt blåst innover land i stormkastene og at olje har blitt skyllet inn i fjæra. Strandområdene i Årdalsfjorden ved Årdalstangen er dominert av bratte svaberg. Disse har erfaringsmessig meget stor selvrensingsevne for olje, og man kan regne med at den oljen som eventuelt havnet her raskt har blitt vasket vekk igjen. Det er derfor ikke sannsynlig at den kan ha forårsaket skade på alger og dyr i strandsonen, som vi for øvrig uansett må regne som fattig på grunn av ferskvannspåvirkningen.

Skade på sjøfugl

Det er ikke rapportert om død eller oljeskadet fugl eller andre dyr etter utslippet. Forekomsten av sjøfugl er generelt lav inne ved kaiene og spesielt på den tiden utslippet foregikk. Det er noe forekomst av måker, men disse er mindre utsatt for olje enn for eksempel ender og alkefugler. Nedblandingen av olje har også begrenset eksponeringen.

Skade på fisk

Oljen er rapportert å være lite toksisk for fisk. Det er omdiskutert om voksne individer av enkelte fiskeslag prøver å unngå olje i vannet selv om eksperimenter har vist at noen arter har stor evne til å lukte oljen. Det er ikke bekreftet av studier av vill fisk i naturen at voksen fisk lukter og unngår olje, men det antas å være gyldig til en viss grad. Fisk som beiter på bunnen er mer utsatt for oppløste oljekomponenter som tas opp av sediment og sedimentlevende dyr. Egg og plommesekeyngel er mest følsomme for overfor giftvirkninger av olje. Voksen fisk er mindre sensitiv overfor giftvirkninger av olje og kan skille ut igjen stoffene de har tatt opp. På tidspunktet da oljeutslippet skjedde (tidlig vinter), er det lite fiskeyngel i fjorden. Eventuelle skader i forbindelse med oljeutslippet må ha skjedd i umiddelbar nærhet av utslippet. På grunn av værforholdene har oljen blitt meget raskt fortynnet og godt innblandet i vannmassene. Ut fra den korte eksponeringstiden er det ikke sannsynlig at den har gitt giftvirkning eller har forringet kvaliteten på fisken i området.

Effekter på alger

Toksisitetstester med algen *Selenastrum capricornutum* viste at EC/LC 50 verdiene er over vannløslighet (0,061 mg/L). Algen var imidlertid mer følsom sammenliknet med fisk (tabell 2). Oljeutslippet har blitt hurtig fortynnet og innblandet i vannmassene, men kan ha hatt effekt på alger i umiddelbar nærhet av utslippet.

Effekter på bunndyr

Det meste av oljen har sannsynligvis blitt innblandet i vannmassene i fjorden. Det kan imidlertid ikke utelukkes at noe olje kan ha sunket og lagt seg på bunnsedimentet. Dette vil ha skjedd over tid slik at utsynkingen er spredt over et meget stort område. Dette, samt langsom synkehastighet, det store dypet, og erfaring fra andre oljeutslipp tilsier at utslippet ikke kan ha medført så høyt oljenivå i bunnslammet at det kan ha skadet bunndyr.

6. Konklusjon

Oljeutslippet ved Årdalstangen som skjedde natt til 26. desember 2011 har sannsynligvis ikke medført målbar skade på livet i Årdalsfjorden. Værforholdene mens utslippet foregikk, og i dagene etterpå, har ført til at oljen raskt har blitt fortynnet og innblandet i vannmassene. Oljen har i tester vist en primær nedbrytning på 55,5 % i løpet av 24 timer, men vi må regne med at det har tatt tid før denne nedbrytningen har kommet i gang. Det er rapportert at oljetypen er lite toksisk for fisk og plankton, men at alger kan være mer følsomme for effekter. Det er ikke sannsynlig at oljekonsentrasjonen i vannmassene har vært høy nok til å skade fisk, bunndyr og alger eller forringet kvaliteten på lokal sjømat. Hovedbestanddelen i oljen, hydrogenerte terfenyler er imidlertid bioakkumulerende og vil ha potensiale til å oppkonsentreres i næringskjeden. På generelt grunnlag er det derfor risiko for langtidseffekter av hydrogenerte terfenyler, men vi anser denne risikoen for svært liten i dette tilfellet.

7. Referanser

Catelani, D.G. Mosselmans, J. Nienhaus, C. Sorlini, V. Treccani. 1970. Microbial degradation of aromatic hydrocarbons used as reactor coolants. *Cellular and Molecular Life Sciences* 26, 922-923

Farr C.H, Nair R.S, Daly I.W, Terrill JB, Johannsen FR. 1989. Subchronic inhalation and oral toxicity of hydrogenated terphenyls in rats. *Fundamental and applied toxicology* 13: 558-567

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no