

# CHARM – En modell for vurdering av oljefeltskjemikaliers miljøfarlighet

Av Gro D. Øfjord

Gro D. Øfjord er sivilingeniør og ansatt i Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S

Innlegg på seminar 4. april 1995

## Bakgrunn

Bruk av kjemikalier spiller en essensiell rolle i produksjon av olje og gass i Nordsjøen. Kjemikalier benyttes f.eks til smøring under boreprosessen, og til å beskytte rørledninger og prosessutstyr mot korrosjon. Videre kan de hindre biologisk vekst, hindre utfellinger, bedre separasjon av olje og produsert vann og stabilisere olje og gass før de blir ført til land. I 1993 var forbruket av oljefeltskjemikalier ca. 440.000 tonn, hvor ca. 186.000 tonn ble sluppet ut til det marine miljøet. Ettersom miljøbevisstheten øker, forsøker oljeselskaperne å redusere bruken av disse kjemikalierne og velger mindre miljøfarlige alternativer der dette er mulig. Resultatene av slike valg er imidlertid ikke alltid entydige. Utskifting av oljebaserte til vannbaserte borevæsker vil for eksempel gi økt forbruk av korrosjonshemmende kjemikalier.

Hvilket alternativ vil være det beste for miljøet? CHARM-modellen har til hensikt å gi oljeselskaper, kjemikalieleverandører og miljømyndigheter et vitenskapelig verktøy for vurdering/

analysering av miljøfarligheten ved bruk av produksjons- og borekjemikalier.

Gjennom Oslo og Paris-kommisjonen (OSPAR) har miljømyndighetene i Nordsjølandene blitt enige om harmoniserte standarder for innsamling av informasjon vedr. oljefeltskjemikalienes økotoksikologiske egenskaper. Dette er imidlertid ikke nok. I tillegg må det også bli enighet om hvordan denne informasjonen skal benyttes for å kunne regulere bruken og utslippet av disse kjemikalierne. Arbeidet for å få til et slikt felles vurderings-system startet i 1993.

CHARM-prosjektet ble startet som et norsk-nederlandsk samarbeid (MoU - Memorandum of Understanding No-Ne), mellom det nederlandske forskningsinstituttet TNO og Aquateam Norsk vannteknologisk senter A/S. CHARM-prosjektet har oppnådd EUREKA-status, og har deltagere fra oljeoperatører, kjemikalieleverandører, miljømyndigheter og forskningsorganisasjoner fra Norge, Nederland, Storbritannia, Danmark og Tyskland. Arbeidet er finansiert av flere organisasjoner:

Europeisk kjemikalieforening (EOS-CA), Oljeindustriens Landsforening i Norge (OLF), i Nederland (NOGEPa), i Storbritannia (UKOOA) og Danmark, miljømyndighetene i Norge (SFT), Nederland, Storbritannia og Danmark, samt Norges Forskningsråd. Samarbeidet mellom de forskjellige aktørene for denne viktige industrien i Norge, skal bidra til å sette samme standard basert på beste tilgjengelige miljøkunnskap for hele Nordsjøen.

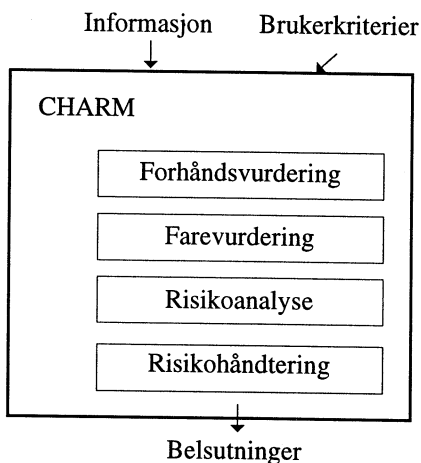
I juni 1994 konkluderte OSPAR med at en kombinasjon av CHARM-modellen og "PARCOMs Harmonized Offshore Chemical Notification Format" er et godt grunnlag for å kunne etablere et harmonisert kontrollsystem. OSPAR konkluderte også med at dialogen og samarbeidet mellom de nasjonale myndighetene og industrien hadde vært meget konstruktivt i arbeidet med utviklingen av CHARM. Prosjektet er planlagt avsluttet i september 1996, og man forventer at CHARM-modellen vil bli implementert i Nordsjølandene i løpet av 1996.

## CHARM-modellen

I CHARM-prosjektet er det utviklet et program verktøy. Intensjonen er at dette skal støtte miljøevalueringen av bruk og utslipp av oljefeltskjemikalier. Programverktøyet/modellen er basert på tilgjengelige økotoksikologiske, fysisk/kjemiske data om kjemikalier, samt informasjon om bruken av disse på plattformene i Nordsjøen. CHARM-modellen genererer informasjon om potensiell fare for skade på det marine miljø (in casu Nordsjøen og Norskehavet), ba-

sert på data i OSPARs Harmonized Offshore Chemical Notification Format (HOCNF). Brukeren av CHARM må selv definere hvilke kriterier som skal legges til grunn når det gjelder oppnådde resultater, da CHARM er et beslutningsstøtte-verktøy og ikke en beslutnings-metode.

I CHARM blir det foretatt en trinnvis miljøevaluering. De fire modulene er Forhåndsvurdering, Farevurdering, Risikoanalyse og Risikohåndtering, se figur 1.



Figur 1. CHARM-modellen

Farevurderingene og risikoanalyse-ene er basert på en sammenligning av potensielle konsentrasjoner av kjemikalier i miljøet med effekt konsentrasjon (giftighet) (miljøets eksponering til kjemikaliene og det marine miljøets følsomhet). I CHARM er dette bygget opp etter internasjonalt aksepterte metoder; dvs. sammenligning av en estimert eksponering PEC (Predicted Environmental Concentration) og en esti-

konsentrasjon NEC (No Effect "Threshold" Concentration).

PEC beregnes ut fra hvor stor fraksjon av det aktuelle kjemikaliets som slippes ut med produsert vann i det marine miljøet, fortynning/fordeling i resipienten, samt bionedbrytning og bioakkumulering i miljøet. Effektkonsentrasjonen, NEC, blir estimert fra kjemikaliets giftighet overfor ulike organismer basert på OECDs prinsipper (OECD, 1993). PEC:NEC forholdet er den sentrale enheten/parameteren i modellen.

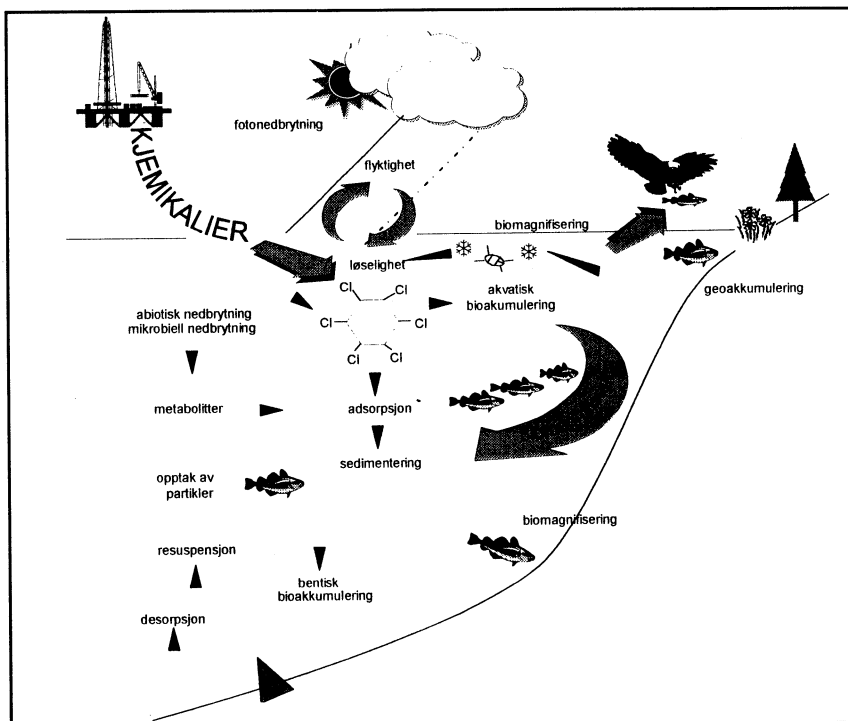
I CHARM blir forholdet PEC:NEC beregnet for 3 ulike faser i miljøet; vannsøylen, sedimentene og (levende)

biota (næringskjeden), se tabell 1. Figur 2 viser en skisse over kjemikaliers spredning i miljøet.

**Tabell 1. En oversikt over navn brukt for å indikere de forskjellige nivå(er) PEC, NEC og PEC:NEC refererer til.**

PEC	NEC	PEC:NEC
Vann	Pelagisk	Pelagisk
Sediment	Bentisk	Bentisk
Biota	Næringskjede	Næringskjede

I vannsøylen lever forskjellige organismer på ulike trofiske nivåer (alger, zooplankton og de fleste fiskearter) som kan bli påvirket/ta skade av kjemikalie-



Figur 2. Skisse av kjemikaliers spredning i miljøet

utslippene. I sedimentene kan kjemikalie- liene påvirke den bentiske fauna (sedi- mentspisere, krabber og skjell). Biota er forskjellig fra vann og sediment på den måte at det ikke har noen typiske grenser. I dette trofiske nivået vil/kan bioakkumulerende kjemikalier oppkon- senteres (biomagnifiseres) og dermed gi skadelige effekter på en organisme og dens beiteorganismer.

Det høyeste PEC:NEC-forholdet be- regnet fra de tre trofiske nivåene, be- nyttes til å bestemme miljøfare eller miljørisiko ved utslipp av kjemikalier. Ved bruk av denne fremgangsmåten unngår man en tilfeldig veiing mellom nivåene, samtidig som man tar hensyn til alle nivåene når man skal velge tiltak for å minimere eller redusere miljøfare/ risiko.

De fire modulene i CHARM er be- skrevet i de neste avsnittene.

## Forhåndsvurdering

Forhåndsvurderingen av kjemikalier i CHARM har som intensjon å gi en advarsel om skadelige egenskaper som det ikke blir tatt hensyn til i PEC:NEC- analysen. De kjemiske egenskapene det legges vekt på langtidseffekter som nedbrytning i miljøet og bioakkumule- ringspotensialet. Langtidseffektene (persistens) av et kjemikalium er basert på testresultater fra standard bioned- brytbarhetstester og bioakkumulerings- potensiale bestemmes ut fra  $\log P_{ow}$  for kjemikalier med molekylvekt lavere enn 600. Kjemikalier med høyere molekyl- vekt er ikke i stand til å passere biolo- giske membraner og er derfor ikke for-

ventet å ha bioakkumulerende egen- skaper.

## Farevurdering

I farevurderings-modulen i CHARM blir kjemikalier rangert basert på poten- siell miljøfare. Beregningene er basert på spesifikk kjemikalieinformasjon kombinert med generell informasjon om en standard produksjons- eller bo- replattform og miljøet rundt. Denne in- formasjonen er basert på konservative verdier for alle variable. Målet er med andre ord å vurdere miljøfaren ut fra høyest mulig belastning på miljøet.

## Risikoanalyse

Risikoanalysen er basert på en kombi- nasjon av informasjon om ett eller flere kjemikalier og informasjon fra den spe- sifikke plattformen hvor kjemikalie- ne skal benyttes. Risikoanalysen kan utfø- res for ett kjemikalium, men det er også mulig å evaluere en "pakke" kjemikali- er brukt på en plattform. Ut fra risiko- analysen kan det bestemmes om effek- ten av et (eller flere) spesifikt kjemika- lium i en gitt situasjon er akseptabel eller ikke.

Det er to aspekter i risikovurderingen som er forskjellig fra farevurderingen. For det første benyttes informasjon fra en spesifikk plattform, og for det andre kan en kombinert risiko beregnes. Risi- koen ved bruk og utslipp av flere kjemi- kalier kan ikke bestemmes ut fra sum- men av PEC:NEC for de individuelle kjemikalie- ne, men fra sannsynligheten for at de individuelle biota i økosyste- met blir påvirket. En organisme kan bli

påvirket (av eksponering) fra flere kjemikalier samtidig, men det er bare sannsynlig at den blir påvirket en gang, dvs. en organisme kan bare dø av eksponering fra kjemikalie en gang.

En enkel beregningsregel blir benyttet for å overføre PEC:NEC-forholdet for individuelle kjemikalier til et ekvivalent risikoestimat:

$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B)$   
 der  $P(A)$ ,  $P(B)$ ,  $P(A+B)$  er sannsynligheten for å bli påvirket av eksponering av hhv. kjemikalie A, B og A+B.

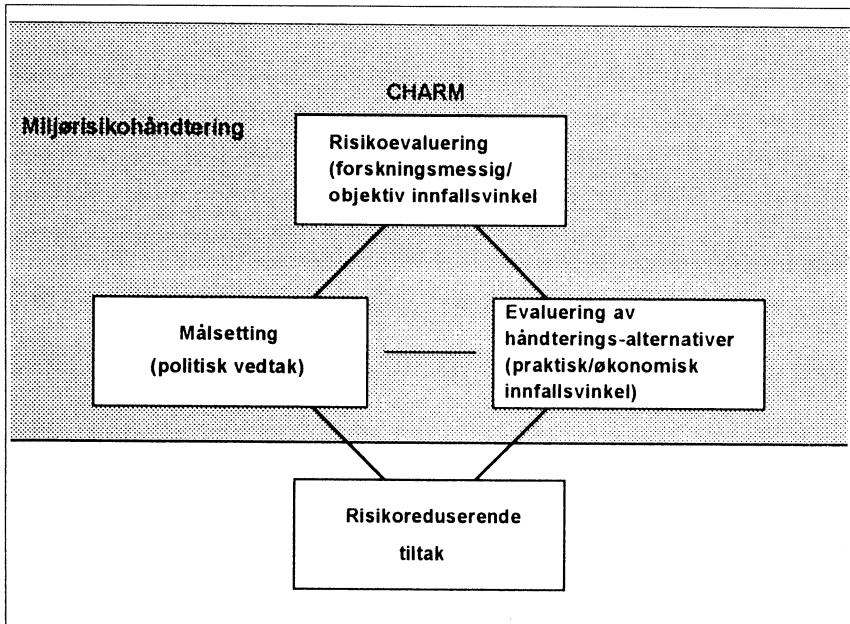
Sammenhengen mellom PEC:NEC (dvs. risikokvotienten) og risiko er en funksjon av sensitiviteten til alle arterne/organismene.

Risikoen av en "pakke" kjemikalier blir altså beregnet ut fra følgende punkter:

PEC:NEC beregnes for alle individuelle kjemikalier. Deretter overføres PEC:NEC til risikoestimat for alle individuelle kjemikalier. Risikoestimatene kombineres til et risikoestimat for en pakke kjemikalier. Den kombinerte risikoen blir så overført til et PEC:NEC forhold.

### Risikohåndtering

Risikohåndtering omfatter definisjon og evaluering av ulike tiltak for reduksjon av miljørisiko på en kostnadseffektiv måte. CHARM er ikke i stand til å definere tiltak. Risikohåndteringen er derfor begrenset til å evaluere eventuelle tiltak definert av brukeren, basert på risikoanalyse. Denne evalueringen er basert på en miljørisikoreduksjon og tilsvarende estimerte tilleggskostnader



Figur 3. Risikohåndtering i miljøet ved CHARM

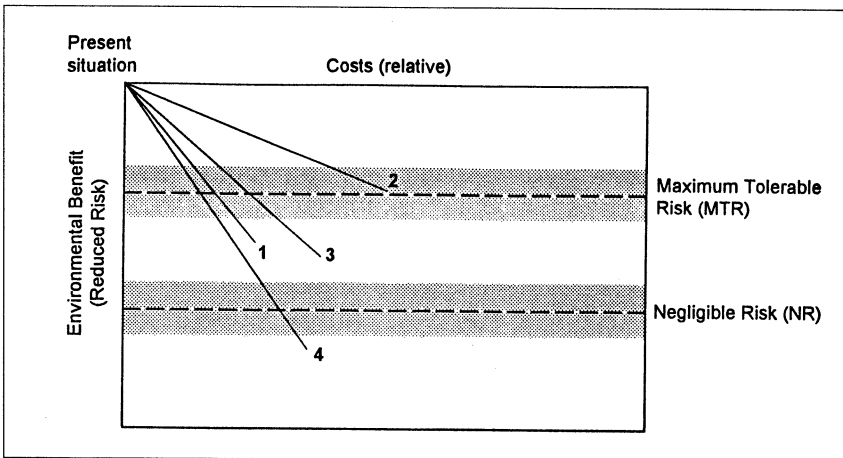
for tiltaket(ene). Risikohåndteringen kan utføres for et enkelt kjemikalium, så vel som for en pakke kjemikalier.

Miljørelatert risikohåndtering slik det nå benyttes i CHARM, dekker potensielle valgmuligheter for kontinuerlig utslipp av kjemikalier fra offshoreaktivitetene til det marine miljø. Potensielle akutte og kroniske effekter på det marine miljø er tatt i betraktning. Den miljørelaterte risikohåndteringsprosessen inkluderer trinnene som vist i figur 3.

Tiltak som kan evalueres i CHARM kan være forandring i bruk av kjemikalier (f.eks. dosering), valg av alternative kjemikalier, samt valg av alternative tekniske løsninger for vannbehandling. Tekniske løsninger i forbindelse med håndtering av produsert vann, kan f.eks. være valg av alternative vannbehandlingsutstyr, materialer eller reinjeksjon av produsert vann.

Kost/nyttefilosofien i CHARM er basert på identifikasjon av tiltak som gir høyest mulig reduksjon i miljørisiko per kostnadsenhet. Tiltakene rangeres så i henhold til kost/ nytteforholdet, der nytten tilsvarer reduksjon av miljørisiko. En todimensjonal figur er hittil benyttet i CHARM for å gjøre en enkel evaluering av de alternative tiltakene (se figur 4.).

Ingen veing mellom økonomisk og økologisk effekt blir utført. Ved å forandre dose eller mengde utslipp av et kjemikalie, eller ved å velge alternativer, kan brukeren definere ulike tiltak for reduksjon av miljørisiko som kan vurderes relativt sett i modellen. De forskjellige tiltakene blir plottet som punkter i den økologisk-økonomisk grafen i figur 4. Disse punktene sammenlignes med den "nåværende risikoen". Vinkelen på linjen mellom det nye tiltaket og Y-aksen er et mål for kost-



Figur 4. Eksempel på kurve for kostnadseffektivitet mot risiko for 4 alternativer mhp. risikoreduksjon. Som referanse er maksimum tolererbar risiko (MTR) og neglisjerbar risiko (NR) vist

nadseffektiviteten av hvert tiltak. Tolkningen av punktene i grafen kan forbedres ved å innføre målsetninger relatert til behovet for tiltak, maksimum tolererbar risiko - (MTR) og neglisjerbar risiko (NR). Å sette slike grenser er ikke del av CHARM-prosjektet og må defineres av brukeren. Typisk vil slike mål settes av miljømyndighetene. De nederlandske myndighetene har imidlertid foreslått en  $MTR = 1$  og  $NR = 0,01$ . Erfaringer med hva som er mulig å få til rent økonomisk eller teknisk, er også ofte med og styre slike grenser. Begreper som "beste tilgjengelig teknologi" eller "best økonomisk tilgjengelig teknologi" blir brukt til å beskrive dette.

### **Sammendrag og status**

Selv om de fleste kjemikaliene som brukes i oljeindustrien er lite akutt giftige, vet man lite om langtidseffektene. CHARM gjør det mulig å vurdere om kjemikalier vil akkumuleres i næringskjeden, om og i tilfelle, hvor fort de brytes ned i miljøet og hvor giftige de er for de forskjellige organismene som er valgt ut til å representere hele det marine miljø.

Forhåndsvurderingen gir operatørene anledning til å identifisere og eliminere de kjemikaliene som har høyest miljørisiko (de minst ønskelige egen-skapene). Dette er bare en modul i kjeden for å beskytte miljøet. Farevurderingen tar i betraktning hvordan kjemikaliene blir brukt (rangering), og risikoenalysen vurderer forholdene ved spesifikke plattformer. Risikohåndteringen blir brukt til å beskrive dette, og

brukes også til å vurdere metoder for og konsekvenser av reduksjon/eliminering av kjemikalieutslipp.

Videre arbeid i prosjektet blir konsentrert om å validere og verifisere modellen og fremme bruken blant oljeoperatørene. Sammenligning av resultater generert av modellen med aktuelle miljøeffekter observert i felten er et område der det er behov for arbeid.

Den nåværende modellen legger mer vekt på miljøeffektene enn på hvordan kjemikaliet blir brukt. I fremtiden vil forhåpentligvis operatørene kunne benytte informasjon fra CHARM til å lage veiledning for tekniske forhold, som f.eks. å optimalisere bruken av kjemikaliene uten å påføre miljøet unødvendig belastning. Prosjektet skal også bidra til å identifisere typer av kjemikalier som antas å være mest miljøskadelig, og bidra til at disse fases ut. Til nå har design av oljefelts- kjemikalier vært mer kunst enn vitenskap. I fremtiden ser vi for oss at kjemikalie-leverandørene vil være i stand til å "skreddersy" kjemikalier for maksimum teknisk effekt med minimal miljøskadevirkning.

Den eksisterende CHARM-modellen:

- har vært diskutert og akseptert av OSPAR.
- harmoniserer reguleringer relatert til utslipp av oljefeltskjemikalier.
- rangerer kjemikalier basert på aksepterte moduler for miljørisikovurderinger.
- beregner kombinert risiko.
- evaluerer tiltak for å redusere miljørisiko på en kostnadseffektiv måte. Et dataprogram for å standardisere

prosedyren var en viktig målsetning i første og andre fase av CHARM, og er nå fullført. Programmet, CHARM-Wizard, ble demonstrert i begynnelsen av 1994.

CHARM-modellen vil, dersom den blir benyttet og videreutviklet basert på ny kunnskap om kjemiske stoffer og miljørisiko, ha oppnådd betydelige resultater både for miljøet og den europeiske oljeindustri.

## Litteratur

OECD (1993): "Guidance Document for Aquatic Effects Assessment", Paris.  
Slovic, P.; Lichtenstein, S. and Fischhoff, B. (1984): "Modelling the Social

Impact of Fatal Accidents". *Manage. Sci.*, 30, pp. 464.

Vik, E.A.; Bakke, S.; Nesgård, B.S. and Berg, J.D. (1993a): "Developing a Chemicals Saening Protocol to Minimize Environmental Impacts of Oil Production Chemicals Used Offshore". Conoco Rapport Chem North Sea 1992, Final Report, Oslo, januar (konfidensiell).

Vik, E.A.; Bakke, S. and Weideborg, M. (1993b): "Environmental Evaluations of Chemicals for Draugen". Aquateam-rapport 93-045, Oslo, 3. mai. (Konfidensiell.)

VROM (1992): "Uniform Beoordelingssysteem Stoffen (UBS), tweede prototype".