

# Risikoanalyse — Grunnlaget for beredskap mot akutt forurensning ved uhell

Av Paul Liseth og Bjørn Haslerud.

Paul Liseth er sivilingeniør ETH, Zürich, Master of Science og Doctor of Philosophy, Sanitary and Hydraulic Engineering UC Berkely, 1970. Han er ansatt som avdelingsleder i I/S MILJØPLAN.

Bjørn Haslerud er sivilingeniør, kjemiteknikk NTH, 1968. Han er ansatt i I/S MILJØPLAN

Utviklingen har gitt oss et samfunn hvor menneskene, såvel som vår natur, er blitt avhengige av tekniske systemer og komponenter. Denne avhengighet er avgjørende for vår velstand, men representerer også en trusel. Når mennesker eller de tekniske systemer feiler og utløser uhell, kan konsekvensene være tap av menneskeliv, materiell og naturverdier.

Alle tekniske systemer kan feile. Risikoen for uhell er en negativ side ved tekniske anlegg. Vi velger imidlertid ofte å leve i uvitenhet om den risiko vi selv og våre omgivelser er utsatt for. Vurdering av risiko for uhell og beredskap mot uhell bør være viktige sider ved planlegging av tekniske systemer. Grunnlaget for å bedømme risikoen såvel som utarbeidelse av beredskapsplaner, fremskaffes ved risikoanalyser. Risikoanalyser er lite kjent innen miljøvern i Norge. Denne artikkel er tenkt som en orientering om risikoanalyser anvendt på akutt forurensning ved uhell.

I forslagene til nye planlegging- og forurensningslover inngår konsekvensanalyse som en viktig del av planleggingen av tiltak som vil kunne få vesentlige følger for natur og omgivelser. Vi har innsett at

virkningene av utbyggingstiltak kan være mangfoldige og uoversiktlige. Konsekvensanalysen går gjennom de ulike virkninger som kan forventes på en systematisk og oversiktlig måte.

En risikoanalyse befatter seg med uhell. Den inneholder en konsekvensanalyse av uhellet, men konsekvensene får her først en mening når sannsynligheten for at denne hendelse inntreffer angis samtidig. Risikobegrepet er knyttet til en samlet vurdering av sannsynlighet og konsekvens.

## Risikoanalyse som grunnlag for beredskapsplanlegging

I en total beredskapsplanlegging inngår følgende tre hovedelementer:

- Forebyggende tiltak mot uhell
- Tiltak for å begrense forurensningsvirkninger eller skader av uhell
- Akseptert risiko for skader ved uhell.

De forebyggende tiltak skal primært redusere sannsynligheten for at uhell inntreffer. Forebyggende tiltak kan eksempelvis omfatte forbedring og sikring av tekniske systemer og komponenter, operasjons- og driftsinstruksjer, kontrollopplegg

etc. Er målsettingen med risikoanalysen å skaffe grunnlag for forebyggende tiltak, vil hovedvekten legges på sannsynlighetsanalysen (pålitelighetsanalyse).

De begrensende tiltak skal redusere skadevirkningene på omgivelsene når uhell har inntruffet. Slike tiltak kan være permanente som diker eller lensesystemer for å samle opp utslipp av forurensende stoffer. Andre tiltak er samlet i aksjonsplaner hvor eksempelvis varslings, aksjonsledelse, bemanning og utstyr, operasjonsinstrukser, opprensning og restaurering etc. inngår. Er målet med risikoanalysen å skaffe grunnlag for begrensende tiltak, vil hovedvekten av arbeidet måtte legges på konsekvensanalysen.

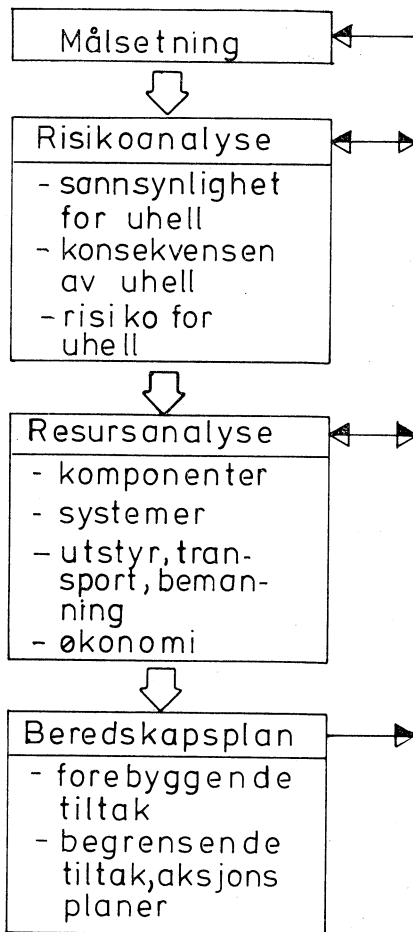
De forebyggende og begrensende tiltak utgjør til sammen de konkrete tiltak mot uhell. Disse tiltak vil imidlertid aldri helt kunne sikre oss mot uhell og skadevirkninger. Det vil alltid være en gjenværende risiko for uhell.

Fig. 1 viser en enkel modell for oppbygging av beredskapsplan. Målsettingen for en beredskapsplan må bygge på et best mulig kjennskap til det totale risikobilde. Målsettingen må sette nivåkrav til de forebyggende og begrensende tiltak, og inkludere en akseptert risiko for skader.

Risikoanalysen skal gi en systematisk beskrivelse av hvordan uhell oppstår, når og hvor vi kan forvente uhell, omfang og konsekvensen av uhell og under hvilke betingelser beredskapstiltakene skal fungere.

Ressursanalysen skal beskrive de ressurser og muligheter som kan utnyttes til å forebygge og begrense skadene av uhell.

Beredskapsplanen er en plan for optimal bruk av tilgjengelige ressurser etter de informasjonen om forventede uhell og virkninger som er fremskaffet ved risikoanalyser. De forebyggende tiltak og de



Figur 1. Oppbygging av beredskapsplan

begrensende tiltak må tilsammen bringe risikoen for skader ned på et akseptert nivå.

#### RISIKOANALYSENS INNHOLD

Risikoanalysen består som nevnt tidligere av en sannsynlighetsanalyse og en konsekvensanalyse, samt en samordning av

sannsynlighets- og konsekvens til risiko. I det følgende er det gitt en generell beskrivelse av delarbeider som ofte inngår i disse analyser.

### **Sannsynlighet for uhell**

#### *Systembeskrivelse*

Enhver sannsynlighetsanalyse av mulige feil bygger på en grundig beskrivelse av de tekniske anlegg som skal analyseres. Systemer, komponenter og deres funksjonsmåte må gjennomgås. Likeledes må de menneskelige funksjoner og gjøremål som inngår i de tekniske systemer beskrives. Kontrollsystemer, sikkerhetsutstyr og operasjonsinstrukser, såvel som vedlikeholds- og inspeksjonsrutiner er av avgjørende betydning for å kunne angi sannsynligheten for uhell. Der hvor uhellet består i utslipp av forurensende stoffer, vil beskrivelsen konsentrere seg om de systemer hvor de forurensende stoffer inngår under lagring, prosess, transport etc.

#### *Grovanalyse av risikomomenter (GAR)*

Etter at det tekniske anlegg med systemer og komponenter er godt kjent i detalj, er det viktig for det videre arbeid å foreta en grovprioritering av risikomomenter. En grov vurdering av hvor alvorlig de forskjellige feil som kan tenkes å oppstå er, legges til grunn for den videre mere detaljerte analyse. Risikoanalytikerens må her hele tiden «tenke i menneskelige og tekniske feil». Det har vist seg at konstruktøren ikke alltid er den beste til å bedømme mulighetene for feil ved sin egen konstruksjon. Spesielt gjelder dette for samspillet «mann-maskin» i systemet. Et samarbeid mellom risikoanalytiker og konstruktør er vanligvis fordelaktig.

#### *Detaljanalyse*

Feilmodi og feilutviklingsanalyse (FMEA) beskriver feilutviklingskjeden fra en feil oppstår til uhell med uønskede konsekvenser inntreffer. Analysen starter med en komponent, operatør eller en isolert del av et større system, og analytikeren stiller spørsmålene:

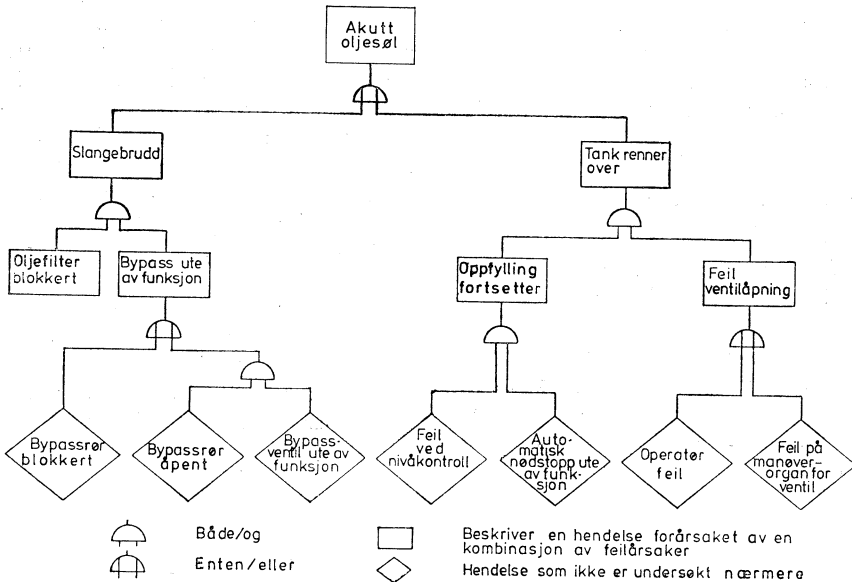
- Hva skjer hvis denne enhet feiler?
- Hvilke andre feil er medvirkende til at komponenter/systemer på et høyere nivå i kjeden feiler?
- Hvilke følger får feilen på viktige funksjoner i systemet?

Alle viktige komponenter og systemer feilutvikles systematisk frem til uhell. Arbeidsgangen følger vanligvis faste oppsatte skjemaer.

Feiltreanalyse (FTA) tar utgangspunkt i et bestemt tenkt uhell med skadelige konsekvenser og beskriver årsakskjeden tilbake til utløsende feil i en komponent, operatør eller en isolert del av systemet. For hvert ledd i årsakskjeden stiller analytikeren spørsmålene:

- Hvordan kan dette skje?
- Hvilke operatørfeil, feil i komponenter og systemer på lavere nivå er nødvendige og tilstrekkelige for å forårsake hendelsen?

Alle vesentlige uhell analyseres ved konstruksjon av årsaksorienterte logiske kjededigrammer. Et tenkt eksempel på et enkelt logisk kjededigram er vist på fig. 2 for å illustrere metoden. En tankbåt lossere olje via en slange til et tankanlegg på land. Oljen passerer et silanlegg før den lagres på tanker. Feiltreanalysen starter med uhellet «akutt oljesøl» under lossing. Kjededigrammet viser to typer



Figur 2. Eksempel på feiltredigram

logiske porter som binder hendelsene i kjeden sammen «både/og» og «enten/eller». Både/og porten forstås slik at alle inngangshendelser må inntreffe samtidig for at utgangshendelsen skal inntreffe. Enten/eller porten markerer at hvis en eller flere av inngangshendelsene inntreffer vil også utgangshendelsen inntreffe. Det fremgår at oljesøl enten kan oppstå ved slangebrudd eller ved at tank renner over, altså to uavhengige hendelser. Slangebrudd kan oppstå ved at oljefilter blokkeres og at samtidig «bypass» ikke virker. Her må feil i to komponenter inntreffe samtidig før feil utvikler seg videre i systemet. Feiltreet illustrerer derfor hvor mange komponent- eller operatørfeil som må oppstå samtidig før feil utvikler seg videre i systemet.

Sannsynligheten for at feil utvikler seg videre, er altså avhengig av påliteligheten

av de enkelte komponenter, og i hvilken grad de utløsende feil må inntreffe samtidig. Er sannsynligheten for feil ved komponentene kjent, kan sannsynligheten for feilutvikling over hver port beregnes oppover til uhellet på toppen av feiltreet. Når tiltak for å begrense sannsynligheten for uhell skal vurderes, er feiltreanalysen en viktig metode for å finne frem til kritiske punkter i årsakskjeden hvor tiltakene bør settes inn.

#### Analyse av historiske data

Ofte vil historiske data om uhell ved tilsvarende eller liknende tekniske systemer gi verdifulle holddepunkter om type og omfang av uhell som kan forventes. Selv om de tekniske systemer stadig utvikles og forbedres, oppstår også nye kilder til feil. Erfaringer synes å vise at

sannsynligheten for uhell ofte endrer seg lite. Årsaken kan være at «mann-maskin-systemet» domineres av menneskelige feil, noe konstruktøren ofte må ta ansvaret for.

#### *Klassifisering av uhellene etter sannsynlighet*

Som siste del av sannsynlighetsanalysen beskrives de forskjellige uhell som kan inntreffe og klassifiseres etter sannsynlighet. Der hvor sannsynlighet ikke kan beregnes ut fra pålitelighet og systemsammenheng, vil mer eller mindre kvalitative vurderinger legges til grunn for klassifisering av uhellene.

#### **Konsekvens av uhell**

##### *Uhellsbeskrivelse*

Grunnlaget for konsekvensanalysen er en beskrivelse av uhellene som kan inntreffe. Dreier et uhell seg om utslipp av et forurensende stoff, f.eks. olje, må utslippssted, utslippsmåte, type olje og oljemengde som funksjon av tid etc. sammenstilles.

##### *Prediktering av endringer i miljøforholdene i omgivelsene som følge av uhell*

Skadevirkningene av et uhell oppstår ved at miljøforholdene endres som følge av uhell, f.eks. livsbetingelsene for planter og dyr endres eller betingelsene for å utnytte naturressursene endres. Innvirkning på miljøforholdene av uhell må derfor utredes. Slippes eksempelvis olje på sjøen, må oljens transport, spredning og konsistens beregnes. Det krever igjen kjennskap til forhold som strøm, bølger, tidevann, vind, temperatur etc. For å kunne predik-

tere uhellets innflytelse på omgivelsene, vil det derfor ofte være nødvendig med inngående kjennskap til de naturgitte miljøforhold i omgivelsen. De naturgitte forhold varierer med tid og sted. Virkningen av et uhell vil derfor kunne variere betydelig, avhengig av når og hvor uhellet inntreffer. Eksisterer en aksjonsplan for å bekjempe virkningene av et uhell, må effekten av denne tas hensyn til når risikoen for ukontrollerbare skader skal fastsettes. Fig. 3 viser eksempler på beregnet spredning av olje ved tenkt «blow-out» i Nordsjøen. Beregningene er utført for et stort antall forskjellige uhell og miljøforhold i omgivelsene (Shell EDB-SLIKTRAK-modell).

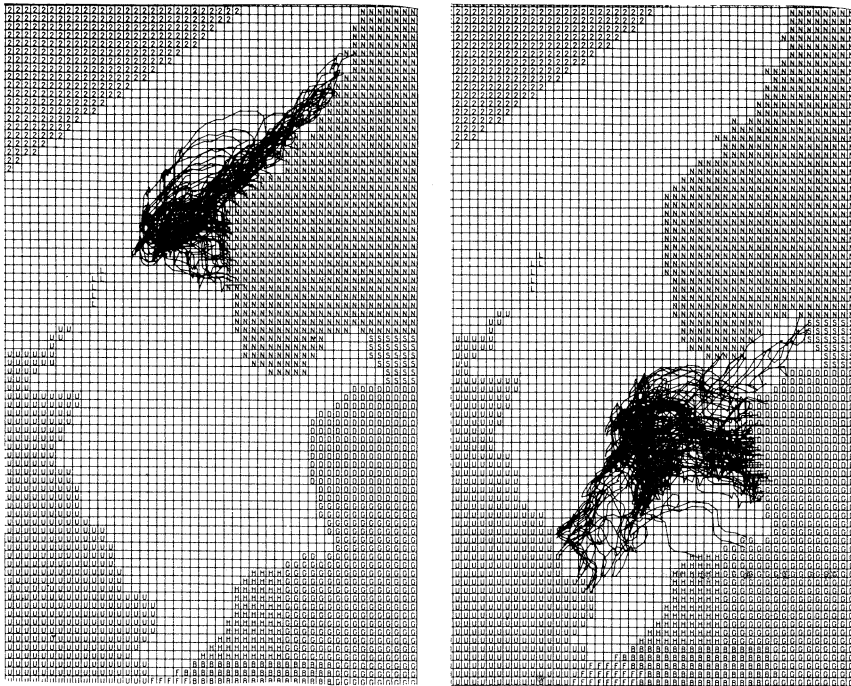
##### *Inventering av bruks- og verneverdier*

Skadevirkninger er videre avhengig av hvilke naturressurser og andre verneverdier som blir berørt av uhellet. Dertil er det nødvendig å forstå i hvilken grad de endrede miljøforholdene påvirker verneverdiene. Tegnes verneverdiene og uhellenes influensområde på samme kart (konfliktkart), kan dette gi en grov oversikt over skader eller forurensninger forårsaket av de forskjellige uhell.

På samme måte som feilutvikling i sannsynlighetsanalysen konstrueres ved feilutviklingskjeder, kan også konsekvensene av uhell fremstilles ved logiske konsekvenskjededigrammer.

#### **Klassifisering av uhell etter konsekvens**

En detaljert analyse av de forskjellige skader eller forurensninger er grunnlaget for klassifisering av uhell etter konsekvens. Noen skader kan uttrykkes kvantitativt som f.eks. økonomisk tap, andre må angis etter kvalitative vurderinger.



Figur 3. Eksempler på beregnet spredning av olje ved tenkt «blowout» i Nordsjøen (Shell EDB-SLIKTRAK-modell)

**Klassifisering av uhell etter risiko**

Risiko er et resultat av sannsynlighet for og konsekvenser av uhell:

$$\text{Risiko} = f(\text{sannsynlighet, konsekvens})$$

Funksjonssammenhengen mellom sannsynlighet og konsekvens blir ofte uttrykt som sannsynlighet x konsekvens, d.v.s. at et uhell som er lite sannsynlig, men har stor konsekvens, kan få samme risiko som et uhell som er meget sannsynlig, men med liten konsekvens. Denne definisjon kan imidlertid være lite egnet for risikoanalyser for akutt forurensning, og sammenhengen mellom sannsynlighet og konsekvens må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

Risikoen er grunnlaget for prioritering av beredskapstiltak mot uhell. Risikoanalysen skal gi de nødvendige informasjonen for optimalt å sette inn tiltak enten for forebyggende art eller som aksjonsplaner for å bekjempe konsekvensene av uhell.

**GJENNOMFØRING AV RISIKO-ANALYSER**

Det er vesentlig forskjell mellom et forskningsprosjekt og en risikoanalyse. Mens forskning vanligvis skal arbeide med et begrenset problemområde i stor detaljeringsgrad for å bringe frem nye kunnskaper, skal en risikoanalyse sammenstille eksisterende data og informa-

sjoner over en rekke fagområder med begrenset detaljeringsgrad.

Gjennomføring av en risikoanalyse setter spesielle krav til den administrative del av arbeidet. Det er av avgjørende betydning at de mange grunnlagsdata fra en rekke fagområder fremstilles i en balansert sammenheng. Utføres deler av analysen med stor detaljeringsgrad på bekostning av andre deler, vil den resulterende risiko kunne gi et galt bilde. Dette skyldes ikke minst det faktum at den absolutte risiko sjelden kan kvantifiseres, men må bygge på subjektive vurderinger både av sannsynlighet og konsekvens. Dette gjelder ikke minst på et tidlig stadium i planleggingsfasen.

Det er imidlertid viktig at både sannsynlighet, konsekvens såvel som risiko tallfestes så langt som mulig, for lettere å kunne trekke konkrete resultater ut av analysen.

Vi må erkjenne at alle tekniske anlegg innebærer en risiko for uhell, og vi bør konstruere våre komponenter og systemer ut fra en akseptert risiko. For å få

bedre utbytte av risikoanalysen, må vi kjenne påliteligheten av komponenter og systemer. Dette burde være et kvalitetskrav til alle risikofylte anlegg.

Likeledes bør vi få bedre grunnlag til å bedømme verdien av våre naturressurser og andre verneinteresser. For å kunne velge et akseptert risikonivå ved et teknisk anlegg, vil mange hensyn måtte tas. Det generelt aksepterte risikonivå i samfunnet bør blant annet legges til grunn. En slik «samfunnsskala» for risiko er imidlertid i dag meget mangelfull.

Risikoanalyser bør bli en viktig side ved planlegging av alle tekniske anlegg hvor mulighetene for alvorlige uhell er til stede. Myndighetene har en viktig oppgave i å bygge opp kunnskaper omkring risiko i samfunnet, og legge forholdene tilrette for en bevisst risikoplanlegging.

#### REFERANSE:

*Jenssen, A., Sande, T.:* «Risikoanalyse — konkretisering av fare som ledd i beslutningsprosessen». Trondheim, 1973.

Nylig utkommet er

## **HØYESTERETTSADVOKAT ANTON ROSS**

### **«Den norske retts regler om vannforsyning og vannavløp».**

Boken koster kr. 150,— + porto og bestilles hos forfatteren, Rådhusgaten 17, Oslo 1.