

# Kapittel 11

## Konsekvensanalyse

Ingrid Bouwer Utne og Marvin Rausand  
[ingrid.b.utne@ntnu.no](mailto:ingrid.b.utne@ntnu.no)

# Oversikt – kapittel 11

- Hendelsestreanalyse
- Konsekvensmodeller
- Beredskapsanalyse



# Innledning

Konsekvensanalysen dreier seg om å identifisere hendelseskjeder for forskjellige utfall knytta til skader eller tap:

- Personskader
- Miljøskader
- Materiellskader
- Produksjonstap
- Tap av omdømme

Hvilke skader vi velger å se på, må avklares i forhold til målsettingen med risikoanalysen. Analysen kan gjerne fokusere på flere typer skader samtidig.

# Innledning (ii)

I en risikoanalyse er det nødvendig å bruke modeller for å forenkle virkeligheten.

Dette varierer med omfang og detaljeringsgrad, og om vi utfører kvantitative eller kvalitative analyser.

Konsekvensene anslås/beregnes som oftest ut fra:

- Erfaringsdata
- Ekspertvurderinger
- Enkle handberegninger
- Avanserte beregningsmodeller
- Forsøk

# **HENDELSESTREANALYSE**



# Hva er hendelsestreanalyse?

- Konsekvenser kan analyseres i en hendelsestreanalyse.
- Et hendelsestre er et logisk diagram som viser mulige hendelseskjeder og utfall som kan føre til skade, etter at en uønska hendelse har inntruffet.
- Dersom du har tilgang til relevante data, kan du ut fra hendelsestreet beregne frekvensen eller sannsynligheten for at hendelseskjedene vil inntreffe.

Forkortes gjerne til ETA (Engelsk: Event Tree Analysis).



# Hensikt og anvendelse

En hendelsestreakanalyse kan gi svar på følgende:

- Hvilke barrierer er installert i systemet for å hindre utviklinga eller redusere konsekvensene av den uønska hendelsen?
- Hvor egna og pålitelig er hver av disse barrierene?
- Hvilke hendelser kan påvirke utviklinga og/eller konsekvensene av den uønska hendelsen?
- Hvilke hendelseskjeder kan inntreffe som følge av den uønska hendelsen?
- Hvor sannsynlig er det at de enkelte hendelseskjedene inntreffer?
- Hvilke konsekvenser vil de enkelte hendelseskjedene gi opphav til?

# Metodebeskrivelse

Hendelsestreanalysen består av sju trinn:

- Innledning
- Den uønska hendelsen
- Barrierer og hendelser
- Hendelsestreet
- Hendelseskjedene
- Sannsynlighet/frekvenser
- Rapportering

Forberedelser og rapportering er beskrevet i kap. 8 i boka.



# 1. Den uønska hendelsen

- Den uønska hendelsen bør kunne gi opphav til flere mulige hendelseskjeder.
- Mange uønska hendelser blir identifisert og ansett for å være mulige hendelser allerede i designstadiet for systemet. Derfor er det ofte innført barrierer.
- Det er viktig at du forklarer tydelig hva den uønska hendelsen innebærer, hvor og når den inntreffer.
- Dersom hendelsestreanalysen er en del av en større risikoanalyse, vil de uønska hendelsene ha blitt avdekket som en del av fareidentifikasjonen.



## 2. Barrierer

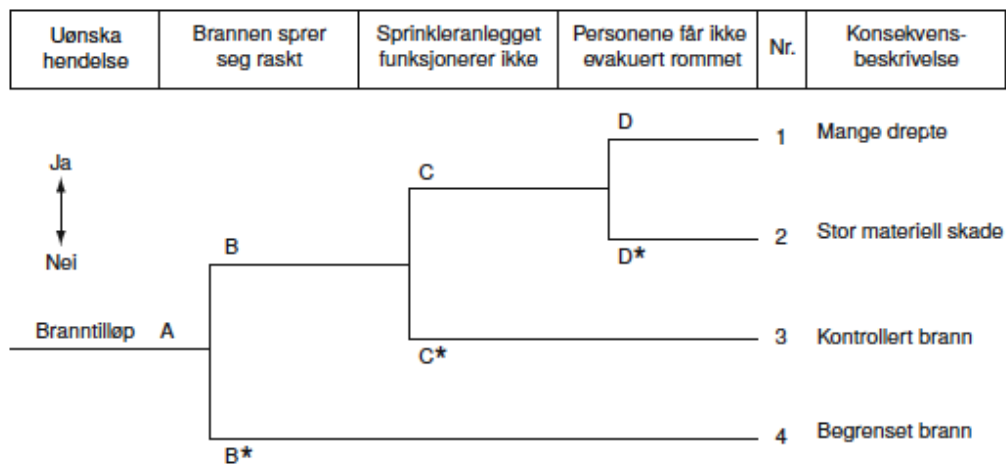
Barrierer skal redusere effekten av en uønska hendelse. Barrierene kan omfatte:

- Sikkerhetssystem som automatisk reagerer på den uønska hendelsen
- Alarmer som varsler operatøren(e) når den uønska hendelsen inntreffer (f.eks. brannvarslingssystem)
- Prosedyrer som operatøren(e) skal følge ved alarm
- Barrierer som begrenser effekten av den uønska hendelsen (f.eks. brannvegger)
- Rømningsveger og sikre områder
- Personlig verneutstyr (f.eks. hjelm og vernebriller)

Analysegruppa skal identifisere alle barrierene og liste dem opp i den rekkefølgen de forventes å bli aktivert.

# 3. Hendelsestreet

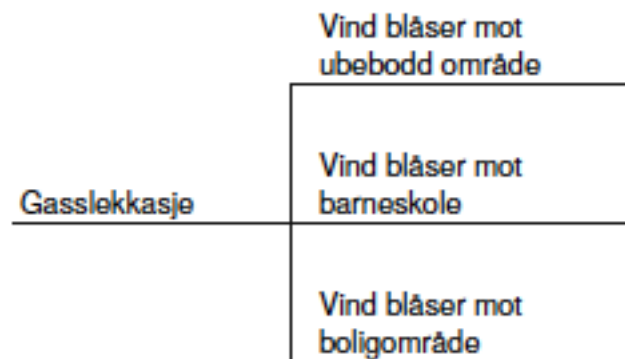
- Hendelsestreet viser utviklinga av de mulige ulykkeskjedene i kronologisk rekkefølge.
- Treet starter med den uønska hendelsen og går via de barrierene som aktiveres.
- Treet forgreines med «ja/nei»-utganger for hver barriere, avhengig av om denne funksjonerer tilfredsstillende eller ikke.





# Forgreininger

- I noen tilfelle kan det også være aktuelt å bruke tre eller flere forgreininger.
- Betrakt, som et eksempel, en større gasslekkasje fra en lagertank. Området rundt tanken kan deles i tre ikke overlappende sektorer.
  - I den ene sektoren ligger en barneskole, i den andre sektoren ligger et boligområde, mens den tredje sektoren er ubebodd.





## 4. Hendelseskjedene

- I dette trinnet foretar vi en vurdering av de skadene som hver enkelt hendelseskjede vil kunne føre til.
- Hvor langt vi skal gå i hendelsestreanalysen og hva som bør overlates til andre mer spesialiserte analyser, er ofte litt uklart.
- I mange tilfelle vil flere hendelseskjeder gi samme eller tilsvarende skader.
- Etter at skadene er vurdert, bør hendelseskjedene listes opp i forhold til hvor alvorlige de er.
- Ved gjennomgangen av hendelseskjedene vil analysegruppa ofte avdekke behovet nye/bedre barrierer.

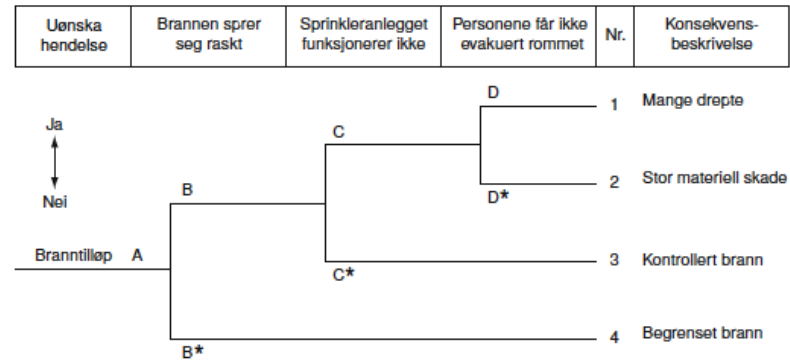


## 5. Sannsynligheter/frekvenser

- En kvantitativ analyse av hendelsestreet krever at du kan anslå:
  - Frekvensen til den uønska hendelsen.
  - Feilsannsynligheten for hver enkelt barriere. Denne sannsynligheten oppgis ofte som PFD\*.
  - Sannsynligheten for at hver enkelt hendelse/tilstand inntreffer.
- For å anslå sannsynligheten for en barrierefeil må du vanligvis kjenne feilratene til de enhetene som inngår i barrieren, hvordan de er kopla sammen, og hvordan barrierene testes og vedlikeholdes.
- Det kan være aktuelt å bestemme denne sannsynligheten ved en feiltreanalyse.

# 5. Sannsynligheter/frekvenser (ii)

Beregningseksempel:



$f(A)$  er frekvensen for den uønska hendelsen «branntilløp».

$Pr(B)$  er sannsynligheten for hendelsen «brannen sprer seg raskt».

$Pr(C)$  er sannsynligheten for at «sprinkleranlegget fungerer ikke» ( $Pr(C|A \cap B)$ ).

$Pr(D)$  er sannsynligheten for at «personene får ikke evakuert rommet» ( $Pr(D|A \cap B \cap C)$ ).

Frekvensen til hendelseskjeden som gir «mange drepte» er:

$$f(K_1) = f(A) \cdot Pr(B \cap C \cap D) = f(A) \cdot Pr(B) \cdot Pr(C) \cdot Pr(D)$$

...og tilsvarende for de andre hendelseskjedene.

# Fordeler

- Sammen med feiltreanalyse er hendelsestreanalyse den viktigste og mest vanlig brukte analysemetoden i risikoanalyser.
- Gir et klart og oversiktlig bilde av hvilke hendelseskjeder som kan følge etter en uønska hendelse i et system.
- Hendelsestreet danner et godt grunnlag for arbeidet med å bedre sikkerheten, vurdere nye/alternative prosedyrer og sikkerhetssystem.
- Metoden er godt dokumentert og enkel å bruke.





# Begrensninger

- Det finnes ikke noen standard for den grafiske utformingen av hendelsestreet.
- Siden analysen gjennomføres på et forholdsmessig høgt systemnivå, er det lett at farekilder på detaljnivå blir oversett.
- I noen situasjoner er det vanskelig å forutse i hvilken rekkefølge barrierene vil bli aktivert.
  - Hvis de blir aktivert i en annen rekkefølge enn det som er forutsatt i analysen, kan resultatet bli feil.

# KONSEKVENSMODELLER

# Oversikt

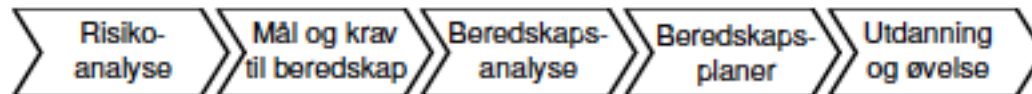
Konsekvensanalyser kan f.eks. være knytta til:

- Spredning av gass-skyer
- Spredning av farlige stoff i vatn (sjø, elver)
- Brannbelastning for ulike typer branner
- Spredning/utvikling av branner
- Eksplosjonsbelastning
- Skader ved forskjellige typer sammenstøt
- Eksponering ved ulykker
- Evakuering av personer fra et ulykkessted
- Tilgang til ulykkessted for redningsressurser
- Skadebegrensning
- Økonomisk tap ved datainnbrudd eller bortfall av datatjenester
- Økonomisk tap ved ulykker

# **BEREDSKAPSANALYSE**

# Hva er en beredskapsanalyse?

- En beredskapsanalyse studerer i hvilken grad virksomheten er forberedt og rusta til å handtere ulike ulykkescenarioer.
- Når det er aktuelt, vil analysegruppa også fremme forslag til tiltak som kan styrke beredskapen, samt anslå effekten av de foreslåtte tiltakene.
- Arbeidet med å etablere god beredskap er illustrert i figur.





# Hensikt og anvendelse

Beredskapsanalysen vurderer ressursene som er tilgjengelige for å håndtere en DUH og antar at DUH faktisk har inntruffet.

- Analysegruppa ser på:
  - Den kompetansen personellet har
  - Hvor ressursene er plassert
  - Hvor lang tid det tar før ressursene kan være på ulykkesstedet
  - Hvordan beredskapssystemet er organisert
  - Hvordan de ulike enhetene samvirker
  - Ledelse, ansvar og myndighet

En beredskapsanalyse tar ofte utgangspunkt i en risikoanalyse.

# Metodebeskrivelse

Beredskapsanalysen består av seks trinn:

- Innledning
- Identifiser og definer en eller flere DUH
- Fastsett funksjonskrav til beredskapen
- Vurder eksisterende beredskapstiltak og planer
- Identifiser mulige nye tiltak for å styrke beredskapen og vurder effekten av disse
- Rapportering

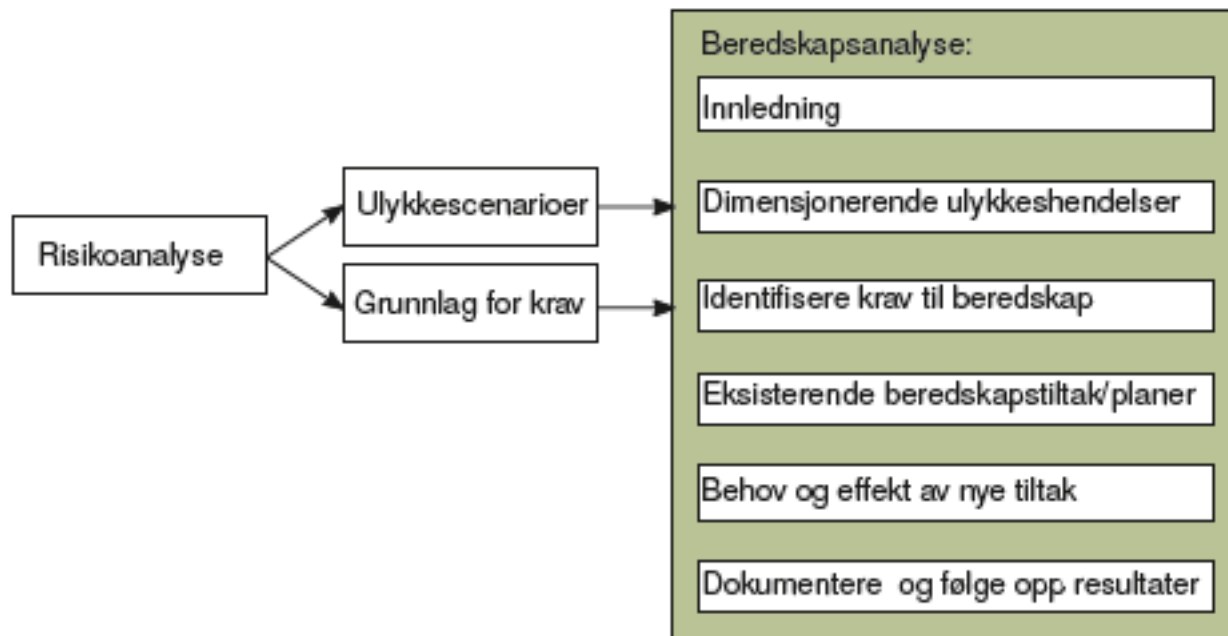
Forberedelser og rapportering er beskrevet i kap. 8 i boka.



# Gjennomføring

Trinn 1–5 vil si at du nøye må vurdere i hvilken grad de identifiserte DUH-ene dekker ulykkescenarioene fra risikoanalysen.

Dersom en risikoanalyse ikke er gjennomført må alle aktuelle ulykkescenarioer beskrives.





# Gjennomføring (ii)

Du må vurdere:

- I hvilken grad og hvor raskt en inntruffet DUH blir oppdaga og varsla.
- Hvordan beredskapsressursene blir mobilisert.
- Hvor lang tid det tar å komme til åstedet for DUH-en.
- Utstyrbehov må identifiseres, samt lokalisering av utstyret.
- Kompetansen til beredskapspersonellet og ledelsen.

Når eksisterende tiltak og planer er analysert, må du vurdere behov for nye tiltak, samt effekten av disse.