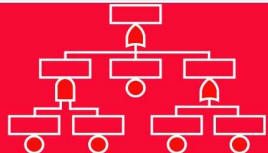


Kapittel 10

Feiltreanalyse (FTA)

(Rev. 0)

Marvin Rausand og Ingrid Bouwer Utne
Institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet



Innledning

Hva er...?

Historikk

Trinn

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

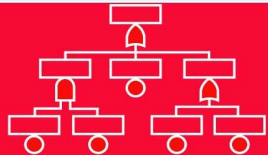
Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Innledning



Hva er feiltreanalyse?

Innledning

Hva er...?

Historikk

Trinn

Trinn 1 –

Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –

Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –

Kvalitativ analyse

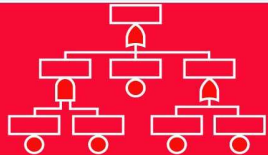
Trinn 5 –

Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

- Kan brukes til å bestemme årsakene og sannsynligheten/frekvensen til en uønsket hendelse.
- Kan også brukes til å analysere påliteligheten til de proaktive og reaktive barrierene som er installert.
- Kan være kvalitativ, kvantitativ eller begge deler.
- Er et logisk diagram som illustrerer sammenhengen mellom en uønsket hendelse (kalt *Topp*-hendelsen) og årsakene til denne hendelsen.



Hva er feiltreanalyse (II)?

Innledning

Hva er...?

Historikk

Trinn

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

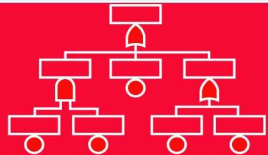
Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Kan bla. gi svar på følgende:

- Hvilke kombinasjoner av feil og hendelser kan føre til Topp-hendelsen?
- Hva er sannsynligheten for at Topp-hendelsen vil inntreffe?
- Hvor ofte vil Topp-hendelsen inntreffe?
- Hvilke komponentfeil og/eller hendelser har størst betydning for om Topp-hendelsen vil inntreffe eller ikke?



Historikk

Innledning

Hva er...?

Historikk

Trinn

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

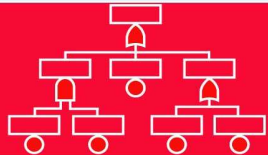
Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

- Ble utviklet av Bell Telephone Laboratories i 1962, da de foretok en sikkerhetsmessig vurdering av utskytingssystemet til den kjernefysiske Minuteman-raketten.
- Forbedret av flyprodusenten Boeing.
- Brukt i utstrakt grad og også utvidet i Reactor safety study (WASH 1400).
- Er den mest brukte metoden innenfor årsaksanalyse.



Metodebeskrivelse

Innledning

Hva er...?

Historikk

Trinn

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

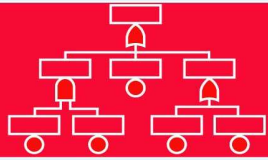
Inngangsdata

Oppsummering

Vanligvis fem trinn:

0. Forbered analysen
1. Definisjon av problem og randbetingelser
2. Konstruer feiltreet
3. Bestem av minimale kutt- og stimengder
4. Analyser feiltreet kvalitativt
5. Analyser feiltreet kvantitativt

– Trinn 0, samt rapportering av analysen, beskrives nærmere i kap. 8 i boka.



Innledning

Trinn 1 – Definisjon av problem og randbetingelser

Hensikt

Randbetingelser

Trinn 2 – Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem kuttmengder (og stimengder)

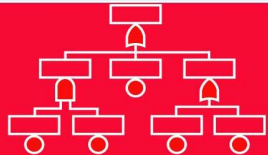
Trinn 4 – Kvalitativ analyse

Trinn 5 – Kvantitativ analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Trinn 1 – Definisjon av problem og randbetingelser



Problemdefinisjon

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Hensikt

Randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

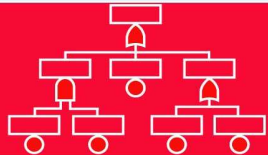
Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Hensikten med dette trinnet er å:

- Klart definere Topp-hendelsen:
 - ➡ Hva innebærer Topp-hendelsen, og hvilken hendelse eller ulykke det er som skal analyseres?
 - ➡ Hvor inntreffer Topp-hendelsen?
 - ➡ Når inntreffer Topp-hendelsen?
- Fastlegge randbetingelsene for analysen.



Randbetingelser

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Hensikt

Randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

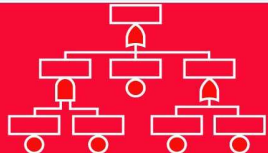
Inngangsdata

Oppsummering

Med definisjon av randbetingelser menes bl.a:

- Definisjon av systemets fysiske grenser
- Definisjon av startbetingelser
- Avgrensning med hensyn til eksterne belastninger
- Fastsettelse av detaljeringsnivå

– Mer om analyseforberedelser i kap. 8.



Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

**Trinn 2 –
Konstruer feiltreet**

Oversikt

Regler

Symboler

Eksempel

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

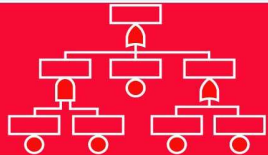
Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Trinn 2 – Konstruer feiltreet



Innledning

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Oversikt

Regler

Symboler

Eksempel

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

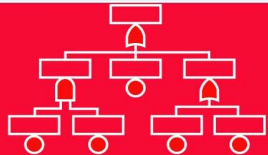
Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

➤ Når vi skal konstruere feiltreet, starter vi med Topp-hendelsen:

- ➡ Hvilke feil (hendelser) kan være de direkte årsakene til Topp-hendelsen?
- ➡ Disse hendelsene knyttes sammen med Topp-hendelsen via en logisk port.
- ➡ Analysen er *deduktiv*: “Hva er årsakene?”
- ➡ Vi arbeider oss ned til inngangshendelsene på komponent- eller detaljnivå.
- ➡ Utviklingen av årsakskjedene stanser når det ønskede detaljeringsnivået er nådd.



Regler for konstruksjon av feiltreet

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Oversikt

Regler

Symboler

Eksempel

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

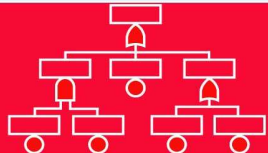
Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

1. Beskrivelse av inngangshendelser.
2. Vurdering av inngangshendelser og feilhendelser.
3. Portene skal defineres og “fullføres”.
4. Portene skal ikke knyttes sammen.

Husk at feiltreet skal være oversiktlig og enkelt å forstå.



Feiltresymboler

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Oversikt

Regler

Symboler

Eksempel

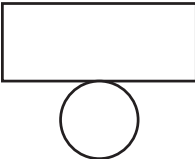
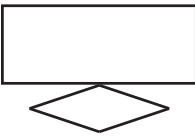
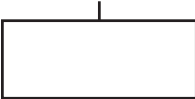
Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

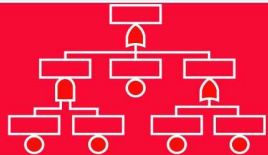
Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Logiske porter	 ELLER-port	ELLER-porten betyr at utgangshendelsen inntreffer hvis minst én av inngangshendelsene inntreffer
	 OG-gate	OG-porten betyr at utgangshendelsen inntreffer hvis samtlige inngangshendelser inntreffer
Inngangs- hendelser		Symbol for komponent i primær feiltilstand, oppstått under normal drift. Hendelsen krever ingen videre analyse
		Symbol for sekundær feiltilstand oppstått på grunn av ekstreme miljøforhold, mangelfullt vedlikehold o.l. Årsakene til hendelsen er ikke undersøkt nærmere
Beskrivelse		Benyttes for å gi utfyllende informasjon
Overførings- symboler	Overføring ut  Overføring inn 	Overføringssymboler for videre utvikling av en årsakskjede. Brukes når samme grein inngår flere steder i feiltreet, og når feiltreet må tegnes over flere sider.



Redundante brannvannspumper

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Oversikt

Regler

Symboler

Eksempel

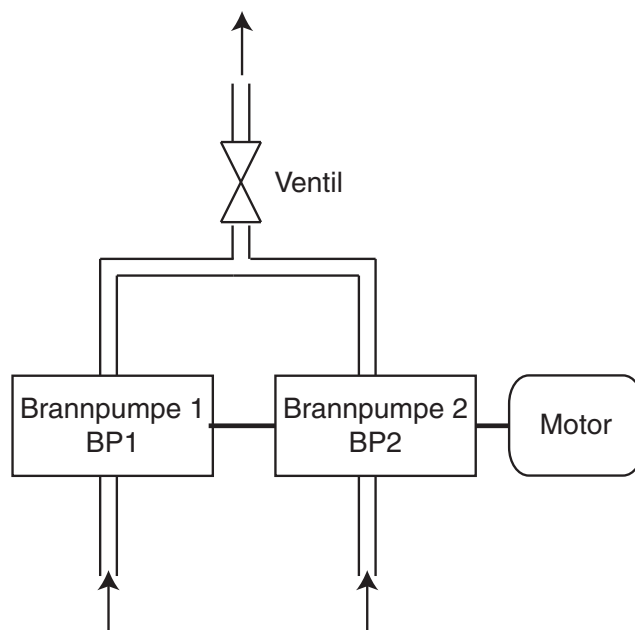
Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering



TOPP hendelse = Intet vann fra
brannvannssystemet

Årsaker:

V = Ventilsvikt

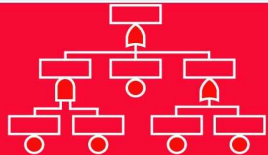
G1 = Intet "output" fra noen av
pumpene

G2 = Intet vann fra BP1 G3 = Intet
vann fra BP2

BP1 = Svikt i BP1

MS = Motorsvikt

BP2 = Svikt i BP2



Redundante brannvannspumper (II)

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Oversikt

Regler

Symboler

Eksempel

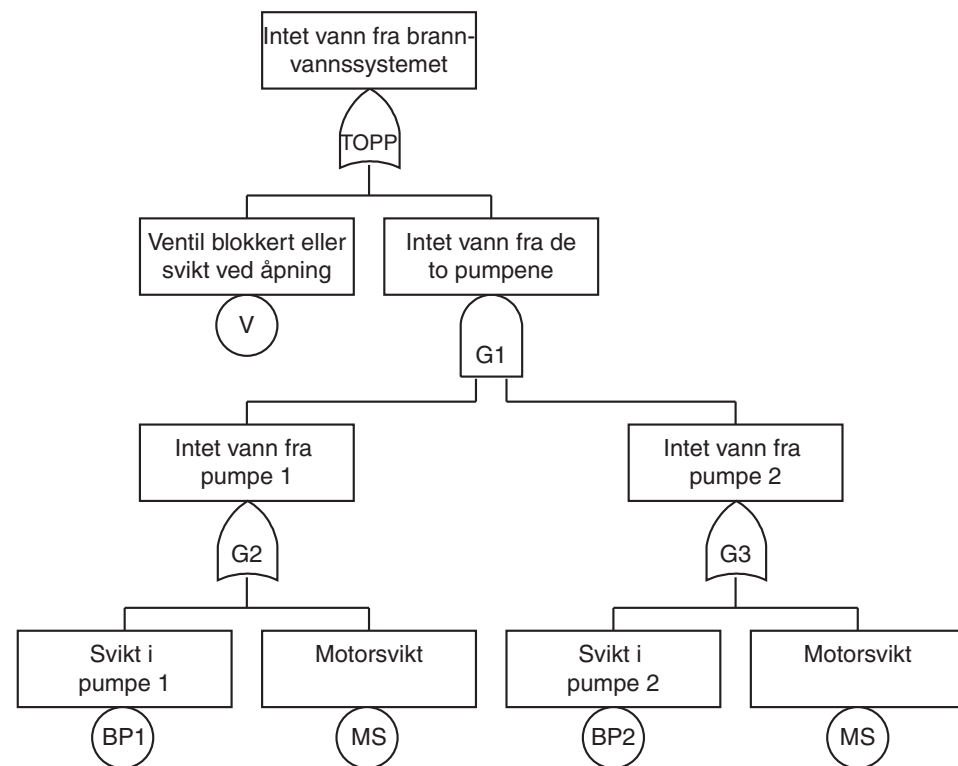
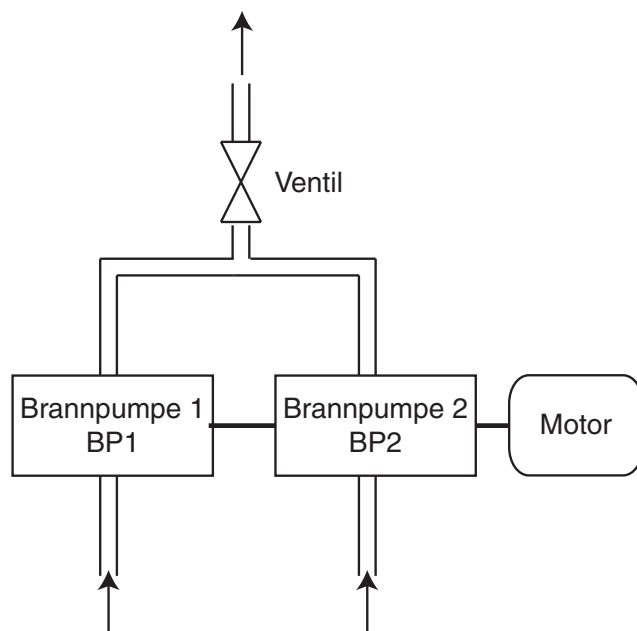
Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

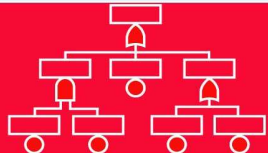
Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering





Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Hva er....?

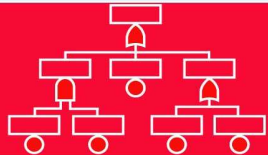
Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Trinn 3 – Bestem kuttmengder (og stimengder)



Hva er kuttmengder?

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Hva er....?

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

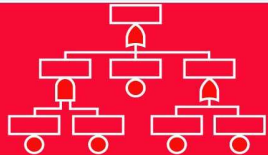
Inngangsdata

Oppsummering

Definisjon:

Kuttmengde: En kuttmengde i et feiltre er en mengde av innhangshendelser som ved å inntreffe (samtidig), sikrer at Topp-hendelsen inntreffer. En kuttmengde sies å være *minimal* hvis den ikke kan reduseres uten å miste status som kuttmengde.

- For enkle feiltrær kan de minimale kuttmengdene bestemmes direkte fra feiltreet.
- For litt mer komplekse feiltrær trenger vi en algoritme og dataprogram.



Hva er stimengder?

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Hva er....?

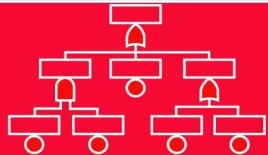
Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

- En stimengde er en mengde av inngangshendelser som ved *ikke* å inntreffe (samtidig), sikrer at Topp-hendelsen *ikke* inntreffer.
- En stimengde sies å være *minimal* hvis den ikke kan reduseres uten å miste status som stimengde.
- Vi er vanligvis mer interessert i de minimale kuttmengdene enn de minimale stimengdene.



Oftest fokus på kuttmengder

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Hva er....?

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

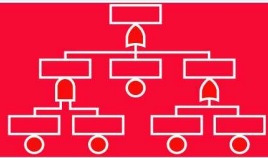
Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

De minimale kuttmengdene er viktige fordi de:

- Forteller hvilke kombinasjoner av inngangshendelser som vil føre til at Topp-hendelsen inntreffer.
- Danner et godt grunnlag for vurdering av tiltak som kan redusere muligheten for at Topp-hendelsen skal inntreffe.



Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

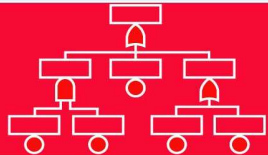
Trinn 4 –
Kvalitativ analyse
Analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Trinn 4 – Kvalitativ analyse



Kvalitativ analyse

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Analyse

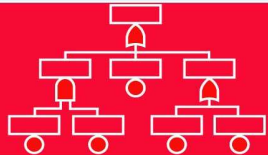
Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Viktige momenter:

- Ta utgangspunkt i de minimale kuttmengdene. Husk at en kuttmengde med bare én hendelse er i utgangspunktet viktigere enn kuttmengder med to eller flere hendelser.
- Ta hensyn til hvilke typer av hendelser som inngår i kuttmengden. For kuttmengder som har mer enn én hendelse, kan vi bruke følgende rangering av hendelsene:
 1. Menneskelige feilhandlinger
 2. Aktiv utstysfeil
 3. Passiv utstysfeil



Hva er stimengder?

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Analyse

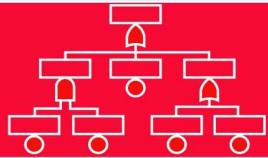
Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Kuttmengder med to hendelser vil dermed etter denne framgangsmåten rangeres etter viktighet som i tabellen.

Viktighet	Inngangshendelse nr. 1	Inngangshendelse nr. 2
1	Menneskelig feil	Menneskelig feil
2	Menneskelig feil	Aktiv utstyrfeil
3	Menneskelig feil	Passiv utstyrfeil
4	Aktiv utstyrfeil	Aktiv utstyrfeil
5	Aktiv utstyrfeil	Passiv utstyrfeil
6	Passiv utstyrfeil	Passiv utstyrfeil



Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Notasjon

Enkel OG-port

Enkel ELLER-port

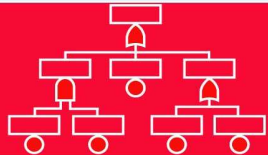
Kuttmengde

TOPP-hendelse

Inngangsdata

Oppsummering

Trinn 5 – Kvantitativ analyse



Notasjon

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Notasjon

Enkel OG-port
Enkel ELLER-port
Kuttmengde
TOPP-hendelse

Inngangsdata

Oppsummering

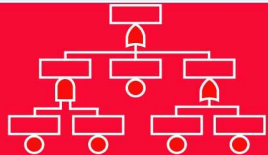
Dersom vi kan framskaffe anslagsverdier for sannsynlighetene til inngangshendelsene i feiltreet, kan vi foreta en kvantitativ analyse. Viktige notasjoner:

$$Q_0(t) = \Pr(\text{Topp-hendelsen inntreffer ved tidspunkt } t)$$

$$q_i(t) = \Pr(\text{Inngangshendelse nr. } i \text{ inntreffer ved tidspunkt } t)$$

$$\check{Q}_j(t) = \Pr(\text{Minimale kuttmengde } j \text{ inntreffer ved tidspunkt } t)$$

- La $E_i(t)$ bety at inngangshendelse i inntreffer ved tidspunkt t . $E_i(t)$ betyr ikke at komponent i svikter akkurat ved tidspunkt t , men at komponent i er i sviktet tilstand ved tidspunkt t .
- En minimal kuttmengde inntreffer når alle inngangshendelser inntreffer samtidig.



Enkel OG-port

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Notasjon

Enkel OG-port

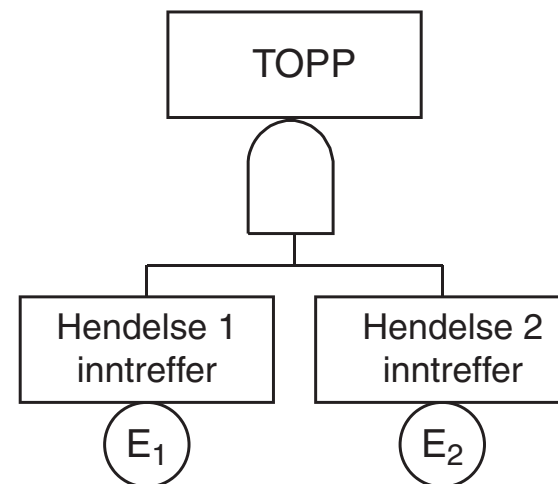
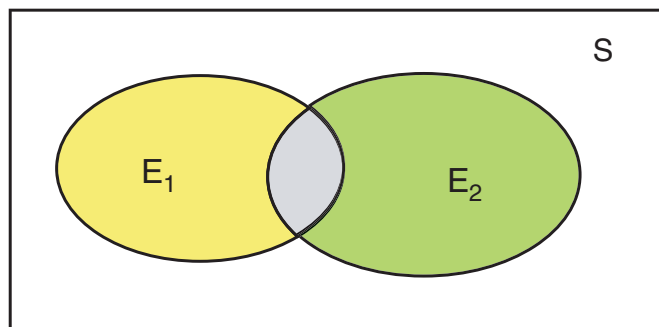
Enkel ELLER-port

Kuttmengde

TOPP-hendelse

Inngangsdata

Oppsummering

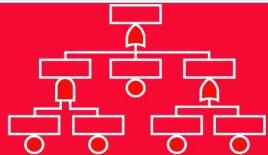


La $E_i(t)$ bety at hendelse E_i inntreffer ved tidspunkt t , og la $q_i(t) = \Pr(E_i(t))$ for $i = 1, 2$. Når begge hendelsene er uavhengige, er sannsynligheten for Topp-hendelsen $Q_0(t)$:

$$Q_0(t) = \Pr(E_1(t) \cap E_2(t)) = \Pr(E_1(t)) \cdot \Pr(E_2(t)) = q_1(t) \cdot q_2(t)$$

Når vi har en enkel OG-port med m inngangshendelser, får vi:

$$Q_0(t) = \prod_{j=1}^m q_j(t)$$



Enkel ELLER-port

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Notasjon

Enkel OG-port

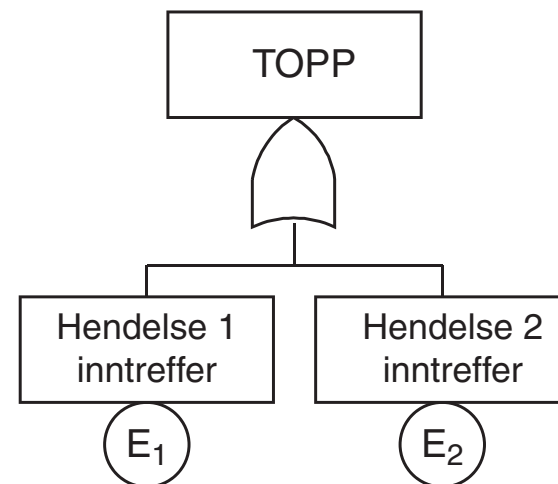
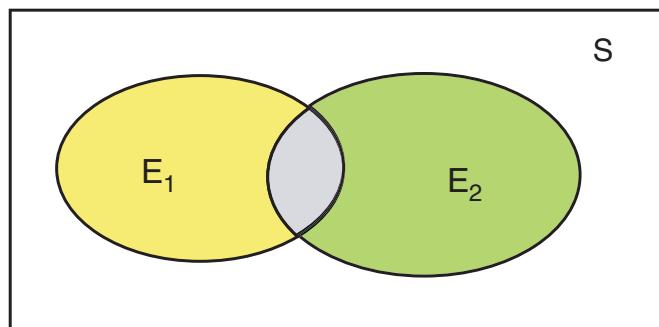
Enkel ELLER-port

Kuttmengde

TOPP-hendelse

Inngangsdata

Oppsummering

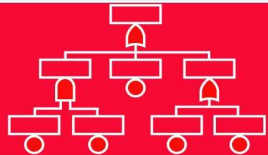


Når inngangshendelsene er uavhengige, er sannsynligheten for Topp-hendelsen $Q_0(t)$:

$$\begin{aligned} Q_0(t) &= \Pr(E_1(t) \cup E_2(t)) = \Pr(E_1(t)) + \Pr(E_2(t)) - \Pr(E_1(t) \cap E_2(t)) \\ &= q_1(t) + q_2(t) - q_1(t) \cdot q_2(t) = 1 - (1 - q_1(t))(1 - q_2(t)) \end{aligned}$$

Når vi har en enkel ELLER-port med m inngangshendelser, får vi:

$$Q_0(t) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - q_j(t))$$



Analyse av kuttmengde

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Notasjon

Enkel OG-port

Enkel ELLER-port

Kuttmengde

TOPP-hendelse

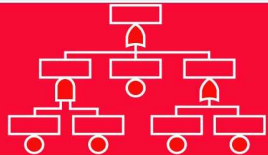
Inngangsdata

Oppsummering

Sannsynligheten for at kuttmengdet j inntreffer ved tidspunkt t er

$$\check{Q}_j(t) = \prod_{i=1}^r q_{j,i}(t)$$

når vi antar at alle de r inngangshendelsene i den minimale kuttmengden j er uavhengig.



Sannsynlighet for TOPP-hendelse

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Notasjon

Enkel OG-port

Enkel ELLER-port

Kuttmengde

TOPP-hendelse

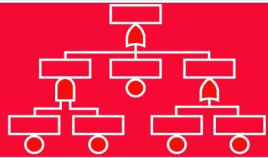
Inngangsdata

Oppsummering

Topp-hendelsen inntreffer når minst én av de minimale kuttmengdene inntreffer. Sannsynligheten for Topp-hendelsen er:

$$Q_0(t) \leq 1 - \prod_{j=1}^k (1 - \check{Q}_j(t)) \quad (1)$$

Årsaken til ulikhetstegnet er at minimale kuttmengder ikke alltid er uavhengige. Den samme inngangshendelsen kan inngå i flere kuttmengder. Formelen over kalles *Upper Bound Approximation*.



Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oversikt

Ikke-reparerbar

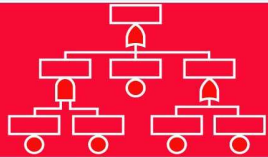
Reparerbar

Periodisk testing

Pålitelighetsmessig
betydning

Oppsummering

Inngangsdata



Typer hendelser

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oversikt

Ikke-reparerbar

Reparerbar

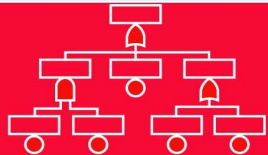
Periodisk testing

Pålitelighetsmessig
betydning

Oppsummering

Hovedproblemet i en kvantitativ analyse av et feiltre er å bestemme sannsynlighetene, $q_i(t)$, for inngangshendelsene. Når inngangshendelse nr. i er en komponentfeil, kan sannsynligheten $q_i(t)$ bestemmes når vi kjenner feilraten til komponenten og komponentens test- og reparasjonsstrategier. Vi skal her se på tre vanlige situasjoner:

- Komponent i blir ikke reparert når en feil inntreffer.
- Komponent i blir reparert når feil inntreffer.
- Komponent i testes periodisk.



Ikke-reparerbar komponent

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oversikt

Ikke-reparerbar

Reparerbar

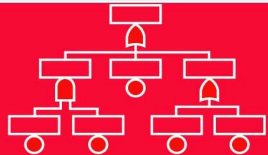
Periodisk testing

Pålitelighetsmessig
betydning

Oppsummering

Komponent i blir ikke reparert når en feil inntreffer. Når feilraten til komponenten er λ_i , blir

$$q_i(t) = 1 - e^{-\lambda_i t} \quad (2)$$



Reparerbar komponent

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oversikt

Ikke-reparerbar

Reparerbar

Periodisk testing

Pålitelighetsmessig
betydning

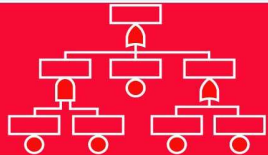
Oppsummering

Komponent i blir reparert når feil inntreffer. Når forventet tid til svikt er $MTTF_i$ (Mean time to failure) er:

$$MTTF_i = \frac{1}{\lambda_i} \quad (3)$$

og forventet reparasjonstid er $MTTR_i$, har vi tilnærmet:

$$q_i(t) \approx \frac{MTTR_i}{MTTF_i + MTTR_i} \quad (4)$$



Periodisk testing

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oversikt

Ikke-reparerbar

Reparerbar

Periodisk testing

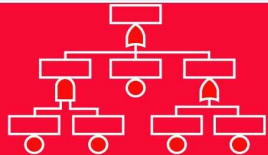
Pålitelighetsmessig
betydning

Oppsummering

Komponent i testes periodisk med testintervall τ_i . En feil kan inntreffe på et vilkårlig tidspunkt i testintervallet. Feilen er såkalt skjult og blir bare oppdaget ved funksjonstesting, eller ved at det blir behov for komponenten. Dette er en typisk situasjon for sikkerhetssystemer som gassdetektorer, sikkerhetsventiler, og liknende. Sannsynligheten $q_i(t)$ blir i denne situasjonen kalt “probability of failure on demand” (PFD) og vi har tilnærmet:

$$q_i(t) \approx \text{PFD}_i \approx \frac{\lambda_i \tau_i}{2} \quad (5)$$

En presentasjon av slike systemer, der de viktigste formelene er forklart, finnes i kapittel 10 i Rausand (2004).



Vurdering av kuttmengder

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oversikt

Ikke-reparerbar

Reparerbar

Periodisk testing

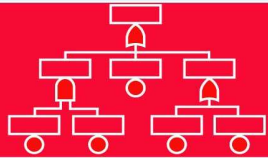
Pålitelighetsmessig
betydning

Oppsummering

Inngangshendelsene har ulik betydning for om Topp-hendelsen skal inntreffe eller ikke. Det er utviklet mange mål for den “pålitelighetsmessige” betydningen av inngangshendelsene. Det mest kjente målet for “pålitelighetsmessig” betydning er Birnbaums mål:

$$I^B(i \mid t) = \frac{\partial Q_0(t)}{\partial q_i(t)} \quad (6)$$

Alle de mest brukte dataprogrammene for feiltreanalyse kan beregne “pålitelighetsmessig” betydning, og liste opp inngangshendelsene etter deres betydning.



Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

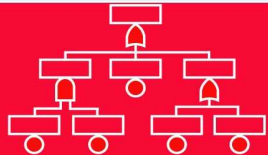
Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Til slutt...

Oppsummering



Fordeler og ulemper

Innledning

Trinn 1 –
Definisjon av
problem og
randbetingelser

Trinn 2 –
Konstruer feiltreet

Trinn 3 – Bestem
kuttmengder (og
stimengder)

Trinn 4 –
Kvalitativ analyse

Trinn 5 –
Kvantitativ
analyse

Inngangsdata

Oppsummering

Til slutt...

- Gir et klart og oversiktlig bilde av hvilke kombinasjoner av utstysfeil og andre hendelser som kan lede til Topp-hendelsen.
- Er enkel å forklare til personer som ikke på forhånd er skolert i feiltreanalyse.
- Feiltreanalysen er den mest brukte analysemetoden i risikoanalyser. Metoden er godt dokumentert og enkel å bruke.
- Gir et statisk “bilde” av de feilkombinasjonene som kan resultere i Topp-hendelsen.
- Er binær (svikt–suksess) og dekker derfor ikke alle typer problemer.