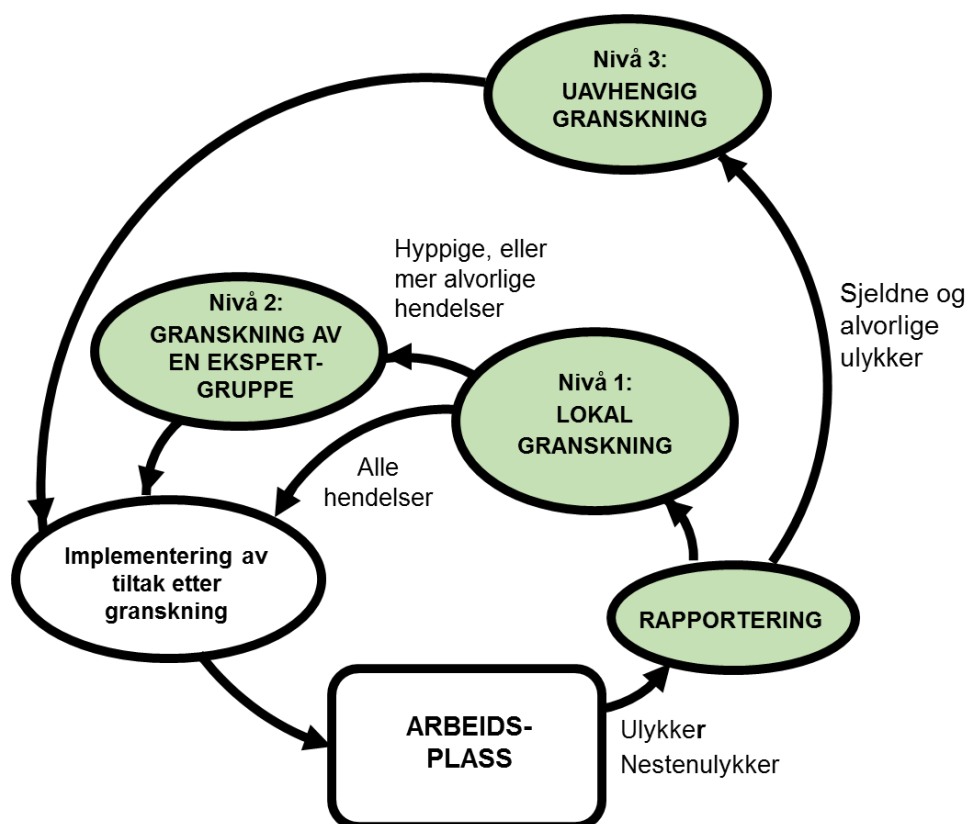


Ranveig Kviseth Tinmannsvik
Urban Kjellén

Granskning etter hendelser

Mars 2018



Notat:

SIBA Granskning etter hendelser

Til:

Partnere i SIBA-prosjektet

Forfattere:

Ranveig Kviseth Tinmannsvik, SINTEF og Urban Kjellén, NTNU

Dato

23.03.2018

Sammendrag

Notatet inneholder en oversikt over granskningsprosessen og en kort beskrivelse av ulike metoder og verktøy til bruk i granskning etter hendelser:

- Kartlegging av hendelsesforløpet
- Avviksanalyse
- Barriereanalyse
- Årsaksanalyse

Videre beskrives STEP- og MTO-metoden som kjennetegnes ved at resultatene fra enkelt-analyser sammenstilles på et mer overordnet nivå. Metodene brukes for å generere spørsmål i granskningen, i analyser og for å visualisere resultatet.

Ved å ta i bruk anbefalinger i dette notatet, vil næringen få økt kunnskap om bakenforliggende årsaker til hendelser, og dermed kunne etablere et godt grunnlag for å velge effektive tiltak for å forebygge fremtidige hendelser.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Utfordringer knyttet til erfaringsoverføring og læring i bygg og anlegg	5
2	Granskningsprosessen.....	6
2.1	Granskning som utgangspunkt for kontinuerlig forbedring.....	6
2.2	Hensikt og mandat for granskning.....	6
2.3	Ulikt omfang av granskning.....	6
2.3.1	Tre nivåer av granskning.....	6
2.3.2	Eksempler på resultater fra granskning	8
2.4	Sammensetning og kvalifikasjoner til granskningsgruppen	8
2.5	Ulike faser i en granskning	9
2.5.1	Datainnsamling.....	10
2.5.2	Analyse	10
2.5.3	Forbedringsforslag.....	12
3	Ulike perspektiver – ulike typer ulykkesmodeller	13
3.1	Prosessmodeller	13
3.2	Årsakskjedemodeller.....	14
3.3	Energi/barriere-modeller.....	14
3.4	Informasjonsergonomiske modeller.....	16
4	Oversikt over metoder og verktøy til bruk i en granskning	17
4.1	Kartlegging av hendelsesforløp	17
4.2	Avviksanalyse	17
4.3	Barriereanalyse	18
4.4	Årsaksanalyse	19
5	Granskningsmetoder	21
5.1	Krav til en god granskningsmetode	21
5.2	STEP: Sequentially Timed Events Plotting	21
5.3	MTO: Menneske – Teknologi – Organisasjon.....	23
5.4	Sammenlikning av metoder	26
5.5	Egenskaper ved de enkelte metodene	26
5.6	Anvendbarhet i forhold til behovene i bygg og anlegg.....	26
6	To scenarier vedrørende granskning i bygg og anlegg.....	28
6.1	Underentreprenørens granskning	28
6.2	Hovedentreprenørens granskning	28
6.3	Byggherrens granskning	29
6.4	Informasjon til prosjekterende	29
6.5	Avsluttende kommentarer.....	29
7	Referanser	31

Vedlegg	32
Vedlegg A: Forkortelser	34
Vedlegg B: Eksempler på bruk av STEP- og MTO-metoden	35
STEP-diagram: Fallulykke	37
MTO-diagram: Løftehendelse offshore.....	39

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Granskning og læring etter ulykker og uønskede hendelser har vært et tema som har vakt interesse i SIBA-prosjektet. I den forbindelse har partnerne i prosjektet etterspurt kunnskap og gode praksiser når det gjelder granskning etter hendelser. Notatet inneholde anbefalinger når det gjelder granskingsprosessen, dvs. hensikten og mandatet for granskningen, kompetanse og sammensetning av granskingsgruppen, samt en presentasjon av ulike nivåer og ulike faser i en granskning. I tillegg vil vi presentere ulike ulykkesmodeller og et utvalg verktøy og metoder til bruk i granskningen.

Granskning er én av flere strategier for å forebygge uønskede hendelser. Denne tilnærmingen er typisk *reaktiv og erfaringsbasert*, og innebærer at man iverksetter forbedringstiltak på bakgrunn av inntrufne hendelser. En annen strategi for å forebygge hendelser er gjennom en *proaktiv og risikobasert* tilnærming, der man forebygger uønskede hendelser og iverksetter tiltak basert på risikoanalyser. Proaktive tilnærminger er omtalt i tidligere SIBA-notater, bl.a. i notatet "Styring av ulykkesrisiko i BA-prosjekter"¹.

En slik reaktiv tilnærming vil imidlertid også kunne benyttes proaktivt ved at man på grunnlag av erfarte hendelser og ulykkesgranskninger kan få innsikt i grunnleggende svakheter og mangler ved organisasjonen. Det kan være svakheter knyttet til teknologi, vedlikehold av utstyr, arbeidsprosedyrer og faktisk arbeidspraksis, samt organisasjon og ledelse av arbeidet. Hvis vi gjør en grundig granskning ved å gå inn i bakenforliggende årsaker til ulykker, vil vi ikke bare forhindre at samme ulykke skal skje igjen, men vi vil i tillegg forebygge andre typer ulykker og uønskede hendelser.

1.2 utfordringer knyttet til erfaringsoverføring og læring i bygg og anlegg

Bygg- og anleggsvirksomhet har en rekke kjennetegn som gjør læring fra uønskede hendelser særlig utfordrende. Virksomheten skjer i prosjekter med begrenset varighet. Prosjektorganisasjonen oppløses etter at prosjektet er avsluttet, og personellet forflyttes til et annet prosjekt eller slutter i selskapet. Viktige erfaringer vil ofte forsvinne ut av selskapet, hvis selskapet ikke organiserer aktiviteter for å sikre erfaringsoverføring. I tillegg vil insentivene for å bidra til læring på selskapsnivå kunne bli mindre enn i annen industri, hvor den enkelte lettere kan se nytten av sin egen innsats.

Andre utfordringer er knyttet til hvordan bygge- og anleggsprosjekter er organisert, med bidrag fra mange aktører. Hver aktør deltar kun i en del av byggeprosessen, mens sikkerheten er avhengig av et samspill mellom ulike aktører og ulike aktiviteter som favner hele byggeprosessen. Erfaringer, selv fra meget alvorlige hendelser, risikerer å bli fragmentert, og den enkelte aktøren vil isolert sett ha begrensede muligheter til å ivareta tilstrekkelig kontroll med sikker produksjon.

For å bøte på dette, må en granskning av uønskede hendelser inngå i en strategi for læring på selskapsnivå, som griper inn i selskapets teknologiutvikling og systemer for styring og ledelse av virksomheten. Det er på dette nivået det er mulig å skape prosesser for kontinuerlig forbedring.

¹ Prosjektnotater fra SIBA-prosjektet kan lastes ned fra følgende nettside: www.sikkerhet-ba.no.

2 Granskningsprosessen

I dette kapitlet beskrives granskningsprosessen hvor det innledes med hensikt og mandat for en ulykkesgranskning, og sammensetning og kvalifikasjoner til granskningsgruppen. Videre gis en beskrivelse av ulike nivåer av granskning og de ulike fasene i en granskningsprosess.

2.1 Granskning som utgangspunkt for kontinuerlig forbedring

ISO (International Organization for Standardization) er i ferd med å slutføre en ny standard for ledelse av sikkerhet, arbeidsmiljø og helse (ISO 45001, forventet godkjent første halvår 2018). Ifølge denne standarden, inngår granskning av uønskede hendelser som en sentral forutsetning for å oppnå kontinuerlig forbedring. I samme familie av standarder inngår ISO 19011, som er en standard for revisjon av ledelsessystem innenfor kvalitet, miljø og sikkerhet. Den revisjonsmetodikken som fremmes i standarden, er også godt egnet for bruk i granskninger, spesielt granskninger av de mest alvorlige ulykkene (granskninger på Nivå 3, se kapittel 2.3). Dette vil gjøre en granskning på dette nivået lett gjenkjennelig for berørte parter og skape tillit til granskningsprosessen.

2.2 Hensikt og mandat for granskning

Hovedhensikten med å granske ulykker og uønskede hendelser er å kunne lære av dem, og å utnytte kunnskap og erfaringer som grunnlag for forbedringer. Å identifisere sikkerhetsproblemer og mulige risikoreduserende tiltak vil dermed være det viktigste resultatet av granskningsprosessen. Det er tre ulike faser i selve ulykkesgranskningen: 1) Kartlegge hendelsesforløpet ("hva"), 2) Kartlegge direkte og bakenforliggende årsaker ("hvorfor") og 3) Identifisere mulige tiltak ("hvordan forbedre"). Disse fasene er nærmere omtalt i kapittel 2.5.

En granskning initieres som regel av arbeidsgiveren til personell involvert i hendelsen. Ved alvorlige hendelser på en bygge- eller anleggsplass kan hovedentreprenør og byggherre også initiere granskning. Ved hendelser som har, eller kunne ha fått alvorlige konsekvenser for helse, miljø og sikkerhet, vil myndighetene eller tilsynsorganer også ha interesse av å granske.

Som hovedregel formes mandatet av vedkommende leder som initierer granskningen. I en virksomhet vil intensjonen i hovedtrekk være å avdekke de direkte- og bakenforliggende årsakene og å foreslå tiltak for å forebygge fremtidige hendelser. Et sentralt punkt for å få en bred kartlegging av årsaker er at man i granskningen utelukker skyldspørsmålet (Hovden, Størseth og Tinmannsvik, 2011).

2.3 Ulikt omfang av granskning

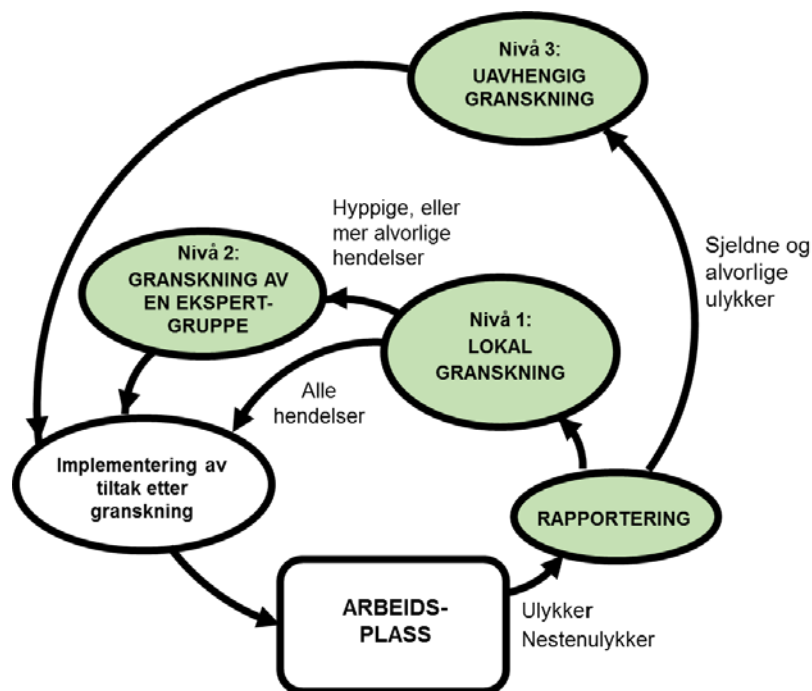
2.3.1 Tre nivåer av granskning

Når man skal granske en ulykke, kan det skje på ulike måter og med ulik detaljeringsgrad og ressursinnsats, avhengig av hvor alvorlig hendelsen er, og hvor dypt man ønsker å belyse årsakene til hendelsen. Det er viktig å prioritere innsats mot hendelser og nestenulykker med størst alvorlighetsgrad og potensial for læring. Kjellén (2000) foreslår følgende nivåinndeling av granskning, se Figur 1:

- Nivå 1: *Lokal granskning*: Alle rapporterte hendelser (ulykker og nestenulykker) granskes av arbeidsleder/formann og verneombud i fellesskap.
- Nivå 2: *Granskning av en ekspertgruppe*: Et utvalg av mer alvorlige hendelser, f. eks. hendelser som inntreffer relativt hyppig eller hendelser med et relativt høyt skadepotensial, granskes av en gruppe sammensatt av personer med fagkunnskap innenfor relevante

områder for hendelsen. En slik gruppe kan ledes av sikkerhetsansvarlig, som på den måten vil bygge opp kompetanse om granskning.

Nivå 3: *Uavhengig granskning*: Hendelser med alvorlig konsekvens eller et høyt skadepotensial som inntreffer meget sjeldent granskes av en uavhengig granskingsgruppe, bestående av fagpersoner innenfor teknologi, organisasjon og ledelse av relevans for hendelsen. Uavhengigheten til gruppen defineres her i forhold til den enhet, eller organisasjon som er ansvarlig for hendelsen. Denne type granskning har mye likhetstrekk med utøvelse av internt tilsyn. Av praktiske hensyn, f.eks. i mindre og middels store selskaper, kan det være nok at lederen for granskningen kommer utenfra. Ingen deltakere bør komme fra den direkte berørte enheten. Nærmere om sammensetning, se kapittel 2.4.



Figur 1. Tre ulike nivåer av ulykkesgranskning (tilpasset etter Kjellén, 2000).

Det er ulikt omfang og resultat av granskninger på de ulike nivåene (Kjellén, 2000). På Nivå 1 vil som oftest anbefalinger om korrigerende tiltak være rettet mot de direkte utløsende årsakene og identifiserte avvik.

Granskning på Nivå 1 vil omfatte alle fraværsskader og andre uønskede hendelser i henhold til selskapets rutiner. En slik granskning har flere hensikter. Den skal resultere i tiltak for å eliminere de umiddelbare årsakene til hendelsen. Granskningen brukes også for å vurdere behov for granskning på Nivå 2 og 3 og som grunnlag for statistikk.

En granskning på Nivå 1 skal dokumentere hendelsesforløp og fakta om hendelsen på en objektiv måte. Resultatet registreres i et enkelt skjema. Det kan være et internt skjema, f.eks. i bedriftens avvikssystem. For ansattes selvrapportering benyttes RUH-skjema (Rapport Uønskede Hendelser). Følgende data bør registreres: Tid og sted for hendelsen, arbeidsgiver, aktivitet da skaden inntraff, hendelsesforløp, type hendelse (klassifisering), type skade (beskrivelse og klassifisering), avvik/årsaker og mulige tiltak.

På Nivå 2 vil anbefalingene dekke litt bredere, og tiltak rettes mot påvirkende faktorer til hendelsen, enten knyttet til utforming og organisering av arbeidsplassen, eller av avdelingen hvor hendelsen skjedde. En uavhengig granskning på Nivå 3 vil dekke alle de foregående typer av anbefalinger. I tillegg vil granskningsgruppen i kraft av sin rolle gjøre vurderinger av mulige bakenforliggende årsaker knyttet til organisasjon og ledelse, og anbefale tiltak deretter.

2.3.2 Eksempler på resultater fra granskning

Her illustreres typiske resultater fra granskning på henholdsvis Nivå 1, 2 og 3. Tiltak på ett nivå vil også være aktuelle i granskninger på et høyere nivå. Eksempelene er valgt fra en hovedentreprenør sitt ståsted.

Nivå 1: Håndheve bruk av personlig verneutstyr, montere vern på sag, erstatte slitte stropper, informasjon om hendelsen på morgenmøte.

Nivå 2: Anskaffelse av nytt stillassystem til byggeplassen, koordinering av de forskjellige disiplinenes behov for stillas i planleggingsmøte, innføring av rutiner for sikkerhetskontroll av transporter av materiale til byggeplassen, disponering av byggeplassen slik at tungtransport og materialhåndtering skilles fra annen virksomhet.

Nivå 3: Nye rutiner for kontroll av alt sikkerhetskritisk utstyr som tas inn på selskapets byggeplasser, nye arbeidsbeskrivelser for styring av sikkerhetskritiske arbeidsoppgaver basert på risikoanalyse, revidert prosedyre for innleie av underentreprenører med større vektlegging av sikkerhet.

2.4 Sammensetning og kvalifikasjoner til granskningsgruppen

Sammensetning av granskningsgruppen vil variere, avhengig av nivå på granskningen. Lokal granskning (Nivå 1) gjennomføres av arbeidsleder/formann og verneombud i fellesskap. Granskning av en ekspertgruppe (Nivå 2) granskes av en gruppe personer med fagkunnskap innenfor relevante områder for hendelsen. En slik gruppe kan ledes av sikkerhetsansvarlig, som på den måten vil bygge opp kompetanse om granskning.

For granskning på Nivå 3 vil det stilles særlige krav til uavhengighet og kvalifikasjoner. For andre enn de største selskapene kan dette by på problemer pga. utilstrekkelige ressurser og tette forbindelser mellom de ansatte. Kompromisser vil bli nødvendige, og i enkelte tilfeller kan det være aktuelt å leie inn en ekstern granskningsleder. En Nivå 3 granskning vil være en grundig gjennomgang av fysiske, tekniske og organisatoriske forhold relatert til den aktiviteten hvor ulykken skjedde. Det vil av den grunn være nødvendig med en «teknisk» fagekspert med relevant kunnskap og innsikt. I tillegg vil det være nødvendig med en person med ledelseskompetanse i tilsvarende virksomhet, som vil ha kompetanse til å vurdere den mer overordnede styringen og ledelsen av virksomheten. I tillegg til dette kommer fageekspertise innenfor myndighetskrav og granskningsmetodikk.

Verneombud skal som regel delta i granskningen. Det er en klar fordel om verneombudet har fagkunnskap innenfor området for hendelsen. På en byggeplass må partene avtale hvilket selskap, byggherre, hovedentreprenør, entreprenør eller underentreprenør, som skal være ansvarlig for selve granskningen og utpeke granskningsleder. Andre selskaper kan være representert i granskningen, enten som medlemmer i granskningsgruppen eller som observatører. Granskningsgruppen, inklusive observatører bør imidlertid ikke bli for stor. En størrelse på 3 – 5 personer er anbefalt.

Eksempel: En granskning av en dødsulykke, hvor en grøftemann ble klemt av en frontlaster, besto av fem personer, hvorav én ekstern og øvrige fra byggherren. Entreprenøren var invitert, men deltok ikke. Granskningsgruppen besto av:

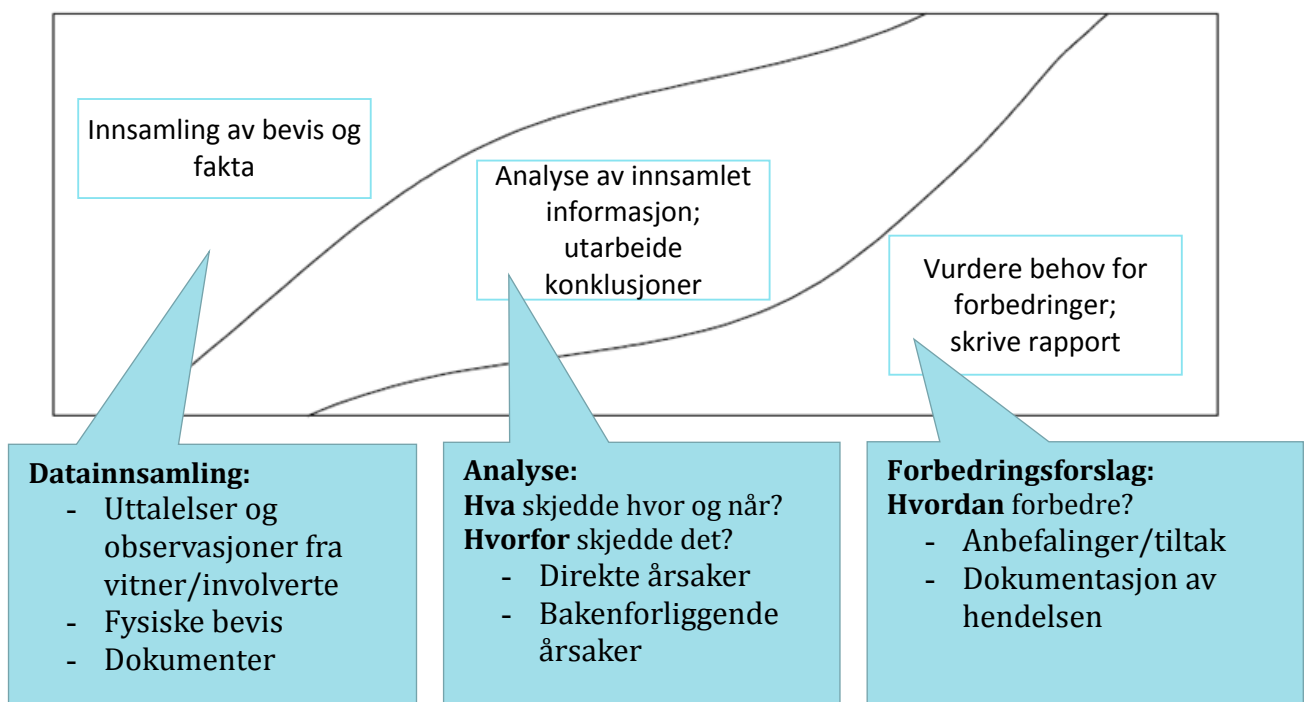
- Granskningsleder: Ekstern konsulent med bakgrunn innenfor sikkerhet og granskning
- Hovedverneombud (HVO)
- Prosjektleder (ikke i prosjektet for hendelsen)
- Fagansvarlig innenfor entreprenørmaskiner
- Sikkerhetssjef

En Nivå 3 granskning er en effektiv måte for læring og utvikling, særlig blant deltakerne i selve granskningen. Dette er et viktig aspekt ved sammensetning av gruppen.

2.5 Ulike faser i en granskning

Granskningsprosessen består av en sekvens av aktiviteter som gjennomføres i den hensikt å beskrive hva som har skjedd, avdekke årsakene til at hendelsen inntraff, og foreslå egnede tiltak som kan forhindre at noe tilsvarende skjer igjen. Prosessen starter gjerne umiddelbart etter at hendelsen har inntruffet og varer frem til fremleggelse av den endelige granskningsrapporten. Granskningsprosessen kan deles inn i tre hovedfaser som vist i Figur 2:

1. Datainnsamling: Samle inn informasjon knyttet til hendelsen
2. Analyse: Analyse av informasjon og bevismateriale (hendelsesforløp og årsaker)
3. Forbedringsforslag: Anbefale tiltak og skrive rapport



Figur 2. Tre hovedfaser i en granskning (tilpasset etter DOE, 1999).

Figuren viser at de enkelte fasene overlapper i tid, og er en iterativ prosess der man beveger seg mellom datainnsamling, analyse og forbedringsforslag ut fra funn og hvilke behov som melder seg underveis i granskningsprosessen.

En fjerde fase er implementering av tiltak og videre oppfølging. Dette kan ligge utenfor mandatet for en granskning hvis denne er utført av en ekstern part, som f.eks. en myndighet/tilsynsorgan. Alle fire fasene er imidlertid påkrevet for å lukke styringssløyfen i Figur 1.

2.5.1 Datainnsamling

Faktabasert og dekkende informasjon om hendelsesforløpet og bakenforliggende forhold er vesentlig for en vellykket granskning. Kvaliteten på informasjon påvirker også kvaliteten av analysefasen i stor grad. Man bør ha klart for seg hvilken informasjon som er spesielt viktig før man går i gang med granskningen. Informasjon i tilknytning til hendelsen kan være i form av:

- Intervju av involverte, vitneutsagn eller observasjoner fra de som var tilstede da hendelsen inntraff
- Fysiske bevis i form av utstyr eller komponenter som utgjorde vesentlige deler av systemet som ble rammet
- Relevante dokumenter i form av prosedyrer, logger og rapporter relatert til driften av systemet

2.5.2 Analyse

Analysefasen tar utgangspunkt i innsamlet informasjon om hendelsesforløpet og innhentede bevis, og søker å avdekke direkte årsaker til hendelsen, samt påvirkende faktorer på arbeidsplassen og i styring og ledelse av virksomheten. I analysefasen vil kompletterende informasjon innhentes ved intervjuer og dokumentgjennomgang.

To hovedspørsmål søkes besvart:

1. **Hva** skjedde?
2. **Hvorfor** kunne det skje?

Disse spørsmålene besvares gjennom analysen i Trinn 1 og Trinn 2 nedenfor.

Trinn 1: Kartlegge hendelsesforløpet

Hensikten med å kartlegge hendelsesforløpet er å kunne forstå og beskrive hva som faktisk skjedde, hvor og når det skjedde, samt hvem som var involvert i hendelsesforløpet.

Hendelsesforløpet fremstilles gjerne som en kjede av hendelser som utvikler seg over tid. Dette dokumenteres oftest som en «fortelling» i fritext, men bør kompletteres med en tidslinje. Dette er en tabell som viser tidspunkt og aktiviteter inklusive aktører for hver hendelse i tabellen.

Innledningsvis i granskningen bør man avklare rammene for granskningen, f.eks. hvor langt tilbake i tid man ønsker å starte kartleggingen av hendelsesforløpet. De fleste vil starte fremstillingen ved oppstart av aktiviteten hvor ulykken skjedde. Hvis årsaksanalysen avdekker forhold som har begynt på et tidligere tidspunkt, bør dette legges inn i tidslinjen. Særlig i Nivå 3 granskninger, kan man gå flere uker eller måneder tilbake i tid og eksempelvis ta med kontraktsprosessen for den aktuelle entreprisen.

I analysen av hendelsesforløpet inngår også å avdekke avvik fra regelverk og internt planverk i en egen avviksanalyse (kapittel 4.2) og barriereanalyse (kapittel 4.3).

Der det er usikkerhet knyttet til hendelsesforløpet bør dette komme klart frem av beskrivelsen. Eksempler på grafisk fremstilling av hendelsesforløp finnes i metodebeskrivelsene i kapitlene 4 og 5.

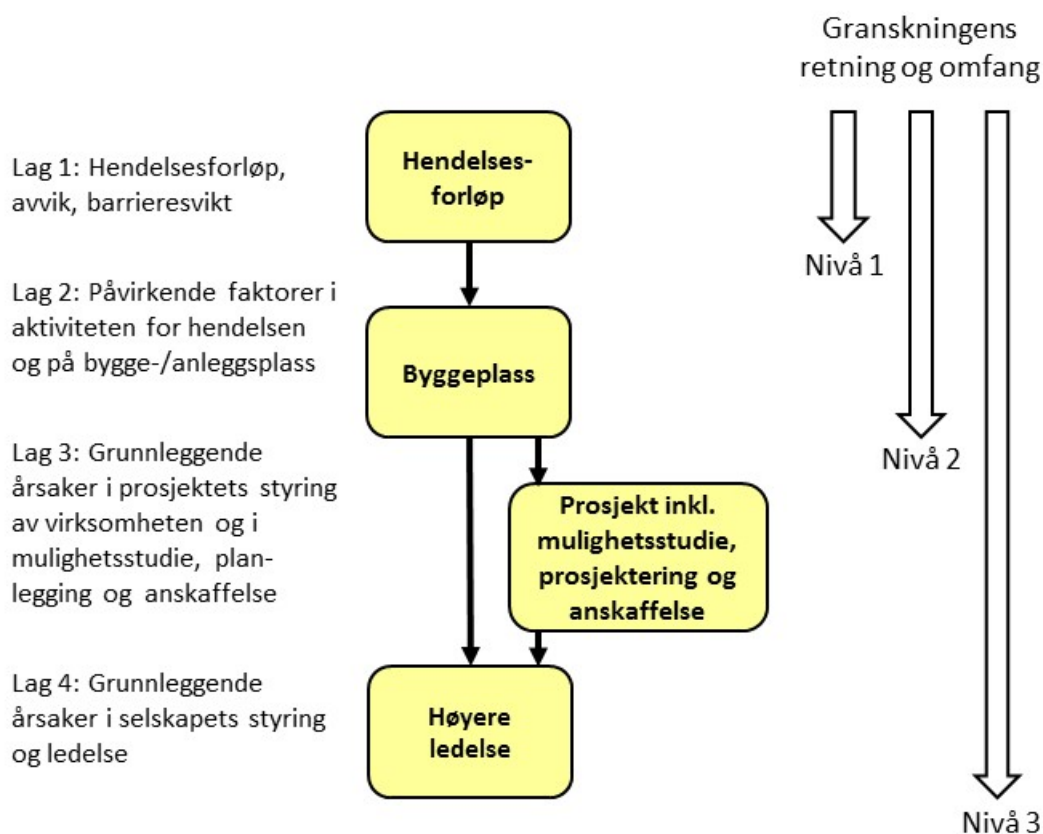
Trinn 2: Årsaksanalyse

Årsaker til hendelser kan beskrives på flere nivåer:

1. Direkte (utløsende) årsak
2. Bakenforliggende årsak i flere nivåer ("hvorfors x 4")

Direkte årsak til hendelsen kan sees på som det umiddelbare forholdet, eller den utløsende mekanismen til at hendelsen inntreffer. Bakenforliggende årsaker er omstendigheter og mer grunnleggende forhold som har bidratt til hendelsen. Et godt prinsipp er å stille spørsmålet "hvorfors" flere ganger, slik at man avdekker grunnleggende svakheter ved organisasjonen (kompetanse, planlegging, styringssystemer). Dette er forhold som kan være kilder til effektive forbedringstiltak. Noen anbefaler "hvorfors x 4" for å sikre seg at man har gravd dypt nok og har dekket MTO-perspektivet (menneske – teknologi – organisasjon) på en tilfredsstillende måte.

En alternativ fremgangsmåte for årsaksanalyse er illustrert i Figur 3. SMORT (Safety Management and Organisation Review Technique) er en metode for sikkerhetsanalyse av organisasjoner (Kjellén m.fl., 1987; gjengitt i Kjellén & Albrechtsen, 2017). Det er utviklet sjekklister/spørsmålsbatteri for å støtte hvert lag i analysen. Ulike metoder for årsaksanalyse er nærmere beskrevet i kapittel 4.4.



Figur 3. Analyse av årsaker i flere lag innen bygg og anlegg, basert på SMORT.

Det er viktig i en granskning å skille mellom hva som er fakta og hva som representerer vurderinger gjort av granskningsgruppen. Informasjon om selve hendelsesforløpet, omstendigheter rundt hendelsen, avvik og status for barrierer skal være faktabasert. I den videre analyse av påvirkende faktorer og bakenforliggende årsaker vil granskningsgruppen i økende grad konkludere ved hjelp av vurderinger. Granskningsgruppen vil i slike tilfeller ta i bruk den prosessen for kvalitetsrevisjon som

er beskrevet i ISO 19011. Denne gir råd om hvordan gruppen skal kunne konkludere basert på innhentet informasjon. Her er det viktig at granskningsgruppens medlemmer har nødvendig kunnskap og erfaringer, at granskningsgruppen blir enige og at resultatene kvalitetssikres ved at berørt organisasjon får anledning til å kommentere en foreløpig versjon av granskningsrapporten.

2.5.3 Forbedringsforslag

Det viktigste målet med en granskning er å identifisere og anbefale tiltak som kan forhindre eller redusere muligheten for at uønskede hendelser skal skje i fremtiden. Anbefalte tiltak baseres på årsaksanalysen og rettes mot både direkte årsaker og bakenforliggende forhold. I tillegg kan det være tiltak som vil være med å bidra til å gjøre systemet mindre sårbart for eksterne forhold/omstendigheter, som eksempelvis ekstreme værforhold.

Ved enkelthendelser på selskapsnivå vil anbefalingene gjerne rettes mot tekniske, operasjonelle eller organisatoriske forhold knyttet til den aktuelle virksomheten. Ved mer alvorlige og/eller mer hyppige hendelser i en type virksomheter kan problemet stikke dypere og være et mer gjennomgående problem for næringen. I slike tilfeller kan det være hensiktsmessig å rette tiltak også mot regulering og utøvelse av tilsyn.

3 Ulike perspektiver – ulike typer ulykkesmodeller

Når man gransker en ulykke, er det viktig at man favner vidt i forståelsen av hvordan og hvorfor ulykken skjedde. Dette er avgjørende for å dekke alle medvirkende faktorene (årsakene) til ulykken. Dette er også viktig for å identifisere gode, effektive tiltak. Dersom vi i granskningsprosessen har et snevert fokus i vurderinger av årsaker til hendelser, vil vi også få et snevert utgangspunkt for valg av løsninger og tiltak.

I arbeidet med å lete etter ulykkesårsaker kan vi ha stor nytte av ulykkesmodeller. Slike modeller benyttes for å etablere en felles forståelse i organisasjonen av omstendighetene rundt, og hvorfor ulykker inntreffer (Kjellén, 2000). Slike modeller er også utgangspunktet for hva slags type informasjon som er relevant å samle inn i forbindelse med en granskning. En ulykkesmodell gir et forenklet bilde av virkeligheten, og vil være til stor hjelp når mye informasjon og data skal bearbeides og analyseres i granskningen.

Det eksisterer ulike type modeller som hver belyser bestemte aspekter ved en ulykke. I noen tilfeller vil en kombinasjon av flere modeller gi den beste helhetlige forståelsen av en ulykke. Følgende typer av ulykkesmodeller blir kort omtalt nedenfor:

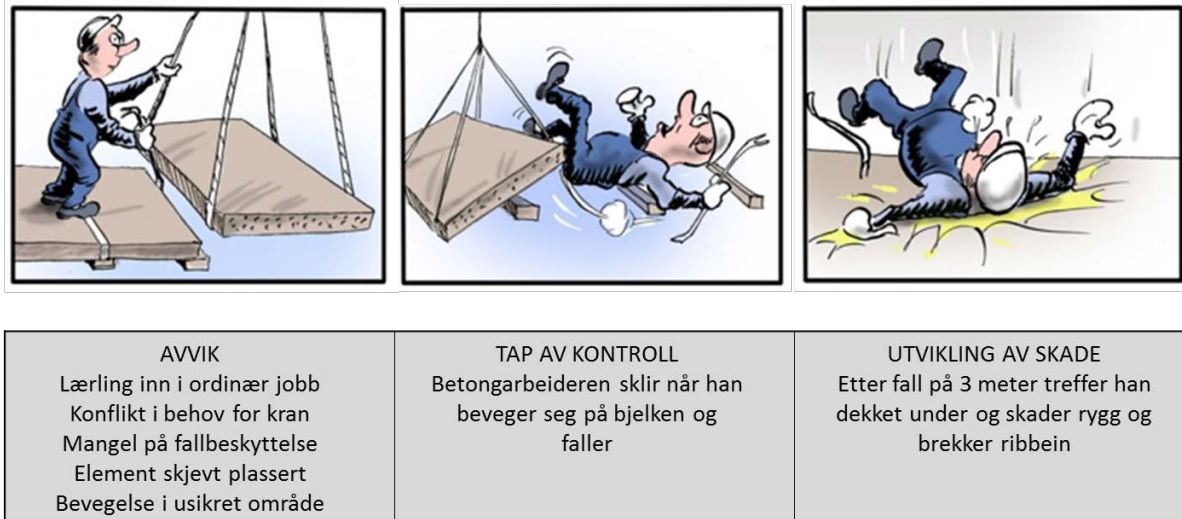
- Prosessmodeller
- Årsakskjedemodeller
- Energi/barriere-modeller
- Informasjonsergonomiske modeller

3.1 Prosessmodeller

Prosessmodellene utgjør ofte ryggraden i en ulykkesgranskning. Slike modeller viser hvordan et system gradvis går fra å være i en normaltilstand til å bevege seg mot en tilstand som kjennetegnes av mangelfull kontroll, hvor en ulykke lett kan oppstå (Kjellén, 2000). Ulykkene fremstilles som en kjede av hendelser som utvikler seg over tid. Til forskjell fra f.eks. årsakskjedemodeller skiller prosessmodeller klart mellom ulykkessekvensen og påvirkende faktorer. Prosessmodellene deler gjerne ulykkessekvensen inn i tre ulike faser (Figur 4):

1. Overgangen fra normaltilstand til å begynne å miste kontroll (avvik)
2. Overgangen fra man er i ferd med å miste kontroll til energi er ute av kontroll (tap av kontroll)
3. Energi ute av kontroll treffer mennesket og absorberes (utvikling av skade)

Videre utvikling av skade/tap kan stanses ved beredskapstiltak.



Figur 4. Ulykke med kran illustrerer de tre fasene i et ulykkesforløp: 1) Avvik, 2) Tap av kontroll og 3) Utvikling av skade.

3.2 Årsakskjedemodeller

Årsakskjedemodellene legger vekt på å vise hvordan farlige handlinger og farlige forhold på en arbeidsplass kan spores tilbake til mangler ved styringssystemer, organisasjon og ledelse. Den eldste av disse modellene er den såkalte "Domino-teorien" (Heinrich, 1959) som er en forløper for mange etterfølgende ulykkesmodeller, bl.a. ILCI-modellen (The International Loss Control Institute) og TRIPOD (Groeneweg, 1998). En utfordring med årsakskjedemodellene er at de ikke skiller mellom observasjonene av ulykkessekvensen, som er faktabasert, og vurderinger av årsaker knyttet til menneskelige faktorer og forhold knyttet til organisasjon og ledelse.

3.3 Energi/barriere-modeller

Ifølge energi/barriere-modellene i Figur 5 inntreffer ulykker når objekter (f.eks. et menneske) utsettes for skadelige påkjenninger (energi), og det mangler effektive barrierer mellom energikilden og objektet. Energi/barriere-modellene har hatt stor betydning for europeisk regelverk og standardisering, f. eks. knyttet til maskinsikkerhet og risikoanalyser.



Figur 5. Illustrasjon av energi/barriere-modellen og hvordan skade oppstår ved at et menneske kommer i kontakt med skadelig energi (Haddon, 1980).

Et fortrinn med energi/barriere-modellene er at de går langt i å forklare konsekvensene av en hendelse/ulykke. Når et menneske eksponeres for en energistrøm, kan konsekvensene i stor grad forklares med fysikkens lover, som i stor grad er bestemt av mengde og type energi som er involvert.

Haddon (1980) beskriver 10 strategier, eller tiltakskategorier for å hindre tap på grunn av ulykker, hvorav fem kan relateres til kontroll med energikilden, to relateres til selve barrieren, og tre relateres til å begrense skaden. Haddons tenkemåte har fått stor betydning for utvikling av sikkerheten, særlig innen trafikksikkerhet (ref. nullvisjonen), men også innen EUs sikkerhetsregelverk.

Tiltak rettet mot energikilder



1. Forhindre oppbygging av energi
Eks.: Installasjon av trykkavlastningsventiler.
2. Modifisere energiens egenskaper
Eks.: Fortynne syre.
3. Begrense mengden av lagret energi
Eks.: Lagre et minimalt antall metanoltanker.
4. Forhindre ukontrollert/uønsket frigjøring av energi
Eks.: Foreta inspeksjoner for å finne gasslekkasjer, opplæring av vedlikeholdspersonell.
5. Modifisere hastigheter eller konsentrasjon av frigjort energi.
Eks.: Automatiske avblødningssystemer ved gasslekkasje.

Tiltak rettet mot barrierer mellom energikilde og menneske



6. Atskille mennesker og energikilder i tid og rom
Eks.: Fjernstyring, sikkerhetssoner rundt maskiner, unngå at operasjoner kommer i konflikt med hverandre.
7. Atskille mennesker og energikilder med fysiske barrierer
Eks.: Motordeksler, brannvegger, overtrykksluser.

Tiltak for å minske skadene på mennesket



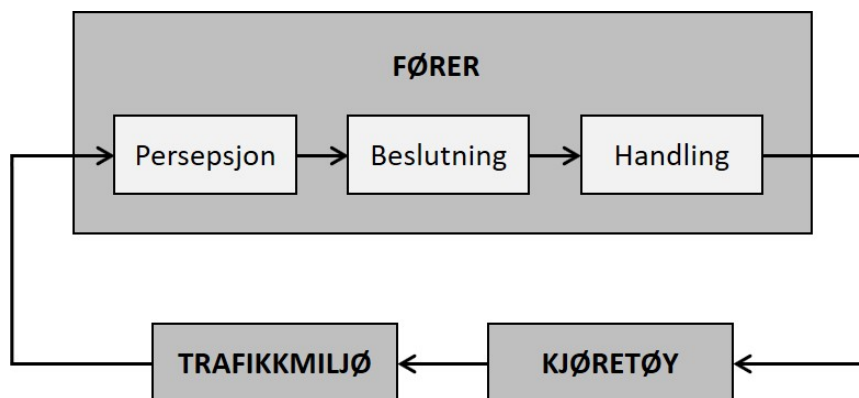
8. Gi menneskene større motstandsevne mot energikildene
Eks.: Bruk av personlig verneutstyr, økt kompetanse (bedre forståelse av faresituasjonen) blant arbeiderne.
9. Begrense omfanget av skadene
Eks.: Førstehjelp.
10. Stabilisere, reparere og rehabilitere menneskene
Eks.: Katastrofepsykiatri, attføring.

3.4 Informasjonsergonomiske modeller

Informasjonsergonomiske modeller er opptatt av menneske-maskin-forholdet (f.eks. i et kontrollrom). Disse modellene ser på hvordan mennesket skaffer seg informasjon og bearbeider denne til en handling. Analyse av menneskelige feilhandlinger i arbeidssituasjonen kan ta utgangspunkt i denne type modeller.

I en granskning kan et mål være å identifisere eventuelle menneskelige feil knyttet til det å identifisere og evaluere situasjoner som oppstår, ut fra den tilgjengelige informasjonen. Slik prosessering av informasjon er påkrevd for å ha kontroll med systemet. Ifølge disse modellene skjer ulykker gjerne som et resultat av operatørens manglende evne til å håndtere en situasjon hvis informasjonsmengden blir for stor, uoversiktlig eller kompleks.

Figur 6 viser et eksempel på en informasjonsergonomisk modell, som er mye brukt i granskning og forebygging av ulykker innenfor transportsektoren.



Figur 6. Informasjonsergonomisk modell av trafikksystemet med fører, kjøretøy og trafikkmiljø (tilpasset etter Englund m.fl., 2006).

4 Oversikt over metoder og verktøy til bruk i en granskning

I en granskning brukes en rekke metoder og verktøy for å beskrive og illustrere hendelsesforløpet og for å analysere og visualisere umiddelbare og bakenforliggende årsaker. I dette kapitlet gis en kortfattet oversikt over noen av de vanligste metodene.

4.1 Kartlegging av hendelsesforløp

En beskrivelse av hendelsesforløpet er en "obligatorisk" del av enhver granskning. De vanligste metodene for å dokumentere og illustrere et hendelsesforløp er:

- *Fritekstbeskrivelse:* En fritekstbeskrivelse følger utvikling av hendelsesforløpet kronologisk, og beskriver enkelthendelser og medvirkende aktører, utstyr, materiale etc.
- *Tidslinje:* En tidslinje identifiserer og arrangerer enkelthendelser i hendelsesforløpet kronologisk. Hver hendelse dokumenteres med en kort beskrivelse av selve hendelsen og involverte aktører, utstyr etc. Tidspunktet for hendelsen angis hvis mulig. Rekkefølgen av hendelser kan illustreres som blokkdiagram eller i en tabell. Fordelen med sistnevnte er at beskrivelsen av hver hendelse kan gjøres mer detaljert.
- *Grafisk fremstilling av hendelsesforløpet:* To eksempler på en grafisk fremstilling av hendelsesforløpet finnes i STEP- og MTO-metoden. Se omtale i kapittel 5.2 og 5.3. STEP fremstiller hendelseskjeden i et prosessdiagram med aktører (mennesker, objekter) og tid som to dimensjoner, og som dokumenterer hendelsesforløpet i form av en "multilineær" kjede av hendelser, der hver aktør har en egen linje i diagrammet. Sammenhengen mellom aktiviteter/-hendelser illustreres med piler i diagrammet. I MTO-metoden fremstilles hendelsesforløpet som en lineær kjede av hendelser, uten å skille tydelig på "hvem som gjør hva".

4.2 Avviksanalyse

Identifisering og analyse av avvik er en sentral del i granskningen. Nivå 1 granskninger fokuserer på avvik i den, eller de aktivitetene som innvirker på selve ulykken. Sjekklisten i Tabell 1 omhandler både avvik i utførelse av aktivitet, påvirkning fra samtidige aktiviteter og omgivelsene, og avvik i barrierer og sikkerhetssystemer. En slik tilnærming er relevant for bygg og anlegg.

Tabell 1. Sjekkliste for identifisering av avvik i aktiviteten for hendelsen og på arbeidsplassen (tilpasset etter Kjellén, 2000).

Arbeidsforholdene: 1. Menneskelig feil, f.eks. feil rekkefølge, utelatelse 2. Teknisk feil, f.eks. maskinfeil, manglende utstyr/verktøy 3. Forstyrrelser i material-strømmen, f.eks. dårlig kvalitet, forsinkelser 4. Personellavvik, f.eks. fravær, utilstrekkelige kvalifikasjoner, indisponibel 5. Utilstrekkelig informasjon og oppfølging, f.eks. utilstrekkelig eller manglende instruksjoner, sikker jobbanalyse, arbeidstillatelse	Miljøet: 1. Samtidige aktiviteter, f.eks. forstyrrelser fra andre arbeidsgrupper 2. Dårlig orden 3. Forstyrrelser fra miljøet, f.eks. høyt støynivå, vindhastighet, nedbør, høy eller lav temperatur Sikkerhetssystemene: 1. Manglende aktive eller passive sikkerhetssystemer 2. Utilstrekkelig beskyttelse 3. Utilstrekkelig beredskap, f.eks. forsinket varsling og mobilisering, manglende evakuering
--	---

Avvikene dokumenteres i en liste eller tabell, og inneholder foruten en beskrivelse av selve avviket en referanse til de krav som ikke er overholdt.

Avviksanalyse brukes også i granskninger av høyere nivåer i en organisasjon. Man følger da metoden for systemrevisjon (ref. ISO19011), og avvikene relateres til bedriftens ledelsessystem inklusive internkontroll (IK). Resultatene kan med fordel dokumenteres som «funn» i tabellform. Hvert funn klassifiseres f.eks. ved bruk av symboler i Figur 7.



Figur 7. Symboler for klassifisering av avvik og observasjoner.

Funnene kan tematiseres og gir en god oversikt over resultatene fra granskningen. Hvis funnene utformes slik at muligheter for korrigering/forbedring fremgår, vil dette forenkle oppfølging og lukking av avvik.

Disse symbolene for avvik og andre funn benyttes også i Energi Norge sin bransjeveileder "Gransking av HMS-hendelser som metode og forbedringsverktøy i kraftnæringen" (2016).

4.3 Barriereanalyse

Det finnes ingen generell definisjon av en barriere. I dette notatet vil vi bruke "barriere" i betydningen av et sikkerhetstiltak som griper inn i et ulykkesforløp for å minske eller eliminere skade, se kapittel 3.3. MTO-metoden bruker en videre definisjon av barriere som tekniske, operasjonelle eller organisatoriske elementer som enkeltvis, eller samlet skal redusere muligheten for at konkrete feil, fare- og ulykkesituasjoner inntreffer, eller som begrenser eller forhindrer skader/ulempes. Denne vide definisjonen av en barriere kan innebære en vanskelig grenseoppgang mellom barrierer og andre typer av tiltak.

Hensikten med en barriereanalyse er å identifisere mulige barrierer med tilhørende barrierefunksjon, og vurdere status i forbindelse med ulykken. Følgende statuskategorier blir vurdert:

- A. Ikke relevant for den aktuelle typen fare
- B. Relevant, men ikke implementert
- C. Implementert, men ikke aktivert
- D. Aktivert, men virker ikke etter hensikten
- E. Aktivert og virker etter hensikten

Eksempelvis vil personlig verneutstyr som finnes tilgjengelig på en byggeplass, men som ikke har blitt brukt, klassifiseres som status "C". Resultatet dokumenteres i en tabell med type barriere i

henhold til Haddons 10 tiltaksstrategier, fritekstbeskrivelse av faktiske omstendigheter vedrørende barrieren og status (A – E).

Tabell 2. Eksempel på barriereanalyse av en ulykke hvor en grøftemann ble truffet av en anleggsmaskin.

Type barriere (ref. Haddons strategier, side 15)	Situasjonen ved ulykkestidspunktet	Status for barriere
Eliminere faren (1)	Frontlaster ble brukt for transport og tømning i grøft. Et alternative ville være bruk av trillebår, som ville ha eliminert faren.	Ble ikke brukt, er ikke vanlig i denne type jobb. Barrierestatus: A
Begrense mengden energi (3)	Mengden energi er gitt av maskinens tyngde og topografi.	Ikke praktisk mulig å redusere mengden energi. Barrierestatus: A
Forhindre ukontrollert/uønsket frigjøring av energi (4)	Energien utløstes av en kombinasjon av helling, snø og glatte forhold og bruk av frontlaster med gummibelte. Bruk av gravemaskin hadde forhindret at maskinen kom ned i skråningen og begynte å skli.	Tiltak for å forhindre glatte forhold ble ikke implementert. Barrierestatus: B
Unngå at ubeskyttet personell oppholder seg i faresonen (6)	Grøftemann oppholdt seg i farlig sone for frontlasteren. Dette var ikke nødvendig for utførelse av arbeidsoppgaven.	Menneskelig feil, barriere sviktet. Barrierestatus: B
Fysisk barriere mellom maskin og personell (7)	Ved å plassere utgravd masse på den siden som maskinen opererer, ville massen kunne fungere som fysisk hinder for maskinens ukontrollerte bevegelser.	Ikke tatt i bruk. Barrierestatus: B
Bruk av personlig verneutstyr (8)	Obligatorisk personlig verneutstyr ble brukt.	Har ikke hatt betydning for konsekvensene av hendelsen. Barrierestatus: A
Førstehjelp (9)	Personell på ulykkesstedet startet umiddelbar førstehjelp og varslet ambulanse.	Aktivert og virket etter hensikt. Barrierestatus: E

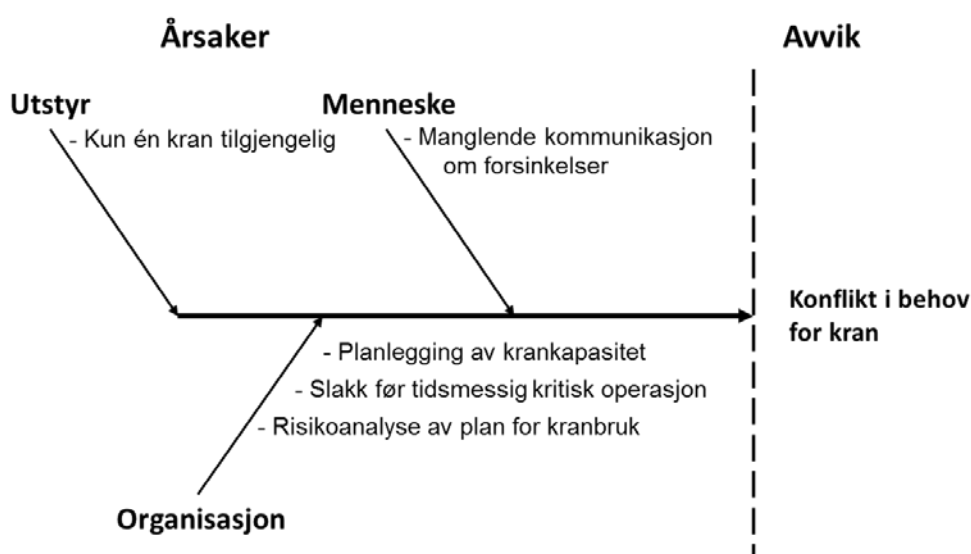
4.4 Årsaksanalyse

Årsaksanalyse brukes her som et samlebegrep for metoder, som har til hensikt å støtte analysen av årsaker, utover de direkte årsakene til selve ulykke (avvik, barriersvikt). Her finnes en rekke metoder, og vi vil begrense oss til følgende:

- *Trinnvis analyse av årsaker* på forskjellige organisasjonsnivå: Disse analysene følger hierarkiet i en organisasjon og analyserer årsaker knyttet til arbeidssituasjonen, den organisatoriske enhet hvor ulykken skjedde, og én eller flere nivåer opp til selskapsledelse (se Figur 3,

som et eksempel). Noen metoder for årsaksanalyse går videre og ser på regelverk og myndighetshåndtering. Dette kan være aktuelt ved større ulykker, hvor det kan være nødvendig med tiltak på samfunnsnivå.

- *Temabasert redegjørelse* i fritekst: Tradisjonelt dokumenteres granskningsresultat av årsaker i en temabasert redegjørelse i fritekst. Dette tillater en nyansert beskrivelse, hvor også usikkerheter kan diskuteres. Denne fremgangsmåte kan kombineres med bruk av sjekklister i selve innsamlingen av fakta, slik at resultatene baseres på en systematisk gjennomgang av relevante faktorer.
- *Årsakskjede* (hvorfor-hvorfor) analyse: Dette er en framgangsmåte, hvor granskeren stiller hvorfor-spørsmål for hvert funn, slik at man i analysen trenger dypere ned i bakenforliggende forhold. Man snakker om «hvorfor x 4», hvilket innebærer at man søker årsaker på fire nivåer: selve hendelsen, usikre handlinger og forhold i arbeidssituasjonen, utforming av arbeidsplasser og ledelsessystemet.
- *Metoder for kvalitetsrevisjon*: Det er utviklet verdifulle verktøy innenfor kvalitetsrevisjon, som er godt egnet for analyse av bakenforliggende årsaker til ulykker (ISO 19011). Typiske kjennetegn for disse er krav til kvalifikasjoner for de som utfører selve revisjonen, bruk av sjekklister og systematisk bruk av revisjonskriteria (krav), samt en gjennomføring som ivaretar krav til objektivitet. SMORT sjekklister tilbyr relevante spørsmål både vedrørende forhold på byggeplassen, i prosjektet (inklusive tidligfase), og i selskapet (entreprenør og byggherre), se Figur 3.
- *Logiske tre*: Dette er en gruppe metoder som ble utviklet for å analysere årsaker til svikt i tekniske systemer. Metodene har siden blitt utvidet til å omfatte analyser av menneskelige feil og svikt i organisasjon og ledelse. "Feiltre" er en metode for analyse av årsaker, basert på analytiske betraktninger av nødvendige og tilstrekkelige årsaker til at en hendelse skal kunne skje. Fiskebeinsdiagrammet (eller Ishikawa-diagram) er et forenklet feiltre, som ble utviklet for bruk i kvalitetssirkler, men er godt egnet for analyser av avvik ved granskning av hendelser. Et fiskebeinsdiagram (se Figur 8) illustrerer retningen av påvirkning mellom forskjellige årsaker. I forhold til et feiltre stilles det ikke samme krav til bevisføring av årsaksrelasjoner. Sammenhengene er ofte etablert på basis av ekspertvurderinger og konsensus.



Figur 8. Fiskebeinsdiagram illustrert med eksempel fra granskning.

5 Granskningsmetoder

5.1 Krav til en god granskningsmetode

En oversikt over granskningsmetoder finnes i Sklet (2002) og i Hollnagel og Speziali (2008). Disse metodene kjennetegnes ved at resultatene fra enkeltanalyser sammenstilles på et mer overordnet nivå. Metodene brukes for å generere spørsmål i granskningen, i analyser og for å visualisere resultatet.

En granskningsmetode skal bidra til følgende (bl.a. basert på Kjellén, 2000):

- Kunne formidle et felles mentalt bilde av hendelsesforløpet eller ulykkessekvensen
- Stille de riktige spørsmålene ut fra mandatet til granskningen, og definere hvilken type informasjon som må innhentes
- Gi støtte i etablering av "stopp-regler", dvs. kriterier for når man har gått tilstrekkelig langt i kartlegging av bakenforliggende årsaker til hendelsen
- Gi støtte i å evaluere og strukturere innhentet informasjon slik at denne kan settes sammen til en meningsfull årsaksforklaring
- Som del av analysen kunne sjekke ut/kontrollere om all nødvendig informasjon er innhentet
- Avdekke eventuelle relasjoner eller sammenhenger mellom ulike typer av informasjon
- Synliggjøre eventuell usikkerhet i analysene
- Gi støtte til å kommunisere informasjon og konklusjoner fra granskningen.

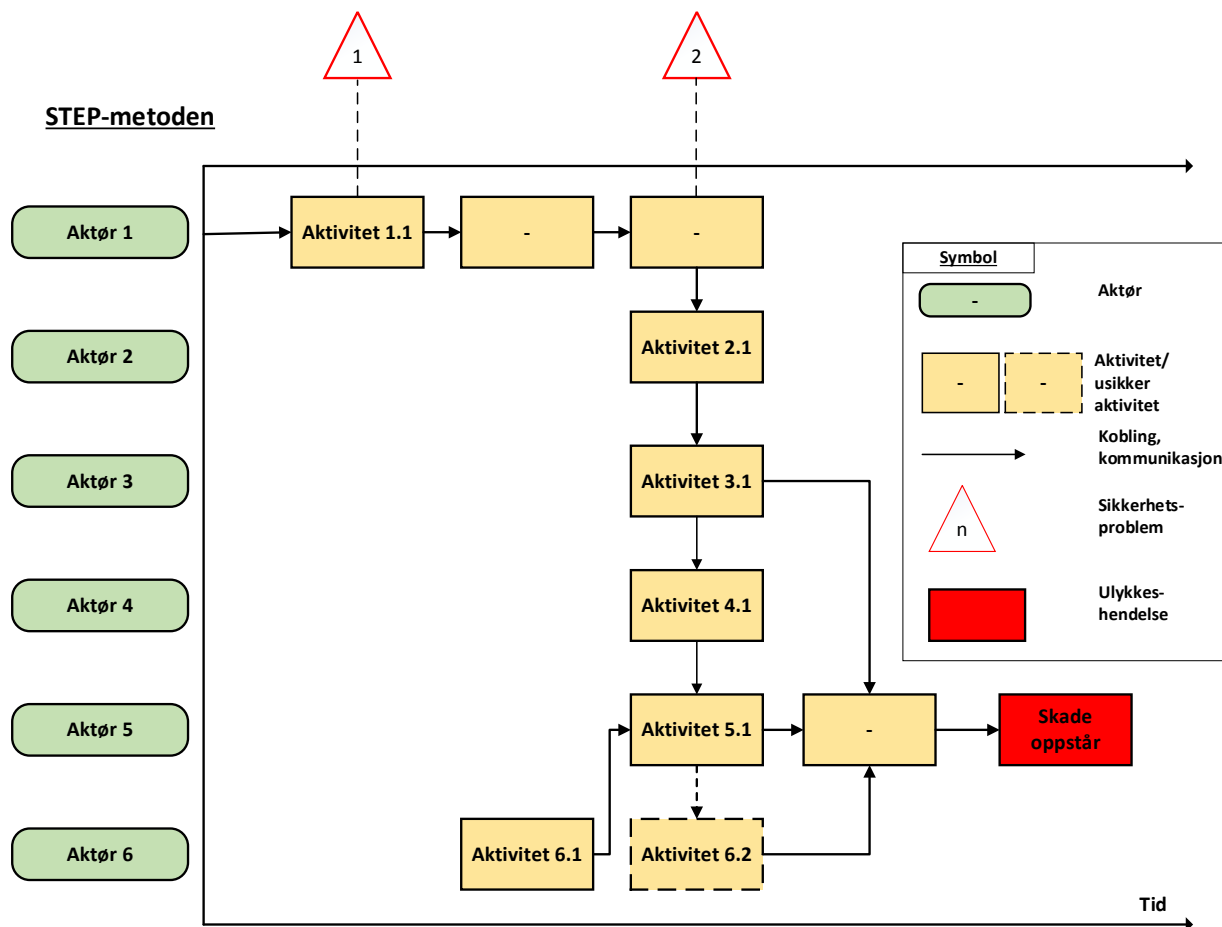
I dette notatet blir følgende metoder beskrevet (se også vedlegg B):

- STEP (Sequentially Timed Events Plotting)
- MTO (Menneske – Teknologi – Organisasjon)

I praksis er valg av granskningsmetode i ulike bransjer og virksomheter mye basert på tiltroen man har til en bestemt metode eller fremgangsmåte. Et eksempel er Petroleumstilsynets bruk av MTO-metoden til granskning av ulykker i petroleumsvirksomheten.

5.2 STEP: Sequentially Timed Events Plotting

STEP-metoden bygger på en prosessmodell og ble utviklet av Hendrick og Benner (1987). STEP-diagrammet er en matrise med rader og kolonner som illustrerer *aktører* og en *tidsskala*. Ulykkeshendelsen fremstilles i diagrammet ved bruk av såkalte multi-lineære hendelseskjeder (se Figur 9). Metoden visualiserer rekkefølgen av aksjoner/aktiviteter, samtidige aktiviteter og om flere aktører påvirker hverandre, noe som er vanskeligere å vise i en lineær kjede av hendelser. I tillegg er det vanlig å legge inn barrieresvikt og sikkerhetsproblemer i diagrammet, som grunnlag for å vurdere tiltak.



Figur 9. En enkel prinsippskisse for et STEP-diagram.

STEP-metoden bygger på fire hovedprinsipper:

1. Verken ulykken i seg selv, eller granskningen av denne, følger en lineær kjede av hendelser. Det er ofte slik at flere aktiviteter forgår samtidig innenfor et tidsvindu.
2. Blokkdiagram-formatet illustrerer ulykkessekvensen, bestående av flere enkelthendelser, og flyt av informasjon.
3. Piler benyttes for å illustrere retningen på hendelsessekvens og/eller flyten av informasjon.
4. Både arbeidsprosesser (normale operasjoner) og ulykkesprosesser kan forstås gjennom å benytte samme granskningsmetode. Begge typer prosesser involverer aktører og aktiviteter som kan belyse hendelsessekvenser med ulike utfall og årsakssammenhenger.

En ulykkesprosess starter med aktiviteten som innleder overgangen fra en normal arbeidsprosess til en ulykkessekvens (Sklet, 2000). Aktørene involvert i hendelsen listes opp til venstre i diagrammet og det avsettes én linje for hver aktør. Langs den horisontale tidsaksen beskrives enkelthendelser/-aktiviteter i forhold til når de inntreffer i hendelsesforløpet. Tidsaksen kan deles inn hensiktsmessig etter lengden på tidsperioden granskningen skal dekke. Tidsskalaen behøver ikke være lineær, men hendelsene må komme i riktig rekkefølge. På denne måten kan analysen fange opp noen sekvenser av hendelsesforløpet mer detaljert enn andre.

En enkelthendelse i STEP-diagrammet er "en aktør som utfører en aktivitet", dvs. det skal benyttes aktive verb i beskrivelsen av aktiviteten. En aktør kan være en enkeltperson, en organisasjon, et fysisk objekt eller et teknisk system. Aktører kan involveres i prosessen ved enten å måtte *tilpasse*

seg en påvirkning fra omgivelsene, eller aktivt ved selv å initiere en endring som andre påvirkes av, eller må ta hensyn til. En aktivitet kan være et fysisk inngrep, eller en mental observasjon hvis denne foretas av en person eller organisasjon. Hendelsessekvenser vises i STEP-diagrammet ved at man tegner piler mellom en tidligere aktivitet som er nødvendig for at en senere aktivitet skal kunne inntreffe.

"BackSTEP" er en teknikk som anvendes i STEP-metoden til å stille spørsmål omkring hva skjedde i forkant av en enkelthendelse i tilfeller det mangler informasjon, eller tydelige bevis omkring et forløp. Man går frem ved å spørre: Hva kunne ha forårsaket dette? Man bygger da opp alternative årsakssammenhenger og forklaringsmodeller som hver kan kreve mer detaljerte undersøkelser før man kommer til bunns i årsaksforholdene.

STEP-metoden har innebygget noen tester som sikrer kvalitet og konsistens i analysen:

- *Rad-testen* forteller om du trenger flere byggesteiner i form av aktører langs y-aksen. Testen gir svar på om aktørbildet er brutt ned tilstrekkelig.
- *Kolonne-testen* sjekker ut en sekvens av hendelser ved å sammenstille aktiviteter/enkelthendelser som berører én aktør, med aktiviteter foretatt av andre aktører. Dette er bl.a. en test for å sjekke at enkelthendelser er plassert riktig i forhold til hverandre tidsmessig.
- "*Nødvendig-og-tilstrekkelig*" testen utføres når en mistenker at aktivitet(er) foretatt av én aktør utløser etterfølgende aktivitet(er) av en annen aktør i STEP-diagrammet. Spørsmålet er om de tidligere aktivitetene var tilstrekkelige til å forårsake den etterfølgende hendelsen, eller om andre aktiviteter også er nødvendige betingelser for denne. Hvis de tidligere aktivitetene i diagrammet var "tilstrekkelige", sitter man med nok data om hendelsen. Hvis ikke, bør man i tillegg se etter andre forklaringer til at hendelsen skjedde, dvs. utvide STEP-diagrammet med ytterligere informasjon.

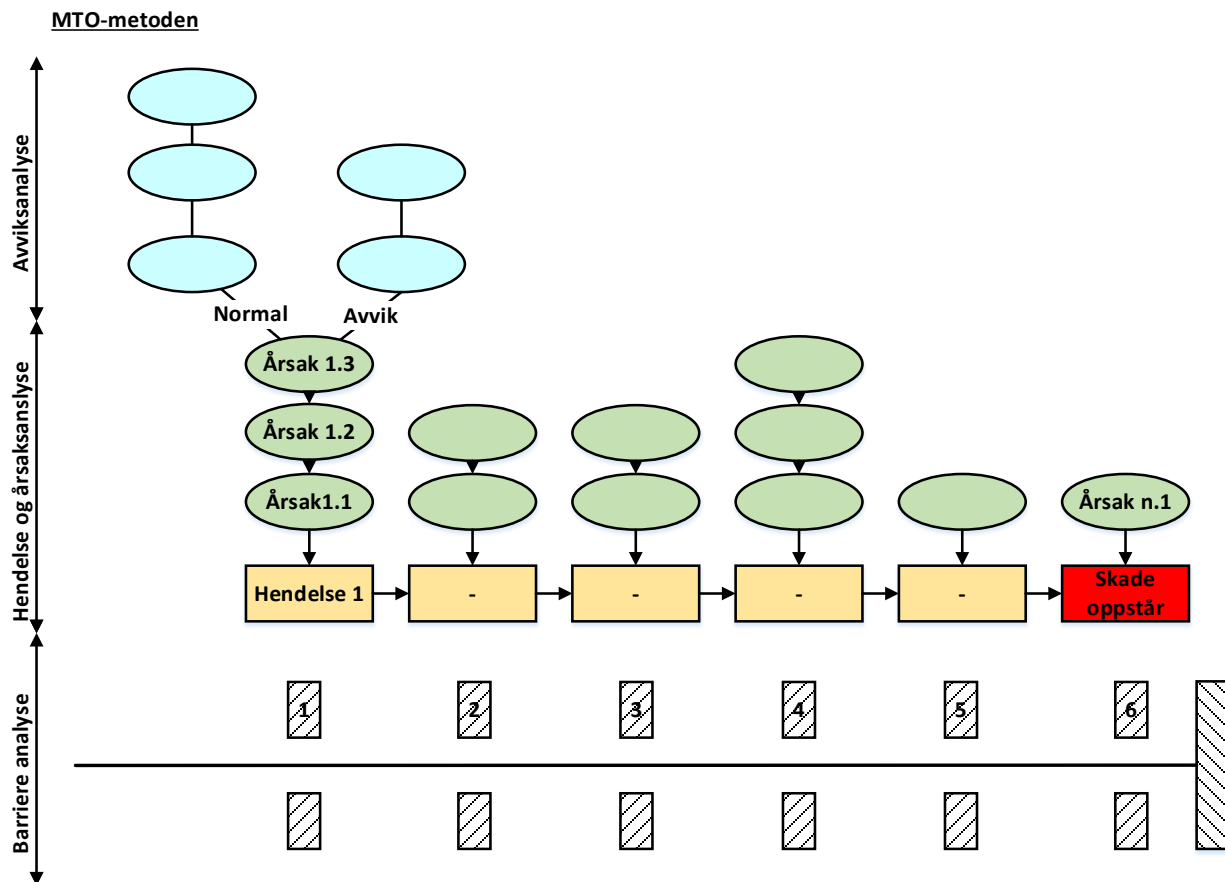
STEP-metoden gir også støtte i å *identifisere sikkerhetsproblemer* ved et system, og ved utvikling av sikkerhetstiltak. Sikkerhetsproblemer forbundet med enkelthendelser, eller kombinasjoner av hendelser, markeres med triangler ("varseltrekanter") i toppen av STEP-diagrammet. Sikkerhetsproblemene vil være utgangspunkt for å foreslå effektive forebyggende tiltak.

Et eksempel på bruk av STEP i analyse av en konkret hendelse er vist i Vedlegg B.

5.3 MTO: Menneske – Teknologi – Organisasjon

MTO-metoden bygger på en prosessmodell hvor hendelsesforløpet fremstilles som en lineær kjede av hendelser, dvs. alle hendelsene fremstilles på én rekke (se hendelseskjeden markert med gul farge i Figur 10). Dette til forskjell fra STEP-metoden, som fremstiller hendelsesforløpet som en multi-lineær kjede av hendelser. Metoden bygger på den amerikanske metoden HPES (Human Performance Enhancement System) og fokuserer på samspillet mellom menneskelige (M), tekniske (T) og organisatoriske (O) faktorer – med likeverdig fokus på alle tre aspektene (Sklet, 2000). MTO-metoden består av tre underliggende metoder/analyseteknikker:

1. *Strukturert beskrivelse av hendelsen*: Illustrerer hendelseskjeden og årsaker knyttet til hver enkelt hendelse. Årsaksanalysen dekker både direkte og bakenforliggende årsaker.
2. *Avviks-/endringsanalyse*: Viser hvordan avvik fra normal prosedyre/"god praksis" påvirker enkelthendelser i en sekvens.
3. *Barriereanalyse*: Viser tekniske, operasjonelle eller administrative barrierer som har sviktet eller manglet.



Figur 10. Prinsippskisse for et MTO-diagram.

Strukturert beskrivelse av hendelsen: Første trinn i en MTO-analyse er å identifisere hendelsesforløpet og presentere denne i et lineært blokkdiagram. Deretter identifiseres menneskelige, tekniske eller organisatoriske årsaker som har bidratt til at hendelsen fikk utvikle seg. Først kartlegges den direkte/utløsende årsaken (Årsak 1.1), og deretter de mer bakenforliggende forholdene. Som del av MTO-metoden er det også utviklet sjekkliste med MTO-faktorer som benyttes ved identifisering av årsaksfaktorene. Et eksempel på sjekkliste for MTO-faktorer er vist nedenfor.

Tabell 3. Sjekkliste for MTO-faktorer (tilpasset etter Kjellén, 2000).

M-menneskelige	T-tekniske/fysiske	O-organisatoriske
Arbeidsledelse	Utforming av arbeidsplass – HMI (Human Machine Interface)	Organisering og bemanning
Uformell informasjonsflyt	Tilgang til utstyr	Planlegging av arbeidet
Kunnskap og erfaring	Design av utstyr	Bruk av metoder/verktøy i utførelsen av arbeidet
Normer	Pålitelighet av utstyr	Vedlikeholdsrutiner
Sikkerhetskultur	Fysiske farer (varme/elektrisitet, etc.)	Kompetansebygging, øvelser
Personlige forhold	Materialer og kjemikalier	Risikoanalyser/-vurderinger
	Fysisk arbeidsmiljø	Internt tilsyn/revisjoner
	Personlig verneutstyr	Kontroll med tredjepart/-leverandører
	Sikkerhetsutstyr og -systemer	Belønningssystemer, sanksjonering
		Arbeidstidsordninger/skiftordninger
		Arbeidsprosedyrer
		Sikkerhetsinstrukser
		Førstehjelp/beredskap

Avviks-/endringsanalyse: Andre trinn i analysen avdekker om hendelsen kan ha sammenheng med at det var avvik fra etablerte prosedyrer, eller endringer i forhold til normal måte å utføre arbeidet på.

Barriereanalyse: Tredje trinn identifiserer hvilke tekniske, operasjonelle eller administrative barrierer som har sviktet eller manglet, og som gjorde at hendelsen eskalerte. Alle relevante barrierer illustreres i nederste del av MTO-diagrammet. Det er også en god praksis å kartlegge hvilke barrierer som har fungert som forventet, og som gjorde at hendelsen ikke fikk et mer alvorlig utfall enn den faktisk gjorde.

Sentrale spørsmål i MTO-analysen er:

- Hva kunne ha forhindret utviklingen av hendelsessekvensen (årsaker/barrierer)?
- Hva kunne virksomheten ha gjort for å forhindre ulykken?

Siste punkt i MTO-analysen er å identifisere *tiltak og anbefalinger*. Det er et mål å presentere så spesifikke og realistiske anbefalinger som mulig.

Et eksempel på bruk av MTO-metoden i analyse av en løftehendelse offshore er vist i Vedlegg B.

5.4 Sammenlikning av metoder

I det følgende gjøres en sammenlikning av de to metodene beskrevet ovenfor. En kort oppsummering av noen prinsipielle egenskaper og ulikheter til metodene etterfølges av en diskusjon om styrker og svakheter, samt en foreløpig vurdering av metodenes anvendbarhet i forhold til behovene i bygg og anlegg. Sammenlikningene bygger bl.a. på resultater fra et prosjekt for Petroleurstilsynet (Tinmannsvik, Sklet og Jersin, 2004).

5.5 Egenskaper ved de enkelte metodene

For å få frem styrker og svakheter, likheter og ulikheter ved de enkelte metodene, har vi gjort en oppsummering i forhold til noen kjennetegn ved metodene: 1) Grafisk fremstilling av hendelsesforløpet, 2) Analyse av årsaker og 3) Analyse av barrierer.

Grafisk fremstilling av hendelsesforløpet:

- STEP-metoden fremstiller hendelsesforløpet som en multi-lineær kjede av hendelser, der den enkelte aktør har hver sin linje/rad i STEP-diagrammet. Pilene illustrerer koblingene mellom hendelser og aktører.
- MTO-metoden fremstiller hendelsesforløpet som en lineær kjede av hendelser, uten å skille tydelig på "hvem som gjør hva".

Analyse av årsaker:

- STEP-metoden fremstiller aktiviteter og hendelser knyttet til ulike aktører. Årsaker til enkelt-hendelser vises indirekte gjennom at man systematisk identifiserer sikkerhetsproblemer i STEP-analysen.
- MTO-metoden fremstiller årsaker til enkelthendelser i hendelsessekvensen, både utløsende og bakenforliggende årsaker. I tillegg avdekker analysen om det har vært avvik fra prosedyrer, eller endringer i forhold til normal måte å utføre arbeidet på.

Analyse av barrierer:

- I STEP-metoden benyttes ikke barrierebegrepet eksplisitt, men kan koples til de identifiserte sikkerhetsproblemene.
- MTO-metoden har en egen barriereanalyse, der man kartlegger tekniske, operasjonelle eller administrative barrierer som har sviktet, eller har manglet.

En styrke ved STEP- og MTO-metoden er at de begge bidrar til å *synliggjøre hendelseskjeden* på en god måte. STEP-metoden har en fordel ved at den klargjør hvilken rolle enkeltaktører har i hendelseskjeden, og ikke minst forholdet mellom ulike aktører. Den beskriver "hvem som gjorde hva til hvilket tidspunkt". Beskrivelsen av hendelseskjeden i en MTO-analyse er mindre detaljert, i den forstand at man i mindre grad skiller på "hvem som gjorde hva". Dette innebærer at det er enklere å fremstille hendelsesforløpet, men samtidig gir den en litt magrere beskrivelse av hva som faktisk skjedde. En ulempe i forhold til hvordan MTO-metoden praktiseres i dag, er at analysen fort kan bli uoversiktlig når en hendelsessekvens strekker seg over en lengre tidsperiode.

5.6 Anvendbarhet i forhold til behovene i bygg og anlegg

Det primære behovet i bygg og anlegg i forhold til kategorisering av årsaker og granskning av hendelser er å kunne lære mest mulig av uønskede hendelser og iverksette effektive tiltak. Dette behovet ligger på alle nivåer; i det enkelte prosjekt, hos selskapet, utstyrsprodusentene og hos myndighetene. Dette betinger at granskningsmetoden og kategoriseringen av årsaker bidrar til en hensiktsmessig systematikk rundt informasjonsinnhenting og gir god støtte i granskningsprosessen.

Samtidig må resultatene presenteres slik at kunnskapen om direkte og bakenforliggende årsaker til hendelser lar seg formidle på en måte som blir forstått av næringsaktørene.

Vi har inntrykk av at fokuset i etterkant av hendelser innenfor bygg og anlegg til nå har vært på utløsende tekniske og operasjonelle årsaker. Man avdekker hva som har skjedd og iverksetter kompensierende/avbøtende tiltak. Inntrykket er at man i mange tilfeller slår seg til ro med dette, uten å gå i dybden på de mer grunnleggende utfordringene knyttet til hendelser innenfor bygg og anlegg. For å nå målet om å redusere antall uønskede hendelser i næringen er det nødvendig å tilegne seg kunnskap om bakenforliggende årsaker, og om hendelsen kan ha hatt sammenheng med forhold knyttet til beslutninger og valg i en tidligfase, f.eks. da bygget/anlegget ble prosjektert og planlagt.

STEP-metoden gir en oversiktlig beskrivelse av hendelsesforløpet og hvilken rolle enkeltaktører har i utviklingen av hendelsen. MTO-analysen har sine styrker i analyse av årsaker og synliggjøring av avvik fra prosedyrer og endringer i forhold til normal måte å utføre arbeidet på. I tillegg inngår en egen barriereanalyse for å identifisere hvilke barrierer som har sviktet, eventuelt manglet. I analyse av bakenforliggende årsaker inngår vurderinger av om hendelsen har sammenheng med rammebetingelser, beslutningsprosesser og konsekvenser på ulike nivå. Her inngår eksempelvis beslutningstaking i forhold til kriterier for valg av utstyr og design av anlegg, bruk av risikovurderinger, prosedyrer for innkjøp, opplæring, bemanning, arbeidsledelse, osv. I tillegg synliggjøres tekniske, operasjonelle eller administrative barrierer som har, eller kunne ha påvirket hendelsesforløpet.

6 To scenarier vedrørende granskning i bygg og anlegg

Vi vil avslutningsvis diskutere bruk av forskjellige metoder og verktøy for granskning ved å ta utgangspunkt i to scenarier med forskjellige konsekvenser.

Eksempel: Et arbeidslag, som arbeider med igjenfylling av grøft med fyllmasse, består av en maskinfører og en grøftemann. Man bruker en frontlaster til arbeidet. Arbeidslaget er ansatt i Underentreprenør til Hovedentreprenør for et boligprosjekt. Vi tenker oss følgende to mulige ulykker i tilknytning til dette arbeidet:

- *Scenario 1:* Grøftemannen skli når han skal ta seg opp fra grøfta og vrir ankel. Han blir borte fra jobb i tre dager.
- *Scenario 2:* Maskinføreren mister kontrollen med frontlasteren mens grøftemannen står nede i grøfta. Dette skyldes at frontlasteren står i en helning og at nysnø som har falt i løpet av natten, har gjort bakken glatt. Frontlasteren er forsynt med gummibelter med tverrgående riller. Grøftemannen blir truffet av frontlasteren og blir hardt skadet.

6.1 Underentreprenørens granskning

Underentreprenøren (UE) er som arbeidsgiver forpliktet etter arbeidsmiljøloven (AML) å utføre og dokumentere granskning i eget avvikssystem (f.eks. Synergi) eller Folketrygdens skjema for melding om yrkesskade. Dette tilsvarer en Nivå 1 granskning. For Scenario 1 vil dette som regel skje uten innblanding fra andre aktører.

Ettersom det er snakk om en fraværsskade, er det naturlig at UE utfører en Nivå 2 granskning. I tilfellet etablerer selskapet en problemløsningsgruppe på arbeidssstedet, eventuelt ledet av en sikkerhetsrådgiver i selskapet, og man gjennomfører avvikanalyse og årsaksanalyse ved bruk av f.eks. fiskebeinsdiagram som grunnlag for anbefalinger.

For en alvorlig hendelse (Scenario 2) antar vi at Hovedentreprenør vil initiere en granskning på Nivå 3.

6.2 Hovedentreprenørens granskning

Vi kan anta at Hovedentreprenøren vil motta rapport fra Underentreprenøren om arbeidsskade (Scenario 1). I den grad Hovedentreprenøren kvalitetssikrer Underentreprenørens dokumentasjon fra granskningen, vil man f.eks. se på analyser av avvik og barrieresvikt og kvalitet på tiltak.

Vi kan anta at Hovedentreprenøren vil initiere en Nivå 3 granskning for en ulykke som den illustrert i Scenario 2. Hovedentreprenøren vil lede granskningen, men invitere Underentreprenøren som deltaker og Byggherre som observatør. Ingen deltaker bør være tilknyttet prosjektet der ulykken skjedde (med unntak for verneombud for berørt personell). Det er naturlig at Underentreprenøren bes stille med fagekspert på entreprenørmaskiner og graving utenfor det aktuelle prosjektet. Entreprenøren kan stille med tilsvarende ekspertise og ekspertise på prosjektledelse og granskning.

Selve granskningen på Nivå 3 kan gjennomføres som en revisjon (ref. ISO 19011). I arbeidet kompletteres og utvides Underentreprenørens analyse med en mer detaljert analyse av selve hendelsesforløpet, inklusive oppstart og beredskapshåndtering etter ulykken. Granskningen vil også omfatte Underentreprenørens styring og planlegging av jobben og oppfølging fra Hovedentreprenørens side i prosjektet. Man vil ta i bruk tidslinje, avvikanalyse og barriereanalyse. SMORT sjekklister kan være en støtte i analyse av årsaker. For å sammenstille resultatene vil det være nyttig å benytte STEP- og MTO-metoden som hjelp i granskningen.

Pga. hendelsens alvorlighetsgrad vil Hovedentreprenøren følge opp med en egen granskning av ledelsessystem på selskapsnivå og særlig prosessene for anskaffelse, prosjektstyring og sikkerhetsstyring.

Hovedentreprenørens umiddelbare læring vil ligge i rutinene for oppfølging av sikkerheten på byggeplassen. For nye prosjekter vil læringen ligge i forbedrede prosesser for planlegging og gjennomføring. En viktig «bieffekt» er den erfaring og holdningsendring, som medlemmene i granskningen tar med seg.

6.3 Byggherrens granskning

Byggherre vil delta som observatør i Hovedentreprenørens Nivå 3 granskning av hendelsen i Scenario 2. De vil bidra til kvalitetssikring ved å gi råd til granskningsgruppen og kommentarer til foreløpig rapport, og dermed ta med seg viktig læring.

En ambisiøs Byggherre vil følge opp Hovedentreprenørens granskning med egen granskning av rutiner for tidligfase (f.eks. grunnundersøkelser, byggbarhetsanalyse) og rutiner for anskaffelser. Byggherre vil også kunne granske egne ledelsessystemer, f.eks. vedrørende rekruttering og utvikling av prosjektpersonell, tilsyn med prosjektene og for oppfølging ved oppstart og utførelse av kontraktsarbeid (se Figur 3). Granskningen vil basere seg på Byggherrens interne krav og krav i lover og forskrifter, og da særlig Byggherreforskriften (BHF), og utføres i henhold til ISO 19011. Byggherrens granskning vil bidra til læring og forbedring av egne rutiner for styring av prosjekter. STEP- og MTO-metoden vil være av stor nytte også i en slik granskning.

6.4 Informasjon til prosjekterende

Prosjekterende vil normalt ikke utføre egen granskning av en hendelse som den i Scenario 2, med mindre en granskning viser at Prosjekterende har utvist alvorlig svikt. Imidlertid er det naturlig at Byggherren inviterer Prosjekterende til en erfaringsdiskusjon med utgangspunkt i den aktuelle hendelsen og resultatet av Byggherrens granskning.

6.5 Avsluttende kommentarer – fra granskning til læring

Granskning etter hendelser etablerer et grunnlag for å velge effektive tiltak for å forebygge fremtidige hendelser. Derfor er det viktig at det legges til rette for gode rammebetingelser i form av tid og ressurser til å gjennomføre granskninger hos næringsaktørene, og at medlemmene i granskningsgruppa behersker noen sentrale metoder og verktøy til bruk i granskningen. Granskningene, særlig granskninger på Nivå 2 og 3, bør evaluere forhold knyttet til organisasjon og ledelse, og tiltakene bør være knyttet til slike forhold for å kunne oppnå kontinuerlig forbedring.

Men rapportering og granskning er bare starten på læringsprosessen etter hendelser. Gjennom en granskning identifiserer vi direkte og bakenforliggende årsaker til hendelsen og foreslår mulige forbedringstiltak. Granskning er dermed en viktig forutsetning for læring, men å lære i form av tiltak og endringer i arbeidsprosesser, er en langt mer krevende prosess. For å sikre reell læring må vi følge tiltakene så langt at vi kan være sikre på at tiltakene har blitt gjennomført på en god måte, og fungerer etter hensikten. Dette er den krevende delen av læringsprosessen: Valg av tiltak, implementering av tiltak og ikke minst evaluering av effekt av tiltak. Det er her man tar ut gevinsten fra granskningen i form av læring.

En studie fra Nederland (Drupsteen m.fl., 2013) viser at virksomhetene har et stort uutnyttet potensial når det gjelder å få ut god læring fra granskningene. Studien viser at virksomhetene i gjennomsnitt kun klarer å utnytte 8% av det læringspotensialet som ligger der i utgangspunktet. De fant at man i gjennomsnitt mister 35 % av læringspotensialet gjennom at granskningene er mangelfulle, bl.a. med hensyn på kartlegging av bakenforliggende årsaker. I prosessen med å planlegge og implementere tiltak mister man ytterligere, og fordi vi sjelden definerer lukkekriterier for tiltak, og er lite bevisste i forhold til å evaluere effekter av tiltak, ender vi med å ta ut bare 8 % av læringspotensialet til slutt. Derfor er det stort rom for forbedring i måten virksomhetene gransker og implementerer tiltak på i etterkant av hendelser.

7 Referanser

DOE (Department of Energy), 1999. *Conducting Accident Investigations*. DOE Workbook, Revision 2, May 1, 1999, U.S. Department of Energy, Washington D.C, USA.

Drupsteen, L., Groeneweg, J., Zwetsloot, G.I.J.M., 2013. Critical Steps in Learning From Incidents: Using Learning Potential in the Process From Reporting an Incident to Accident Prevention. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 19, 63-77.

Energi Norge, 2016. *Gransking av HMS-hendelser som metode og forbedringsverktøy i kraftnæringen*.

Englund, A., Gregersen, N.P., Hydén, C., Lövsund, P and Åberg. L. 2006. *Trafiksäkerhet – en kunskapsöversikt*. Lund: Studentlitteratur.

Groeneweg, J., 1998. *Controlling the controllable - The management of safety*. Leiden University, The Netherlands: DSWO Press.

Haddon, W., 1980. The basic strategies for reducing damage from hazards of all kinds. *Hazard Prevention*, September/October, 8-12.

Heinrich, H.W., 1959. *Industrial Accident Prevention – A Scientific Approach*. New York: McGraw-Hill.

Hollnagel, E., Speziali, J., 2008. *Study on developments in accident investigation methods: A survey of the "State-of-the-art"*. *SKI Report 2008:50*. Statens Kärnkraftinspektion, Stockholm.

Hovden, J., Størseth, F., Tinmannsvik, R.K., 2011. Multilevel learning from accidents – Case studies in transport. *Safety Science* 49, 98-105.

Kjellén, U., Tinmannsvik, R.K., Ulleberg, T., Olsen, P.E. og Saxvik, B., 1987. *SMORT – Sikkerhetsanalyse av industriell organisasjon*. Yrkeslitteratur, Oslo.

Kjellén, U., 2000. *Prevention of Accidents Thorough Experience Feedback*. London: Taylor & Francis.

Kjellén, U. Albrechtsen, E., 2017. *Prevention of Accidents and Unwanted Occurrences*. Theory, Methods, and Tools in Safety management (Second Edition). London: Taylor & Francis.

Petroleumstilsynet, 2009. *Granskingsrapport for hendelse: Personskade ved demontering og løfting av en krankrybbe på Troll A 18.09.08*.

Sklet, S., 2002. *Methods for accident investigation*. ROSS (NTNU) 200208.

Tinmannsvik, R.K., Sklet, S., Jersin, E., 2004. *Granskingsmetodikk: Menneske – teknologi – organisasjon. En kartlegging av kompetansemiljøer og metoder*. SINTEF-rapport A04422, Trondheim.

Vedlegg

Vedlegg A: Forkortelser

Vedlegg B: Eksempler på bruk av STEP- og MTO-metoden.

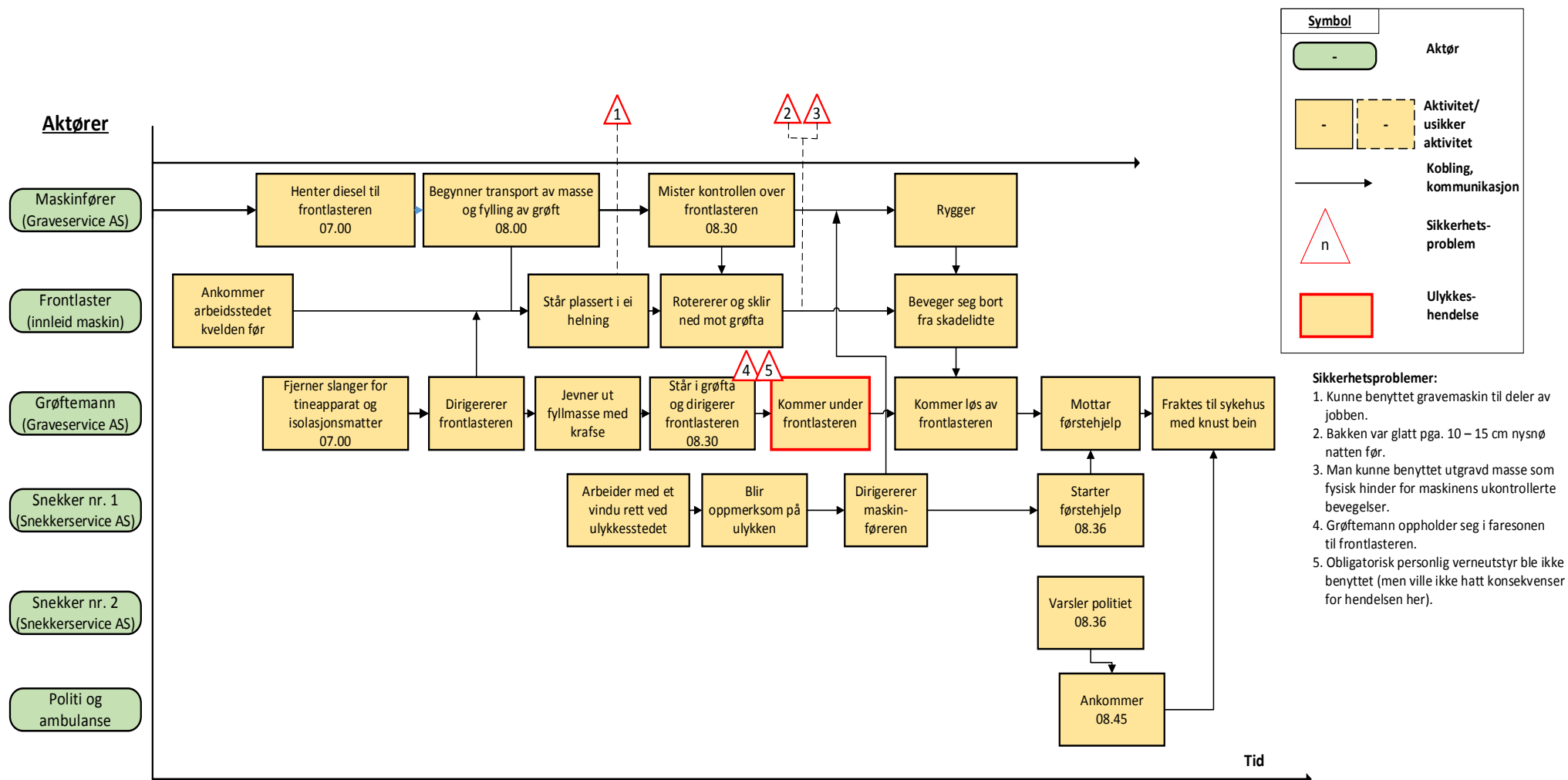
Vedlegg A: Forkortelser

AML	Arbeidsmiljøloven
BHF	Byggherreforskriften
DOE	Department of Energy (US)
HMI	Human Machine Interface
HPES	Human Performance Enhancement System
HVO	Hovedverneombud
IK	Internkontroll
ILCI	The International Loss Control Institute
ISO	International Organization for Standardization
MTO	Menneske – Teknologi – Organisasjon
RUH	Rapport Uønskede Hendelser
SMORT	Safety Management and Organisation Review Technique
STEP	Sequentially Timed Events Plotting
UE	Underentreprenør

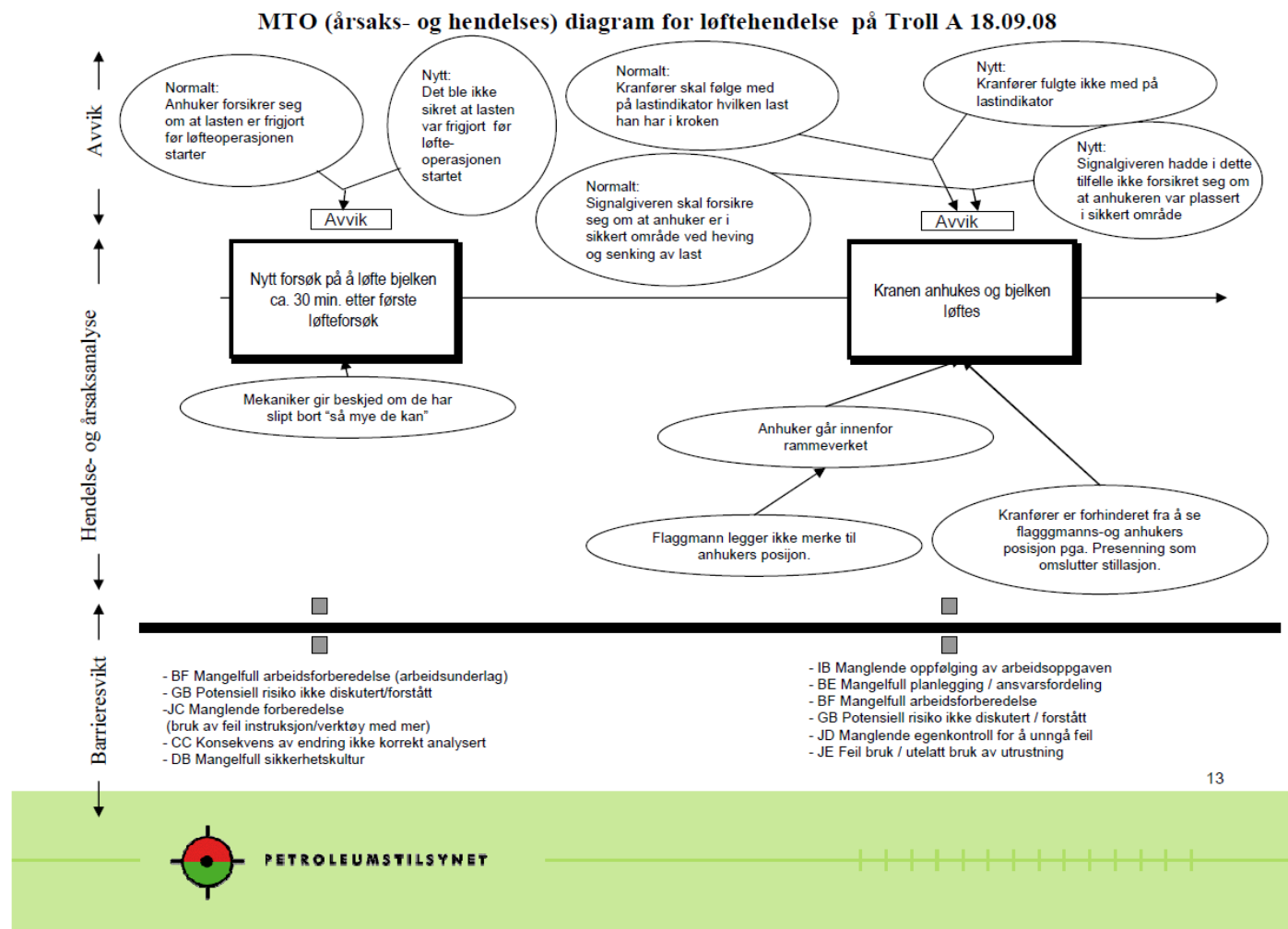
Vedlegg B: Eksempler på bruk av STEP- og MTO-metoden

- STEP-diagram: Fallulykke
- MTO-diagram: Løftehendelse offshore

STEP-diagram: Fallulykke



MTO-diagram: Løftehendelse offshore



Kilde: Granskningsrapport fra Petroleumstilsynet, 2009.

