

Rapport nr: RA 686561-01 / PP 1070411-1

Risikostyring og damsikkerhet

Damsikkerhetsprosjektet

Energi Norge

Prosjektutførende:

Sweco Norge

Proactima

UiS

Prosjektleder og forfatter:

Hilde Marie Kjellesvig (Sweco Norge)

Prosjektleder Proactima og forfatter:

Tore Magler Wiggen (Proactima)

Prosjektmedarbeiderer og forfattere:

Terje Aven (UiS)

Preben H. Lindøe (UiS)

Willy Røed (Proactima)

Hermann Steen Wiencke (Proactima)

Forord

Publikasjonen *Risikostyring og damsikkerhet* er et resultat av et FoU-prosjekt igangsatt og organisert av EnergiAkademiet.

Prosjektet ble gjennomført i løpet av høsten 2011 og våren 2012 og er finansiert av Energi Norges medlemmer.

Prosjektet har vært gjennomført av en prosjektgruppe bestående av:

- Hilde Marie Kjellesvig, Sweco Norge AS, prosjektleder
- Tore Magler Wiggen, Proactima, prosjektleder internt hos Proactima

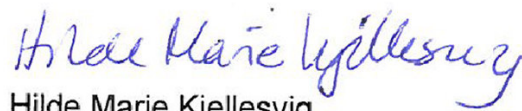
I tillegg har følgende personer vært involvert: Willy Røed og Hermann Steen Wiencke fra Proactima, samt Terje Aven og Preben H. Lindøe fra UiS. I forbindelse med innhenting av data for beregning av merkostnader ved forskriftsendringer har Per Magnus Johansen fra Norconsult samt Egil Andreas Vartdal og Bjørn Dalsnes fra Sweco Norge bidratt.

Prosjektgruppen har fått en rekke nyttige og viktige innspill fra arbeidsutvalget, bestående av Hans Erik Horn fra Energi Norge, Knut Solnørødal fra Hydro, Rolv Guddal fra Sira-Kvina kraftselskap, Per Magnus Johansen fra Norconsult og Kaare Høeg fra NGI.

På vegne av prosjektgruppen takker vi EnergiAkademiet for et spennende og interessant oppdrag.

Sweco Norge AS

Flekkefjord 24.05.2012



Hilde Marie Kjellesvig

Dr. ing.

Proactima

Oslo 24.05.2012



Tore Magler Wiggen

Sammendrag

Rapporten oppsummerer FoU prosjektet med tittelen "Risikostyring og damsikkerhet", og tar utgangspunkt i tidligere gjennomført FoU prosjekt "Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet – Et sammenlignende studium av regelverk og forvaltningspraksis rundt damsikkerhet i Norge" som viste at andre sektorer har elementer ved sin sikkerhetstenkning og risikostyring som damsikkerheten kan og bør lære av.

Energi Norge har tidligere gjort et grovt estimat av forventet kostnad til oppgradering av fyllingsdammer de kommende årene. Det er gjennomført nye undersøkelser av kostnader ved rehabilitering basert på 12 utvalgte dammer. Disse dammene har alle gjennomgått oppgradering etter gjennomført revurdering de siste årene. Studiet viser at det er myndighetenes endringer av forskrifter og praktisering som er utløsende for de fleste rehabiliteringene, og at disse påleggene er kostnadsbærende. Normalt vedlikehold og oppretting av skader utgjør kun en mindre del av den totale rehabiliteringskostnaden.

Samlet sett har 9 av dammene blitt oppgradert for merkostnader på 253 millioner kroner som følge av endringer av forskrifter og praktisering av regelverk. Dette utgjorde et snitt på 28 millioner kroner i merkostnader til entreprenør. Det må i tillegg forventes et tillegg på ca 25 % for å dekke dameiers øvrige kostnader (tapt produksjon er ikke medregnet). Dersom 25 % av norske klassifiserte dammer får tilsvarende pålegg vil dette tilsvare merkostnader på 11 mrd kroner (det er da justert for klasse).

Det er ikke gjennomført undersøkelser eller diskutert hvorvidt det er samfunnsmessig forsvarlig å benytte så store ressurser på å forbedre damsikkerheten, eller om dette vil medføre at sikkerheten til dammer havner på et annet nivå enn hva som er tilfelle med anlegg med tilsvarende konsekvens innen andre sektorer. Norsk vann hevder for eksempel at dette vil være tilfelle internt innen deres sektor.

Samfunnet gir rammebetingelser for handlingsrommet et selskap har når det skal utøve sin risikostyring. Det er gjennomført studier som viser at offshore petroleumsindustrien i Norge skiller seg fra andre bransjer med å ha kommet vesentlig lenger i forhold til risikotilnærming. Dette innebærer at bedriftene har et selvstendig ansvar med å vurdere hvilken risiko som var knyttet til eget produksjonssystem, arbeidsprosesser og produkter. De må selv formulere mål for sitt sikkerhetsarbeid, og vise hvordan man ville innrette seg for å nå disse målene. Erfaringer fra regelverksutviklingen innen petroleumsindustrien er presentert i rapporten.

Det vises blant annet at kunnskapsutviklingen om "risiko" er en del av de teknologiske og organisatoriske prosessene innenfor verdiskaping der forskningsinstitusjoner, laboratorier, universitet mv. er sentrale kunnskapsprodusenter. Sammen med profesjonskunnskap, erfaringsbasert kunnskap og praksis fører dette til en "beste praksis" i virksomhetene. Denne formen for kunnskap systematiseres og kodifiseres gjennom tekniske og operative "standarder", internt i virksomheten, innenfor næringen eller som nasjonale og globale standarder. Slike standardiseringsprosesser finnes også under betegnelser som "kvalitetssikring" og "kvalitetsledelse", og det har mange av de samme kjennetegn som styring av risiko. Dersom regelverket blir formåls- og risikobasert og følges av funksjonsbaserte krav med frivillige tekniske standarder, så flyttes "bevisbyrden" over på virksomhetene. Dette skaper et insitament for å utvikle nye og bedre organisatoriske og teknologiske løsninger.

Det er et betydelig engasjement og driv innenfor ulike industrier og i samfunnet generelt for å bruke risikoanalyser og implementere risikostyring. Det synes å være store forventninger om at risikostyring er det som skal til for å unngå ulykker, skader og tap, og sikre en god balanse mellom økonomi og sikkerhet. Det viser seg at det imidlertid ikke er rett fram å bruke risikoanalyser og implementere risikostyring i en praktisk situasjon. Noen har hatt større suksess enn andre. Det er nødvendig med både teoretisk kunnskap og erfaring for å lykkes. Risikofaget er ungt og i rask utvikling, og det er ikke alltid like lett å se hva området faktisk kan gi av innsikt og beslutningsstøtte i gitte situasjoner. I denne rapporten blir det sett nærmere på noen av de viktigste problemstillingene der risikoanalyser brukes for å gi beslutningsstøtte og som er relevante i forbindelse med de utfordringer en står ovenfor i forbindelse med styringen av damsikkerheten i Norge.

Rapporten konkluderer med at risikofaglige prinsipper kan anvendes i vurderingen av om et vassdragsanlegg tilfredsstiller kravene om et tilstrekkelig høyt sikkerhets nivå.

Anvendelsen av risikoanalyser kan bidra til en bedring av ressursbruken innen damsikkerhet, uten at dette går ut over sikkerheten innen bransjen.

Rapporten har identifisert og anbefaler fire aktuelle bruksområder for risikoanalyser innen damsikkerhet:

- Å identifisere hvor de viktigste risikobidragene kommer fra og beskrive effekten av risiko på ulike tiltak
- Å gi input til kost-nytte analyser
- Å vurdere hva som er akseptabel risiko/sikkerhet
- Å vurdere om en alternativ løsning har like god sikkerhet som en standard løsning

Metoder som kan benyttes ved de forskjellige bruksområdene er beskrevet og diskutert i rapporten.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
1.1	Organisering av studiet.....	8
2	Utfordringer og konsekvenser for bransjen vedrørende den nye damsikkerhetsforskriften	9
2.1	Ny damsikkerhetsforskrift	9
2.2	Forskrifter og regelverk.....	9
2.3	Reaksjoner på den nye damsikkerhetsforskriften	9
2.4	Merkostnader ved forskriftsendringer	10
2.4.1	Fremgangsmåte.....	10
2.4.2	Analyser	12
2.5	Resultater analyse a).....	12
2.5.1	Resultater analyse b).....	13
2.6	Andre utfordringer som de nye damforskriftene medfører	15
2.6.1	Dammer i sentrumsnære områder	15
2.6.2	Sterkt fokus på beredskapsmessig sikring	16
2.7	Konklusjon	16
3	Risikostyring introduksjon.....	17
4	Helhetlig risikostyring – Hvordan sette styring av risiko inn i sin rette kontekst	19
5	Regelverkets rolle i risikostyringen	22
5.1	Nye prinsipper for myndighetskontroll	22
5.2	Andre bransjer	23
5.3	Erfaringer fra offshore petroleumsindustri	24
5.4	Handlingsrommet for rettslig regulering og sikkerhetsstyring	25
5.5	Funksjonsbasert regelverk og rettslige standarder	26
6	Hvilken rolle kan/bør risikoanalysene spille i risikostyringen?	28
6.1	Introduksjon	28
6.2	Bruk av risikoanalyser til å identifisere hvor de viktigste risikobidragene kommer fra og beskrive effekten på risiko av ulike tiltak	30
6.3	Bruk av risikoanalyser for å gi input til kost-nytte type analyser.....	34
6.4	Bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere hva som er akseptabel risiko/sikkerhet.....	36
6.5	Bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere om en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning.....	40
7	Oppsummering	45
8	Konklusjon	47

9 Referanser.....	49
Vedlegg A	50
Vedlegg B	54
Vedlegg C	58

1 Innledning

Storulykker og miljøkatastrofer har anskueliggjort behovet for aktiv bruk av risikostyring til å bedre sikkerheten i dagens moderne samfunn. Risikostyring er et fagfelt hvor det har vært en stor metodisk utvikling gjennom de seneste tiårene. Mange av problemene som ble pekt på ved bruk av tidligere metoder innen risikoanalyser er løst ved hjelp av nye teknikker og innfallsvinkler innen risikostyring. I dag er det et bredt spekter av teknikker for å vurdere risiko og pålitelighet. Disse tilpasses den aktuelle problemstillingen ut i fra formål, tilgang på data og kunnskap om det aktuelle fagområdet. Teknikkene understøtter også ny lovgivning på sikkerhet og har relevans over et bredt spekter av aktiviteter der risiko og pålitelighet er viktige faktorer.

Beslutningstakere står stadig oftere overfor vanskelige prioriteringer, samtidig som det stilles strengere krav til gode beslutninger. Utfordringene ligger ofte i å fremskaffe beslutningsstøtte, både i forhold til hva man skal vektlegge, men også hvor mye man skal veie de ulike elementene. Dersom det er ulike interessenter knyttet til beslutningen, vil det være nødvendig å anvende en anerkjent eller felles plattform/prosess for hvordan man kommer frem til et best mulig beslutningsgrunnlag. Dette vil redusere unødige prosessuelle konflikter og øke forståelsen for den endelige beslutningen.

Risikostyring er en plattform eller prosess som kan hjelpe beslutningstakeren i å ta gode beslutninger, samtidig som den ivaretar en tredjepersons interesse.

Risikostyring omfatter i prinsippet modeller for å identifisere, analysere, beskrive, kommunisere og styre risiko. Risikostyring i tilknytning til damsikkerhet benyttes i varierende grad og er i stor grad avhengig av interne rutiner hos dameier. Det har derfor vært ønskelig å se på hvordan risikostyring i større utstrekning kan benyttes i arbeide med damsikkerhet.

I damsikkerhetsforskriften står det at vassdragsanlegg til enhver tid skal ha et tilstrekkelig høyt sikkerhetsnivå, slik at det ikke inntreffer brudd, svikt eller feilfunksjon. Mellom bransje og myndigheter reises det faglige spørsmål om hva som ansees som tilstrekkelig høyt sikkerhetsnivå, og da spesielt i forhold til de muligheter bransjen har for å skape verdier og de krav som stilles for å unngå ulykker og tap.

Damforskriftene muliggjør bruk av kompenserende konstruksjonsmessige tiltak for å sikre tilstrekkelig sikkerhetsnivå ved etablerte anlegg der det ikke er mulig å oppfylle de tekniske kravene gitt i forskriften. Hvordan det kan bevisgjøres at tiltak innehar det sikkerhetsnivået som kreves ut fra forskriften er imidlertid ikke klarlagt.

Utgangspunktet for denne rapporten er om man kan anvende risikofaglige prinsipper i vurderingen av om et vassdragsanlegg tilfredsstiller kravene om et tilstrekkelig høyt sikkerhetsnivå. Videre om anvendelsen av en slik metode kan bidra til en bedring av ressursbruken innen damsikkerhet, uten at dette skal gå ut over sikkerheten innen bransjen.

Prosjektet er igangsatt etter initiativ fra Energi Norge og er en videreføring av prosjektet *Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet – Et sammenlignende studium av regelverk og forvaltningspraksis rundt damsikkerhet i Norge*. Prosjektet er

finansiert av Energi Norge og hovedmålet har vært å bidra til innsikt omkring hvordan det kan gjennomføres en bedring av ressursbruk innen damsikkerhet samtidig som det oppnås et tilstrekkelig høyt sikkerhetsnivå.

Prosjektet ønsker videre å:

- øke bevisstheten omkring sikkerhet til de ulike leddene som berører damsikkerheten og styrke sikkerhetskulturen innen bransjen.
- vise hvordan man kan bruke risikostyring for å komme frem til et best mulig beslutningsgrunnlag.
- vurdere bruk av forskjellige metoder for risikostyring for oppfølging og risikohåndtering av dammer spesielt, men også for vassdrag generelt.
- danne en plattform for diskusjon omkring risikostyring og damsikkerhet mellom aktørene i bransjen, dvs myndigheter, dameiere, konsulenter, forskere og entreprenører.

1.1 Organisering av studiet

Prosjektet er blitt gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom Sweco Norge og Proactima. I tillegg har Universitetet i Stavanger (UiS) ved Institutt for industriell økonomi, risikostyring og planlegging deltatt aktivt i prosjektet.

Prosjektet har i henhold til prosjektplanen vært delt i følgende delprosjekt (DP):

1. Erfaringer med risikostyring fra ulike bransjer, med hovedfokus på petroleumssektoren og regelverksutvikling innen denne bransjen* (kapittel 5)
2. Konsekvenser/utfordringer for bransjen vedrørende den nye damsikkerhetsforskriften, samt undersøke merkostnad ved forskriftsendringer* (kapittel 2)
3. Metodisk rammeverk (kapittel 6 samt vedlegg A, B og C)
 - a. Faglig plattform.
 - b. Prosess
4. Praktiske eksempler på bruk av risikostyring ved damsikkerhet (kapittel 6)

Ansvar for utarbeidning og rapportering har vært som følger: Proactima har hatt ansvar for DP 1 og DP3 i samarbeid med UiS. Sweco Norge har hatt ansvar for DP2 i tillegg til organisering og ledelse av prosjektet. I forbindelse med å innhente opplysninger om merkostnader ved omklassifisering av dammer (DP2) har Norconsult bidratt med nødvendige undersøkelser. DP4 er gjennomført som et samarbeid mellom Proactima og Sweco Norge. I rapporten inngår eksemplene, DP4, i kapittel 6 for å illustrere teksten omkring det metodiske rammeverket, DP3.

*Både DP 1 og DP2 er utvidet i forhold til opprinnelig prosjektplan etter innspill og ønsker fra arbeidsutvalg og styringsgruppen.

2 utfordringer og konsekvenser for bransjen vedrørende den nye damsikkerhetsforskriften

2.1 Ny damsikkerhetsforskrift

Damsikkerhetsforskriften, forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg erstattet tre tidligere forskrifter; forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg (sikkerhetsforskriften), forskrift om klassifisering av vassdragsanlegg (klassifiseringsforskriften) og forskrift om kvalifikasjoner hos dem som forestår planlegging, bygging og drift av vassdragsanlegg (kvalifikasjonsforskriften). Den nye damsikkerhetsforskriften ble gjort gjeldende fra 01.01.2010.

I følge NVE definerer den nye forskriften klarere roller og ansvar for eiere og personell knyttet til vassdragsanlegg. De tekniske kravene som skal sikre anleggenes sikkerhet er gjort tydeligere og det er bedre samsvar mellom hvilke krav som stilles og anleggenes reelle skadepotensial. Det er innført klasse 4 for dammene med de høyeste bruddkonsekvensene og klasse 0-anleggene underlegges en minimumsregulering. Forskriftene angir tydeligere hva som ligger i de ulike kravene og pliktene.

2.2 Forskrifter og regelverk

Allerede fra 1909, da Vassdragsvesenets Kontrollavdelingen ble opprettet, har bygging av dammer i Norge vært underlagt offentlig kontroll. Noe formelt regelverk for tilsyn og kontroll med vassdragsanlegg kom imidlertid ikke før man fikk de første damforskriftene i 1981 (NVE, 2009). I etterkant av andre verdenskrig ble Kraftforsyningens Siviltforsvarsnemd etablert som følge av at dammene var et bombemål under krigen. Det ble i den forbindelse gjort gjeldende flere lover som gav pålegg om forsvars- og beredskapsmessig sikring av dammer.

I 1981 kom de første damforskriftene. Fram til i dag har det blitt vedtatt flere forskrifter som regulerer damsikkerheten som f.eks "Forskrift om tilsyn med dammer i vassdrag". I forbindelse med utgivelsen av "Sikkerhetshåndboka for vassdragsanlegg" på 1990-tallet ble det utarbeidet en rekke retningslinjer. I 2010 ble imidlertid flere av forskriftene samlet til en forskrift, samtidig ble de gamle lovene angående beredskapsmessig sikring tydeliggjort og innlemmet i forskriften. De nye damforskriftene har tilbakevirkende kraft.

2.3 Reaksjoner på den nye damsikkerhetsforskriften

I forbindelse med utarbeidelsen av damforskriften fra 2010 ble det gjennomført høring. I etterkant av høringsrunden kom det flere reaksjoner på at høringsuttalelsene fra energibedrifter og konsulenter i liten grad ble tatt til følge, både med hensyn til tekniske spørsmål og ikke minst prinsipielle spørsmål. Det var spesielt misnøye med manglende vurdering av de økonomiske konsekvensene av at forskriften har tilbakevirkende kraft.

Som en følge av dette gjorde Energi Norge i 2010 en undersøkelse blant sine medlemmer for å estimere hvilke kostnader dameierne anslår at de vil benytte på damrehabilitering i de kommende årene. Undersøkelsen gav et grovt estimat på 8 milliarder for kostnader beregnet til oppgradering og rehabilitering av fyllingsdammer. I tillegg må det forventes et betydelig beløp i forbindelse med ombygging av lette betongdammer i klasse 3 og 4.

Ved bruk av så store midler vil det være naturlig med en vurdering av om dette er samfunnsnyttig bruk av ressursene, eller om enkelte av midlene kunne vært benyttet til andre tiltak ved eller omkring dammene som ville gitt mer sikkerhet for de benyttede midlene. Både samfunn, myndigheter og dameiere vil være tjent med at så store investeringer til sikkerhet gjøres på en måte som påviselig gir mest mulig sikkerhet igjen for de investerte midlene.

Det har vært et ønske i bransjen om videre studier av disse kostnadene for å finne ut hvor mye som er knyttet til normalt vedlikehold og hvilke kostnader som er knyttet opp mot forskriftsendringene eller skjerpet praktisering av regelverket. Det er i det følgende gjennomført en undersøkelse som prøver å bringe noe mer klarhet i dette spørsmålet.

2.4 Merkostnader ved forskriftsendringer

2.4.1 Fremgangsmåte

Det er tatt utgangspunkt i 12 norske dammer som har blitt rehabilitert de seneste årene. Ved hjelp av Sweco Norge, avd Trondheim og Norconsult er det blitt innhentet nødvendige data angående de gjennomførte rehabiliteringene samt tilhørende kostnader. Med bakgrunn i at dammene, etter ønske fra dameierne, ønskes anonymisert kan ikke dataene vedlegges direkte. Det må imidlertid påpekes at alle prosjektene som er beskrevet representerer store aktører i bransjen. En tabell om viser enkelte hoveddata for de 12 eksemplene er vist på neste side.

Av de 12 dammene er det:

- 8 fyllingsdammer (7 steinfyllingsdammer med morenetetning og en homogen morenedam)
- 4 betongdammer (2 steinmurdammer med frontal tetning og 2 gravitasjonsdammer)

Det må bemerkes at ingen av dammene er lette betongdammer slik at effekten av at denne damtypen må erstattes/bygges om for dammer i klasse 3 og 4 er ikke medregnet i oversikten.

Tabell 1: Hoveddata til de benyttede eksemplene

Fyllingsdammer, merkostnader (kun entreprenørkostnader) ved oppgradering etter forskriftsendringer								
Dam	Total kostnad [mill kr]	Merkostnad [mill kr]	%	Damhøyde* [m]	Kronelengde* [m]	Damvolum [mill m3]	Klasse fra 1994 - 2010	Klasse etter 2010
FD 1	67	67	100	50	490	1.1	3	4
FD 2	16	16	100	15	150	0.04	2	2
FD 3	8	8	100	10	330	0.05	1	1
FD 4	15	9	61	10	175	0.02	1	1
FD 5	100	90	90	130	410	4.7	3	4
Fyllingsdammer, merkostnader (kun entreprenørkostnader) ved omklassifisering fra klasse 3 til klasse 4								
Dam	Total kostnad [mill kr]	Merkostnad [mill kr]	%	Damhøyde* [m]	Kronelengde* [m]	Damvolum [mill m3]	Klasse fra 1994 - 2010	Klasse etter 2010
FD 5	100	21	21	130	410	4.7	3	4
FD 6	69	11	15	50	360	0.6	3	4
FD 7	113	29	26	40	320	0.3	3	4
FD 8	22	21	95	30	350	0.2	3	4
Betongdammer, merkostnader (kun entreprenørkostnader) ved oppgradering etter forskriftsendringer								
Dam	Total kostnad [mill kr]	Merkostnad [mill kr]	%	Damhøyde* [m]	Kronelengde* [m]	Damvolum [mill m3]	Klasse fra 1994 - 2010	Klasse etter 2010
BD 1	20	19	95	15	95			3
BD 2	15	15	95	15	80			3
BD 3	17	16	98	20	350			3
BD 4	15	14	95	10	80			4
* Damhøyde og kronelengde er avrundet til nærmeste 5 meter								

Dammene som er undersøkt er bygget fra ca 1910 fram til slutten av 1970-årene. Dette vil si i årene hvor norske dammer har vært underlagt offentlig kontroll, men før den første damforskriften ble gjort gjeldende i 1981. De undersøkte eksemplene tar utgangspunkt i rehabiliteringer etter pålegg i etterkant av gjennomførte revurderinger. Enkelte av dammene har imidlertid også gjennomgått oppgraderinger som følge av skader eller myndighetskrav i forkant av den undersøkte revurderingen og påfølgende rehabilitering.

De undersøkte dammene er i konsekvensklasse 1 til 4, og høyden varierer fra under 10 meter og opp til en av de høyeste dammene i Norge på ca 130 m. Kronelengden til dammene er fra 80 – 500 meter. Med bakgrunn i disse variasjonene forutsettes dammene å gi et relativt representativt bilde av norske dammer.

Bakgrunnen for rehabiliteringen / oppgraderingene har vært pålegg i etterkant av revurderinger. For hver av dammene er tiltakene som er gjennomført undersøkt og kostnadene er skjønnsmessig delt opp i det som skyldes "normalt vedlikehold og/eller ønsker fra dameier som ikke er begrunnet i forskrifter og regelverk" og tiltak som

skyldes "ny krav kommet etter bygging, forskrifts/regelverksendringer og/eller omklassifisering av dammene". En slik fordeling i to grupper innebærer nødvendigvis en faglig vurdering og vil medføre noe usikkerhet. Kostnadene er omregnet til 2012-kroner (med unntak av to beløp som er angitt i 2011-kroner).

De oppgitte prisene er entreprenørkostnader. Ved enkelte av prosjektene har det vært mulig å innhente opplysninger av byggeherrens kostnader til prosjektadministrasjon, prosjektering/anbuds og planleggingsarbeid av konsulent samt byggeledelse. Disse viser at entreprenørkostnadene må påplusses med 20 – 30 % for å inkludere byggeherrens kostnader. Eventuelt produksjonstap i forbindelse med ombygging er ikke medregnet.

2.4.2 Analyser

Analysene er delt i to hovedundersøkelser:

- a) Merkostnad som følge av omklassifisering av dammer fra konsekvensklasse 3 til 4 og påfølgende skjerping av krav og/eller endring av praksis.
- b) Merkostnadene som følge av generelle forskriftsendringer, fra bygging/forrige rehabilitering og fram til siste revurdering.

2.5 Resultater analyse a)

Fire av eksemplene (alle fyllingsdammer) er undersøkt med tanke på hvilken betydning det har hatt å omklassifisere dammen fra konsekvensklasse 3 til 4.

Analysen viser at det er følgende punkter som er hovedkostnadsbærerne med hensyn til merkostnadene som følge av omklassifisering av dammene fra konsekvensklasse 3 til konsekvensklasse 4:

- Økt damvolum på grunn av dimensjonskrav og krav til krone
- Økt krav til blokkstørrelse som krever større andel blokk ved produksjon
- Økt krav til tappekapasitet fra HRV til 6 m under HRV

Av disse tre punktene utgjør det øverste punktet minst 90 % av merkostnadene i de undersøkte eksemplene.

For tre av de fire eksemplene er det ikke utløsende for rehabiliteringen at dammene er omklassifisert fra klasse 3 til 4. Disse 3 dammene ville fått pålegg om rehabilitering også dersom de ble værende i klasse 3 som følge av mangelfull plastring eller for lav krone/tetning. Omklassifiseringen fører således til en økning av kostnadene (i snitt 21 %), men er ikke avgjørende for at dammen må bygges om. Den utløsende faktoren for rehabiliteringen er derimot endringer i regelverk og forskrifter siden dammen ble bygget og fram til i dag.

For den siste dammen er det imidlertid vurdert at det er omklassifiseringen som er utløsende for rehabiliteringen. Denne dammen (som opprinnelig er bygget på 1970-tallet) tilfredsstiller i utgangspunktet kriteriene til klasse 3 dammer etter en ombygging på 1990-tallet, men omklassifiseringen medfører nå nye ombygginger. I dette tilfellet

er det vurdert at omklassifiseringen fører til en merkostnad på 95 % noe som ved den bestemte dammen tilsvarer 21 mill kroner.

For alle fire dammene sett under ett øker kostnadene ved oppgradering fra 15 % til 95 % i forhold til om dammen som skulle oppgraderes var klassifisert i bruddkonsekvensklasse 3 i stedet for i klasse 4. For de fire eksemplene har dette medført en merkostnad til entreprenør ved ombygging på totalt 81 mill kroner. Dette utgjør en gjennomsnittlig økning i entreprenørkostnader på 20 mill kroner pr dam for de aktuelle eksemplene. Dersom dameiers andre kostnader tas med blir snittet på 25 mill kroner.

3 av de undersøkte dammene har en høyde på 30-50 meter, mens den siste er over 100 meter høy. Ved den høyeste dammen er tilleggskostnadene beregnet å ligge tilnærmet likt snittet til de fire dammene, dvs på 25 mill kroner, denne dammen er dermed ikke med på å dra opp snittet i så måte.

Dersom disse fire dammene kan antas å være representative for alle norske fyllingsdammer som omklassifiseres fra klasse 3 til 4 vil den totale kostnaden beløpe seg til henholdsvis: 1,3 mrd dersom det er 50 fyllingsdammer som omklassifiseres.

2.5.1 Resultater analyse b)

9 av eksemplene (5 fyllingsdammer og 4 betongdammer, snitthøyde til dammene er 30 meter) er analysert med tanke på å beregne kostnader ved ombygging etter revurdering som følge av endrede forskrifter og regelverk. Analysen viser at følgende punkter er hovedkostnadsbærerne i forbindelse med pålegg i etterkant av revurderinger.

For fyllingsdammer:

- Økt damvolum på grunn av dimensjonskrav og krav til skråningshelning samt krone
- Krav til drenasjekapasitet
- Plastring av damskråningene

For betongdammene er kostnadsbærerne:

- Krav til stabilitet
- Krav til flomavledning
- Krav til senkning av magasinet

For lette betongdammer i klasse 3 og 4 vil ombygging/erstatning av disse være hovedkostnadsbærer, men dette er ikke aktuelt i noen av de undersøkte eksemplene.

I tillegg er økt instrumentering et punkt som går igjen ved flere av rehabiliteringene. Kostnadene ved dette er imidlertid små i forhold til de andre punktene nevnt over.

Analysene viser at merutgiftene som følge av endrede forskrifter og regler medfører at prisen ved ombygging i etterkant av revurdering øker med 95-100 %. I et eksempel utgjør merkostnaden "kun" 60 %, i dette tilfellet ble imidlertid de resterende 40 % benyttet på opprustning av veger og bruer i området samt plastring av elveleiet, det vil si på tiltak som har liten betydning for dammens sikkerhet. For de 9 eksemplene kan det dermed konkluderes med at det er forskrifts- og regelverksendringer som utløser ombyggingen.

Samlet sett er disse 9 dammene oppgradert for merkostnader på 253 millioner kroner, dette utgjør et snitt på 28 millioner kroner i entreprenørkostnader. Dersom man i tillegg tar med de øvrige kostnadene for dameier (forutsatt 25 %, som diskutert i avsnitt 2.4.1, blir kostnaden i snitt 35 millioner kroner pr dam. Kostnader ved tapt produksjon er ikke medregnet.

Eksempel dammene var henholdsvis 3 stk i klasse 4, 3 i klasse 3, 1 i klasse 2 og 2 i klasse 1. Gjennomsnittlig merkostnaden for oppgradering varierer naturlig nok fra klasse til klasse som vist i tabellen nedenfor:

Tabell 2: Gjennomsnittlig merkostnad for de forskjellige bruddkonsekvensklassene

Bruddkonsekvensklasse	Gjennomsnittlig merkostnader ved oppgradering (entreprenørkostnad og andre byggherrekostnader) [mill 2012-kroner]
1	11
2*	16
3	17
4	60

***For klasse 2 var det kun innhentet data fra ett anlegg**

Antakelig tegner tabellen over et noe skjevt bilde av kostnadene for oppgradering til de forskjellige dammene. Det må spesielt påpekes den lille forskjellen mellom dammer i klasse 2 og 3. Denne vil nok være større dersom man i for klasse 3 tar med eksempler som får større ombygging som følge av beredskapsmessig sikring, dvs fyllingsdammer eller lett betongdammer.

Videre må den store forskjellen mellom klasse 3 og 4 påpekes. Som vist under analyse a) vil forskjellen mellom klasse 3 og 4 for fyllingsdammer i de fleste tilfeller utgjøre en ca 20 % økning, for betongdammer (ikke lette) antakelig mindre. Forskjellen i tabellen over kan skyldes at alle dammene i klasse 3 er betongdammer (ikke fyllingsdammer eller lette betongdammer) og dermed vanskelig å sammenligne med dammene i klasse 4 som i hovedsak består av fyllingsdammer.

Ut fra en slik tankegang kan det antas at merkostnadene i Tabell 2 for klasse 3 dammer i gjennomsnitt ligger noe høyere enn vist i tabellen over, mens det for klasse 4 dammer ligger noe lavere. I de nedenforliggende analysene er imidlertid merkostnadene fra tabellen over benyttet.

I Norge er det totalt ca 2300 klassifiserte dammer, dvs i klasse 1, 2, 3 eller 4, da er overløps- og flomløpsdammer medregnet. I hver av klassene som nevnt over er det henholdsvis 1280, 680, 330 og 50 dammer.

Dersom merkostnadene fra tabellen forutsettes å være representative for alle norske dammer vil det kunne gis et overslag over forventede kostnader for ombygging som følge av pålegg i etterkant av revurdering.

Dersom 10 % av dammene i hver klasse får tilsvarende pålegg vil totalkostnaden bli 4 mrd, dersom 25 % får pålegg vil dette medføre kostnader for 11 mrd og dersom 50 % får pålegg vil dette beløpe seg til 21 mrd.

Det er selvsagt heftet stor usikkerhet til disse tallene, både med hensyn til gjennomsnittsprisen for oppgradering samt antall dammer som må oppgraderes. Erfaring tilsier imidlertid at mange av dammene som revurderes får pålegg om omfattende oppgradering.

2.6 Andre utfordringer som de nye damforskriftene medfører

2.6.1 Dammer i sentrumsnære områder

Dameiere til små sentrumsnære dammer vil møte en rekke utfordringer med de nye forskriftene. Spesielt med henblikk på beredskapsmessig sikring av alle dammer i bruddkonsekvensklasse 3 og 4. Norsk vann representerer mange av disse dameierne, og har kommet med innspill til NVE hvor disse problemstillingene blir diskutert. En rekke dammer knyttet til vannforsyningen er lokalisert i nærhet av tettsteder og byer. Flere av disse forventes klassifisert i bruddkonsekvensklasse 3 og 4 etter reklassifisering selv om dammene er relativt små og/eller har lite magasinvolum. Bakgrunnen for dette er at ved telling av antall boenheter så har praksis så langt vært å forutsette at en bygning er berørt så snart bruddvannet er i kontakt med bygningen. Dammer som ligger oppstrøms tettsted vil dermed fort kunne berøre mange bygninger selv om vannstand og vannhastighet er lav. Det er ikke kjent at lav vannstand og eller lav vannhastighet har virket formildende i forbindelse med klassifisering av dammer. Ved revurdering får de dammene som berører minst 21 boenheter nå automatisk krav om beredskapsmessig sikring. Dette oppleves som en innskjerping i forhold til tidligere praksis hvor beredskapsmessig sikring i all hovedsak har vært knyttet til større kraftanlegg og da gjerne med tanke på leveringssikring til kraftforsyningen. For fyllingsdammer vil klassifisering i klasse 3 og 4 som regel medføre store ombygninger for å tilfredsstille kravet til beredskapsmessig sikring, dette er også tilfelle for lette betongdammer.

Norsk vann påpeker at sikring av dammene etter NVEs forskrift vil kunne gå ut over sikkerheten i andre ledd av produksjonskjeden som vil kunne medføre en vel så stor risiko for befolkningen som fare for dambrudd. Det påpekes at ved å følge kravene til beredskapsmessig sikring så vil damanleggene kunne få en uforholdsmessig høy sikkerhet i forhold til de andre leddene av produksjonskjeden til vannverkene. Norsk Vann beskriver muligheten for dispensasjon fra kravet for enkeltsaker, men mener at denne typen søknader vil kunne bidra til et uheldig inntrykk av dameierne ovenfor allmennheten.

2.6.2 Sterkt fokus på beredskapsmessig sikring

Myndighetene har i forbindelse med de nye forskriftene fokusert mye på dammer i klasse 3 og 4. En stor del av disse dammene innehar i dag stor sikkerhet, og enkelte vil hevde at ytterligere sikring av allerede svært godt sikrede anlegg går ut over nødvendig sikring av dammer i lavere klasse. Dammer i bruddkonsekvensklasse 1 og 2 vil ha en lavere konsekvens ved brudd enn anlegg i klasse 3 og 4, men dette tilsier ikke nødvendigvis at sannsynligheten for brudd også er lav. Dersom den ikke er det vil risikoen til enkelte av anleggene i klasse 1 og 2 kunne være så stor at oppgradering av disse dammene burde vært prioritert i forkant av ytterligere tiltak på enkelte av de godt sikrede klasse 3 og 4 dammene. Som følge av begrensede ressurser vil ikke alle pålagte og nødvendige tiltak kunne utføres samtidig, men blir gjort ut fra en prioritert rekkefølge som så langt har fokusert på konsekvens. Et stort fokus på beredskapsmessig sikring vil i så måte kunne medføre at farepotensialet til enkelte mindre dammer blir neglisjert eller nedprioritert. For en dameier med mange dammer vil tiltak ved klasse 1 og 2 dammer bli skjøvet lengre ned på listen enn det risikoen i noen tilfeller skulle tilsi.

2.7 Konklusjon

Det er så langt det er kjent ikke gjennomført fullstendige risikoanalyser hvor dammer er sammenlignet med andre storulykkeaktører i samfunnet. Det er fra myndighetenes side heller ikke gjennomført beregninger av kostnadene forbundet med oppgradering av de norske dammene i henhold til de nye damforskriftene. Det er derfor vanskelig å avgjøre hvorvidt det er samfunnsmessig forsvarlig å benytte såpass store ressurser på å forbedre damsikkerheten ytterligere, eller om dette vil medføre at sikkerheten til dammer havner på et annet nivå enn hva som er tilfelle med anlegg med tilsvarende konsekvens innen andre sektorer. Norsk vann hevder for eksempel at dette vil være tilfelle internt innen deres sektor.

Dersom det blir ansett som forsvarlig og riktig å bruke så store ressursers på å heve damsikkerhet, blir det fra bransjens side ansett som viktig at disse resursene blir benyttet på en slik måte at man får mest mulig sikkerhet igjen for de investerte midlene.

Undersøkelsene av 12 dammer som har gjennomgått oppgradering i etterkant av revurdering (som følge av omklassifisering og/eller endringer av lover og regelverk) viser at kostnadene forbundet med dette er store. Det er myndighetenes forskrifter og praktisering av regelverket som er utløsende i disse sakene med hensyn til de tiltak som er blitt gjennomført. Noe oppgradering skjer som følger av skader, normalt vedlikehold eller spesielle ønsker fra dameier, men i all hovedsak er det myndighetenes pålegg som er avgjørende og kostnadsbærende for oppgraderingene.

For å vurdere spørsmålene som blir stilt med hensyn til å sammenligne sikkerhet ved en dameiers forskjellige dammer og anlegg, sikkerhet tilknyttet forskjellig fagfelt/virksomheter til en gitt dameier samt sikkerheten til dammer i forhold til andre sektorer i samfunnet er det nødvendig med videre analyser. Risikovurderinger og sikkerhetsstyring er viktige verktøy for å bedre beslutningsgrunnlaget når viktige avgjørelser innen oppgradering av dammer i framtiden skal tas, både med hensyn til det sikkerhetsmessig og det økonomiske. Metoder for slike vurderinger vil bli presentert og diskutert i de følgende kapitlene.

3 Risikostyring introduksjon

I dagens samfunn er mange opptatt av høy sikkerhet. Vi forventer at samfunnet er utformet på en slik måte at sikkerheten for innbyggerne ivaretas - at sikkerhetsnivået er forsvarlig. Dette gjelder også sikkerheten i forbindelse med dambrudd. Men hva menes med "forsvarlig sikkerhetsnivå" og hvordan kan vi avgjøre om vi har oppnådd dette nivået eller ikke?

Regelverk og regelverksutforming er et av samfunnets verktøy for å oppnå det ovennevnte: Regelverket skal legge til rette for at vi oppnår det ønskelige sikkerhetsnivået. Men hvordan skal i så tilfelle et slikt regelverk være utformet? Her har ulike bransjer gått i ulike retninger. Ett alternativ er å innføre et **detaljorientert regelverk** som i stor grad pålegger aktørene i samfunnet å gjennomføre konkrete, veldefinerte sikkerhetstiltak. Dette var en rådende tankegang i de fleste bransjer til og med 1970-tallet. Fordelen med et slikt regime er at det er lett å kontrollere om sikkerhetsnivået er ivarettatt. Det er imidlertid også en rekke ulemper, blant annet at det vil være lite fleksibilitet med tanke på hvordan god sikkerhet oppnås. Dette kan igjen føre til suboptimalisering der dyre sikkerhetstiltak "automatisk" blir valgt, og der effektive og mindre ressurskrevende - men utradisjonelle - sikkerhetstiltak "automatisk" ikke blir valgt. Løsningen vil dessuten i liten grad stimulere til innovasjon og teknologiutvikling.

På grunn av ovennevnte har det de siste tiårene i mange bransjer vokst frem et **funksjonsbasert regelverk**. Dette innebærer at det er hensikten med regelverket (tilstrekkelig sikkerhet) som står i fokus. Aktørene vil kunne løse sikkerhetsutfordringene på ulike måter, så lenge de kan dokumentere at den overordnede hensikten (tilstrekkelig sikkerhet) er oppnådd. Fordelen med denne fremgangsmåten er fleksibilitet med hensyn til valg av konkrete løsninger. Risikoanalysen står sentralt i denne tankegangen: Gjennom risikoanalysen kan aktører synliggjøre hvordan ulike tiltak påvirker sikkerhetsnivået, og få beslutningsstøtte til hvilke kombinasjoner av tiltak som er mest hensiktsmessig.

Fordelene med et funksjonsbasert regelverk er at samfunnet kan oppnå en mer optimal bruk av ressurser, og at det legges til rette for teknologiutvikling (nye sikkerhetstiltak). Ulempen er imidlertid at en slik risikobasert fremgangsmåte er mer krevende å gjennomføre enn bruken av detaljkrav. Det vil være behov for kunnskap om hvordan de ulike sikkerhetstiltakene agerer og samhandler, og vurderinger må gjøres av hvilken effekt ulike tiltak har på risiko. Det betyr at det er behov for kompetanse innenfor risikoanalysefaget både hos aktørene/dameierne og myndighetene for at dette systemet skal fungere godt, og gode beslutninger tas.

For at et funksjonsbasert regelverk skal fungere i praksis er det nødvendig med visse "spilleregler" for hvordan en skal komme frem til hva som faktisk er et tilstrekkelig sikkerhetsnivå. Det er ikke opplagt hvordan disse spillereglene skal være, og hvordan prosessen som skal gjennomføres for å dokumentere et tilstrekkelig sikkerhetsnivå skal utformes i praksis. Risikoanalyser vil spille en naturlig rolle. Men hvordan skal en gå fra analyse og analyseresultat til vurdering, beslutning og implementering av konkrete tiltak? Hvordan dette skal gjøres i praksis er ikke opplagt, og flere

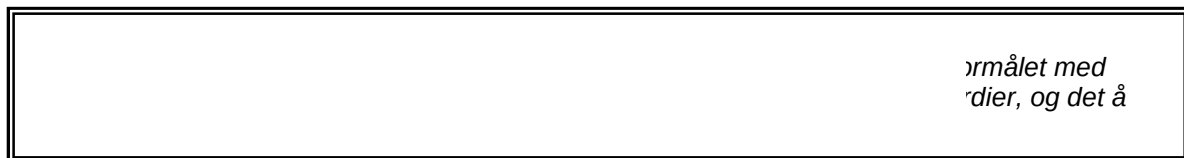
alternative fremgangsmåter diskuteres i denne rapporten. Vi må starte med å erkjenne følgende:

For at et funksjonsbasert/risikobasert regelverk skal fungere i praksis, er det nødvendig å definere "spilleregler" for hvordan det skal avgjøres om vi har oppnådd et tilstrekkelig sikkerhetsnivå.

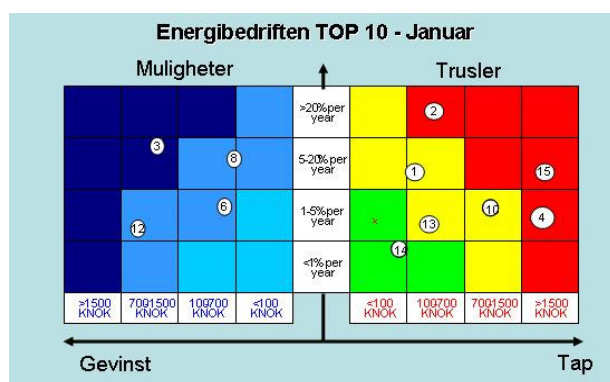
4 Helhetlig risikostyring – Hvordan sette styring av risiko inn i sin rette kontekst

Risiko kan styres gjennom beslutninger, for eksempel beslutningen om å innføre et risikoreduserende tiltak eller beslutningen om *ikke* å innføre et risikoreduserende tiltak. Styringen av risiko med hensyn til damsikkerhet inngår som en del av den overordnede risikostyringen i et selskap (dameier) og som en del av risikostyringen av samfunnet vårt for å oppnå tilfredsstillende samfunnssikkerhet. For å oppnå god risikostyring er flere aktører involvert, blant annet ledelsen i selskapet (dameier) og myndighetene. I dette kapitlet ser vi på risikostyringen ut fra dameier sitt perspektiv. Deretter, i kapittel 0 ser vi på risikostyringen fra samfunnets/myndighetenes perspektiv. Teksten i kapitlet er basert på "Veileder i helhetlig risikostyring for kraftbransjen", skrevet av Proactima på vegne av Energi Norge.

Helhetlig risikostyring i en virksomhet handler om å jobbe systematisk for å finne frem til riktig risikonivå med å understøtte gode beslutninger og prioritere riktig. Risikostyring er ikke en ensidig prosess for å redusere risiko i samfunnet eller i en bedrift.



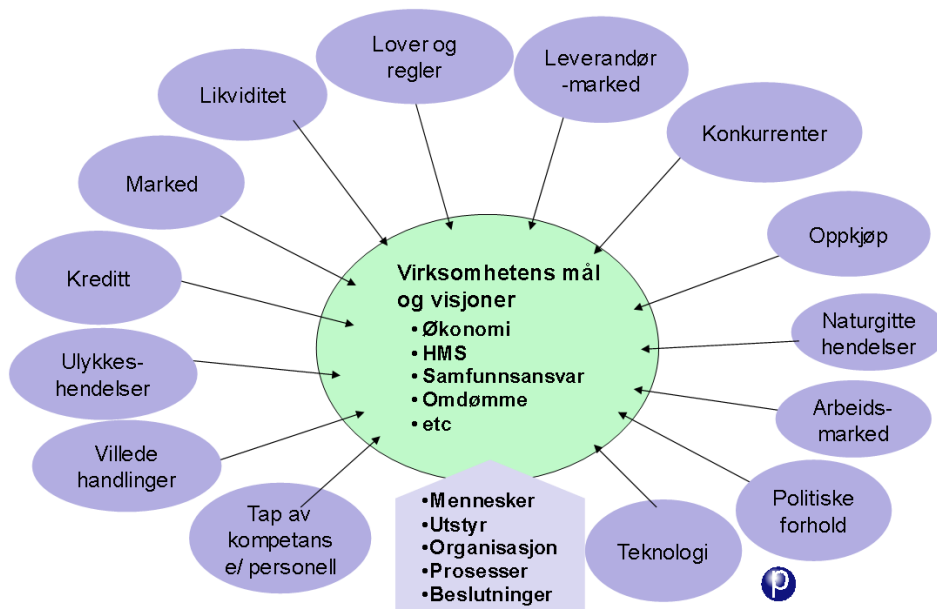
Figur 1 viser deler av¹ en tenkt dameiers risikobilde. Her kan vi tenke oss at risiko ifm. dambrudd fremstilles sammen med andre trusler og muligheter som dameier må forholde seg til i sin risikostyring. Hensikten med figuren er å få frem at risiko ifm. dambrudd normalt vil være én av flere hensyn som dameier må forholde seg til i sin risikostyring. I figuren er konsekvenser vist i form av økonomisk tap. Tilsvarende vil det være naturlig å også fremstille risiko ifm. tap av liv, miljøkonsekvenser, infrastruktur etc.



Figur 1 - Eksempel på presentasjon av risikobilde. X-aksen angir sannsynlighet/frekvens

¹ Som diskutert senere i teksten gir ikke en slik risikomatrix alene et fullgodt risikobilde. Også andre aspekter ved risiko må belyses for at risikobildet skal bli tilstrekkelig nyansert.

Risikostyring henger nøye sammen med virksomhetens mål og visjoner. Risikostyringen er opptatt av alle aktiviteter, forhold og hendelser som kan påvirke virksomheten og dens evne til å nå sine mål, se Figur 2. Hvilke aktiviteter, forhold og hendelser som er viktige, vil avhenge av virksomheten og dens mål og visjoner. Nederst i figuren ser vi virksomhetens innsatsfaktorer, dvs. de ressursene virksomheten har til rådighet for å nå målene – mennesker, utstyr, organisasjon, prosesser osv.



Figur 2 Risikostyring – aktiviteter, forhold og hendelser som påvirker virksomhetens evne til å nå sine mål.

God struktur er essensielt for å lykkes med å implementere helhetlig risikostyring, og utfordringen er å se helheten og unngå fragmenterte analyser som ikke henger sammen. Hele bedriftens virksomhetsområde må omfattes, og målet er å danne et totalbilde av risikoen som gjør ledelsen i stand til å håndtere usikkerhet og tilhørende trusler og muligheter på en effektiv måte.

Det er vanlig å snakke om tre typer risiko:

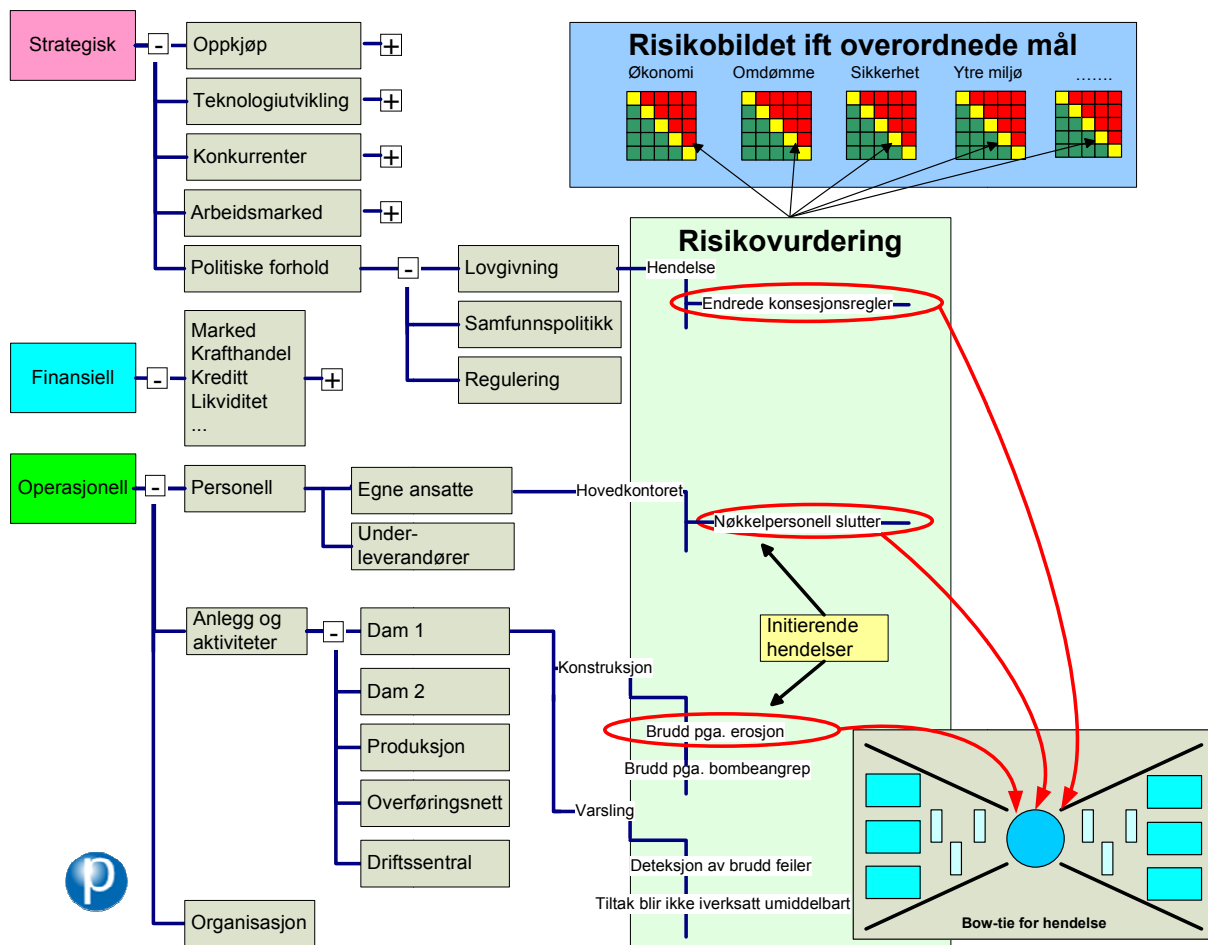
- Strategisk risiko
- Finansiell risiko
- Operasjonell risiko

Strategisk: Dette omfatter forhold som er viktig for virksomhetens langsiktige strategi og planer, som f.eks. oppkjøp, nye forretningsområder, teknologiutvikling, konkurrenter, politiske forhold etc.

Finansiell: Dette omfatter virksomhetens finansielle situasjon og inkluderer bl.a. risiko knyttet til kjøp og salg av kraft, valutasvingninger, rentenivå, kredittverdighet og likviditet.

Operasjonell: Dette omfatter forhold som påvirker den normale driftssituasjonen og er relatert til anlegg og aktiviteter, personell og organisasjon innenfor de ulike datterselskaper og avdelinger.

Figur 3 illustrerer hvordan man kan tenke seg å etablere en risikostyringsstruktur som ser på helheten for en virksomhet i kraftbransjen. Figuren viser hvordan ulike risikovurderinger kan identifisere ulike uønskede hendelser og tilhørende risikobilde, som kan påvirke beslutninger i virksomheten, med andre ord, forhold som påvirker virksomhetens risikostyring. Damsikkerhet er en del av denne helheten.



Figur 3 Risikostyringsstruktur for kraftbransjen med tilhørende bow-tie for risikoanalyse av initierende hendelser. Bow tie omtales i vedlegg B.

5 Regelverkets rolle i risikostyringen

I forrige kapittel ble risikostyring betraktet ut fra et selskapsperspektiv. I dette kapitlet skal vi se på risiko ut fra et samfunnsperspektiv. Samfunnet gir rammebetingelser for handlingsrommet til et selskap når de skal utøve sin risikostyring. Disse rammebetingelsene utformes normalt som regelverk som håndheves av en eller flere tilsynsetater.

I enkelte tilfeller kan et enkelt selskap (for eksempel en dameier) og samfunnet som helhet ha ulike interesser. Det betyr at det som er en "god" beslutning sett fra et selskaps ståsted ikke alltid er en "god" beslutning sett fra samfunnets ståsted. Den overordnede hensikten med regelverket er å ivareta samfunnets interesser i slike tilfeller. Med tanke på dambrudd, er regelverket utformet for å ivareta tredjeperson (som kan bli rammet av et dambrudd), infrastruktur, samfunnsfunksjoner, miljø og eiendom, jf damsikkerhetsforskriften, §4-2, Tabell 4-2.1 Klassifiseringskriteriene fra dammens konsekvensklasse medfører blant annet krav til dammens utforming og oppfølging samt til involvert personell både under prosjektering, bygging og i driftsfasen.

Tabell 3 Klassifiseringskriteriene

<i>Konsekvens-klasse</i>	<i>Boenheter</i>	<i>Infrastruktur, samfunnsfunksjoner</i>	<i>Miljø og eiendom</i>
4	> 150		
3	21-150	Skade på sterkt trafikkert veg eller jernbane, eller annen infrastruktur, med spesielt stor betydning for liv og helse	Stor skade på spesielt viktige miljøverdier eller spesielt stor skade på fremmed eiendom
2	1 - 20	Skader på middels trafikkert veg eller jernbane eller annen infrastruktur med stor betydning for liv og helse.	Stor skade på viktige miljøverdier eller stor skade på fremmed eiendom
1	Midlertidig oppholdssted tilsvarende < 1 permanent boenhet	Skader på mindre trafikkert veg eller annen infrastruktur med betydning for liv og helse	Skade på miljøverdier eller fremmed eiendom

Rammebetingelsene/regelverket kan imidlertid utformes på ulike måter, og det har over tid vokst frem ulik praksis i ulike bransjer. I dette kapitlet ser vi på utformingen av regelverket i ulike bransjer, og relaterer dette til hvordan regelverket er utformet med hensyn til damsikkerhet.

5.1 Nye prinsipper for myndighetskontroll

Gjennom det meste av 1900-tallet var myndighetskontroll med helse, miljø og sikkerhet basert på lover og forskrifter som gav detaljerte regler for hva som var "lov og rett" i arbeidslivet. Arbeidsulykker, alvorlige hendelser og farlige arbeidsforhold ble fra myndighetenes side møtt med stadig nye regler. En gjennomgang av lov- og

forvaltningsstrukturene på slutten av 1990-tallet påviste at det fantes over 60 lover og 1000 forskrifter innenfor helse-, miljø- og sikkerhetsområdet.² Det ble etter hvert et påtrengende behov for å finne andre former for myndighetskontroll. Det var flere faktorer som bidro til dette; en rekke store industriulykker innenfor kjemisk industri og kjernekraft (Seveso 1976, Three Miles Island 1979, Bopal 1984 og Tjernobyl 1986). I deler av Europa vokste den nyliberale politiske bevegelsen der deregulering og reduksjon av offentlige utgifter sto sterkt.

Et nytt kontrollregime fikk et gjennombrudd på 1970-tallet ved at fokus ble flyttet fra detaljerte lovregler og mot virksomhetene egen kontroll med sikkerheten.

Regjeringens reformprogram på 1970-tallet iverksatte tiltak for å bedre styringen av regelverket med alternative styringsteknikker. Tradisjonelle reguleringsformer ble erstattet av mer funksjonelle regler etter mønster av forsøk med internkontroll i petroleums- og aluminiumsindustrien.³

5.2 Andre bransjer

Proactima gjennomført i 2007 en studie knyttet til ulike bransjers tilnærming i forbindelse med evaluering av ulykkesrisiko. Studie ble gjennomført ved først å identifisere relevante bransjer hvor ulike risikotilnærminger ble brukt, deretter å sammenlikne ulike elementer knyttet til bransjens risikotilnærming.

Blant annet ble følgende bransjer vurdert:

- Offshore petroleum
- Vei
- Jernbane
- Luft
- Helse

Det ble brukt en mal til å samle tilsvarende opplysninger for de ulike sektorene. Spesialister innenfor de ulike bransjene utarbeidet innholdet basert på egne kunnskaper, vurderinger av relevant formell dokumentasjon og akademiske artikler. Utfordringene ble også drøftet med representanter fra de ulike sektorene.

Resultatet viste at alle sektorer hadde gjennom regelverk i varierende grad implementert en eller annen form for risikotilnærming med påfølgende krav om risikovurdering. Nivået på implementeringen varierte og det var stor variasjon mellom sektorene i hvilken grad risikotilnærming faktisk ble gjennomført. Videre varierte graden av detaljer i tilhørende veiledning gitt med hensyn til risikotilnærming. I noen tilfeller, for eksempel innenfor petroleumsindustrien var det et klart regulatorisk krav å kunne vise at risikoen var redusert så lavt som praktisk mulig (ALARP). I andre bransjer var det tilstrekkelig at sektoren kunne vise hva et akseptabelt risikonivå var. Disiplinen risikoanalyse og evaluering var i flere av bransjene et relativt nytt fagområde. Dette førte til en begrensning i forhold til personell med praktisk erfaring, både på operatørenes og regulators side. I de tilfellene (f.eks vei, jernbane, luft) der

² Se rapporten *Helt stykkevis og delt?* (1999), Statskonsult, Oslo.

³ Erfaringene med internkontroll i aluminiumsindustrien er dokumentert i Lindøe (1992): *Internkontroll – krysspress mellom byråkratisk kontroll og aktiv medvirkning*, NTNU, Trondheim.

regelverket var utarbeidet på bakgrunn av pålegg fra EU, syntes eierskapet til risikotilnærmingen å være på et generelt lavere nivå, enn i de bransjene der regelverket var utviklet med initiativ på nasjonalt nivå. Det syntes også som at det i de bransjene der regelverket var utviklet på bakgrunn av et nasjonalt initiativ, var det mer tid til opplæring av ressurser, utvikling av veiledninger, testing og utprøving metoder etc.

Studien viste blant annet at offshore petroleums industrien skilte seg fra de andre bransjene med å ha kommet vesentlig lenger i forhold til risikotilnærming. Preben H. Lindøe ved Universitetet i Stavanger har senere gjennomført en studie der han ser nærmere på erfaringer fra offshore petroleumsindustrien knyttet til risikotilnærming. I det påfølgende vil vi si noe mer om dette.

5.3 Erfaringer fra offshore petroleumsindustri.

Offshore petroleumsvirksomheten ble en viktig arena for utviklingen av et formåls-, risiko og funksjonsbasert regime i Norge. Her hadde det i utgangspunktet vært anvendt et maritimt sikkerhetsregime for oljeinstallasjoner som bygde på et detaljert teknisk regelverk med en ekstern kontrollør (Det norske Veritas). På samme måte som ved de internasjonale industriulykkene, så førte storulykkene i Nordsjøen (Bravo 1977 og Aleksander Kielland 1980) til at nye prinsipper for risikoregulering og sikkerhetsstyring ble utviklet i Norge. Etter hvert ble disse erfaringene "ilandført" gjennom prinsippet om internkontroll eller myndighetspålagt selvregulering (enforced self-regulation). Dette innebar at virksomhetene skulle (1) ta et selvstendig ansvar med å vurdere hvilken risiko som var knyttet til deres eget produksjonssystem, arbeidsprosesser og produkter (2) formulere mål for sitt sikkerhetsarbeid, og (3) vise hvordan man ville innrette seg for å nå sine mål.

I perioden 2008-2012 gjennomføres det en studie av risikoregulering innen offshore petroleumsindustri der det norske regimet sammenliknes med England og USA.⁴ På bakgrunn av Macondo-ulykken i Mexicogulven i 2010 har det norske sikkerhetsregimet fått stor oppmerksomhet. I tabell 2 er det vist en summarisk oversikt over karakteristiske forskjeller mellom sikkerhetsregimet offshore i Norge og USA.⁵

⁴ Dokumentasjon fra prosjektet finnes på www.uis.no/robustregulation

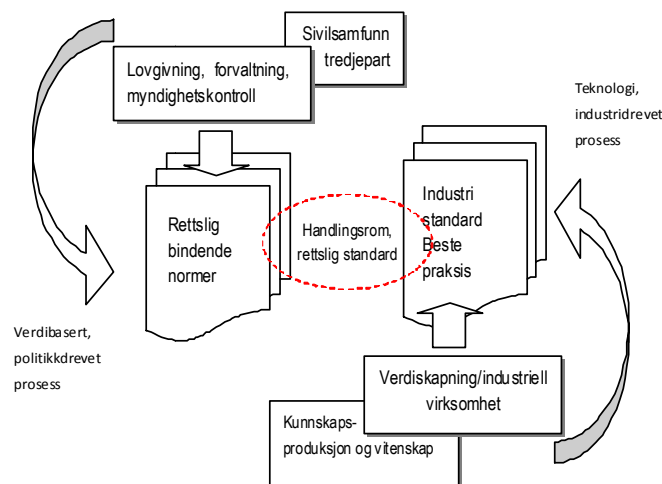
⁵ For en detaljert sammenlikning se Helge Ryggvik (2012) "Dypt vann i horisonten. Regulering av sikkerhet i Norge og USA i lys av Deepwater Horizon-ulykken". Senter for Teknologi, Innovasjon og Kultur, UiO. Rapporten finnes i pdf.format på prosjektets hjemmeside, ref. note 4.

Tabell 4 Forskjeller mellom sikkerhetsregimet offshore i Norge og USA

	Offshore regimet i Norge	Offshore regimet i USA
Hovedtrekk	Samstemt og integrert lovverk basert på ytelse og med funksjonelle krav. Rammeforskrift med underliggende forskrifter	En rekke lover og forskrifter basert på preskriptive og detaljerte regler og med en mengde tvingende myndighetskrav
Kost-nytte analyser	Praktiseres på en udogmatisk måte (Ref. ALARP)	Presidentdirektiv som verner industrien mot økte byrder ved regulering
Legalt rammeverk	Bruk av rettslige standarder gir fleksibilitet og fortolkningsrom. Selskapene står fritt til å velge industristandarder som oppfyller regelkrav	Myndighetene tilpasser industri-standarder som legger dem inn i regelverket.
Inspeksjoner og sanksjoner	Én sterk og koordinerende aktør. Planlagte inspeksjoner basert på tillit og dialog. "Myk" og støttende tilnærming	Flere myndighetsorgan praktisere uanmeldte inspeksjoner. Omfattende sjekklister Eks.: "Potential Incidents for Non-Compliance" (PINC). Tøff tilnærming.
Medvirkning fra arbeidstaker	Aktiv medvirkning på flere nivå (Nasjonalt, industri- og virksomhetsnivå)	Ingen medvirkning av arbeidstakere på sentrale beslutningsnivå

5.4 Handlingsrommet for rettslig regulering og sikkerhetsstyring

Utforming av lovgivning, forvaltning og myndighetskontroll er politikkdrevet, basert på verdier og preferanser i samfunnet. Dette fører til at rettslige bindende regler nedfelles og blir bindende for forvaltning, borgere, økonomiske foretak, mv. I et åpent og demokratisk samfunn påvirkes denne prosessen av mange aktører, både dem med egne økonomiske interesser og interessegrupper innen sivilsamfunnet. På den andre siden vil økonomiske aktører og interessenter selv iverksette aktiviteter for å redusere risiko ut fra egne interesser. Et eksempel er det maritime risikoregimet som ble utviklet i England på 1700-tallet, der aktørene ut fra egeninteresse utviklet "egenkontroll" og krav til tekniske standarder. Senere ble dette systemet en del av myndighetskontroll ved at teknisk kontroll av skip ble delegert til et classeselskap som et offentlig godkjent "sertifiseringsorgan". Kunnskapsutviklingen om "risiko" er en del av de teknologiske og organisatoriske prosessene innenfor verdiskaping der forskningsinstitusjoner, laboratorier, universitet mv. er sentrale kunnskapsprodusenter. Sammen med profesjonskunnskap, erfaringsbasert kunnskap og praksis fører dette til en "beste praksis" i virksomhetene. Denne formen for kunnskap systematiseres og kodifiseres gjennom tekniske og operative "standarder", internt i virksomheten, innenfor næringen eller som nasjonale og globale standarder. Slike standardiseringsprosesser finner vi også under betegnelser som "kvalitetssikring" og "kvalitetsledelse", og det har mange av de samme kjennetegn som styring av risiko. Disse to normeringsprosessene som vist i figur 4.



Figur 4 To ulike normeringsprosesser

I grenseflaten mellom de to normeringsprosessene er det et stort rom for samhandling og avstemming av normeringsprosessene gjennom organisatorisk og rettslig praksis. Detaljert og foreskrivende rettslig bindende normer gir lite handlingsrom for virksomhetene og binder dem til etablert teknologi og organisatoriske løsninger. Jo flere regler og tekniske forskrifter myndigheten lager, jo større "bevisbyrde" pålegger de seg selv. Dersom regelverket blir formåls- og risikobasert og følges av funksjonsbaserte krav med frivillige tekniske standarder, så flyttes "bevisbyrden" over på virksomhetene. Men det skaper også et insitament for å utvikle nye og bedre organisatoriske og teknologiske løsninger. I forlengelsen av funksjonsbaserte lover og regler følger også et større eller mindre innslag av "rettslige stander" som utfordrer samspill og samhandling mellom regulator og virksomhet.

5.5 Funksjonsbasert regelverk og rettslige standarder⁶

Innenfor et funksjonsbasert regelverk vil det være behov for en form for skjønnskriterier som betegnes som *rettslige standarder*, og som gir noen særlige tolkningsutfordringer: "Med rettslig standard sikter vi til ord eller uttrykk i en lov som gir anvisning på en målestokk som ligger utenfor loven, som en bestemt praksis, utbredte holdninger i samfunnet eller andre forhold som skifter med tiden. All den stund disse fenomenene endrer seg over tid, vil også innholdet i loven gjøre det."⁷

⁶ Dette avsnittet bygger dels på Haugland, A. (2012) " Bruk av funksjonsbaserte regelverk og rettslige standarder" . I Lindøe, Kringen og Braut (2012): *Risiko og tilsyn. Risikostyring og rettslig regulering*. Oslo: Universitetsforlaget.

⁷ Boe, E. M. (2005). *Grunnleggende juridisk metode: en introduksjon til rett og rettstenkning*. Oslo: Universitetsforlaget, s. 278)

Bruk av rettslige standarder i lovverket brukes for å få til en hensiktsmessig regulering av komplekse fagområder i stadig utvikling. Det kan også sees som et uttrykk for respekt for betydningen av fagkunnskap for å ivareta sikkerhet og kvalitet på viktige samfunnsområder.

Rettslige standarder ivaretar trolig også ofte myndighetenes mål om sikkerhet og kvalitet bedre enn om de hadde blitt formulert fullt ut i regelverket. Den underliggende målestokken i de rettslige standardene bygger på problemforståelse, terminologi og løsningsmåter som blir forstått i fagmiljøet, og som gjennom fagmiljøenes involvering i prosessen for å utvikle normene nyter større legitimitet enn regelverk basert på juridisk terminologi og logikk.

I motsetning til detaljerte og foreskrivende lovbestemmelser blir en rettslig standard ikke utdatert, men den skifter innhold i takt med utviklingen.

I Ot. prp. nr. 49 (2004-2005) begrunner departementet bruken av rettslige standarder slik:

En rettslig standard som «fullt forsvarlig» gir et dynamisk begrep hvis innhold endres i forhold til teknisk utvikling, endring i kunnskap osv. For den vanlige bruker av loven er det imidlertid ikke nødvendigvis så enkelt å få øye på dette poenget, og departementet mener at det vil være hensiktsmessig å la det komme mer direkte til uttrykk i lovteksten.

I petroleumsloven § 9-1 er den rettslige standarden formulert slik:
"Petroleumsvirksomheten skal foregå slik at et høyt sikkerhetsnivå kan opprettholdes og utvikles i takt med den teknologiske utvikling".

En konsistent anvendelse av et funksjonsbasert regelverk krever en omfattende og systematisk oversikt/veiledning over hvordan ulike bestemmelser er å forstå og hvilke aktuelle standarder som kan eller bør benyttes for å oppfylle kravene. En må med andre ord fylle den rettslige standarden med innhold. Veiledningene må gi god informasjon om sammenhengen mellom regelverk og faglige standarder og på denne måten gi mulighet for virksomhetene til å innrette seg i tråd med lovgivningen og skape forutsigbarhet i forhold til tilsynsmyndighetenes vurderinger. For myndighetene kan dette bli et krevende og omfattende system å holde oppdatert, og det forutsetter at standardene holder tritt med utviklingen og ny kunnskap. Omfattende veiledningen kan også bli en sovepute for virksomhetene slik at de ikke tar selvstendig ansvar for å følge med på og implementere ny anerkjent fagkunnskap om forsvarlig virksomhet.

6 Hvilken rolle kan/bør risikoanalysene spille i risikostyringen?

Som nevnt i kapittel 0 er regelverket en viktig premissgiver for sikkerhetsarbeidet. I dette kapitlet tar vi utgangspunkt i en tenkt situasjon der regelverket tillater og legger til rette for at risikoanalyser kan spille en rolle når viktige beslutninger som angår dampsikkerhet blir fattet. Hvilken rolle risikoanalysene skal/kan spille, er imidlertid ikke opplagt, og det finnes en rekke alternativer. I dette kapitlet presenterer vi ulike måter risikoanalyser kan spille en sentral rolle, først med beskrivende tekst, og deretter gjennom et hypotetisk eksempel.

Vi har identifisert fire situasjoner der risikoanalyser kan tenkes å ha en viktig rolle å spille:

- 1) Bruk av risikoanalyser til å identifisere hvor de viktigste risikobidragene kommer fra og beskrive effekten på risiko av ulike tiltak
- 2) Bruk av risikoanalyser for å gi input til kost-nytte type analyser
- 3) Bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere hva som er akseptabel risiko/sikkerhet
- 4) Bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere om en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning

I de følgende delkapitlene vil vi gå gjennom disse temaene, redegjøre for generelle aspekter og utfordringer, men også gi eksempler og kommentarer knyttet til dampsikkerhet spesielt. Gjennomgangen kan leses uten spesiell kompetanse innen risikofaget men det er en fordel å kjenne til grunnleggende risikoteori svarende til stoffet samlet i Vedlegg A-C.

6.1 Introduksjon

Vår erfaring er at mange av de problemene som oppstår i det praktiske risikostyringsarbeidet har sin rot i manglende forståelse og innsikt i de fundamentale spørsmålene, som: Hva er risiko? Hvordan beskrive usikkerhet? Hvordan vektlegge usikkerhet? Hvordan balansere ulike hensyn, som sikkerhet og økonomi? Hvordan bruke forventningsverdier i risikostyringen? Vi sier en del om slike temaer i disse vedleggene, men vi berører dem også i forbindelse med gjennomgangen i de kommende fire delkapitler når vi diskuterer bruken av risikoanalyser i ulike situasjoner. Når vi for eksempel skal diskutere hva som er viktige risikobidrag eller akseptabel risiko, står spørsmålet om hva risiko er, åpenbart sentralt.

Refleksjonen står sentralt i gjennomgangen – det er ikke bare en mulig vei å gå. Vi diskuterer alternativer, men gir også klare anbefalinger. Ambisjonen har vært å gi en enkel framstilling av stoffet, uten å svekke kravet om presisjon og nøyaktighet. Viktige bidrag fra forskning innen fagområdet de siste årene er avspeilet i rapporten. Mange eksempler brukes for å illustrere prinsippene og ideene.

Risikoanalyse handler om å identifisere hva slags hendelser (A) som kan inntreffe, hva som kan føre til disse hendelsene, og hva konsekvensene (C) kan bli. Videre har

risikoanalysene å gjøre med usikkerheter (U) og sannsynligheter (P) knyttet til om disse hendelsene vil inntreffe og hva konsekvensene vil bli. I et damanlegg kan vi få et brudd, og vi er opptatt av hva som kan føre til et slikt brudd og hva konsekvensene vil kunne bli, og hvor sannsynlig de ulike hendelser og konsekvenser er. Enkelt sagt kan vi si at risikoanalysene analyserer risiko, for risiko handler nettopp om disse aspektene: Hendelser A, konsekvenser C, usikkerheter U og sannsynligheter P. Hvis vi nå ser framover i tid, og betrakter et spesifikt damanlegg, kan visse hendelser og konsekvenser inntreffe, men når og hvilke vet vi ikke i dag – det er usikkerhet tilstede. Her er kjernen i risikobegrepet, vi skriver

Risiko = (A,C,U).

Så kommer spørsmålet om hvor stor risikoen er, og gjennom risikoanalysen forsøker vi å få et svar. Da bestemmer vi A-er og C-er og bruker sannsynligheter som uttrykk for usikkerheten. Det fremkommer en risikobeskrivelse eller et risikobilde:

Risikobeskrivelse = (A', C', P, K), (1.1)

der A' og C' er spesifikke hendelser og konsekvenser, for eksempel dambrudd og antall omkomne som følge av et slikt brudd, og K er kunnskapen som sannsynlighetene bygger på. Konkret kan en slik risikobeskrivelse være angitt som sannsynligheter (P) for gitte tap av liv kategorier, for eksempel, 0, 1-10, 11-100, 101-1000, >1000.

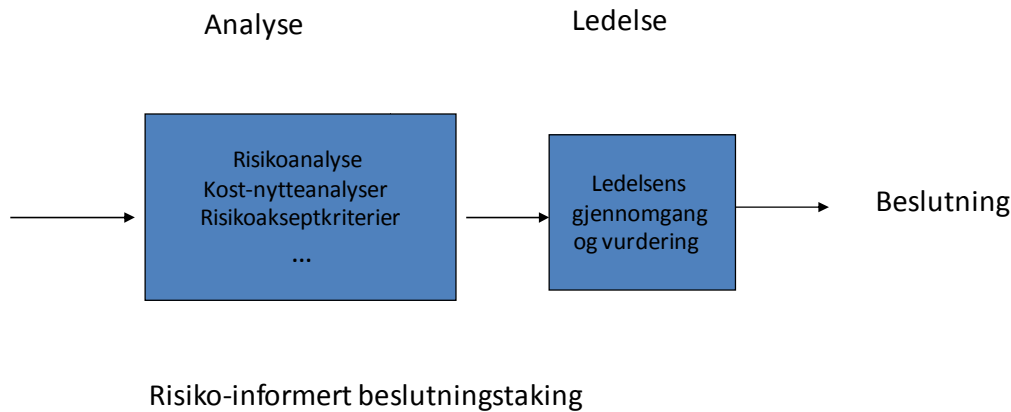
En slik risikobeskrivelse har imidlertid sine begrensninger og har fått mye kritikk i litteraturen (se for eksempel Aven 2012a). Problemet er at en sannsynlighet ikke avspeiler all relevant usikkerhet og kunnskapen den bygger på. En kan ha to situasjoner der en angir samme sannsynlighet, for eksempel 0.5, der bakgrunnskapen i det ene tilfellet er meget god, som i forbindelse med kast av en vanlig mynt, men meget svak i et annet tilfelle (vi forstår det underliggende fenomenet svært dårlig). Tallene vi får frem er like men viktige aspekter av risiko er ikke synliggjort. Å bruke bare sannsynlighet som mål for usikkerhet er således problematisk, risikobeskrivelsen (1.1) er ikke nødvendigvis den som bør brukes. En mer generell risikobeskrivelse får vi ved å skrive

Generell risikobeskrivelse = (A', C', Q, K), (1.2)

hvor Q er et egnet mål på usikkerhet. Det er foreslått mange slike mål (se for eksempel Aven 2012a), men vi skal her begrense oss til å se på $Q = (P, U_F)$ som er omtalt i vedlegg A. Dette målet er basert på sannsynligheter, samt kvalitative vurderinger av viktigheten av forutsetninger (usikkerhetsfaktorer) som sannsynlighetene bygger på. Gjennom disse vurderingene får vi avspeilt om P bygger på svak eller sterk bakgrunnskunnskap. Med denne tilnærmingen må sannsynlighetstallene knyttet til de ulike tap av liv kategoriene i eksemplet ovenfor, suppleres med viktighetsvurderinger av forutsetningene som disse sannsynlighetstallene bygger på. Se vedlegg A for mer detaljer. I det følgende vil vi for enkelthetsskyld skive A og C selv om vi strengt tatt skulle skrevet A' og C'.

Forståelsen av hva risiko er får betydning for hvordan vi analyserer risiko (hvordan risikobildet skal se ut), som i neste omgang bruken av risikoanalysene og risikostyringen. Skal vi for eksempel vurdere hva som er de viktigste bidragsyterne til risiko er det ikke nok bare å se på sannsynlighetstallene da en god risikobeskrivelse

må se utover disse tallene. Det samme gjelder spørsmål som går på hva som er akseptabel risiko. Her må vi i tillegg også ta inn vurderinger av andre forhold enn risiko. En beslutning om en løsning har en akseptabel risiko kan vanligvis ikke sees isolert fra nytten som løsningen gir. Disse forholdene er avspeilet i den enkle beslutningsmodellen som er vist i figur 5.



Figur 5 Enkel modell for beslutningstaking

Analysene informerer beslutningstakerne. De spesifiserer ikke hva som er riktig beslutning. Det er behov for ledelsens gjennomgang og vurdering (for å vekte usikkerhetene og begrensningen i analysene, samt andre hensyn). Enkelte beslutninger kan dessuten ikke fattes av ledelsen alene, men vil påvirkes av andre interessenter, for eksempel rammebetingelser satt av myndighetene. Det finnes for praktiske problemstillinger ingen formel som angir hva som er en god beslutning under usikkerhet.

6.2 Bruk av risikoanalyser til å identifisere hvor de viktigste risikobidragene kommer fra og beskrive effekten på risiko av ulike tiltak

La oss ta utgangspunkt i at risikoanalysen har gitt et risikobilde som beskrevet i kapittel 1. Vi har identifisert n risikobidragstyper, det kan være

- Risiko assosiert ved ulike hendelser $A_1, A_2, \dots, A_n$
- Risiko assosiert ved ulike aktiviteter/systemer (for eksempel en dam)
- Risiko assosiert med ulike delsystemer (komponenter), for eksempel upåliteligheten av sikkerhetssystemer
- Risikoendring som følge av ulike tiltak

Vi ser først på tilfellet a). Hendelsene kan være for eksempel dambrudd som følge av ulike årsaker. Ved passende definisjoner av hendelsene A_i gjør vi de disjunkte, bare en av dem kan inntreffe, ikke flere. Da vil risikobidragene assosiert med de ulike hendelsene kunne sees på isolert. Risikoen for dambrudd som følge av årsak 1 er slik og slik, og som følge av årsak 2 slik og slik.

Slik vil det også være i forhold til b) – risikoen knyttet til dam A er slik og risikoen knyttet til dam B er slik. Dette betyr imidlertid ikke at risikoen for de to dammene beskrives kun ved å se på bidragene fra de to anleggene isolert, da det kan være avhengigheter. Tenk for eksempel på et terrorangrep som har som mål å slå ut begge dammene. Vi ser at det er viktig å vurdere risikobidragene både i forhold til a) og b).

Så er vi kommet til c). Her fremkommer risikobidragene ved å se på endringen i risikobeskrivelsen som følge av at delsystemet antas å ha perfekt ytelse (for eksempel pålitelighet, med andre ord, virker som det skal ved behov). Tilsvarende under d), fås effekten av tiltaket på risiko ved å sammenligne risikobildet med og uten tiltaket implementert.

For å lett kunne karakterisere risikobidraget eller risikoeffekten, vil det kunne være et ønske om å bruke enkle indekser som for eksempel forventet antall drepte (PLL) og forventet økonomisk tap. Slike indekser kan gi en viss informasjon men må brukes med forsiktighet da de bare avspeiler visse aspekter av risikoen. To situasjoner kan ha omtrent samme forventning (sannsynlighet multiplisert med tap) men ha helt ulike sannsynlighetsfordeling, og kreve helt forskjellig risikostyring. I et tilfelle kan det for eksempel være relativt stor sannsynlighet for ekstreme utfall og det vil normalt kreve en beredskap i forhold til dette, mens det i et annet tilfelle er ubetydelig sannsynlighet for slike utfall. Beslutningstakere kan således bli alvorlig misledet hvis en bare ser på forventningsbaserte indekser. Ja, som omtalt i Kapittel 6.1 og i vedlegg A, er det ikke tilstrekkelig en gang å bruke sannsynlighetsbaserte indekser da risiko er mer enn beregnede sannsynligheter. Aspekter av usikkerhet kan ligge gjemt i de forutsetningene og den kunnskapen som sannsynlighetene bygger på. I Kapittel 6.1 og vedlegg A er det antydning hvordan risikobildet kan suppleres for å også fange opp viktigheten av denne bakgrunnskunnskapen og disse forutsetningene. Men analysen kan ikke garantere at det ikke oppstår overraskelser sett i forhold til den kunnskap som en har (såkalte black swans, see Taleb 2007, Aven 2012b). Historien viser at det oppstår overraskelser i forhold til vurderinger som er gjort. Her er et aktuelt eksempel (Aven 2012b)

The Fukushima Daiichi nuclear disaster in Japan in March 2011. Was this event a black swan? The scientific community had the knowledge to understand that in the case of a tsunami, which we know occurs from time to time, extreme consequences would be likely. The situation is better characterised as one where the risk associated with such tsunamis was accepted, not that the event was surprising in relation to the available knowledge (black swan). A reviewer of this paper commented that one can oppose this conclusion:

until this event, no one had conceived it a possibility that a tsunami would destroy all back-up systems simultaneously, as well as it (the earthquake) would prevent support from outside to reach the site.

It is tempting to say that if this was the case, something must have been wrong with the risk assessments, but I will not go further into this discussion here. The example clearly demonstrates the importance of being precise on whose knowledge we are talking about.

Et viktig poeng her er at risikoanalysene bygger på en viss kunnskap og overraskelser kan skje i forhold til denne (om vi skal kalle dem black swans eller ikke er ikke så viktig).



Eksempel på bruk av risikoanalyser til å identifisere hvor de viktigste risikobidragene kommer fra og beskrive effekten på risiko av ulike tiltak

La oss tenke oss at et selskap (dameier) vurderer å forbedre sikkerheten relatert til en eksisterende fyllingsdam. Det gjennomføres et arbeidsmøte for å identifisere uønskede hendelser, og resultatet er en liste med 15 uønskede hendelser. La oss for enkelhetsskyld se på to av disse:

- Utenforstående angriper dammen med bilbombe
- Indre erosjon fører til dambrudd

Flere alternative risikoreduserende tiltak identifiseres i arbeidsmøtet. La oss tenke oss at tre tiltak vurderes:

- a) Øke størrelsen på damkronen (bredde og høyde)
- b) redusere muligheten for at et kjøretøy skal kunne nå frem til dammen ved å montere barrierer i vegbanen
- c) forbedre overvåkingen av lekkasje gjennom dammen

Alle disse tre tiltakene vil påvirke risiko. Men for å gi et beslutningsgrunnlag om hvilket/hvilke av disse tiltakene som er mest hensiktsmessig er det viktig å være tydelig på hvilke deler av risikobildet de ulike tiltakene påvirker. Dette gjelder både hvilke uønskede hendelser som påvirkes og om tiltakene er sannsynlighetsreduserende eller konsekvensreduserende. Totalt vil dette gi oss et bedre beslutningsgrunnlag. Effekten av tiltakene kan synliggjøres i en risikoanalyse. I en slik analysen ville de to nevnte uønskede hendelsene og de tre foreslåtte tiltakene blitt vurdert i tur og orden:

Utenforstående angriper dammen med bilbombe:

- Å øke damkronen vil være et konsekvensreduserende tiltak, fordi det reduserer følgene/konsekvensene av en bilbombe. Tiltaket vil føre til at dammen ikke går i brudd til tross for at en bombe av en viss (veldefinert) størrelse sprenges. Tiltaket er effektivt i og med at det vil hindre dambrudd selv om en bilbombe (av en viss størrelse) sprenges.
- Å redusere atkomsten til dammen vil være et sannsynlighetsreduserende tiltak fordi det vil redusere sjansen for at bilbomben kan transporteres helt frem til dammen. For at tiltaket skal være effektivt, må det trolig kombineres med andre tiltak, for eksempel kameraovervåkning/alarm og muligheten for å konfrontere angriperen i løpet av kort (veldefinert) tid. Det er sannsynlig at barrierene vil kunne forseres dersom angriper gis anledning til å ta tiden til hjelp.
- Å forbedre overvåkingen av lekkasjen gjennom dammen vil ikke påvirke risiko ifm. den uønskede hendelsen "utenforstående angriper dammen med bilbombe".

Indre erosjon fører til dambrudd

- Å øke størrelsen på damkronen vil øke de vertikale lastene på damkonstruksjonen noe som vil kunne redusere stabiliteten til nedstrøms skråning og dermed øke faren for utglidning av skråningen. Dette vil igjen kunne føre til at indre erosjon lettere gir utglidning og et mulig påfølgende dambrudd. Det kan derfor sies at dette tiltaket vil

- kunne øke sannsynligheten for at indre erosjon fører til dambrudd.
- Å redusere atkomsten til dammen for uvedkommende vil ikke påvirke risiko ifm, den uønskede hendelsen "Indre erosjon fører til dambrudd".
- Å forbedre overvåkingen av lekkasjen gjennom dammen vil redusere sannsynligheten for dambrudd. Årsaken er at en økning i lekkasjen gjennom dammen kan være et tidlig tegn på at dammen er under degradering. Dersom hurtignedtapping initieres tidlig, vil man da kunne hindre eller redusere sannsynligheten for at dammen går i brudd. Dette forutsetter imidlertid at hurtignedtappingen gjennomføres innen en viss (veldefinert) tid.

La oss tenke oss at beslutningstaker ønsker å velge/implementere ett eller flere av de risikoreduserende tiltakene nevnt over. Hvilket/hvilke tiltak er så mest hensiktsmessig når begge uønskede hendelsene tas i betraktning? Systematikken vist over kan være til hjelp i en slik beslutningssituasjon: I dette tilfellet har tiltak a) øke størrelsen på damkronen risikoreduserende effekt for hendelsen "utenforstående angriper dammen med bilbombe", mens det har risikoøkende effekt for hendelsen "indre erosjon fører til dambrudd". For å redusere risiko i forbindelse med bilbombe er det imidlertid identifisert et annet tiltak som også er vurdert til å ha god risikoreduserende effekt: b) " redusere muligheten for at et kjøretøy skal kunne nå frem til dammen ved å montere barrierer i vegbanen". Det er også identifisert et tiltak for å redusere risiko i forbindelse med indre erosjon: c) "forbedre overvåkingen av lekkasje gjennom dammen".

I dette tilfellet kan vi tenke oss at gruppen som gjennomfører risikovurderingen vektlegger bilbombescenarioet som et vesentlig scenario der det bør innføres risikoreduserende tiltak. Tiltak a) er isolert sett vurdert til å være det beste tiltaket med tanke på denne uønskede hendelsen, i og med at det vil fungere selv om en bombe sprenges. Dette tiltaket har imidlertid også en uønsket risikoøkende effekt med tanke på den andre uønskede hendelsen: Indre erosjon. La oss tenke oss at gruppen derfor totalt sett, når begge uønskede hendelsene tas i betraktning, vurderer alternativ b) som det mest hensiktsmessige risikoreduserende tiltaket i og med at den risikoøkende effekten da unngås. Dette forutsetter imidlertid at tiltaket kombineres med overvåknings- og alarmtiltak, ref. beskrivelsen over.

Eksempelet viser at ved å bryte ned en problemstilling i ulike uønskede hendelser, og å tydeliggjøre hvilke tiltak som har risikoreduserende effekt for hvilke uønskede hendelser, blir resultatet en totaloversikt over problemstillingen som kan brukes som grunnlag/støtte til å velge de mest hensiktsmessige risikoreduserende tiltakene. Her er det utelukkende effekten på risiko som er vurdert. I praksis vil også i mange tilfeller andre forhold, for eksempel kostnaden ved å innføre de ulike tiltakene, kunne tas med i betraktning. I denne sammenheng henvises det til de senere delkapitler.

6.3 Bruk av risikoanalyser for å gi input til kost-nytte type analyser

En kost-nytteanalyse beregner forventet nåverdi, $E[NV]$, ut fra formelen

$$NV = \sum_{t=0}^m \frac{a_t}{(1+i)^t}$$

hvor a_t representerer kontantstrømmen ved tid t , og i er diskonteringsrenten, se Vedlegg C. En risikoanalyse gir input til beregningen av forventet nåverdi ved å gi verdier av forventet kontantstrøm $E[a_t]$, for eksempel i forhold til økonomisk tap som følge av en ulykke. Også verdien av tap av liv og miljøskader må konverteres til penger når en skal bruke denne metoden. Hvordan dette gjøres i forhold til tap av liv kan kort oppsummeres slik: Risikoanalysen etablerer verdier for forventet antall omkomne, som vi betegner $E[X]$ (eventuelt reduksjon eller endring i dette tallet hvis en studerer effekten av et sikkerhetstiltak) og så multipliseres denne forventningsverdien med verdien av et statistisk liv som det heter, VSL (value of a statistical life), som er det maksimale beløpet organisasjonen/samfunnet er villig til å betale for å redusere det forventede antallet omkomne med 1. Hvis for eksempel $E[X] = 0.1$ og $VSL = 10$ millioner NOK, blir bidraget i forventet nåverdi 1.

En variant av kost-nytteanalysen er kost-effektivitetsanalysen, der en beregner indekser av formen $E[\text{kostnad}]/E[X]$ for et tiltak, dvs. forventet kostnad per forventet antall sparte liv. I eksemplet ovenfor gir denne formelen en verdi $5/0.1 = 50$, dersom tiltaket koster 5 millioner kroner. Enkelt sagt betyr dette at kostnaden er 50 millioner per statistisk liv spart. Så kan en vurdere dette tallet opp mot betalingsvilligheten og VSL. Brukes $VSL=10$, gir metoden at tiltaket er for dyrt til å kunne rettferdiggjøres.

Bruk av VSL er et redskap for beslutningstaking, som hjelper oss til å balansere sikkerhet og økonomi. VSL sier ikke hva verdien av et spesifikt liv er (det er selvsagt ikke målbart i penger for den enkelte og familien), men hva vi er villige til å betale for å redusere risikoen i forhold tap av liv for en gruppe av personer. Det er åpenbart ikke det samme som å sette en pris på et menneskeliv.

Risikoanalysen spiller med andre ord en viktig rolle i å gi input til kost-nytteanalysen og kost-effektivitetsanalysen. Som vi ser er inputen på formen forventningsverdier. Dersom vårt fokus er rent økonomiske, og vi er opptatt av et stort antall prosjekter hvor vi kjenner variasjonen i utfall innen disse, kan det argumenteres at $E[NV]$ gir et hensiktsmessig underlag for beslutningstakingen (følger av porteføljeteorien og store tall sterke lov, se Aven 2008). I praksis er disse betingelsene ikke oppfylt og det er nødvendig å se utover $E[NV]$ når beslutningene skal tas. Risiko og usikkerhet må vektlegges, ikke bare forventningsverdiene. Risikoanalysen er redskapet vi bruker i denne sammenheng. Risikoanalysen frembringer sannsynlighetsfordelinger og andre aspekter av usikkerhet som drøftet i kapitlene foran. Risikoanalysen er således et supplement til kost-nytteanalysene, ikke bare en metode for å gi input til kost-nytteanalysene.



Eksempel på bruk av risikoanalyser som input til kost/nytte-analyser

En dameier har to eksisterende dammer, begge betongdammer, den ene bygget ca 1980 og den andre bygget ca 1930. Ingen av dammene tilfredsstiller dagens regelverk for stabilitet. Dammene er ca like store og tilhører samme konsekvensklasse.

Dammen fra 1980 fungerer tilfredsstillende, den har liten slitasje, er vel dokumentert, og det finnes gode beskrivelser, beregninger og tegninger av dammen. Dammen fra 1930 har flere mindre sprekker og lekkasjer samt generell slitasje. Flere armeringsjern ligger dessuten fremme i dagen. Det finnes tegninger og noe dokumentasjon, men det er tvil om disse er gjeldende.

Ved begge dammene må det gjennomføres tiltak for å tilfredsstille dagens regelverk. Følgende to hovedalternativer fremkommer:

- Tiltak 1: Forsterkning av eksisterende dam ved bolting og påstøp av tykk plate oppstrøms
- Tiltak 2: Riving av eksisterende dam og bygging av ny

Vurdering av de to alternative tiltakene for dammen fra 1980 blir som følger:

- Begge alternativene vil medføre en dam som tilfredsstiller dagens regelverk, men kostnadene ved å bygge en ny dam vil bli langt høyere.

Vurdering av de to alternative tiltakene for dammen fra 1930 blir som følger

- Tiltak 1 vil kunne tilfredsstille kravet til dagens regelverk med hensyn til stabilitet, men pga. dammens generelle dårlige stand må det gjennomføres en rekke andre utbedringer slik at totalkostnadene ved å forsterke og oppgradere eksisterende dam blir relativt høy.
- Tiltak 2 vil både føre til tilfredsstillende stabilitet samt at alle de mindre problemene som naturlig elde medfører blir eliminert. Kostnaden ved dette tiltaket er noe høyere enn for tiltak 1

Med bakgrunn i disse (noe forenklete) vurderingene konkluderer dameier med at dammen fra 1980 ønskes beholdt, men forsterket. Valget var basert på en vurdering av at ekstrakostnaden ved å bygge ny dam ikke reduserer risiko knyttet til dammen tilstrekkelig til å kunne forsvare denne ekstra kostnaden. Dammen fra 1980 med forsterkning ansees som tilstrekkelig sikker.

For dammen fra 1930 ønsker dameier å rive eksisterende dam og erstatte den med en ny dam bygget etter dagens krav til betongkvalitet, armeringsoverdekning osv. Den ekstra kostnaden dette medfører oppveies av at en ny dam ansees å få bedre sikkerhet (selv om begge løsningene tilfredsstiller dagens regelverk). En ny dam antas også å være funksjonsdyktig og ikke ha behov for større vedlikehold i flere ti-år fremover, noe som ikke nødvendigvis kan sies om tiltak 1. Dameier vurderer det derfor slik at nytten av å bygge en ny dam tilsvarer den økte kostnaden dette tiltaket medfører.

Gjennomføringen av kost/nytteanalysene er diskutert i vedlegg.

6.4 Bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere hva som er akseptabel risiko/sikkerhet

Hva som er akseptabel risiko/sikkerhet kan med fordel omskrives som hva som er en akseptabel løsning eller alternativ da spørsmålet om hva som er akseptabel risiko/sikkerhet ikke kan sees isolert fra andre aspekter. Hvis nytten er tilstrekkelig stor kan en akseptere høyere risiko enn hvis nytten er liten. Tenk deg en situasjon der du får øket lønnen din betydelig over en viss periode dersom du aksepterer en relativt liten økning i ulykkesrisikoen. Mange ville akseptert en slik løsning. Vi aksepterer å kjøre bil selv om risikoen er meget stor for alvorlige hendelser. I andre sammenhenger unngår vi risikoen selv om den er veldig liten. Forskning viser at våre holdninger til hva som er akseptabel risiko er meget komplekse og henger sammen med en rekke forhold (Aven og Renn 2010). Vi skal imidlertid ikke gå nærmere inn på disse forholdene her. Fokus i dette kapitlet er koplingen mellom risikoanalysen og spørsmålet om akseptabel risiko/sikkerhet. Kan risikoanalysen gi oss svaret på eller informere oss i forhold til hva som er akseptabel risiko/sikkerhet eller riktig risiko/sikkerhet?

En metode som ofte anbefales i denne forbindelse er etableringen av klare og helst kvantitative mål, kriterier og krav. Og en eller annen form for nedbrytning av de overordnede mål, kriterier og krav til noe mer håndfast, til hva som skal gjøres konkret, er nødvendig. Men her begynner også problemene, eller utfordringene. For hvordan skal dette gjøres? Her er det mange måter å gå fram på, og ikke alle er like hensiktsmessige. Hvordan skal vi tenke når vi skal etablere målene, delmålene, kriteriene og kravene? Hva slags form bør de ha? Når bør de formuleres?

Eksempel – bygging av et hus

Hvis vi bygger et hus, tar vi det som en selvfølge at taket ikke ramler ned i hodet på oss. Det er et opplagt krav til sikkerhet. På andre områder er det ikke fullt så åpenbart hva som er det naturlige kravet. For eksempel, hvor mye skal veggene tåle av brannbelastning? Det er visse standarder i byggebransjen, men du kan jo si at dette er for dårlig. Du vil isolere bedre slik at det i tilfelle brann vil ta lenger tid før brannen sprer seg. På denne måten øker sannsynligheten for at folk i huset kommer seg ut tidsnok. En slik løsning vil imidlertid koste mer enn standard løsning, og du må derfor vurdere hvor viktig du mener bedre isolering er i forhold til de økte kostnadene.

Vi ser at spørsmålet om hva som er sikkert nok også har å gjøre med kostnader. Betyr det at vi for alle valg av løsninger og tiltak burde foreta "optimaliseringer" av kost-nytte (i vid forstand) og unngå å sette opp krav til sikkerhet? Nei, *i praksis* kan en ikke gjøre dette – det blir umulig å gjennomføre, og det vil alltid være en del minimumskrav som må være tilfredsstillende for at en skal kunne bo i huset. En må ha trygghet for at bygningen ikke raser sammen. Det interessante spørsmålet blir således hvordan vi skal utforme krav til sikkerhet. Hvor detaljerte skal de være?

Trenden i tiden å bruke mer overordnede, funksjonelle krav som uttrykker hva vi ønsker å oppnå, fremfor å spesifisere nøyaktig hvilke løsninger som skal brukes, ref. 0. Når det gjelder sikkerhet bruker vi risiko og ytelse av barrierene og beredskapen for å beskrive "godheten" av løsninger og tiltak, og følgelig vil overordnede og funksjonelle krav til sikkerhet naturlig ta utgangspunkt i disse målestørrelsene. I eksemplet ovenfor vil vi måle effekten av tiltaket, dvs. bedre isolering, ved å se på veggens økte ytelse uttrykt ved den tid den vil kunne motstå en gitt brann.

Vi kunne også tenke oss at vi vurderte risikoeffekten av dette tiltaket i forhold til mulig tap av liv eller skade. Vanligvis vil det være litt vanskelig å gjøre for en enkelt person, husbyggeren. For større bygninger vil imidlertid slike vurderinger være mer aktuelle. Vurderingene vil være nyttige for de som skal avgjøre om tiltaket skal implementeres eller ikke. Vi ser at spørsmålet om hva som er sikkert nok blir et spørsmål om å sette krav til barrierenes og beredskapens ytelse og å begrense risiko. Det gjøres ofte gjennom såkalte risikoakseptkriterier (øvre grenser for akseptabel risiko). Eksempler på slike kriterier er "sannsynligheten for at en person skal omkomme i løpet av et år (omtales som IR) < 0.001" og kategorier i risikomatriser som viser sannsynlighet og konsekvens.

Et risikoakseptkriterium (angitt som en øvre grense for risiko) angir et område som er slik at dersom den beregnede risiko faller inn under dette området vurderes risikoen som uakseptabel og tiltak er påkrevd. Umiddelbart virker bruken av risikoakseptkriterier ryddig og tillitsvekkende. Vi etablerer gitte kriterier og konklusjoner trekkes avhengig av om risikoverdiene er over eller under disse.

Problemet er imidlertid at bruken av risikoakseptkriterier innebærer en sterk form for mekanisering av beslutninger der vanskelige avveininger er påkrevd. Når vi skal beslutte om tiltak er nødvendig og eventuelt omfanget av slike tiltak, kan vi ikke bare ta hensyn til de beregnede risikoverdier. Risiko er mer enn indeksen som brukes i kriteriet og som vi har diskutert i tidligere kapitler, en full risikobeskrivelse må se utover sannsynlighetstallene da usikkerhet kan skjules i bakgrunnskunnskapen som sannsynlighetene bygger på. Dessuten er det som omtalt ovenfor alltid slik at risiko må sees i forhold til nytten.

I tillegg kommer at bruk av risikoakseptkriterier vil kunne gi feil fokus. Hovedspørsmålet blir oppnåelse av kriteriet eller ikke, istedenfor at oppmerksomheten konsentreres om hva som er viktig i forhold til risikoen og hva skal til for å bedre sikkerheten.

La oss se nærmere på argumentasjonen. Det skilles mellom to tilfeller i) og ii):

- i) Lite ambisiøse grenser settes, som for eksempel $IR < 1 \cdot 10^{-3}$. Vi refererer til dette som et maksimumsnivå.
 - o Hvis beregnet risiko er høyere enn dette maksimumsnivået, eller i nærheten av dette nivået, så vurderes risikoen å være meget høy, og beslutningssituasjonen vil måtte trekkes opp på høyt ledelsesnivå. Nytteverdien må være meget stor for at en skal akseptere en slik risiko. Det er eksempler på at slik risiko faktisk aksepteres, hvis nytten bare er stor nok. Med en slik risiko må situasjonen uansett bruk av kriterium av denne typen, trekkes opp på høyt ledelsesnivå.

- o Hvis beregnet risiko er betydelig lavere enn dette maksimumsnivået, er det minimale insentiver for å redusere risiko. Når først spesifikke maksimumskrav er satt, som $IR < 1 \cdot 10^{-3}$, får disse stor fokus i styringen. Defineres slike grenser, tas de meget alvorlig og fokus blir på å dokumentere at de er oppfylt. Tilfredsstilles de, anses risikoen å være dokumentert lav nok.
 - o Risikoanalysen gir minimal merverdi. Risikoanalysearbeidet blir i dette tilfellet et verifikasjonsarbeid i forhold til maksimumsnivået. Men det er opplagt at beregnet risiko normalt tilfredsstiller disse kriteriene. Det kan slås fast på 5 minutter. Risikoanalysen blir brukt til å dokumentere dette, men det er en sløsende bruk av slike analyser. Merverdien analysene gir er minimal, og de undergraver risikoanalysefaget fordi de som gjør analysene vet at arbeidet bidrar med svært lite reell beslutningsstøtte.
- ii) Ambisiøse grenser settes, som for eksempel $IR < 1 \cdot 10^{-4}$ (for enhver personellgruppe, også mest utsatte gruppe). Vi refererer til dette som et targetnivå.
- o Hvis beregnet risiko er høyere enn dette targetnivået, så vurderes risikoen å være for høy, og løsningen faller ut eller tiltak er påkrevd. Men hvorfor skulle virksomheten sette slike krav, som gir unødvendige beskrankninger i optimaliseringen av valg av løsninger og tiltak? Hvis de økonomiske vurderinger favoriserer en løsning som gir $5 \cdot 10^{-4}$, hvorfor er det så viktig å holde på kriteriet $1 \cdot 10^{-4}$? Uansett hva targetnivået er blir det logisk feil – fordi vi setter kravet før vi vet konsekvensen av kravet i forhold til økonomi og andre attributter.

I praktisk arbeid vil det alltid være behov for å finne fram til prosedyrer som forenkler beslutningsprosessene. Bruk av kriterier og krav er en måte å forenkle disse prosesser på. Selv om en skulle gjennomføre risikostyringen uten bruk av risikoakseptgrenser, vil det være nødvendig å sette visse krav til løsninger og tiltak for å forenkle beslutningsprosessene. Utfordringen blir å finne fram til en bruk i tråd med den overordnede filosofi, samtidig som en sikrer praktisk gjennomførbarhet.

Generelt er vår anbefaling i forhold til kriterier koplet mot risikoanalyser for å vurdere akseptabel risiko at de må brukes med forsiktighet, ikke som mekaniske regler men for å informere beslutningstaker. I så måte er referanseverdier et bedre uttrykk enn risikoakseptkriterier. Det vises til beslutningsmodellen i figur 1.1. Ledelsens gjennomgang og vurdering er av avgjørende betydning for å kunne bruke risikoanalysene og eventuelle referanseverdier (risikoakseptkriterier) riktig i beslutningsprosessene. Bruk av følsomhetsanalyser og robusthetsanalyser er også viktige i denne sammenheng, en må unngå at risikoanalysen gir et tall som gir svaret med to streker under. Disse analysene viser hvordan resultatene avhenger av viktige forutsetninger og antagelser, og hva som må til for at konklusjoner skal endres. I stedet for å gi ett svar bør en tilstrebe å vise et bredt og nyansert risikobilde, som får frem hvordan resultatene avhenger av de forutsetninger og antagelser som er gjort og drøfter betydningen av disse forutsetninger og antagelser.



Eksempel på bruk av risikoanalyse for å kunne vurdere hva som er akseptabel risiko/sikkerhet

Et selskap eier, og har således det sikkerhetsmessige ansvaret, for en stor dam. Selskapet ønsker å vurdere om sikkerheten ved dammen er tilstrekkelig ivarettatt. De leier derfor inn ekstern bistand fra et selskap som har erfaring med gjennomføring av risikoanalyser av tilsvarende dammer i andre land. Eksperten foreslår å gjennomføre en modellbasert risikoanalyse (hendelsestreakanalyse/feiltreakanalyse) der årsaksmekanismene som kan føre til brudd og konsekvensene av et eventuelt brudd beskrives i en modell. Som input til modellen benyttes delvis faktisk kunnskap om fysiske sammenhenger (statikk, geoteknikk, hydraulikk etc.), og delvis ekspertvurderinger. I tillegg benyttes erfaringer fra analyse av andre lignende dammer.

Risikoanalysen ender opp med en FN-kurve, det vil si en kurve som viser antall drepte personer som følge av dambrudd på X-aksen og tilhørende (kumulativ) sannsynlighet på Y-aksen. La oss tenke oss at prosessen ender opp med en FN-kurve som ligger lavere enn tilsvarende kurver for sammenlignbare dammer i andre land. Dameier velger så å sammenligne FN-kurven med risikoakseptkriterier brukt i andre land, blant annet Nederland, og basert på denne sammenligningen konkluderer dameier med at risikoen totalt sett er akseptabel. Med dette som utgangspunkt hevder dameier at det ikke er nødvendig å gjennomføre tiltak ut over de som allerede er implementert.

Myndighetene er imidlertid skeptisk: De ønsker ikke uten videre å akseptere at dammen har et tilstrekkelig sikkerhetsnivå, og henviser til detaljkrav som ikke er innfridd slik dammen står i dag.

Tatt det ovennevnte i betraktning: Hvordan kan vi avgjøre om sikkerhetsnivået er tilstrekkelig eller ikke? Hvem har "rett" i denne sammenheng?

Et forsøk på et svar:

Det kan diskuteres hvem som har "mest" rett i problemstillingen nevnt over. Dameier vil kunne hevde (med rette) at han har benyttet seg av relevant kompetanse og har dannet et godt beslutningsgrunnlag, mens myndighetene vil kunne hevde (med rette) at løsningen dameier ønsker å få aksept for ikke er i henhold til normal praksis i Norge.

Grunnen til at situasjonen nevnt over har oppstått kan synes å være at "spillereglene" for hva som er et tilstrekkelig sikkerhetsnivå mangler, ref. Kapittel 1: Man har sagt B før man har sagt A. Før det er mulig å hevde om risikoanalysen skal kunne inngå som beslutningsgrunnlag, og eventuelt hvordan, må de nevnte "spillereglene" utarbeides og aksepteres. Dette inkluderer både om det er åpning for å erstatte et tradisjonelt sikkerhetstiltak med et annet alternativt tiltak (=selve grunntanken i et funksjonsbasert regime), og deretter hvordan det kan vurderes om en foreslått løsning er tilstrekkelig eller ikke. Ulike alternative "spilleregler" er vist i kapittel 6.2 til 6.5 i denne

rapporten, og forfatterens faglige anbefalinger er vist i kapittel **Feil! Fant ikke referanseilden..**

6.5 Bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere om en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning

For å vise at en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning kan en bruke forskjellige metoder. Den enkleste er simpelthen å sette opp alle argumenter som er relatert til sikkerheten for de to alternativene og foreta en samlet vurdering med basis i dette. I mange tilfeller, særlig der risikoene er forholdsvis små, vil en slik fremgangsmåte være akseptabel. For tilfeller der risikoen er større, vil imidlertid mer systematiske metoder kunne være ønskelige. Da ledes en raskt til bruk av risikoanalyser som beskriver risikoen for alternativ løsning og standard løsning og så foretas sammenligninger. Ved hjelp av ulike indekser kan en foreta enkle sammenligninger, men i og med at risiko har mange dimensjoner vil det ikke være tilstrekkelig å bare se på en indeks. Sammenligningene vil følgelig ikke nødvendigvis gi klare svar. Dessuten må en trekke inn bakgrunnskunnskapen som indeksen bygger på, som diskutert tidligere. Sannsynlighetstallene for en ny løsning kan være fordelaktige sammenlignet med standard løsning, men bakgrunnskunnskapen være betydelig svakere og det må synliggjøres, for eksempel ved viktighetsanalyser som omtalt i kapittel 1 og vedlegg A. Det er således ikke mulig å konkludere om en løsning er bedre enn en annen ved enkle analytiske sammenligninger, det er som alltid behov for en ledelsesgjennomgang og vurdering som vektet usikkerheter og hensyn som ikke er tatt hensyn til i analysene. Analysene informerer beslutningstaker, men ikke noe mer.



Eksempel 1 på bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere om en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning

La oss tenke oss at en eksisterende dam ikke tilfredsstiller dagens regelverk for stabilitet. Dammen består av en gravitasjonsdam som tilfredsstiller myndighetenes krav om stabilitet, samt en lukedel bestående av 2 segmentluker. Luker samt midtpilar tilfredsstiller ikke fullt ut myndighetenes krav til lastkombinasjonen islast og HRV. Dameier vurderer derfor forskjellige tiltak for å bedre sikkerheten. I følge dagens regelverk vil de ulike sikkerhetstiltakene som skal implementeres være en funksjon av konsekvensklasse som (blant annet) er en funksjon av antall boenheter nedstrøms. La oss tenke oss at det er 40 berørte boenheter nedstrøms dammen, og at dammen dermed blir kategorisert i klasse 3. Basert på dette stilles blant annet følgende krav til dammens utforming:

- Sikkerhetsfaktor mot glidning skal være 1,5 for bruddgrensetilstand og 1,1 for ulykkesgrensetilstand
- Krav om at resultatene av alle krefter innenfor kjernetverrsnittet for bruddgrensetilstand og at resultatet av alle krefter ikke er nærmerer nedstrøms kant enn 1/6 av bredden for ulykkestilstand
- Dammen skal kontrolleres for følgende lastkombinasjoner:
 - Istrykk (100 kN/m) og HRV
 - Flomvannstand (dimensjonerende flomvannstand)
 - Ulykkessituasjon (påregnelig maksimal flomvannstand)

Denne listen med krav medfører konstruksjonsmessige tiltak som er samfunnets "standard løsning" for å oppnå et tilstrekkelig sikkerhetsnivå i dette eksempelet. Spørsmålet er så: Kan vi ta for gitt at denne kombinasjonen av risikoreduserende tiltak "automatisk" vil være den beste eller mest hensiktsmessige kombinasjonen? Kan det ikke tenkes at det kan være andre tiltak som vil gi minst like god sikkerhet, og som i tillegg kan være mindre ressurskrevende å få på plass? For å kunne vurdere slike alternative tiltak må vi forstå risikobildet, det vil si hvilke uønskede hendelser som kan skje, hva som kan føre til at disse hendelsene oppstår, hva de kan føre til av konsekvenser og utfall, og usikkerhet/sannsynlighet knyttet til disse hendelser og konsekvenser. La oss se nærmere på den aktuelle uønskede hendelsen: "Luke eller pilarbrudd som følge av normalvannstand og islast". Det er naturlig å skille mellom faktorer som påvirker sannsynlighet og konsekvens.

Eksempler på faktorer som påvirker sannsynlighet av den uønskede hendelsen "Luke eller pilarbrudd som følge av normalvannstand og islast":

- Lokalisering av dammen. Dersom vi tenker oss at det valgte eksemplet ligger i lavlandet ved kysten sør i landet vil beregnet istrykk basert på Vegvesentets handbok 18 gi et lavere maksimalt beregnet istrykk enn 100 kN/m. Ved enkelte eldre dammer eksisterer det registreringer av om

det tidligere har oppstått is problemer, i det tenkte eksempelet er det i løpet av damanleggets 50 årige levetid aldri blitt registrert is oppstrøms dammen som følge av mildt klima, spesielle strømningsforhold og stor vintertapping fra ovenforliggende magasin. I følge standard krav er imidlertid en reduskjon av islast kun mulig for dammer i laveste klasse, dvs ikke for eksempelet.

- Etablering av ikke konstruksjonsmessige tiltak: Dette kan være bobleannlegg som kan settes i drift i spesielt kalde perioder i kombinasjon med videoovervåkning av området. Det kan etableres rutiner for magasintapping ved tegn til isdannelse for å redusere vannstanden til under HRV.

Eksempel på faktorer som påvirker konsekvensene av den uønskede hendelsen "Dambrudd som følge av normalvannstand og islast":

- Tidsaspektet: Hvor raskt vil vannet nå de aktuelle boenhetene? Har vi eventuelt mulighet for å evakuere beboerne før vannet kommer? En forsinkelse av en dambruddsbølge kan for eksempel oppnås dersom eventuelle eksisterer nedstrøms magasin kan tappes ned og dermed dempe en dambruddsbølgen. En slik dempning vil forsinke ankomsttid for bølgen, samt redusere bølgehøyden. For at en slik løsning skal være effektivt, må dette innarbeides i beredskapsøvelsene. Effekten av et slikt tiltak kan synliggjøres i konsekvensvurderinger basert på dambruddsbølgeberegninger.
- Bølgehøyde i berørte områder: Det er forskjell på om vannet "kun" fyller kjellerne (økonomiske konsekvenser, men neppe sikkerhetsmessige) eller om vannet fører til at mange av bygningene raser sammen slik at mennesker blir skadet eller drept. Bølgehøyden vil kunne påvirkes av dempning i eventuelle magasin som ligger mellom dambruddet og berørte områder, som beskrevet i punktet over.
- Vannhastighet i berørt område: Hastigheten til vannet og ikke bare vannstand har betydning for skadeomfang. Dette kan synliggjøres ved dambruddsbølgeberegninger. Ved dagens standardmetoder vil det normalt kun regnes ut en gjennomsnittshastighet for hvert tverrprofil. I virkeligheten vil vannhastigheten kunne være lavere inne på ei flomslette hvor bebyggelsen normalt ligger enn ute i selve elvestrengen. Dette kan vurderes ved hjelp av mer avanserte dambruddsbølgeberegninger og bør taes i betraktning når konsekvensene vurderes.

La oss tenke oss at risikoanalysen konkluderer med at installering av bobleannlegg vurderes å være et like godt sikkerhetstiltak som de opprinnelige konstruksjonsmessige tiltakene. Dammens lokasjon inngår som en del av dette resonnementet, i og med at den ligger i et område der islaster ikke tidligere er erfart.

Det sentrale poenget i eksemplet over er følgende: Listen over "tradisjonelle tiltak, i dette eksempelet konstruksjonsmessige tiltak", vil neppe i alle tilfeller være de mest optimale tiltakene for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet sett opp mot ressursbruk. Risikoanalyser kan brukes til å synliggjøre effekten av både de

"pålagte" tiltakene og de "alternative" tiltakene, og således bidra til beslutningsstøtte om hvilke kombinasjoner av tiltak som er mest hensiktsmessige.

Dersom vi skal finne alternative tiltak som er like gode eller bedre enn de tradisjonelle tiltakene, må vi ha en god forståelse av hvilke hendelsesforløp som kan inntreffe og hvordan ulike risikoreduserende tiltak kan påvirke disse hendelsesforløpene. Dette kan gjøres i en risikoanalyse. Først etter å ha fått en god forståelse av ovennevnte, vil vi kunne svare på om de alternative tiltakene er like gode som de tradisjonelle tiltakene. Og igjen: Risikoanalysen vil nødvendigvis inneholde forutsetninger og antagelser. Dette gjør at analyseresultatene vil gi beslutningsstøtte og ikke selve beslutningen. Det vil være behov for en overordnet vurdering i tillegg til resultatene fra risikoanalysen.



Eksempel 2 på bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere om en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning

Eksempel på bruk av risikoanalyser til å vurdere om en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning (eksempel 2).

La oss tenke oss at et selskap (dameier) har fått et krav av myndighetene til å øke størrelsen på damkronen på en eksisterende fyllingsdam. Begrunnelsen er at det er et krav i regelverket. Dameier ønsker å gjøre seg opp en egen vurdering av effekten av det påkrevde tiltaket, og eventuelt, om det er andre tiltak som kan vurderes i stedet. For å kunne gjøre dette i praksis er det nødvendig å forstå hvorfor tiltaket i utgangspunktet er påkrevd og ikke minst, hvordan det påkrevde tiltaket påvirker risikoen. Hva er den faglige begrunnelsen for det aktuelle kravet?

Damsikkerhetsforskriften, og dermed kravet til å øke størrelsen på damkronen, har til hensikt å beskytte samfunnet mot konsekvensene av et eventuelt dambrudd. I det aktuelle tilfellet er det konsekvensklasse 4 som utløser kravet. Fra Tabell 1 kan en se at kravet dermed er tuftet på en argumentasjon om at dersom antall boenheter nedstrøms dammen er høyere enn 150, så skal damkronen være så og så høyt over LRV. Den faglige begrunnelsen for kravet må således være relatert til de mulige konsekvensene av et dambrudd for bebyggelsen nedstrøms dammen.

Men hvilke konsekvenser er det vi "egentlig" er redd for? Er det ødeleggelse av bygningene? Eller er det at personene som befinner seg i bygningene skal bli skadet? For å kunne ha en god vurdering av hvilke tiltak som er hensiktsmessige så må man være tydelig på hvilke konsekvenser (tap) man ønsker å unngå, dvs. tap av materielle verdier eller personskade. Dette er viktig fordi beslutningskriteriene vil være forskjellige. Ved fare for materielle tap /tap av verdier så kan man gjøre rene økonomiske vurderinger (NPV), mens vurderingene rundt personskade er mer komplisert. (f eks kost effektivitet).

For å vurdere behovet for et spesifikt tiltak kan det være hensiktsmessig å

bruke en metode som kalles "backwards approach", dvs at man gjør risikoanalysen "baklengs". Utgangspunktet for en slik vurdering er å ha en klar formening om hvilke tap man ønsker å forhindre. Deretter må man prøve å beskrive hvilke hendelser som kan forårsake et slikt tap. Er man redd for et dambrudd som gir en så stor flom at det kan medføre tap av menneskeliv så må man prøve å beskrive hva slags flom dette er. Flomberegninger vil være nødvendig for å si noen om vannmengder og tidsaspekter i forhold til når personer/hus kan bli berørt.

Når man har beskrevet hvilken flom som må inntreffe for at skadene skal oppstå må man se på hvilke damhendelser som kan forårsake en slik flom osv. Ved å gå baklengs på denne måten så vil man ende opp med å beskrive hvilke skader på dammen som kan gi kritiske hendelser og hvilke mulige årsaker som kan gi en skade på demningen som gir "kritisk flom".

Ut i fra årsakssammenhengen kan en vurdere hvilke tiltak som kan hindre "kritisk flom" i å oppstå, dvs hindre initierende hendelse eller begrene konsekvensene. Ett tiltak kan være å øke høyden på toppkronen, som angitt i forskriften. Men et alternativt tiltak kan like gjerne være å redusere vannstanden i reservoaret. Sikkerhetsmessig (konsekvenser for bygninger/personer) kan i mange tilfeller disse to tiltakene sidestilles. I så tilfelle blir det en ren bedriftsøkonomisk/ samfunnsøkonomisk vurdering hvilke av disse tiltakene som er mest hensiktsmessig for den enkelte dammen. Slike vurderinger vil imidlertid også måtte ta med seg konsekvenser i andre dimensjoner, for eksempel muligheten for avslag på en eventuell ny konsekvenssøknad.

Det sentrale poenget i eksempelet er: Et krav har en hensikt. Hvis vi forstår denne hensikten vil det i mange tilfeller være flere veier til Rom. Det vil si flere veier som kan følges for å oppnå den overordnede hensikten. I en slik tankegang tvinges alle parter til å forstå fenomenene som vurderes (hva kan føre til brudd, hvor raskt utvikler bruddet seg, hvordan spres vannet etc.). Det tvinger oss til å argumentere ut fra fag. Dette kan i noen tilfeller være krevende fordi det stiller krav til å forstå sammenhengene. Det er vanskeligere enn å "kun" telle antall boliger nedstrøms dammen.

7 Oppsummering

Det er et betydelig engasjement og driv innenfor ulike industrier og i samfunnet generelt for å bruke risikoanalyser og implementere risikostyring. Det synes å være store forventninger om at risikostyring er det som skal til for å unngå ulykker, skader og tap, og sikre en god balanse mellom økonomi og sikkerhet.

Det viser seg at det imidlertid ikke er rett fram å bruke risikoanalyser og implementere risikostyring i en praktisk situasjon. Noen har hatt større suksess enn andre. Det er nødvendig med både teoretisk kunnskap og erfaring for å lykkes.

Risikofaget er ungt og i rask utvikling, og det er ikke alltid like lett å se hva området faktisk kan gi av innsikt og beslutningsstøtte i gitte situasjoner.

Risikoregulering kan drøftes langs dimensjonen preskriptiv regulering vs risiko-formåls- og funksjonsbasert regulering.

Et grunnleggende dilemma er:

- å redusere usikkerhet og å skaffe seg kontroll ved å forskrive regler for atferd, organisering, anvendelse av teknologi, etc.
- å skape et rom for uventede endringer i rammevilkår og å fremme organisatoriske og teknologiske endringer (innovasjon)

Hvilken risiko som håndteres, hvordan den oppfattes, av hvem, verdimessig og politisk forankring, etc.

Normeringsprosesser har ulike forankring og ulike logiske mønstre

- En verdibasert, politikk-drevet prosess som ender opp i lov og forskrifter med tilsyn som "kontrollør"
- En teknologi/industri-drevet prosess som ender i "Beste praksis" og industristandarder med tilsyn som "endringsagent"

Faktorer som kopler de to prosessene:

- Tilsynsregimet; organisasjon og prosess-elementer
- Kompetanse og "profesjonsstandarder" hos tilsyn
- Hendelser og storulykker
- Standardisering som globalt organisasjonsmønster
- Bruken av "Rettslige standarder" koblet til industristandarder

I kapittel 4 har vi gjennomgått ulike måter risikoanalyser kan brukes for å gi beslutningsstøtte, det vil si ulike måter risikoanalyser kan hjelpe en virksomhet/samfunnet til å gjennomføre god risikostyring. Fire anvendelsesområder for risikoanalysene er omtalt:

- Bruk av risikoanalyser til å identifisere hvor de viktigste risikobidragene kommer fra og beskrive effekten på risiko av ulike tiltak
- Bruk av risikoanalyser for å gi input til kost-nytte type analyser
- Bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere hva som er akseptabel risiko/sikkerhet
- Bruk av risikoanalyser for å kunne vurdere om en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning.

Risikoanalyser kan gi verdifull beslutningsstøtte i forhold til alle disse fire områdene. Avhengig av problemstillingen en er opptatt av, vil analysene i varierende grad dekke disse områdene. En risikoanalyse kan for eksempel ha som sitt hovedfokus område 3, men også dekke område 1. Hva som er god risikostyring og bruk av risikoanalyser kan således ikke vurderes uavhengig av problemstillingen som vi er opptatt av. Vi anbefaler bruk av risikoanalyser for alle disse anvendelsesområdene. Viktige suksesskriterier for bruken av en analyse er:

- a) En har et klart definert formål med risikoanalysen. Beslutningssituasjonen er definert, herunder hvilken beslutning analysen skal gi underlag for.
- b) En har en god forståelse for hva risikoanalysens resultater uttrykker, og hva som er analysens begrensninger. Det er viktig å være klar over at betydelige usikkerheter kan ligge gjemt i forutsetninger som gjøres i analysen. Viktigheten av forutsetningene bør vurderes (jfr. vedlegg A).
- c) En har tilpasset metodene som brukes til analysens formål
- d) En erkjenner at resultatene fra en kvantitativ risikoanalyse, for eksempel, beregnende risikotall (sannsynligheter) ikke alene gir grunnlag for å konkludere hva som er riktig eller akseptabel (uakseptabel) risiko. Det er behov for ledelsens gjennomgang og vurdering som kan se utover analysens resultater (trekke inn begrensninger i analysen, og aspekter som ikke er kommet med i analysen eller som ikke er kommet med i tilstrekkelig grad, osv). Hvem som skal gjennomføre ovennevnte gjennomgang og vurdering vil variere fra ett beslutningsproblem til et annet. Noen ganger gjennomføres ledelsens gjennomgang og vurdering i en avdeling i organisasjonen, for eksempel ved valg av ulike vedlikeholdsalternativer. Andre ganger er det toppledelsen i selskapet som gjør vurderingene, for eksempel når det vurderes å gjøre betydelige investeringer for å bedre dagsikkerheten ytterligere. Det er også enkelte beslutningsproblemer som anses så viktige for samfunnet at de løftes opp på samfunnsnivå, for eksempel lokalpolitikere eller storting. Dette kan for eksempel være beslutningen om å bygge ut eller ikke bygge ut et nytt vassdrag. I mange tilfeller vil myndighetene ha en tilsynsrolle der de følger med på risikostyringen i det enkelte selskap, for å forsikre seg om at beslutningene som fattes er til det beste for samfunnet. Beslutningsunderlaget, for eksempel risikovurderingene, vil i en slik sammenheng være relevant dokumentasjon. Et sentralt poeng er at risikoanalysene informerer disse beslutningstakerne, de gir ikke beslutningene. Det finnes ingen formel som angir hva som er en god beslutning når konsekvensene av beslutningen er usikre.

Det er en utbredt oppfatning blant mange at det skal være mulig å bevise at sikkerheten og risiko er bedre i et tilfelle enn i et annet og at risikoen/sikkerheten er akseptabel. Dette er imidlertid ikke mulig i praksis. Enhver risikobeskrivelse er noens vurdering gitt en bestemt kunnskap og gitte forutsetninger. Aspekter av risiko kan for eksempel overses på grunn av liten kunnskap. Overraskelser kan skje i forhold til den kunnskap en har (sorte svaner metaforen). Vi kommer følgelig ikke utenom at beslutningstaker må foreta selvstendige betraktninger i forhold til de spørsmål som en ser på. En informeres av analysene, men et komplett bilde kan ikke gis. Det er alltid aspekter av risiko og usikkerheter som beslutningstaker må vurdere utover analysene.

8 Konklusjon

Utgangspunktet for prosjektet var om man kan anvende risikofaglige prinsipper i vurderingen av om et vassdragsanlegg tilfredsstillende kravene om et tilstrekkelig høyt sikkerhets nivå. Videre om anvendelsen av risikoanalyser kan bidra til en bedring av ressursbruken innen damsikkerhet, uten at dette skal gå ut over sikkerheten innen bransjen.

På bakgrunn av denne rapporten kan vi svare bekreftende på dette.

Risikofaglige prinsipper kan anvendes i vurderingen av om et vassdragsanlegg tilfredsstillende kravene om et tilstrekkelig høyt sikkerhets nivå.

Anvendelsen av risikoanalyser kan bidra til en bedring av ressursbruken innen damsikkerhet, uten at dette skal gå ut over sikkerheten innen bransjen.

Viktige elementer i forhold til denne konklusjonen bør kunne deles inn i fire:

1. Bruk av risikoanalyser til å identifisere hvor de viktigste risikobidragene kommer fra og beskrive effekten av risiko på ulike tiltak

De fleste risikoanalyser vil dekke dette området. Vi ønsker å finne frem til hva som er viktig ut fra et risikoståsted og hva effekten av ulike tiltak er. Vurderingene kan være kvantitative eller kvalitative, eller en kombinasjon. Det vil alltid være behov for overordnede betraktninger som ser utover de indekser som brukes i analysen, da disse ikke fanger opp alle viktige aspekter.

2. Bruk av risikoanalyser for å gi input til kost-nytte type analyser

Risikoanalysen gir input til kost-nytteanalysen ved å beregne størrelser som forventet antall omkomne, forventet økonomisk tap som følge av en ulykke osv. Kost-nytteanalysen er basert på forventningsverdier og det vil normalt være behov for tilleggsvurderinger av risiko og usikkerhet for å kunne gi en tilstrekkelig bred vurdering av godheten av et tiltak. En praktisk måte å bruke kost-nytteanalyser er vist i figur C.3.

3. Bruk av risikoanalyser for å vurdere hva som er akseptabel risiko/sikkerhet

Brede vurderingsprosesser som i ALARP-prosesser anbefales for å vurdere hva som er akseptabel risiko, se vedlegg C. Bruken av ALARP prosesser er i tråd med internasjonal utvikling innen sikkerhetsområdet. Bruk av referanseverdier gir input i disse prosessene, men må brukes med forsiktighet, da de kan gi feil fokus (møte disse fremfor å tenke gode sikkerhetsløsninger) og overse viktige aspekter av usikkerhet. Bruk av risikoakseptkriterier frarådes.

4. Bruk av risikoanalyser for å vurdere om en alternativ løsning har minst like god sikkerhet som en standard løsning

Prinsippet som anvendes her er at en alternativ løsning kan aksepteres dersom det kan dokumenteres at denne løsningen gir like god sikkerhet som "standard" løsning. Hva som er "like god sikkerhet" må baseres på vurderinger, og det er følgelig viktig at det stilles krav til innholdet i analysene og dokumentasjonen, for eksempel knyttet til usikkerhetshåndteringen. Som i alle de andre tilfellene, vil det være behov for ledelsens gjennomgang og vurdering som kan se utover analysens resultater.

9 Referanser

Tittel	Tittel
Aven, T. (2008)	Risikostyring. Prinsipper og ideer. Universitetsforlaget.
Aven, T. (2012a)	The risk concept. Historical and recent development trends. Reliability Engineering and System Safety. 99, 33–44.
Aven, T. (2012b)	On blacks swans in a risk context. Paper submitted for possible publication.
Aven, T. and O. Renn (2010)	Risk management and Risk governance. Springer Verlag.
Aven, T., Røed W. and Wiencke, H. (2008)	Risikoanalyse. Universitetsforlaget.
NVE (2009)	Autoritet, tilit, ansvar: Norsk vassdragstilsyn 1909 - 2009
Taleb, N.N. (2007)	The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable. London: Penguin.

Vedlegg A

Grunnleggende om sannsynlighet, usikkerhet og risiko

Det er flere mulige tolkninger av hva en sannsynlighet er, men la oss først se på en sannsynlighet som et uttrykk for hvor trolig en hendelse er. La oss se på et eksempel. Vi lar A betegne hendelsen at en det skjer et dambrudd i løpet av det neste året for en spesifikk dam. Vi vet ikke om A kommer til å inntreffe eller ikke - det er usikkerhet knyttet til utfallet. Men vi kan jo ha en mening om hvor trolig det er at bruddet kommer. Statistikk viser at slike brudd skjer ca. 1 gang i løpet av 1.000.000 driftsår. Er det ikke da rimelig å si at sannsynligheten for at A skal inntreffe å være lik $1/10^6 = 1 \times 10^{-6}$. Jo, hvis det er all kunnskap vi har tilgjengelig - da er det rimelig å si at det er en slik sannsynlighet for å få et brudd for den aktuelle dammen. Dersom vi har annen informasjon om damanlegget kan vår sannsynlighet være helt annerledes. Tenk deg for eksempel at det påvist skader på aktuelle damanlegget. Da vil det kunne være langt mer trolig at et brudd oppstår. Ekspertene vil kanskje sette en sannsynlighet lik 1×10^{-4} i dette tilfellet.

For å gjøre dette litt mer formelt lar vi $P(A|K)$ betegne vår sannsynlighet for at hendelsen A skal inntreffe når vi bygger denne på bakgrunnskunnskapen K. Ofte forenkler vi og skriver bare $P(A)$. Det er da underforstått at sannsynligheten er basert på bakgrunnskunnskapen K. Dersom vi sier sannsynligheten er 1×10^{-6} mener vi at det er like trolig at hendelsen A inntreffer som å trekke en spesifikk kule fra en urne som består av 10^6 kuler under normale forsøksbetingelser. Usikkerheten er den samme. Vi ser at vi kan forstå en sannsynlighet også som et uttrykk for usikkerhet om hva som vil bli utfallet. Det er imidlertid enklere å tenke på sannsynlighet som et uttrykk for hvor trolig det er at hendelsen vil inntreffe.

Ut fra denne måten å tenke på finnes den ingen korrekt eller sann sannsynlighet. Selv hvis du kaster en terning er det ingen korrekt sannsynlighet. Dette virker kanskje pussig, men en må skille mellom andeler, observerte eller tenkte, og sannsynlighet i betydningen trolighet. Hvis vi tenker oss en terning og kaster den et stort antall ganger. La oss si 6000 ganger. Da får vi (hvis terningen er "normal") at ca. 1000 viser øyne 1, ca. 1000 viser øyne 2, osv. I populasjonen av 6000 kast vil fordelingen være temmelig lik $1/6$ for de ulike øyne. Og vi kan tenke oss at vi gjorde et uendelig antall forsøk, og da sier teorien at vi får nøyaktig $1/6$. Men dette er andeler, observerte og resultater av tenkte forsøk. Vi omtaler disse andelene som frekvenssannsynligheter. Det er noe helt annet enn sannsynligheter i betydningen trolighet. En trolighetssannsynlighet gjelder en definert hendelse som vi ikke vet om vil inntreffe eller ei, normalt er den knyttet til fremtiden. Vi skal kaste en terning. Da kan terningen vise øyne 4 eller den kan vise et annet tall. Før en kaster terningen kan en uttrykke ens tro på at terningen viser øyne 4. Denne sannsynligheten vil vi som regel sette lik $1/6$, for det vil gi den beste prediksjonen av antall firere dersom vi kaster mange kast. Med en "normal" terning vil vi regne med at firere blir resultatet i ca. 1 av 6 tilfeller i

lengden. Men det er ingen automatikk i at vi skal sette sannsynligheten lik $1/6$. Vi skal gjøre et valg. Det er vi som skal uttrykke hvor trolig det er å få en firer, gitt vår bakgrunnskunnskap. Vet en at terningen er "normal", er $1/6$ det naturlige valget. Men kanskje er en overbevist om at terningen ikke er "normal", og at den vil gi langt flere firere enn vanlig. Da settes kanskje $P(\text{firer}) = 0.2$. Ingen kan si at dette er feil, selv om en i ettertid sjekker andelen firere for denne terningen og finner at den er "normal". Da en satte sannsynligheten var bakgrunnskunnskapen annerledes. Sannsynligheten må alltid sees i forhold til bakgrunnskunnskapen.

Klassisk statistikk bygger på frekvenssannsynligheter. Her defineres en sannsynlighet som en grense av en relativ frekvens, dvs. andelen som redegjort for ovenfor når antall forsøk blir uendelig stort. På denne måten etableres "sanne" sannsynligheter som en gjennom forsøk og analyse forsøker å anslå (estimere). En frekvenssannsynlighet er et modellbegrep, hvis eksistens må rettferdiggjøres. En frekvenssannsynlighet kan ikke alltid meningsfullt defineres. Et godt eksempel er frekvenssannsynligheten for et terrorangrep. Sannsynligheten har ingen mening da det situasjonen ikke kan repeteres om og om igjen.

Frekvenssannsynligheter danner grunnlaget for sannsynlighetsmodeller, som for eksempel den binomiske modellen, Poissonmodellen og Normalfordelingen. Disse fordelingene avspeiler variasjonen i den aktuelle størrelse innen den uendelige populasjonen av like enheter, for eksempel terninger. Denne variasjonen omtales i en del sammenhenger som stokastisk eller aleatorisk usikkerhet. Trolighet avspeiler det vi kaller epistemisk usikkerhet.

Hva er så risiko? Mange tenker på det som har skjedd – ulykkeshendelsene, tapene og krisesituasjonene, men det er ikke risiko. Det er observasjoner og historikk. Det er ingen lov som sier at det som har skjedd vil gjentas. Tenk på aksjekursene de siste årene – de pekte sterkt oppover en stund men så falt de kraftig. Vi kan lære av det som har skjedd, og vi kan bruke det til å si noe om hvordan vi mener fremtiden kan komme til å bli. Men det vil alltid være usikkerhet knyttet til fremtiden, om hendelsene -- om det skjer et dambrudd eller ikke, ulykken, angrepet eller tapet vil inntreffe eller ikke, og hva som vil bli konsekvensene (utfallene) av disse hendelsene dersom de faktisk skulle inntreffe. Hvor mange vil omkomme? Hva vil aksjekursen bli? Hvor stort vil det økonomiske tapet bli? osv. Det er dette som er risiko: at hendelser med ulike konsekvenser kan komme til å skje.

Risikoen har således to hovedkomponenter:

- i) hendelsene (A) og de tilhørende konsekvensene (C) og
- ii) usikkerhet om disse – vil hendelsene inntreffe (og hvilke) og hva vil konsekvensene bli?

Disse to komponentene til sammen er risiko.

Så kommer det interessante spørsmålet – hvor stor er risikoen? Da kommer sannsynlighetene inn i bildet. Trolighetene. Dersom du sier at sannsynligheten for en ulykkeshendelse er 10% mener du at det er samme usikkerhet - det er like trolig at – hendelsen inntreffer som at du ved en tilfeldig trekning skal trekke en bestemt kule ut av en urne som består av 10 kuler. For å beskrive risikoen – det gjøres i

risikoanalysen - brukes sannsynligheter. Da kan vi få uttrykt om risikoen er stor eller liten.

Men dessverre, det er ikke bare å se på sannsynlighetstallene når en skal vurdere om risikoen er høy eller lav. Tallene er bare et redskap for å uttrykke risikoen – dette redskapet er ikke perfekt. En må også ta hensyn til hva disse sannsynlighetstallene bygger på. Når en beregner en sannsynlighet legger en til grunn en viss kunnskap og det gjøres ofte mange forutsetninger. Men denne kunnskapen kan imidlertid være svært begrenset, og noen forutsetningene kan komme til å vise seg å være feil.

Ydmykhet er med andre ord nødvendig når vi uttaler oss om risiko. Ingen har fasitsvaret når det gjelder risiko. Likevel kan risikobeskrivelser være nyttige fordi de får frem kunnskapene og usikkerhetene, og dette kan hjelpe oss til å ta bedre beslutninger om hvordan vil skal håndtere risikoen – hvor mye vi skal investere, hvor omfattende beredskap vi skal ha, osv.

Formelt kan vi skrive at risiko = (A,C,U) og risikoen beskrives ved (A',C',Q,K). der A' and C' er spesifikke hendelser A og konsekvenser C, Q er et mål på usikkerhet og K er kunnskapen Q bygger på. Her kan Q være trolighet P men også andre mål kan brukes.

Eksempel

Risikoen i forbindelse med dambrudd uttrykkes ved hjelp av en risikomatrise og viktigheten av tilhørende usikkerhetsfaktorer (forutsetninger som sannsynlighetsdelen bygger på). I risikomatrisen bestemmes sannsynlighet for ulike bruddscenarier $P(A')$ og de forventete konsekvenser C' (her ved økonomisk tap) gitt et bruddscenario, $E[C'|A']$. Det kan også være aktuelt å beregne sannsynlighetsfordelingen til C' gitt A'.

Disse sannsynlighetene og forventningene bygger på en bakgrunnskunnskap K (forutsetninger, modeller, data). For eksempel kan sannsynlighetene bygge på en forutsetning om at det ikke oppstår nye type hendelser i forhold til de historiske dataene som danner grunnlaget for sannsynlighetsvurderingene. Viktigheten av denne forutsetningen klassifiseres med basis i en vurdering av usikkerhet og følsomhet, med score kategorier høy, middels og lav. Tabell A.1 angir regler for hvordan dette system et kan brukes. Den aktuelle usikkerhetsfaktoren (forutsetningen) gis en score for usikkerhet og en for følsomhet. I det gitte eksemplet kan vi tenke oss at scoren ble middels M og høy H som gir en samlet viktighetsscore M-H.

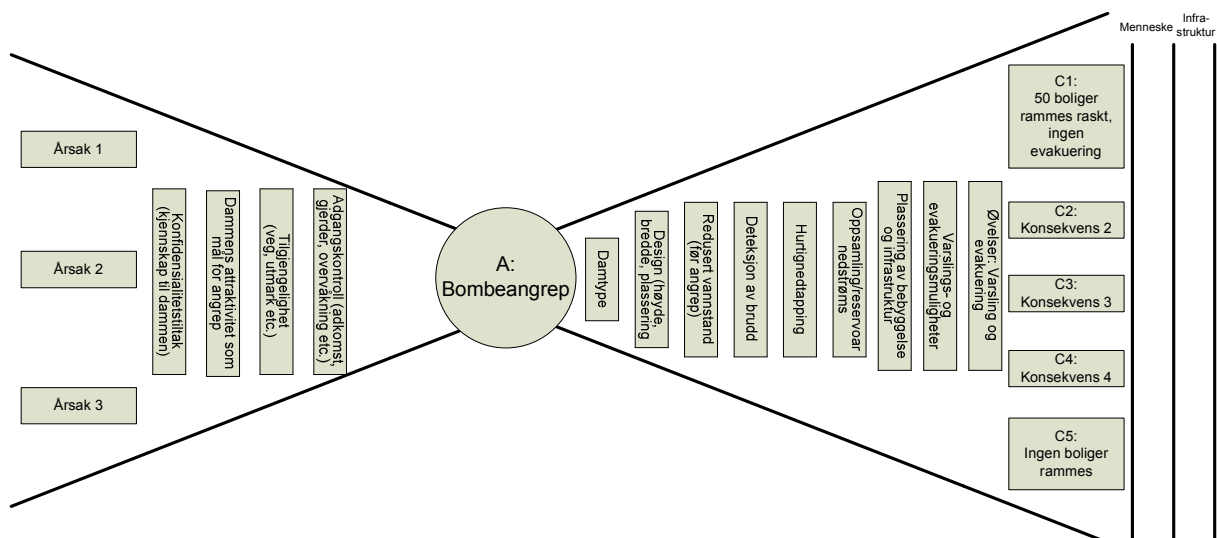
Tabell A.1. Usikkerhets- og følsomhetskategorier med regler for angivelser (hentet fra Flage og Aven 2009)

Aspect	Score	Interpretation
Uncertainty	Low (L)	One or more of the following conditions are met: – The assumptions made are seen as very reasonable. – Much reliable data are available. – There is broad agreement/consensus among experts. – The phenomena involved are well understood; the models used are known to give predictions with the required accuracy.
	Medium (M)	Conditions between those characterizing low and high uncertainty.
	High (H)	One or more of the following conditions are met: – The assumptions made represent strong simplifications. – Data are not available, or are unreliable. – There is lack of agreement/consensus among experts. – The phenomena involved are not well understood; models are non-existent or known/believed to give poor predictions.
Sensitivity	Low (L)	Unrealistically large changes in base case values needed to bring about altered conclusions.
	Medium (M)	Relatively large changes in base case values needed to bring about altered conclusions.
	High (H)	Relatively small changes in base case values needed to bring about altered conclusions.
Importance	L, M or H	Average of the uncertainty and sensitivity scores.

Vedlegg B

Grunnleggende om risikoanalyser og risikoanalyseprosessen

Risikoanalysen har som mål å kartlegge og beskrive risiko. Vi snakker om at risikoanalysen skal presentere et risikobilde. Figur B.1 illustrerer dette risikobildet (figuren omtales often som bow-tie). I midten av figuren er den initierende hendelsen (faren, trusselen, muligheten); vi kaller den A. En viktig oppgave i risikoanalysen er å identifisere slike initierende hendelser. Venstre side av figuren illustrerer årsaksbildet som leder opp til hendelsen A. Høyre side beskriver de mulige konsekvensene C av A.



Figur B.1: Risikobildet som risikoanalysen skal få frem

På venstre side er barrierer som skal hindre hendelsen A i å inntreffe; de sannsynlighetsreduserende eller forebyggende barrierene. På høyre side er barrierer som skal hindre at hendelsen A medfører alvorlige konsekvenser; de konsekvensreduserende barrierene. Hvorvidt hendelsen A vil inntreffe, og godheten av de ulike barrierene, påvirkes av en rekke faktorer – de såkalte risikopåvirkende eller ytelsespåvirkende faktorer.

Risikoanalysen skal identifisere de initierende hendelsene og få frem årsaks- og konsekvensbildet. Hvordan dette gjøres, avhenger av hvilken metode som benyttes og hva resultatene skal brukes til, men hensikten er hele tiden den samme; å kartlegge og beskrive risikoen.

Det skilles ofte mellom tre hovedkategorier av risikoanalysemetoder:

- ❑ forenklet risikoanalyse
- ❑ standard risikoanalyse
- ❑ modellbasert risikoanalyse.

Disse tre kategoriene av analysemetoder er nærmere beskrevet i tabell B.1.

Tabell B.1: Hovedkategorier av risikoanalysemetoder

Hovedkategori	Fremgangsmåte	Beskrivelse
Forenklet risikoanalyse	Kvalitativ	Forenklet risikoanalyse er en uformell fremgangsmåte som kartlegger risikobildet ved hjelp av idédugnad og gruppediskusjoner. Risikoen vil kunne presenteres på en grov skala, for eksempel liten, moderat, stor. Det gjøres ikke bruk av formaliserte risikoanalysemetoder.
Standard risikoanalyse	Kvalitativ eller kvantitativ	Standard risikoanalyse er en mer formalisert fremgangsmåte der det benyttes anerkjente risikoanalysemetoder som for eksempel HAZID, HAZOP og grovanalyse. Ofte brukes risikomatriser til å fremstille resultatene.
Modellbasert risikoanalyse	Primært kvantitativ	Modellbasert risikoanalyse bruker teknikker som for eksempel hendelsestreanalyse og feiltreanalyse til å beregne risiko.

Ved å gjennomføre en risikoanalyse kan en:

- Etablere et risikobilde
- Sammenligne ulike alternativer og løsninger med hensyn til risiko
- Identifisere forhold (aktiviteter, systemer, komponenter etc.) som har stor betydning i forhold til risiko
- Få frem hvilken effekt ulike tiltak har på risikoen.

Dette gir underlag for blant annet å:

- Velge mellom ulike alternative løsninger og tiltak i planleggingsfasen av et system
- Velge alternativ utforming av en løsning eller et tiltak. Hvilke tilpasninger kan gjøres for at systemet skal bli mindre sårbart i den forstand at det tåler bedre påkjenninger?
- Konkludere om ulike løsninger og tiltak møter gitte krav.
- Konkludere om en løsning gir akseptabel risiko.
- Fastsette krav til ulike løsninger og tiltak, for eksempel knyttet til godheten av beredskapssystemer.

- Dokumentere forsvarlig drift.

Risikoanalyser kan gjennomføres i ulike faser av et systems levetid, dvs. fra tidlig idéfase, planleggingsfase og konstruksjonsfase til driftsfase og avviklingsfase.

Risikoanalyser gjennomføres ofte for å tilfredsstille myndighetskrav og regelverk. Å tilfredsstille regelverket er selvsagt viktig, men drivkraften for å gjennomføre en risikoanalyse kan ikke være dette dersom en ønsker å utnytte potensialet til analysen fullt ut. Poenget med en risikoanalyse er å gi underlag for å kunne ta gode beslutninger. Analysen kan gi viktig underlag for å finne den rette balansen mellom ulike hensyn, som sikkerhet og økonomi. Hensikten med analysene er å finne frem til best mulige løsninger og tiltak sett i forhold til de mål en har satt seg.

Det er forskjell på om vi er i en planleggingsfase eller i en driftsfase. Når vi designer et system har vi ofte et stort mulighetsrom; vi kan velge blant mange ulike løsninger, samtidig som vi ofte har begrenset tilgang til detaljert informasjon om disse løsningene. Risikoanalysen gir her et underlag for å kunne sammenligne de ulike alternativene. At vi har mange mulige beslutningsalternativer og lite detaljert informasjon, innebærer som regel at en vil bruke en relativt grov analysemetode. Etter hvert som en får mer kunnskap om den endelige løsningen, vil mer detaljerte analysemetoder kunne være aktuelle. Hele tiden må en balansere kravet til presisjon med behovet for beslutningsstøtte. Det er ikke noe poeng å gjennomføre detaljerte analyser dersom resultatene ikke kommer tidsnok til å kunne påvirke beslutningene.

I driftsfasen har vi ofte tilgang til erfaringsdata, for eksempel historikk over antall feil på utstyr og systemer. Da kan vi velge en mer detaljert analysemetode og vurdere disse systemene spesifikt. Men handlingsrommet er her ofte begrenset. Det er langt lettere å kunne foreta endringer "på papiret" i en planleggingsfase enn å gjøre endringer på eksisterende systemer i driftsfasen.

Vi bruker begrepet risikoanalyseprosessen når vi snakker om de ulike trinnene i planlegging, gjennomføring og bruk av risikoanalyser. Se figur B.2.

Vi skiller tydelig mellom begrepene risikoanalyse, risikoevaluering og risikovurdering:

Risikoanalyse + Risikoevaluering = Risikovurdering

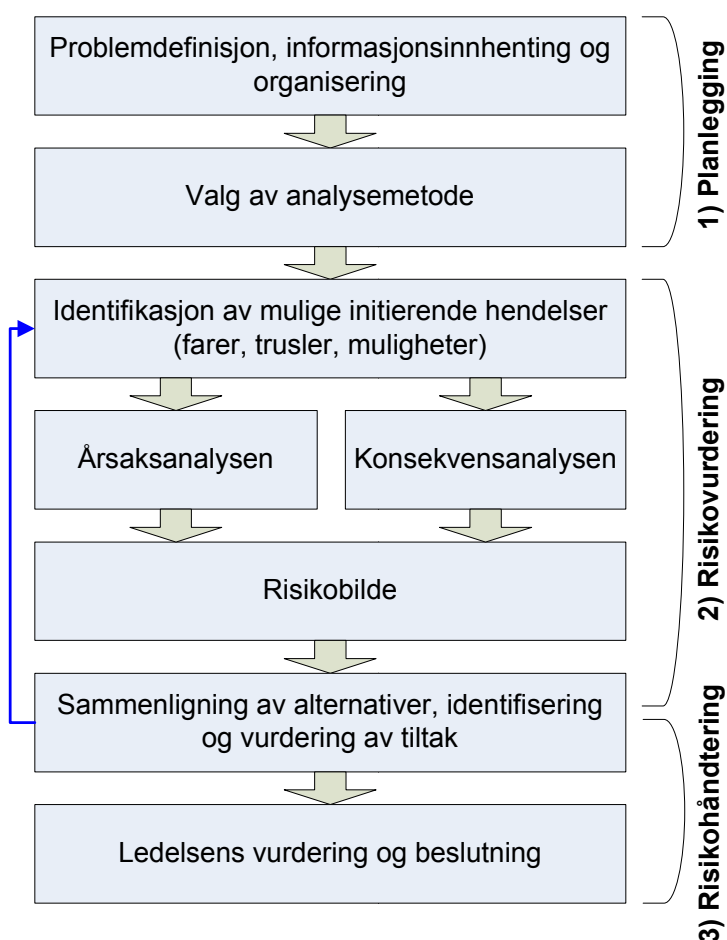
Resultatene fra risikoanalysen evalueres. Hvordan kommer løsningsalternativ A ut i forhold til løsningsalternativ B? Er risikoen for høy i forhold til gitte referanser? Er det behov for tiltak? Vi refererer til totaliteten av analyse og evaluering som risikovurdering.

Risikovurdering følges av risikohåndtering. Dette er prosessen og implementeringen av virkemidler for å modifisere risiko, herunder virkemidler for å unngå, redusere, optimalisere, overføre og beholde risiko.

Risikobildet blir ikke komplett uten at vi har gjort følsomhetsanalyser og robusthetsanalyser. Disse analysene viser hvordan resultatene avhenger av viktige forutsetninger og antagelser, og hva som må til for at konklusjoner skal endres. Dybden av slike analyser vil selvsagt avhenge av beslutningsproblemet, risikoene som analyseres og tilgjengelige ressurser.

Følsomhetsanalyser eller sensitivitetsanalyser kan gjennomføres både på årsaks- og konsekvenssiden av de initierende hendelsens. Basert på de modeller som er brukt, gjøres det studier av hvordan den beregnede risikoen endrer seg ved endring av informasjonen som er lagt til grunn i analysen, for eksempel sannsynligheter som er brukt i hendelsestrærne eller feiltrærne.

Når følsomhetsvurderinger skal gjennomføres i praksis, er det ofte hensiktsmessig å starte med konklusjonen og spørre hva som skal til for at denne skal endre seg. Da kan en "nøste tilbake" i analysen og finne ut hvilke forhold som har stor innvirkning på konklusjonen, og så gjennomføres følsomhetsvurderinger på disse spesifikke forholdene. Vi snakker om en robusthetsanalyse. Å gjennomføre følsomhetsvurderinger på alle forhold er ofte ikke mulig i praksis.



Figur B.2: Risikoanalyseprosessens ulike trinn

Vedlegg C

Grunnleggende om risikostyring og beslutningstaking under usikkerhet (inkludert ALARP og kost-nytteanalyser)

Med risikostyring forstås alle tiltak og aktiviteter som gjøres for å styre risiko. Risikostyring handler om å balansere konflikten mellom å utforske muligheter på den ene siden, og å unngå tap, ulykker og katastrofer på den andre siden (Aven, 2007).

Risikostyringen er opptatt av alle aktiviteter, forhold og hendelser som kan påvirke virksomheten og dens evne til å nå sine mål og visjoner, se figur C.1. Hvilke aktiviteter, forhold og hendelser som er viktige, vil avhenge av virksomheten og dens mål og visjoner.



Figur C.1: Aktiviteter, forhold og hendelser som påvirker virksomhetens evne til å nå sine mål og visjoner.

Dersom en virksomhet skal klare å få til en vellykket implementering av risikostyringen, må den forankres i virksomhetens ledelse. Det må iverksettes aktiviteter på flere plan. Punkter som er viktige i forhold til en slik prosess er:

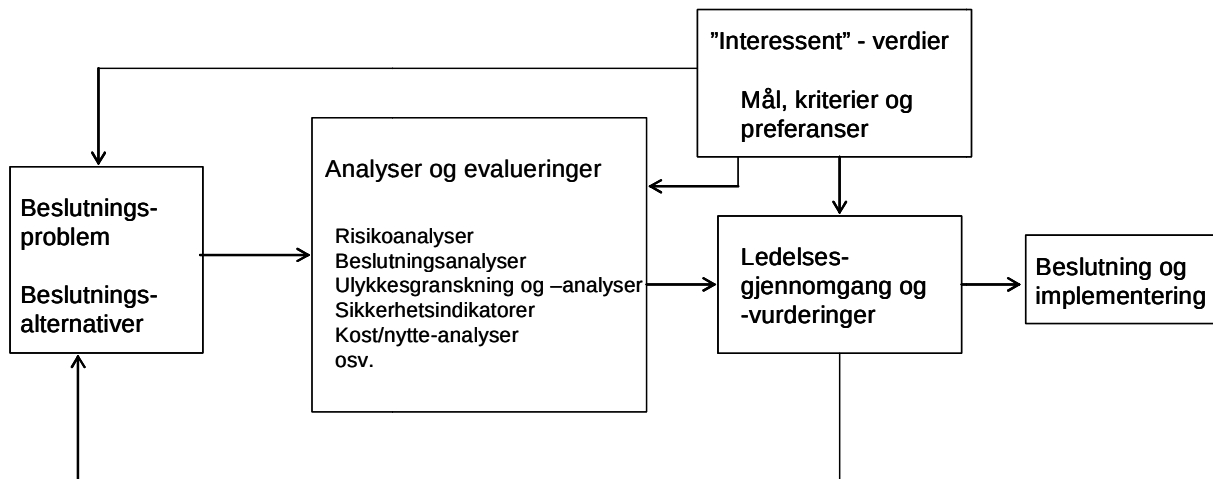
- Etablering av overordnet strategi for risikostyring, dvs. prinsippene for hvordan virksomheten skal jobbe med risikostyring. Skal en bare følge regelverket (minimumskrav) eller være "best i klassen"?
- Etablere risikostyringsprosessen for virksomheten, dvs. etablere formelle prosesser og rutiner som virksomheten skal følge.
- Etablere styringsstruktur med roller og ansvar, slik at risikostyringsprosessen blir forankret i organisasjonen.
- Implementering av analyse- og støttesystemer, for eksempel risikoanalyseverktøy, registreringssystemer for hendelser osv.
- Kommunikasjon, trening og utvikling av risikostyringskultur, slik at kompetansen, forståelsen og motivasjonen i organisasjonen kan heves.

Risikostyring innebærer beslutningstaking i situasjoner med høy risiko og store usikkerheter, og slik beslutningstaking er utfordrende da det er vanskelig å forutsi (predikere) konsekvensene (utfallene) av beslutningene. Generelt inngår følgende elementer i beslutningsprosessen.

1. Beslutningssituasjon og stakeholders/interessenter
 - o Hva er problemstillingen?
 - o Hva er alternativene?
 - o Hva er rammebetingelsene?
 - o Hvem berøres av beslutningen?
 - o Hvem skal ta beslutningen?
 - o Hva slags strategier brukes for å komme fram til en beslutning?
2. Målsettinger, preferanser, godhetsmål
 - o Hva ønsker de ulike interessenter?
 - o Hvordan vektlegge de ulike goder og ulemper?
 - o Hvordan uttrykkes og kartlegges godheten av de ulike alternativer?
3. Bruk av ulike former for virkemidler, herunder ulike former for analyser som skal gi beslutningsunderlag
 - o Risikoanalyser
 - o Kost-nytteanalyser
 - o Kost-effektivitetsanalyser
4. Gjennomgang og vurderinger av beslutningstaker. Beslutning.

I figur C.2 nedenfor fremstilles en modell for beslutningstaking, basert på elementene ovenfor (denne modellen er en utvidelse av modellen i figur 1 i kapittel 1). Utgangspunktet er et beslutningsproblem, og ofte er det formulert som en oppgave å velge mellom ulike alternativer som på best mulig måte skal møte aktuelle mål og krav som er gitt. I en tidlig fase av prosessen vil det foreligge mange alternativer, mer eller mindre klart beskrevet. Ulike former for analyser og vurderinger gir underlag for å sortere disse og velge ut hvilke som skal bearbeides videre. Til slutt må beslutningstaker gi en samlet vurdering av de ulike alternativer i lys av de begrensninger som ligger i underlaget og de prioriteringer og mål som er gitt. Beslutningstaker tar så en beslutning.

Dette er en enkel modell av beslutningsprosessen. Modellen sier hvordan prosessen bør være. Dersom modellen følges er prosessen dokumenterbar og sporbar. Modellen er imidlertid ikke særlig detaljert og spesifikk.



Figur C.2: Modell for beslutningstaking under usikkerhet (Aven 2003)

Beslutningsunderlaget må gjennomgås og vurderes av beslutningstaker før beslutning tas. I situasjoner med høy risiko er det et sprang fra beslutningsunderlaget til selve beslutningen. I dette ligger at underlaget må vurderes: Hva er bakgrunnsinformasjonen og hvilke forutsetninger og antagelser er lagt til grunn? Resultatene fra analysene må gjennomgås og vurderes i lys av faktorer som

- hvilke beslutningsalternativer som er analysert
- hvilke godhetsmål som er vurdert
- det faktum at analysene representerer vurderinger – i stor grad utført av eksperter
- vanskelighetene med å verdsette de ulike alternativenes fordeler og ulemper
- det faktum at analyseresultatene bygger på bruk av modeller som er forenklinger av verden og fenomener i verden.

Poenget er at underlaget sjelden vil være på et format som gir alle svarene som er viktige for beslutningstaker. Det vil alltid måtte være begrensninger i underlaget, og gjennomgangen og vurderingen her innebærer at en ser underlaget i en større kontekst. Kanskje har analysene ikke tatt hensyn til hva ulike tiltak har å si for omdømmet til bedriften, men det er åpenbart et forhold av avgjørende betydning for bedriften. Gjennomgangen og vurderingen må også dekke dette forholdet.

Vekten beslutningstaker legger på underlaget som er gitt, avhenger av den tillit som han eller hun har til de som har laget dette underlaget. Men det er viktig å understreke at selv om beslutningstaker har maksimal tillit til de som gjør dette

arbeidet, er det ikke slik at beslutningen gir seg selv. Å ta beslutninger når risikoen er stor, er ofte vanskelig. Beslutningene omfatter vanskelige overveielser og avveininger i forhold til usikkerhet og verdier, og dette kan ikke delegeres til de som lager underlaget. Det er beslutningstakerens (lederens) oppgave å foreta slike overveielser og avveininger, og ta en beslutning som balanserer de ulike fordeler og ulemper ved et alternativ.

Ulike beslutningsstrategier kan ligge til grunn for beslutningen. Med beslutningsstrategi menes den tenkning som gjøres og de prinsipper som følges i forhold til hvordan beslutningen skal tas og hvordan prosessen forut for beslutningen skal være. Sentralt her står spørsmålet om hvem som skal involveres, hvordan en skal bruke ulike former for analyser, og hvordan selve prosessen skal gjennomføres.

En beslutningsstrategi tar hensyn til effekt på risiko (slik som det fremkommer i risikoanalysene) og usikkerhetsdimensjoner som ikke fanges gjennom analysene. Resultatet blir beslutninger fundert i både beregnet risiko, kost-nytteanalyser, og som også omfatter anvendelse av forsiktighetsprinsippet og føre-var-prinsippet. Forsiktighetsprinsippet innebærer at forsiktighet skal være det rådende prinsipp når det er usikkerhet knyttet til konsekvensene, dvs. det er risiko tilstede. Mer spesifikt betyr det at tiltak skal iverksettes eller en ikke skal gjennomføre en aktivitet dersom det er usikkerhet/risiko tilstede. Dette prinsippet er implementert i alle industrier gjennom regulering og krav. Bruk av barrierer og beredskapstiltak kan være begrunnet i dette prinsippet. Føre-var-prinsippet er et eksempel på anvendelse av forsiktighetsprinsippet. Det uttrykker at forsiktighet skal vises når det er vitenskapelig usikkerhet knyttet til konsekvensene. Mer spesifikt kan føre-var-prinsippet defineres slik:

Føre-var-prinsippet er et prinsipp som innebærer at tiltak skal iverksettes eller en ikke skal gjennomføre en aktivitet dersom det er betydelig vitenskapelig usikkerhet (uvitenhet) knyttet til konsekvensene av aktivitetene og disse konsekvensen anses som alvorlige.

Beslutningsstrategien avhenger av beslutningssituasjonen. Spennvidden er stor, fra rutineoperasjoner der det brukes koder og standarder i stor grad til situasjoner med stor risiko, der det er behov for omfattende risikobasert informasjon.

Risikoakseptkriterier og ALARP

En organisasjonsenhet er opptatt av risikokontroll og risikoreduksjon knyttet til aktiviteter av en viss type. Spørsmålet er hvordan få til gode prosesser for å få til dette. To prinsipper foreslås:

- i) Bruk av forhåndsdefinerte risikoakseptkriterier. Dersom beregnet risiko er under en forhåndsbestemt verdi, er risikoen akseptabel. I motsatt fall er risikoen uakseptabel, og risikoreduserende tiltak må iverksettes. Et eksempel på et slikt kriterium er: Frekvensen av hendelser i løpet av ett år som medfører alvorlig skade eller død skal være høyst 10^{-4} . Dersom risikoanalysen kommer frem til en beregnet frekvens høyere enn dette, er risikoen uakseptabel, og dersom frekvensen er lavere, er risikoen akseptabel.

- ii) ALARP-prinsippet (ALARP: As Low As Reasonably Practicable). Risikoen skal reduseres *så langt som praktisk mulig*. Dette innebærer at nytten med å innføre tiltaket skal vurderes i forhold til ulempen eller kostnaden ved å innføre tiltaket. ALARP-prinsippet innebærer «omvendt bevisbyrde», det vil si at identifiserte tiltak skal implementeres, *med mindre* det kan dokumenteres at det er et urimelig misforhold («gross disproportion») mellom kostnader/ulempen og nytte.

Risikoakseptkriterier må brukes med forsiktighet. De fører ofte til at risikoreduksjonsprosessene stanser opp. Fokus blir på å verifisere at minimumskrav oppfylles i stedet for å motivere for mer ambisiøse risikoreduksjonsprosesser.

Etablering av denne typen formelle beslutningskriterier kan lett resultere i en mekanisering av beslutningsprosessen. Dette er uheldig fordi:

1. Beslutningskriterier basert på risikotall (sannsynligheter og forventningsverdier) alene ikke fanger opp alle aspekter av risiko, kostnader og nytte.
2. Ingen metode har en presisjon som forsvarer en mekanisk beslutning basert på om resultatet er over eller under et kriterium.
3. Det er en lederoppgave å ta beslutninger under usikkerhet, og en leder bør i størst mulig grad kjenne til de risikoer og usikkerheter som eksisterer innenfor de områder og prosesser der vedkommende har ansvar.

ALARP-prinsippet innebærer to viktige delprosesser

- a) Generering av tiltak
- b) Utvelgelse av tiltak med basis i vurdering av hva som er urimelig misforhold

En ALARP-prosess vil ikke fungere etter hensikten uten at tiltak som kan redusere risikoen legges fram for vurdering. I en risikoanalysesammenheng kommer det som regel alltid opp forslag til tiltak, men det mangler ofte en systematikk i genereringen av disse, og tiltakene mangler i mange tilfeller ambisjoner – de innebærer kun små endringer i risikobildet. En mulig måte å angripe dette problemet på er å ta utgangspunkt i følgende prinsipper:

1. Med basis i foreliggende løsninger (base case), identifiser tiltak som kan redusere risikoen med for eksempel 10 %, 50 % og 90 %.
2. Fremsett løsninger og tiltak som kan være aktuelle for å nå disse nivåene.

Tiltakene må så vurderes, før en beslutning om mulig implementering gjøres.

Tiltakene vil i noen tilfeller ha utelukkende positive effekter (for eksempel bedre sikkerhet), men i mange tilfeller vil tiltaket kunne gi både positive og negative effekter. Ofte vil det være hensiktsmessig å foreta grove vurderinger av tiltakene i en screeningsprosess for å identifisere tiltak som åpenbart bør implementeres og hvilke som krever mer inngående vurderinger.

Vurderingsprosessen for tiltakene blir da:

1. Grovvurder praktisk gjennomførbarhet og kostnader (eventuelt andre sentrale forhold).
2. Konkluder vedrørende implementering der dette er åpenbart.
3. Resterende løsninger og tiltak inngår i listen over aktuelle løsninger og tiltak for en mer detaljert analyse- og vurderingsprosess.

Ofte er konklusjonen opplagt når en beregner størrelser som forventet kostnad per forventede sparte liv eller forventede kostnad per forventet redusert tap produksjon, over et prosjekts levetid. For eksempel vil en strategi kunne være at tiltak skal implementeres dersom beregningene viser en forventet kostnad per forventet spart liv < 100 millioner kroner.

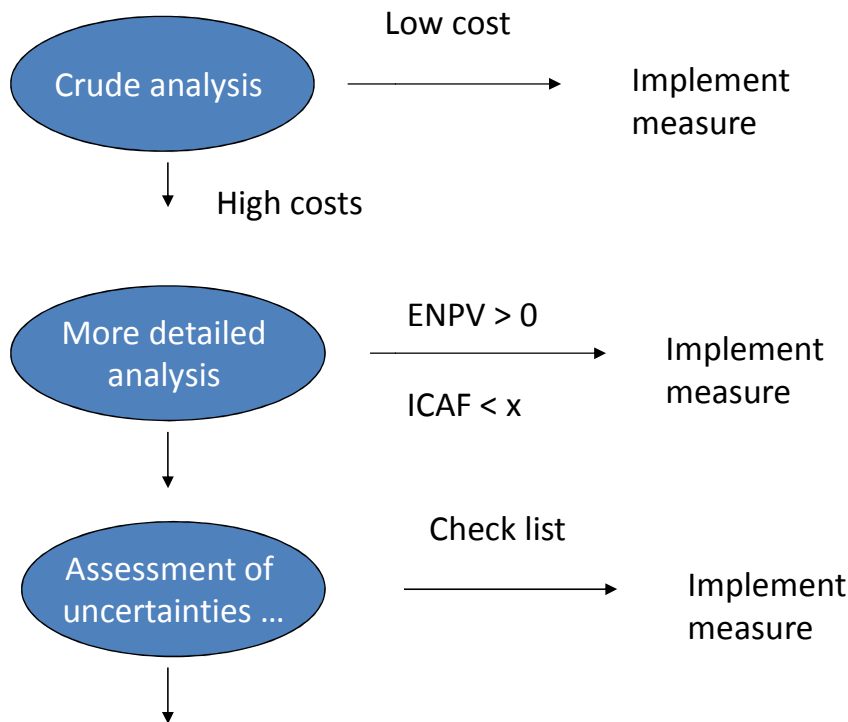
Et tiltak som har forventet positiv nåverdi bør åpenbart implementeres. Grove beregninger av forventet nåverdi, der en ser bort fra vanskelige vurderinger knyttet til verdien av tap av liv og skade på miljøet, vil ofte være tilstrekkelige for å konkludere med hvorvidt dette kriteriet kan rettferdiggjøre implementering av et tiltak.

En mulig strategi for vurdering av tiltak dersom analysen basert på forventet nåverdi eller forventet kostnad per forventet antall sparte liv ikke har gitt en klar anbefaling, kan være at tiltaket skal implementere dersom flere av følgende spørsmål har ja-svar:

Relativt høy personellrisiko/miljørisiko i utgangspunktet?

- ☐ Store usikkerheter (knyttet til fenomener, konsekvenser, forutsetninger) og tiltaket reduserer usikkerhetene.
- ☐ Tiltaket øker styrbarheten i stor grad? Økt satsing på kompetanse blant driftspersonell kan gi økt trygghet for at gode utfall oppnås, for eksempel at eventuelle skader oppdages på et så tidlig tidspunkt at effektive tiltak kan iverksettes.
- ☐ Er løsningen robust sikkerhetsmessig?
- ☐ Benyttes best tilgjengelige teknologi (BAT)?
- ☐ Er det uløste problemområder personsikkerhetsmessig og/eller arbeidsmiljømessig, eventuelt områder der det er konflikt mellom disse to aspekter?
- ☐ Strategiske hensyn?

Proessen er illustrert i Figur C.3.



Figur C.3: Prosess for å verifisere ALARP

Kost-nytte-analyse (omtales også som en nytte-kostnadsanalyse) er en metode som brukes for å systematisere ulike fordeler og ulemper ved ulike løsninger og tiltak. I kost-nytte-analysen beregner vi forventet samlet gevinst, mens i kost-effektivitetsanalysen beregner vi effektivitetsstørrelser som forventet kostnad per forventet antall sparte liv.

Essensen i kost-nytte-analysen (og den relaterte analysen, kost-effektivitets-analysen) vil bli illustrert ved hjelp av et enkelt eksempel (hentet fra Aven m.fl. (2004)), men først en kommentar knyttet til hvordan vi tar hensyn til tidsaspektet.

Betydningen av at konsekvensene (effektene) strekker seg over et langt tidsrom tas hensyn til ved å neddiskontere alle inntekter og utgifter med en bestemt rentefot tilbake til et basisår. Ved å summere diskontert nytte og kostnad tilbake til et basisår beregnes nåverdien av et prosjekt. Nåverdien, NV, kan skrives

$$NV = \sum_{t=0}^n \frac{a_t}{(1+i)^t} \quad (4.1)$$

hvor a_t representerer kontantstrømmen ved tid t , og i er diskonteringsrenten. Kontantstrømmen a_t er den pengestrømmen som genereres av inn- og utbetalinger (inntekter og kostnader) over en bestemt tidsperiode, for eksempel et år. Diskonteringsraten, i , skal reflektere hva det koster å binde kapital i prosjektet. Hvis for eksempel $i = 0.1$, altså 10%, så betyr det at en setter 1.1 million kroner neste år til å svare til 1 million kroner i dag. Poenget er at dersom en plasserer millionen i dag i andre prosjekter, vil en forvente en verdskapning, en vekst, på 10%.

Valget av diskonteringsrente i analysen er ikke opplagt. Et hovedproblem er hvordan beslutningstakeren bør forholde seg til usikkerhet knyttet til hva som blir utfallet eller konsekvensene av de beslutninger som vurderes tatt. Nåverdien er en ukjent størrelse ved beslutningstidspunktet. Løsningen på dette problemet er, i stedet for å bruke NV, så brukes forventningsverdien, $E[NV]$ og diskonteringsrenten justeres i forhold til bankrenten for å ta hensyn til usikkerheten. Med stor usikkerhet brukes en høyere diskonteringsrente, som ofte blir omtalt som en risikojustert rente.

Eksempel

Et tiltak vurderes implementert for å redusere ulykkesrisikoen i et system. Tiltaket er knyttet til utbedring av beredskapssystemet dersom en ulykkessituasjon skulle oppstå. Tiltaket vil koste 10 millioner kroner og risikoanalysen gir en beregnet reduksjon i forventet antall drepte lik 0.1 per år for en periode på to år. Med en diskonteringsrente på 10%, gir dette et kost-nytte-forhold, KN, lik $10/(2 \times 0.1) = 50$ millioner kroner per forventet antall sparte liv. Vi refererer til dette beløpet som verdien av et statistisk liv⁸. Vi har her ikke diskontert verdien av et statistisk liv. Dersom vi hadde gjort det ville vi delt på 1.9 i stedet for 2.0, så dette hadde ikke endret verdien av et statistisk liv i særlig grad. Tallet 1.9 fremkommer ved å summere de to første leddene i formelen (4.1) med $a_t = 1$, for $t = 0$ og $t = 1$, dvs. $1.9 = 1.0 + 1/1.1$.

I litteraturen argumenteres det både for og i mot å diskontere verdien av et statistisk liv. Vi er skeptiske til en slik diskontering, ikke bare når det gjelder liv, men også miljø. Vi bør vel vektlegge liv og miljø like sterkt i fremtiden som i dag. Er ikke verdien av et liv det samme enten det gjelder meg eller mine barnebarn?

Et kost-nytte-forhold på 50 millioner er et relativt høyt tall, og det konkluderes med at tiltaket er relativt lite kostnadseffektivt. Hvorvidt det bør realiseres avhenger også av andre faktorer som ikke er kommet med i denne analysen, som trygghetsopplevelse og politiske aspekter. En forventet nåverdiberegning (kost-nytteanalyse) der et statistisk liv settes lik 20 millioner kroner gir (uten diskontering)

$$-10 + (20 \times 0.1) + (20 \times 0.1) = -6.0 \text{ millioner.}$$

Med diskontering blir beregningene

$$-10 + (1.0 \times 20 \times 0.1) + (0.9 \times 20 \times 0.1) = -6.2 \text{ millioner.}$$

Altså er ikke tiltaket lønnsomt ut fra disse forutsetningene. Vi ser at et statistisk liv må ha en verdi over 50 millioner kroner for at tiltaket skal bli lønnsomt.

For å komme fram til verdien av et statistisk liv, må virksomheten avklare hva den er villig til å betale for å redusere forventet antall drepte så og så mye. For eksempel kan en tenke seg at virksomheten konkluderer med at den er villig til å betale 2 millioner kr. for å redusere denne forventningen med 0.1 per år. Det gir en verdi av et statistisk liv lik 20 millioner kroner.

⁸ Begrepet "verdien av et statistisk liv" sier ikke hva verdien av et spesifikt liv er (det er selvsagt ikke målbart i penger for den enkelte og familien), men hva vi er villige til å betale for å redusere risikoen i forhold tap av liv for en gruppe av personer. Det er åpenbart ikke det samme som å sette en pris på et menneskeliv.

I forbindelse med kost-nytteanalyser er det behov for å gjøre sensitivitetsanalyser (følsomhetsanalyser), for å se effekten av endringer i ulike størrelser. Dette kan gjelde for eksempel verdien av et statistisk liv eller diskonteringsraten.

Et oljeselskap bruker følgende veiledende verdier for et statistisk liv;

Cost to avert a statistical life (NOK)

0	Highly effective, always implement
100 000	Effective, always implement
1 mill	Effective; implement unless individual risk is negligible
10 mill	Consider; effective if individual risk levels are high
100 mill	Consider at high individual risk levels or when there are other
benefits	
1000 mill	Not socially effective – look at other options

I Norge benyttes kost-nytteanalyser i offentlig regi innenfor en rekke etater. Dette gjelder blant annet innenfor transportsektoren hvor blant annet Statens vegvesen har utarbeidet en egen veiledning (Statens vegvesen, 1995).

og som også er
lik det
«ik lønnsomt» vil
tiltaket faktisk
et og kostnader.

samme som at
te: For det første
er og øre. For det
villighet for et
regel kan en si at
økvenser jo mindre
g forsvarlig å
te-
analyser kan ikke

en kroneverdi på
ormål for øye,
sette en
r seg om en
bør verdsette i
tfullende bilde av

Metodens sterkeste side er at alle elementer måles på en felles skala, kroner, og dermed eksplisitt gjøres sammenlignbare. Det er dermed forholdsvis greit å skille mellom viktige og mindre viktige effekter fordi verdiene vil ha forskjellig størrelsesorden. Med rimelige krav til at en kan etterprøve hvordan en har kommet frem til tallene som skal brukes, vil det også være en stor grad av transparens relatert til hvordan vektene fremkommer.

At alle elementene gis en kroneverdi er også metodens største svakhet fordi det alltid vil være problemer med å transformere ulike verdier til samme målestokk, og hvis en ikke tar hensyn til dette når beslutninger fattes, kan tallene få for stor vekt. Hvor mye er et liv verdt? Hva er verdien av en spesifikk miljøskade?

Som det fremgår av eksemplet ovenfor er kost-nytteanalysen basert på bruk av forventningsverdier. For å ivareta sikkerhetshensyn er dette et lite egnet mål, jfr. diskusjonen i Aven (2010). Hovedpoenget er at forventningsverdien i liten grad reflekterer risiko og usikkerhet.

En tradisjonell kost-nytte-analyse er kvantitativ og gir en forventet nåverdi som resultat. Men en kan også se for seg analyser som bare beregner forventet nåverdi for noen faktorer (attributter) og foretar separate analyser og vurderinger av andre. Og i den andre ytterlighet finnes analyser som kun gir separate vurderinger av alle attributter (omtales ofte som multi-attributt analyse eller kostnadsvirkningsanalyse). For hvert attributt kan en se for seg ulik grad av kvantifisering, fra nåverdiberegninger til enkle og grove skåre-systemer. En kan for eksempel gi en attributt en eller flere plusser eller minuser. Også med grove skåre-systemer kan en foreta vekting av attributtene. Alle disse former for analyser omtales ofte som kost-nytte-analyser, men som nevnt ovenfor finnes det en streng definisjon av kost-nytte-analyser i en økonomisk kontekst som utelukker alle andre bortsett fra den førstnevnte. Med denne definisjonen beregnes $E[NV]$ med basis i alle relevante attributter.