



RF – Rogalandsforskning. <http://www.rf.no>

Terje Aven, Marit Boyesen, Gottfried Heinzerling og Ove Njå
Risikoakseptkriterier og akseptabel risiko i
transportsektoren.
En kunnskapsoversikt

Rapport RF – 2003/072

Prosjektnummer: RF-725 2083

Prosjektleder: Marit Boyesen

Oppdragsgiver: Norges Forskningsråd

Forskningsprogram: RISIT (Risiko og Sikkerhet i Transport)

ISBN: 82-490-0240-7

Gradering: Åpen

Forord

Rapporten gir en kunnskapsoversikt over temaet akseptabel risiko og bruk av akseptkriterier, og er en av flere kunnskapsoversikter som er utarbeidet som del av Norges Forskningsråds program "Risiko og sikkerhet i transportsektoren" (2002-2007).

Kunnskapsoversikten over akseptabel risiko og akseptkriterier for risiko har som formål å gi en oversikt over hvordan akseptabel risiko kan defineres, og hvilke akseptkriterier for risiko som benyttes eller som regnes for relevante. Videre gis en gjennomgang av disse temaene innenfor de fire transportgrenene vei, sjøfart, jernbane og luftfart.

Stavanger, 07. mars 2003

Marit Boyesen, prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
1 INNLEDNING	8
2 GRUNNLEGGENDE OM RISIKO	9
2.1 Et tradisjonelt teknisk/naturvitenskapelig perspektiv	9
2.2 Et kunnskapsbasert og beslutningsorientert perspektiv	10
2.3 Samfunnsfaglige perspektiver	12
2.4 Diskusjon.....	12
3 GRUNNLEGGENDE OM RISIKOAKSEPT OG RISIKOAKSEPTKRITERIER	15
3.1 Sammenheng: Visjoner, risikoakseptkriterier og krav til beredskapen.....	15
3.2 Faktorer som er bestemmende for hvordan vi forstår og opplever risiko	16
3.3 Beslutningsstrategier for vurdering av akseptabel risiko	20
3.3.1 Generelt	20
3.3.2 ALARP prinsippet.....	25
3.3.3 Kost/nytte-analyse	28
3.4 Risikoakseptkriterier.....	31
3.4.1 Individuell risiko	32
3.4.2 Risikoen knyttet til storulykker	33
3.4.3 Risiko for tap av materiell og økonomiske verdier	33
3.4.4 Samfunnsrisiko (societal risk)	33
3.4.5 Fastsettelse av nivå på risikoakseptkriteriene	34
3.5 Diskusjon.....	34
4 STATUS FOR DE ULIKE TRANSPORTGRENER	37
4.1 Vei	37
4.1.1 Risiko, risikoanalyse og krav til risikovurderinger i vegtrafikken.....	39
4.1.2 Forskningslitteratur	42
4.1.3 Oppsummering og diskusjon om akseptkriterier for risiko i vegtrafikken.....	44
4.2 Sjøfart.....	45
4.2.1 Risiko, risikoanalyse og krav til risikovurderinger i sjøtransport	46

4.2.2	Forskningslitteratur	48
4.2.3	Oppsummering og diskusjon om akseptkriterier for risiko i sjøtransport	52
4.3	Jernbane	54
4.3.1	Begrepsavklaring	54
4.3.2	Relevante utviklingstrender	55
4.3.3	Sektororganisering	55
4.3.4	Sikkerhetsrelevante krav	56
4.3.5	Relevante utfordringer for forskning og utvikling	58
4.4	Luftfart.....	58
4.4.1	Begrepsavklaring	58
4.4.2	Relevante utviklingstrender	59
4.4.3	Sektororganisering	59
4.4.4	Sikkerhetsrelevante krav	60
4.4.5	Relevante utfordringer for forskning og utvikling	62
5	INNSPILL TIL VIDERE FORSKNING.....	63
5.1	Helhetlig tenkning. Prinsipper	63
5.2	Risikoanalyser	65
5.3	Risikoindikatorer	66
5.4	Risikokommunikasjon.....	66
5.5	Akseptkriterier for risiko, krav til ytelse av beredskapssystemer (barrierer).....	67
5.6	Beslutningsanalyse	68
5.7	Diskusjon og konklusjoner	69
6	RELEVANT LITTERATUR- OG REFERANSELISTE.....	72
VEDLEGG A	MER OM RISIKO OG RISIKOANALYSE.....	81
A.1	Risikoanalyse.....	81
A.2	Kvantitative uttrykk for risiko.....	82
A.3	Beredskap, barrierer og risiko	85
A.4	Hendelses- og risikoindikatorer.....	91
A.5	Eksempler på typer risikoanalyser.....	93
VEDLEGG B	UTDRAG FRA (HOKSTAD M.FL.,2003):.....	97
VEDLEGG C	STYRING AV SIKKERHETEN I VEGTRAFIKKEN	101

Sammendrag

Formålet med denne kunnskapsoversikten er å gi en oversikt over hvordan akseptabel risiko kan defineres og hvilke akseptkriterier for risiko som regnes for relevante. Rapporten gir en gjennomgang av grunnleggende teorier om risiko, ulike perspektiver og ulike aspekter ved risikoanalysen. Teorier om akseptabel risiko og akseptkriterier av mer generell karakter blir også gjennomgått, og rapporten presenterer akseptabel risiko og akseptkriterier innenfor de fire transportgrenene vei, sjøfart, jernbane og luftfart. Rapporten gir også innspill til videre forskning.

En meningsfull diskusjon om hva som er *akseptabel risiko* er avhengig av en forståelse av hva risiko er og hvordan risiko kan beskrives. En inndeling i ulike risikoperspektiver kan klargjøre tenkningen omkring risiko på en mer presis måte. En hensiktsmessig måte å skille mellom disse perspektivene kan være en tredeling mellom et tradisjonelt teknisk/naturvitenskapelig perspektiv, et kunnskapsbasert og beslutningsorientert perspektiv, og et samfunnsfaglige perspektiv. I en diskusjon av disse perspektivene argumenteres det mot å opprettholde et skarpt skille mellom et teknisk/naturvitenskapelig perspektiv og et samfunnsfaglige perspektiv. Dette er en foreldet tankegang som bidrar til å opprettholde et maktmønster der ekspertene gis større autoritet enn de rettmessig bør ha. *Det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet* på risiko tar opp momenter fra både det samfunnsfaglige og det teknisk/naturvitenskapelige perspektivet. Risiko kan ikke kan skilles fra vurderinger, risiko er en vurdering av hva som vil kunne skje i framtiden innen en gitt kontekst.

Det finnes ingen verdifrie eller gitte allmenne mål for *akseptabel risiko*, heller ingen objektive metoder å måle dette på. Forståelsen av den akseptable risiko skapes i den sosiale og kulturelle konteksten, og en rekke studier viser hva som bidrar til å påvirke vår opplevelse av risiko og hva vi aksepterer av risiko. En vanlig definisjon av akseptabel risiko er *den risiko som aksepteres ved en beslutning*. Utgangspunktet her er akseptabel risiko som et beslutningsproblem. En må foreta valg mellom ulike alternativer som på best mulig måte skal møte gitte mål og krav. Underlaget for beslutningen vil sjelden være i et format som gir alle svarene som er viktige for beslutningsstaker, slik at beslutningstaker må forholde seg til dette og være seg bevisst at beslutningen fattes under en viss usikkerhet. Usikkerheten kan være så stor at en vil anvende et *føre-var-prinsipp*, for eksempel når beslutninger skal tas om bruk av ny teknologi, eller det kan være behov for en *diskursiv tilnærming* der en gjennom diskusjoner, involvering søker å skape felles forståelse for problemstilling og enighet. *ALARP-prinsippet* innebærer at risikoen skal reduseres så langt som praktisk mulig, noe som innebærer en vurdering av kostnad i forhold til nytte. Vurderingen kan gjøres formalisert ved en *kost/nytte-analyse* der en systematisk forsøker å måle og veie alle gevinster og kostnader ved et tiltak med hensyn til beslutning om gjennomføring eller ikke. *Risikoakseptkriterier* er kriterier som benyttes for å uttrykke et akseptabelt og et uakseptabelt risikonivå, og brukes i stor grad i forbindelse med kvantitative

risikoanalyser¹. Risikoakseptkriterier benyttes vanligvis bare i situasjoner der en har betydelig erfaring med bruk av risikoanalyser, fordi en da har et utgangspunkt for å sette nivået ut fra hva som er typiske risikoverdier.

Oversikten viser at for de fire transportgrenene har en svært begrenset erfaring når det gjelder risikobasert styring, og spesielt tenkning omkring akseptabel risiko og bruk av akseptkriterier. Risikoanalyser og risikoakseptkriterier er i liten grad implementert. Innen *veitrafikk* er fokuset på tiltak og tiltakenes effekt mot ulykker og skader. En ser innslag av kost/nytte-analyser og konsekvensanalyser, men ingen overordnet risikoanalyse med spesifiserte krav på overordnet og underordnet nivå. Regelverket inneholder sikkerhetsregler i form av bindende minstestandarder til vegens utforming, til kjøretøyene og til trafikantenes kompetanse og atferd. Inntrykket er at det ikke er noen gjennomtenkt sammenheng mellom krav på overordnet nivå, til krav på mer underordnet nivå i vegtrafikken. Kravene er utviklet over lang tid, det er en historisk bakgrunn for de kravene som finnes. Risiko, som begrep og styringsparameter, har ingen utpreget tradisjon hos norske vegmyndigheter, og heller ikke hos internasjonale myndigheter. Det er funnet minimalt med tilgjengelig forskningslitteratur på området vegtrafikk og akseptabel risiko.

Maritim virksomhet er underlagt et omfattende regelverk med hensyn til sikkerhet og beredskap. På grunn av virksomhetens internasjonale karakter, herunder hensynet til like konkurranseforhold, er kravene normalt harmonisert i regi av FN-organisasjonen ”International Maritime Organization” (IMO). Regler som fastsettes av IMO må godkjennes av de enkelte nasjonalstater og følges opp av flaggstatene. I likhet med vegsektoren, er også kravene innen sjøfart utviklet over tid. Innen *sjøtransport* har sikkerheten blitt ivaretatt av internasjonale organer helt fra begynnelsen av forrige århundre. Lovverket har til nå i liten grad inneholdt krav til risiko, eller at risiko skal være en del av beslutningsgrunnlaget i skipsfarten. Krav til sikkerhet er tradisjonelt utformet som minstestandarder til utstyr og funksjoner, hvor risikobasert tenkning har vært bortimot fraværende. Imidlertid, er det både på europeisk og norsk side, iverksatt prosesser for å implementere vurderinger av risiko som styrende for planlegging og drift av sjøtrafikken. I Norge har dette gitt seg utslag i en egen forskrift om risikoanalyse og akseptabel risiko til innenriks ferjetrafikk. Denne praksisen er også i ferd med å utvides til annen type sjøtransport. Internasjonalt har det vært drevet betydelig forskning på sikkerhet i sjøtransport siden midten av 90-tallet. Dette har blant annet resultert i at metodikk omkring sikkerhetsanalyser og –vurderinger er utviklet, og at det nå vil bli krevd av næringen i deres styring av sikkerheten.

Både innen *jernbane* og *luftfart* er styringen av sikkerhet i stor grad basert på implementering og videreutviklingen av sikkerhetsrelevant teknologi kombinert med en høy grad av rutinisering vedrørende håndtering og rapportering av avvikssituasjoner.

¹ Med kvantitative analyser menes analyser som graderer risiko ved hjelp av sannsynlighet for at bestemte utfall (skader) inntreffer, eventuelt fordelinger over risikostørrelser (for eksempel antall drepte), eller intervaller av sannsynlighet og konsekvens (risikomatriser).

Relevante lover og forskrifter angir ingen risikoaksept eller andre kvantifiserte mål på akseptabel risiko.

Med bakgrunn i denne gjennomgangen vil vi argumentere for en helhetlig tenkning omkring håndtering av risiko, der risikoanalyser inngår som et viktig element. Analysene må imidlertid sees i et større perspektiv som omfatter vurderinger av ulike goder og ulemper ved de alternative løsninger og tiltak.

Det synes å være en underliggende drivkraft i tiden som motiverer til bruk av risikoakseptkriterier. Oljenæringen har brukt slike kriterier i mange år, og en ser en økende anvendelse også for andre aktiviteter. Vårt råd er imidlertid at transportsektoren bør være forsiktig med å, uten videre, anvende den tenkning som har vært rådene innen disse områder. Det er mange som stiller spørsmålsteget ved om den er hensiktsmessig. Det å formulere og bruke kvantitative risikoakseptkriterier er ikke nødvendigvis det som best fremmer effektiv bruk av ressurser og som gir best sikkerhet.

1 Innledning

Med bakgrunn i Norges Forskningsråds program ”Risiko og sikkerhet i transport sektoren” (2002-2007), har Rogalandsforskning utarbeidet en kunnskapsoversikt over temaet:

Akseptabel risiko og bruk av akseptkriterier

Antall omkomne i veitrafikken i Norge har de siste 10 årene ligget mellom 300-350 personer pr. år. Innen andre transportgrener er antall omkomne pr. år langt lavere, men av alle storulykker (minst 5 omkomne) skjer 80-90% av disse innen transportsektoren. Til tross for en rekke satsninger på tiltak som skal bidra til å øke trafikksikkerheten, ser det ut til at det er svært vanskelig å få ned ulykkestallene. Betyr dette at vi som samfunn godtar og aksepterer den risiko som er forbundet med transport og da særlig veitrafikken? Det er vel drøyt å svare ja på et slikt spørsmål. Vi erkjenner at ulykkestallene er omfattende, men vi betrakter det som uakseptabelt at det er slik.

Kunnskapsoversikten om akseptabel risiko og akseptkriterier for risiko har som formål å gi en oversikt over hvordan akseptabel risiko defineres og hvilke akseptkriterier for risiko som benyttes eller som regnes for relevante. Rapporten inneholder fire hovedkapitler: Kapittel 2 tar opp *grunnleggende teorier om risiko* med gjennomgang av ulike perspektiver på risiko og ulike aspekter ved risikoanalysen. Kapitlet må sees i sammenheng med vedlegg A, som gir en mer utfyllende gjennomgang av risiko og risikoanalyse. Kapittel 2 danner et grunnlag for rapportens hovedtema om *akseptabel risiko og akseptkriterier* som presenteres i kapittel 3. Dette kapitlet er av generell karakter og gir en kunnskapsoversikt over temaet, uavhengig av anvendelsesfelt. Enkelte teoribidrag under dette tema er referert nærmere i vedlegg B. Kapittel 4 gir en gjennomgang av status *innenfor de fire transportgrenene vei, sjøfart, jernbane og luftfart*. Kapittel 5 gir innspill til videre forskning.

2 Grunnleggende om risiko

Formålet med kapitlet er å gi en oversikt og diskutere ulike perspektiver for hvordan en kan forstå og beskrive risiko. Kapitlet gir et underlag for neste kapittel som omhandler akseptabel risiko og risikoakseptkriterier, og må sees i sammenheng med vedlegg A som gir mer detaljerte informasjon og diskusjon om risiko og risikoanalyser. En meningsfull diskusjon om hva som er akseptabel risiko kan ikke gjøres uten at en har en god forståelse av hva risiko er og hvordan risiko kan beskrives.

Det finnes mange perspektiver på risiko. Ulike fagområder og disipliner har tilnærmet seg risiko på ulike måter. En kategorisering som ofte blir brukt er (Renn, 1992):

- Forsikringsperspektivet (acturial) (statistisk estimering/prediksjon)
- Toksikologi- og epidemiologiperspektivet (giftstoffer, sykdomsutbredelse)
- Ingeniørperspektivet (bl.a. risikoanalyse)
- Økonomiperspektivet (bl.a. kost-nytte analyse)
- Psykologiperspektivet (bl.a. psykometri, opplevd risiko)
- Sosiologiperspektivet (social theories of risk)
- Kulturperspektivet (cultural theories of risk)

Denne type kategorisering er imidlertid for grov til at den kan brukes i forhold til en diskusjon om akseptabel risiko og risikoakseptkriterier. Vi trenger en inndeling i perspektiver som klargjør tenkningen omkring risiko på en presis måte, og da er det hensiktsmessig å skille mellom følgende tre hovedperspektiver, jf. Aven (2003).

- Et tradisjonelt teknisk/naturvitenskapelig perspektiv.
- Et kunnskapsbasert og beslutningsorientert perspektiv.
- Samfunnsfaglige perspektiver.

I det følgende vil vi presentere og diskutere disse tre hovedkategoriene av perspektiver på risiko.

2.1 Et tradisjonelt teknisk/naturvitenskapelig perspektiv

Det tradisjonelle synet på risiko er at risiko er en objektiv egenskap knyttet til den aktivitet som studeres. Denne objektive egenskapen vil ofte kunne måles ved historiske tall. Som et eksempel, la oss tenke at vi innen et område har hatt 2 omkomne i løpet av de siste 10 årene. Da kan vi beregne en historisk dødsrate på 2/10 pr. år. Dette sier noen om dødsrisiko neste år innen dette området. Med det tradisjonelle synet på risiko oppfatter en 2/10 som et estimat eller anslag for den reelle eller virkelige risikoen neste år. Den reelle risikoen kan en tenke seg framkommet ved å beregne gjennomsnittlig antall drepte for en uendelig populasjon av situasjoner som er tilsvarende den som analyseres. Dersom vi vurderer at de tall vi har observert er representative for framtiden

bruker vi 2/10 som et anslag for den reelle, sanne sannsynlighet for at en vilkårlig person skal omkomme neste år. Det er usikkerheter i anslaget, men denne usikkerheten er vanskelig å beskrive. En bruker av og til såkalte konfidensintervaller, men disse beskriver bare en liten del av all den usikkerhet som er knyttet til anslaget. Problemer med representativiteten er normalt langt større enn den statistiske variasjonen som konfidensintervallet uttrykker. I praksis presenteres ofte kun anslaget, og hvis usikkerhet i anslaget er diskutert, er det med basis i konfidensintervallet. I mer tekniske omfattende studier inngår mer grundige usikkerhetsanalyser, der en angir usikkerheten i estimatet og den sanne sannsynlighet ved en sannsynlighetsfordeling. Merk også at tallet 2/10 er et gjennomsnittstall. Det sier lite eller ingenting om risiko for den enkelte person innen populasjonen. Risikobeskrivelsen 2/10 angir således bare ett aspekt knyttet til dødsrisiko for de personer som tilhører populasjonen.

Ikke alltid har en relevante og tilstrekkelig erfaringsdata. En kan for eksempel tenke seg at en har observert null drepte for en aktuell periode. Hva er da risikoen? Den er åpenbart ikke null? I slike tilfeller brukes risikoanalyser, se vedlegg A. Slike analyser vil også hjelpe oss til å finne fram til hva som bidrar mest til risiko og en kan studere effekten av endringer.

Dette tradisjonelle synet på risiko gir opphav til et skarpt skille mellom hva som er reell (objektiv) risiko og hva som er opplevd risiko. Det er en dødsrisiko (sannsynlighet) som er den riktige. En får dermed lett den situasjon at eksperter mener å ha enerett på sannheten når det gjelder risiko. Lekfolkene og andres risikoopplevelse sies å være styrt av følelser og irrasjonelle forhold – men dersom de får tilstrekkelig kunnskap vil de se den reelle risikoen. Dette er et syn som er nokså utbredt i mange miljøer, ikke bare i det tekniske, men også blant for eksempel medisinerere, psykologer og sosiologer.

Det tradisjonelt teknisk/naturvitenskapelig perspektivet dominerer mye av litteraturen om risiko, jf. for eksempel (Aven, 1998; 2003; Bedford and Cooke, 2001; Modarres, 1993; Rausand, 1991; og Vose, 2000).

2.2 Et kunnskapsbasert og beslutningsorientert perspektiv

I henhold til dette perspektivet finnes ikke objektiv, reell risiko. En del objektive målinger og kunnskap finnes, men spranget fra disse til risiko er ofte stor. Særlig gjelder dette for systemer og aktiviteter slik vi opplever dem i dag, med stor kompleksitet og rask endringstakt.

Det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet på risiko er basert på at risiko ikke kan skilles fra vurderinger. Risiko *er* en vurdering, om hva som vil kunne skje i framtiden, hvordan systemer, teknologi, organisasjoner og mennesker vil fungere og opptre. Og en vurdering må alltid settes inn i sin rette kontekst: Hvem er det som uttaler seg? Hva er grunnlaget for uttalelsene? Hva er den historiske og sosiale sammenheng? osv. Risikovurderinger bygger på en del faktaopplysninger om hva som har skjedd, men i mange tilfeller gir disse bare et lite bidrag i forståelsen av hva risiko er. I et samfunn preget av stadige endringer, vil det kunne være misvisende å bruke de historiske målinger som direkte basis for vurdering av framtiden. Poenget er å finne fram til de underliggende prosesser, faktorer og indikatorer som kan varsle oss før de

alvorlige konsekvenser blir en realitet. Med en slik tilnærming til risiko kan en ikke snakke om objektiv eller reell risiko. Men vi kan skille mellom historiske målinger og risiko som er vurderinger av fremtiden, sett ut fra ulike ståsteder. Når fremtiden gir flere mulige retninger er det usikkerhet. Vi vil legge forskjellig vekt på forskjellige utsagn avhengig av hvem som kommer med dem og hvilke vurderinger utsagnet er basert på. Et risikoutsagn som er basert på store mengder relevante data og på anerkjent metodikk, og som det er konsensus omkring antagelser og forutsetninger, vil vi tillegge mer vekt enn dersom en tilfeldig person uttrykker sitt syn, uten noen forankring i erfaringsdata eller teori.

For eksemplet ovenfor med en historisk dødsrate på 2/10 pr. år, gir ikke dette et estimat av neste års dødsrisiko, men et utgangspunkt for å fastsette risiko. Vi starter med å fokusere på antall drepte neste år, som er et ukjent tall. Dette tallet ønsker vi å prediktere. Og i dette tilfellet er null drepte den mest naturlige prediksjon. Men det er usikkerhet knyttet til hva som blir utfallet, og denne usikkerheten uttrykker vi ved hjelp av sannsynligheter. Avhengig av vår kunnskap om den aktuelle situasjon, kan det være at vi kommer fram til en sannsynlighet for å få en drept i løpet av neste år, til å være 2/10. Kanskje vil vi uttrykke en høyere eller lavere verdi. Uansett, det er ikke usikkerhet i det tallet vi kommer fram til, i og med at det er et mål for usikkerhet. Men vi vil også måtte vurdere om vi kan få flere enn 1 drept, for eksempel hva er vår sannsynlighet for 2-5 drepte? For å svare på slike spørsmål, må vi ha en risikoanalyse som basis, vi viser til vedlegg A.

Både for dette perspektivet og det tradisjonelle perspektivet omtalt ovenfor, er det viktig å skille mellom en *vurdering* (bedømming) av hvordan verden vil se ut i fremtiden, og hvordan vi *verdsetter* forskjellige fremtidsscenarioer. Som en vil se i omtalen nedenfor av samfunnsvitenskaplige perspektiver, er det ikke alltid vanlig å foreta et slikt skarpt skille. Innenfor det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet på risiko, er det vanlig å skille mellom en bred kvalitativ forståelse av risikobegrepet og en mer avgrenset kvantitativ forståelse (der usikkerheten om hvorvidt identifiserte hendelser vil inntreffe kan uttrykkes som sannsynligheter). Den kvalitative risikoforståelsen, som i hovedsak sier at risiko er usikkerhet om utfall av en aktivitet eller system, gjør det meningsfylt å snakke om risikoanalyser, risikovurderinger, risikopersepsjon, vurderinger omkring akseptabel risiko, osv. Den kvantitative beskrivelsen kan være mer eller mindre komplett, i den forstand at det er bare utvalgte taps- og skadeaspekter som adresseres i kvantifiseringen.

Denne måten å tenke på er utbredt i deler av det teknisk/økonomiske miljøet, og omtales ofte under overskriften det Bayesianske paradigmet. Dette paradigmet er imidlertid ikke ett paradigme, men en samling av flere. Beskrivelsen ovenfor har fokus på prediksjon og bruken av sannsynlighet for å uttrykke usikkerhet, og omtales ofte som et prediktivt Bayesiansk paradigme, jf. Aven (2003). Dette perspektivet forsøker å bygge bro mellom ulike perspektiver som ingeniørperspektivet og samfunnsfaglige perspektiver.

2.3 Samfunnsfaglige perspektiver

Det er flere samfunnsvitenskapelige perspektiver på risiko. Disse er i stor grad kjennetegnet ved diskusjon av ulike aspekter knyttet til beskrivelse, vurdering, persepsjon, kommunikasjon, håndtering, styring og ledelse av risiko. Risikopersepsjon handler om hvordan folk forstår, opplever og håndterer risiko og farer. Både innen psykologi, sosiologi, antropologi, beslutningsteori og politiske studier er man opptatt av dette. Psykologer har særlig bidratt med de kognitive og atferdsmessige aspektene ved risiko, hvordan risiko oppleves og hvordan forståelse av risiko kan påvirke atferd. Sosiologer har hatt et særlig fokus på teorier om hva risiko betyr og hvordan risiko aksepteres og håndteres på samfunnsnivå, mens antropologer har sitt fokus på hvordan kjennetegn ved kulturen kan bidra til ulik forståelse for og håndtering av risiko. Både mellom og innenfor disse fagområdene brukes det forskjellige definisjoner av risiko. Ulike aspekter av de to tilnærmingene nevnt ovenfor brukes. Men ofte skiller en ikke tydelig mellom risikobegrepet og analyse, vurdering, persepsjon, kommunikasjon og håndtering av risiko, men knytter alt dette inn i definisjonen av risiko.

Innen samfunnsvitenskap er det for eksempel vanlig å referere til risiko som alle aspekter av folks opplevelser og følelser i forhold til hva slag farer en står overfor, hvilke konsekvenser de kan føre til (tap, ulemper, fordeler), og ikke minst til hva som er akseptabelt. Merk at her snakker en ikke bare om risikobegrepet som sådan, men også vurdering, persepsjon og akseptering av risiko. Og det er mye mer. Å se sammenhengene her er åpenbart viktig. Folk flest inkluderer alle mulige aspekter når de skal vurdere risiko – langt mer enn bare sannsynlighetstall for usikkerhet og tap. Et sentralt poeng her er at det er betydelige variasjoner i folks opplevelse og vurdering av risiko mellom forskjellige sosiale og kulturelle grupper, og at opplevelse og vurdering av risiko er avhengig av hvordan risikofenomenet historisk sett er oppstått og hvordan det er håndtert av f.eks. myndigheter.

Blant den omfattende litteraturen innen dette området, vil vi trekke fram oversiktene gitt i (Krimsky og Goldning, 1992; Okrent and Pidgeon, 1998; Pidegon and Beattie, 1998; og Slovic, 1987; 2000). Vi viser for øvrig til gjennomgangen nedenfor i dette kapitlet og kapittel 3 for andre referanser.

2.4 Diskusjon

Det tradisjonelle synet på risiko omtalt ovenfor er etter vår mening et foreldet perspektiv. Det har feil fokus. Det har et utgangspunkt i risikostørrelser som ikke finnes, bortsett fra i tankeverdenen. Håndteringen av usikkerhet i risikoestimatene er vanskelig å håndtere på en faglig forsvarlig måte. Perspektivet er med å opprettholde et maktmønster der ekspertene gis større autoritet enn de rettmessig bør ha.

Litteraturen innen området risiko er meget uryddig og preget av at området er ungt og umodent. Upresisitetene florerer, og en siterer og bruker arbeider som etter vår mening bidrar mer til forvirring enn opprydding, jf. Aven (2003). Her er noen eksempler;

1. En skiller ikke mellom historiske målinger og vurderinger av fremtiden (risiko).

2. En snakker om den reelle, objektive risikoen, men en kan ikke forklare på noen tilfredsstillende måte hva det betyr (ikke så rart – for en slik objektiv risiko finnes ikke – bortsett fra i tankeverdenen).
3. Usikkerheter i estimerer av risiko innenfor det tradisjonelle perspektivet håndteres normalt ikke, og hvis det håndteres, gjøres det ufullstendig.
4. Risiko begrenses ofte til en matematisk formel; statistisk forventet verdi, dvs. en ganger sammen sannsynlighet og mulige tap. Risiko er da noe mer enn det! Hvis risiko var det samme som forventingsverdien, ville det være meget vanskelig å bruke begrepet risiko i normal tale og vanskelig å argumentere for en rekke sikkerhetstiltak.
5. Ofte ser en bruk av risikobegrepet i forbindelse med situasjoner med kjente sannsynligheter, og usikkerhetsbegrepet der sannsynlighetene ikke er kjente (Douglas and Wildavsky, 1983). Dette er uheldig, og ville i praksis bety at en utelukket bruk av begrepet risiko.
6. En innfører et begrep som *mulighet* for å forklare risiko (Klinke and Renn, 2001), men hva betyr mulighet? Er sannsynlighetsdimensjonen helt tatt bort?
7. En blander sammen diskusjoner om risikobegrepet isolert, og analyse, vurdering, kommunikasjon, persepsjon og håndtering av risiko. Det blir en urimelig sammenligning. Et eksempel her er bruken av risiko i betydningen kunnskap x enighet (Douglas and Wildavsky, 1983), hvilket innebærer at en ikke snakker om risikobegrepet som sådan, men hele konteksten rundt risiko, altså inkludert akseptering, håndtering, osv.

Det samfunnsfaglige miljøet har rettet sterk kritikk mot det tradisjonelle ingeniørperspektivet, og spesielt risikoanalyser. Denne kritikken inneholder blant annet følgende hovedmomenter, jf. Renn (1992) og Aven (2003):

- a. Samspillet mellom mennesker, teknologi og organisasjon er komplekst, og mer unike enn gjennomsnittelige sannsynlighetsberegninger brukt i teknologiske risikoanalyser er i stand til å fange opp.
- b. Betydningen av organisasjonsmessige feil og svakheter blir normalt ikke ivaretatt i de tekniske risikoanalysene.
- c. Risikoaksept kan ikke baseres på vurderinger av forventningsverdier alene - bruk av forventningsverdier er lite egnet for å beskrive risiko og spesielt hvordan folk opplever risiko, jf. omtale under punkt 4 ovenfor.
- d. Sannsynlighets- og risikovurderingene er ikke objektive størrelser. De er påvirket av mange faktorer, som for eksempel kunnskapsnivået.
- e. Risiko kan ikke styres utelukkende ved basis i beregnet risiko. Sosiale handlinger for å håndtere risiko inkluderer også andre mål som for eksempel rettferdighet og fleksibilitet. Dette medfører behovet for å inkludere interessegrupper eller den berørte befolkning i risikovurderinger.

- f. Teknologiske risikoanalyser består av gjennomsnittstall mer eller mindre relevant for enkeltpersoner som eksponeres for risikoen. Teknologiske risikoanalyser kan derfor ikke være den eneste form for risikobeskrivelse.

Denne kritikken er i hovedsak rettet mot det tradisjonelle teknisk/naturvitenskapelige perspektivet, der det er en søken etter objektive risikotall og der en ofte har vist en manglende ydmykhet i forhold til at en ikke kjenner den objektive sannheten om risiko. Med det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet vil denne kritikken ikke være berettiget i og med at risiko per definisjon er en vurdering, og en derfor må se denne vurderingen i sin rette kontekst.

Det bør også bemerkes at selv om risikoanalysen har sine svakheter, så kan den gi verdifull beslutningsstøtte. En kan si det enda tydeligere – alle slike verktøy har feil og mangler – de forenkler verden – men de kan likevel gi verdifull innsikt. Hva som er akseptabel risiko må sees i en beslutningssammenheng, og de ulike perspektiver på risiko gir ulike svar på hvordan denne sammenheng er og bør være. Vi kommer tilbake til dette i kapittel 3.

I det følgende er omtalen gjort mest mulig generell, slik at den er relevant for både det tradisjonelle perspektivet for risiko og det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet. For det tradisjonelle synet, er det underforstått at alle risikostørrelser og sannsynligheter må estimeres.

3 Grunnleggende om risikoaksept og risikoakseptkriterier

Formålet med dette kapitlet er å gi en oversikt over grunnleggende teori knyttet til akseptabel risiko og risikoakseptkriterier. Først, i kapittel 3.1, gir vi en introduksjon til problemstillingene som tas opp. Deretter i kapittel 3.2 ser vi på en del faktorer som er viktige for hvordan personer og beslutningstakere forstår og opplever risiko. Disse faktorene er i stor grad med å bestemmer hva som blir akseptabel risiko. Kapittel 3.3 omhandler beslutningsstrategier, som omfatter måter å tenke på for å ta beslutninger som omhandler risiko. Hvordan skal en balansere vurderinger av risikoaksept med andre forhold (goder og ulemper). Spesielt omtales ALARP-prinsippet (risikoen skal reduseres så langt praktisk mulig) og kost/nytte-analyser. Delkapittel 3.4 gjennomgår bruk av risikoakseptkriterier mer spesifikt, og ser kriteriene i sammenheng med risikoanalyser. Kapitlet avsluttes med en diskusjon.

3.1 Sammenheng: Visjoner, risikoakseptkriterier og krav til beredskapen

Hvis vi bygger en båt, tar vi det som en selvfølge at båten fungerer på sjøen. 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 båten tåle av støt? Det er visse standarder i bransjen, men du kan jo være av den oppfatning at disse standarder er for dårlige. Du vil øke styrken slik at i tilfelle kollisjon vil konsekvensene blir mindre alvorlige. På denne måten øker muligheten for at de personer som er i båten ikke blir skadet eller drept. En slik løsning vil imidlertid koste mer enn standard løsning, og en må således vurdere hvor viktig en slik forbedring er, i forhold til de økte kostnader. 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 kostnader og nytte, og unngå i en tidlig fase 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 tilfredsstillt for at en skal kunne bruke båten. En må ha trygghet for at den fungerer. Det interessante spørsmålet blir således hvordan en skal utforme krav til sikkerhet. Hvor detaljerte skal de være? Trenden i tiden er å bruke mer overordnede, funksjonelle krav som uttrykker hva vi ønsker å oppnå, fremfor å spesifisere nøyaktig hvilke løsninger som skal brukes. Når det gjelder sikkerhet bruker vi risiko og ytelse av beredskapen for å beskrive ”godheten” av løsninger og tiltak, og følgelig vil overordnede og funksjonelle krav til sikkerhet naturlig ta utgangspunkt i disse målestørrelser. I eksemplet ovenfor vil vi måle effekten av tiltaket ved å se på evnen båten har til å motstå en belastning i form av ett støt. En kunne også tenke seg at en vurderte effekten av dette tiltaket på risiko i forhold til mulig tap av liv eller skade. Det er klart at dersom dette var en større båt der det normalt er mange folk i, kunne en analyse og beskrivelse av risiko være nyttig for de som skal vurdere om tiltaket skal implementeres eller ikke. Vi ser at spørsmålet om hva som er sikkert nok, blir et

spørsmål om å sette krav til beredskapens ytelse og å begrense risiko og det gjøres normalt gjennom såkalte risikoakseptkriterier

Vi har ovenfor knyttet spørsmålet om hva som er sikkert nok til krav til beredskapens ytelse og risikoakseptkriterier. Samtidig ser en ofte målsettinger i forhold til sikkerhet som innebærer ingen ulykker, skader og tap (nullvisjonen). Henger dette sammen? Vel, både ja og nei, vil vi si. Ja, fordi vi må gjøre et klart skille mellom det som er krav og kriterier for å gi beslutningsstøtte i forhold til valg av løsninger og tiltak før disse implementeres – og hva en streber i mot når en først har gjort sine valg. En kan se for seg et risikoakseptkriterium for et system som hjelp i beslutningsprosessen om hva som er rimelige løsninger og tiltak, men det må stå helt klart at når systemet er i drift så arbeider en systematisk for å hindre at ulykker oppstår. Risikoanalysen gir visse prediksjoner og vurderinger om hva som kan komme til å skje i fremtiden, men det er på ingen måte slik at det er en skjebne lagt i dette på den måten at en ikke kan bli bedre enn det nivået som analysen gir uttrykk for. I stor grad handler sikkerhet om mennesker og mennesker kan yte variabelt avhengig av forutsetningene.

På den annen side må en vel regne med, i hvert fall når en ser aktivitetene over et langt tidsrom eller en ser på flere aktiviteter samlet, at de prediksjoner som risikoanalysen gir, vil avspeiles i det virkelige liv. Følgelig blir det problematisk samtidig å snakke om fravær av ulykker - en har på mange måter i dannelsen av aktiviteten lagt et nivå som under normale betingelser gir et visst antall skader og tap. Det er ikke snakk om skjebnetro, men en realistisk vurdering av hva som vil kunne inntreffe gitt at mennesker og maskiner oppfører seg de vanligvis gjør og som historien dokumenterer. For eksempel, vil en realistisk prediksjon på antall omkomne i trafikken neste år være ca. 300 – det må ikke bli så mange omkomne, men det er all grunn til å forventet det, dessverre.

Risikoanalysene med tilhørende kriterier og krav gir beslutningsstøtte, men det er ikke slik at beslutningene da vil være fullstendig mekaniserte. Analysene gir vurderinger som beslutningstaker vil bruke som underlag når beslutningen skal tas. Selv om risikoen er akseptabel i henhold til akseptkriteriene vil risikoreduserende tiltak kunne være påkrevd. Vi ser at det er en rekke utfordringer knyttet til det å håndtere og ”styre” risiko. Hva er fornuftig tankemåte? Vi vil diskutere dette nærmere i de påfølgende delkapitler.

Ulykkes- og risikotall gir et grunnlag for å vurdere hva som er akseptabel risiko. Men det er bare et utgangspunkt – det er en rekke andre forhold som også vil vektlegges. Gjennomgangen nedenfor vil se nærmere på disse forholdene.

3.2 Faktorer som er bestemmende for hvordan vi forstår og opplever risiko

All menneskelig aktivitet innebærer risiko i en eller annen forstand - den absolutte sikkerhet mot farer og skader er ikke mulig å oppnå. Likevel ønsker vi at risikoen for virksomheter og aktiviteter blir holdt på et nivå som er *akseptert* og så lavt som mulig. Men hva som er akseptabel risiko er ikke lett å bestemme, og vil avhenge av hvem vi forholder oss til. Det akseptable vil være avhengig av type aktivitet, hvem som utfører

aktiviteten og i hvilken sosial sammenheng denne foregår. Det akseptable kan relateres til oppfatning av normalitet. Er det normalt at det skal omkomme ca. 300 mennesker i trafikken i Norge per år? Er det akseptabelt med risikoforhold der sannsynligheten for at noe skal skje er ganske høy, men der konsekvensene ikke er så alvorlige? På den annen side, er det akseptabelt å leve med risikoforhold der sannsynligheten for at noe skal skje er svært lav, men der konsekvensene er svært omfattende dersom noe skjer?

Akseptabel risiko vil alltid være et politisk spørsmål, der spørsmålet om hvem som skal styre og hva som skal bety noe (Fishhoff, m.fl., 1981). Derfor finnes det ikke gitte mål for akseptabel risiko i samfunnet og heller ingen verdifri og objektiv metode til å finne dette ut. Valg av risikonivå vil være avhengig av alternativene, av verdier og meninger.

Hvilken risiko en frykter mest, hvilke risikoer som er verdt å ta og hvem som skal tillates å ta dem, er sosialt betinget. Et samfunn produserer et selektert syn på sine omgivelser, et syn som påvirker hvilke farer en velger å være oppmerksom på. Risikotaking, risikounngåelse og felles opplevelse av trygghet og frykt, er del av en dialog om hvordan en best skal organisere sosiale relasjoner. Å organisere i denne sammenheng betyr å definere noe inn og noe annet ut. Siden individet ikke kan se i alle retninger på en gang, vil individets holdnings- og handlingsvalg inngå i en sosial organisering. Dette vil også innvirke på muligheten for å endre oppfatning av risiko:

"To alter risk selection and risk perception, then would depend on changing the social organization." (Douglas and Wildavsky, 1983)

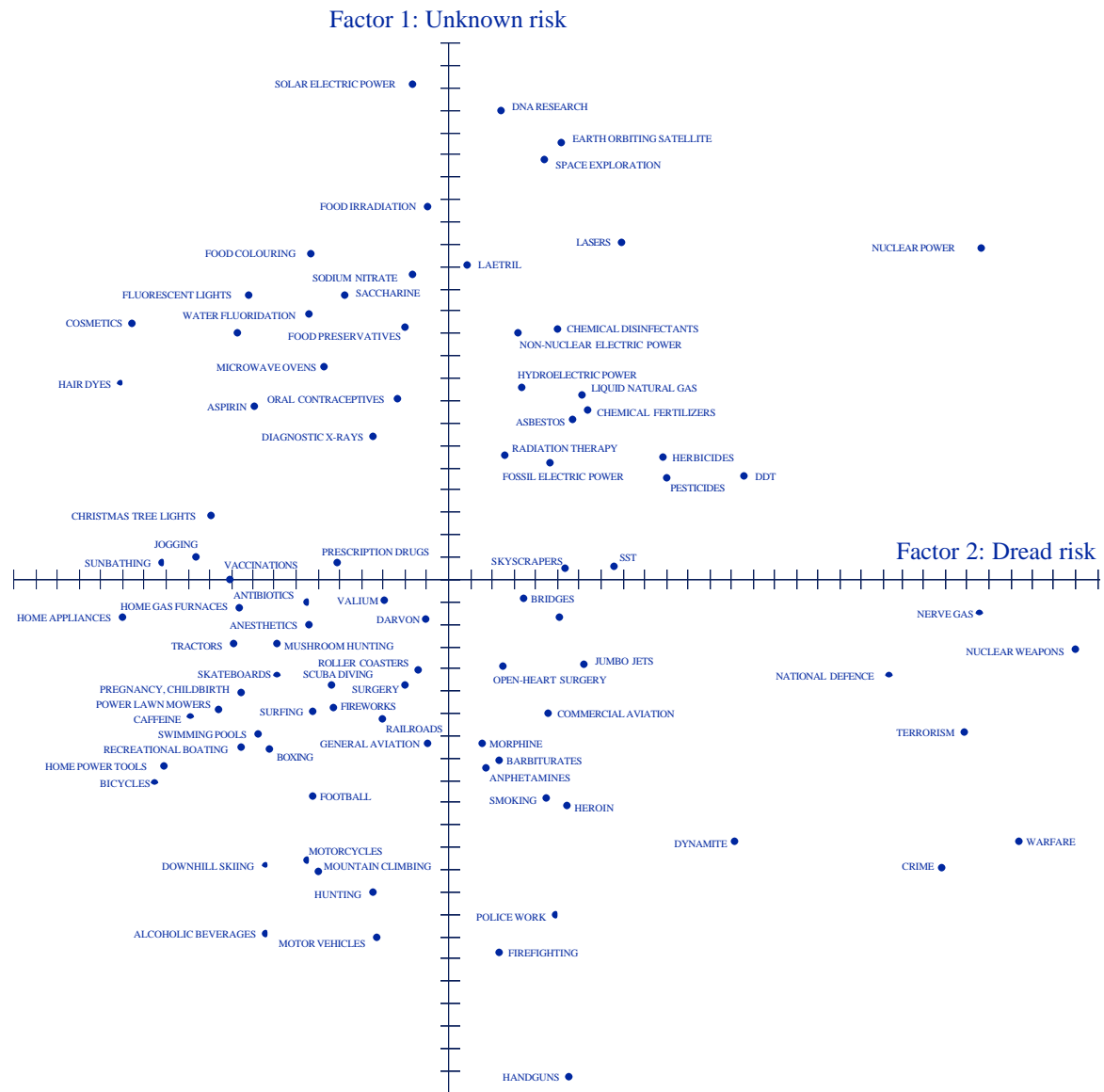
Vi er villig til å akseptere høyere risikonivå dersom vi velger farene selv, f.eks. risikosport, helsefarlig kost og bruk av alkohol. På den annen side kan folk reagere sterkt i mot farer de blir utsatt for som de egentlig synes de skulle bli advart i mot, som bruk av asbest i industrien der andre har profittert på arbeidernes uvitenhet om langsiktige skadevirkninger. Våre handlingsvalg i forhold til livssituasjon vil sjelden være preget av entydighet i forhold til unngåelse av risiko: Folk velger ikke å bo i Oslo p.g.a. privilegiet å kunne puste inn forurenset luft, men fordelene med jobbmuligheter, tilgang på vakker natur og bra klima i norsk sammenheng. Motsatt vil noen velge å bo vekk fra sentrum for å slippe forurensning og kriminalitet, mens kostnaden vil være mer tid på motorveien med høyere sannsynlighet for ulykker. Et annet eksempel er bruk av elektrisitet i hjemmet, som forårsaker en rekke branner, men som vi likevel aksepterer som et ubetinget gode. "Life's choices, after all, often come in bundles of goods and bads, which have to be taken whole." (Douglas and Wildavsky, 1983)

Det er ikke bare grad av uvillighet/villighet som er bestemmende for hvordan risikoen oppleves. Nedenfor er listet opp noen forhold som regnes for å være viktige for når en opplever risikoen som høy jf. Slovic, 1987; 2000; Simmons og Walker, 1999; Mayo og Hollander, 1991; og Lowrance, 1976):

- Ufrivillig risikoeksponering
- Manglende personlig kontroll over risikoen
- Stor usikkerhet knyttet til hva som vil bli konsekvensene
- Manglende personlig erfaring med risikoen (frykt for det ukjente)

- Genetiske effekter av eksponering (trussel for fremtidige generasjoner)
- Katastrofale hendelser
- Nytteverdier ikke særlig synlige
- Nytteverdier går til andre

Tilsvarende kan en sette opp forhold som påvirker opplevelsen i “positiv” retning (frivillig risikoeksponering, personlig kontroll over risikoen, etc.). Figur 3.1 nedenfor viser hvordan en gruppe universitetsstudenter i USA opplevde risikoen for noen forskjellige aktiviteter og teknologier, målt i forhold til hvor kjent en er med risikoen og i hvilken grad den skaper frykt. Som vi ser av figuren, og som en vel kunne forventet, kommer kjernekraft svært dårlig ut. Kjernekraft innebærer muligheten for katastrofale ulykker, med uhyggelige konsekvenser på kort og lang sikt, og skremmer således mange. At sannsynligheten for at det skal oppstå slike ulykkeshendelser er lav, endrer tydeligvis ikke opplevelsen av kjernekraft som noe meget farlig. Skiaktiviteten, utfor, oppleves på den andre siden som meget lite risikofylt. Aktiviteten er frivillig og en føler at en har god kontroll. En føler normalt ikke frykt og en kjenner godt til hva som kan skje av ulykkeshendelser.



Figur 3.1. Vurdering av risiko i forhold til grad av ukjenthet og frykt (Slovic, 1987; 2000)

Vurderingen av hva som er akseptabel risiko og hvordan risikoen bør styres, avhenger av ulike "egenskaper" ved mulige konsekvenser og usikkerheten knyttet til disse. En måte å kategorisere slike egenskaper er som følger: (Klinke og Renn, 2001; Renn og Klinke, 2002; og Aven, 2003)

Konsekvenspotensiale

- Muligheter for tap
- Den geografiske spredning av mulig skade (ubiquity)
- Den tidsmessige horisont for mulig skade (persistence)
- Muligheten for å tilbakestille situasjonen (reversibility)

- Forsinkelseeffekter
- Mobiliseringsmuligheter, brudd på individuelle, sosiale, kulturelle interesser og verdier som genererer sosiale konflikter og psykologiske reaksjoner

Usikkerheter knytte til mulige konsekvenser

- Graden av prediksjonsevne av konsekvenser
- Vanskeligheten med å etablere passende målestørrelser
- Hvem som opplever og vurderer risikoen

Som et eksempel, la oss se på risikovurderinger i forbindelse med vegtrafikk i en tunnel. Da vil det foreligge muligheter for store tap, mange omkomne og åpenbart også mobiliseringsmuligheter ved at en tunnelulykke vil kunne generere psykologiske reaksjoner og stor oppmerksomhet. Vurderingene av risikoen vil kunne være svært forskjellige, blant risikoanalytikere og bilister. Hvordan en skal tenke i forhold til hva som er akseptabel risiko i et tilfelle som dette, vil være annerledes enn i forhold til et tilfelle der det for eksempel ikke er mobiliseringsmuligheter og folk gjør de samme vurderinger av risikoen.

Opplevelsen av risikoen i forbindelse med en mulig ulykkessituasjon som høy/lav (for høy, uakseptabel, akseptabel) påvirkes av (Aven, 2003):

1. Ens egne sannsynlighetsvurderinger i forhold til relevante hendelser og størrelser.
2. Resultatene fra risikoanalysen som gir analysegruppens sannsynligheter i forhold til relevante hendelser og størrelser.
3. Faktorer som påvirker vår opplevelse av risiko (som omtalt ovenfor).

I mange tilfeller er det kanskje det tredje aspektet som er av størst betydning. Om analysen viser en liten risiko, hjelper det lite dersom en føler frykt.

Vi viser for øvrig til artikkelsamlingen (Okrent and Pidgeon, 1998) og referansene i denne.

3.3 Beslutningsstrategier for vurdering av akseptabel risiko

3.3.1 Generelt

Det er vanlig å definere akseptabel risiko som den risiko som aksepteres ved en beslutning, jfr. (ISO, 2002). Akseptabel risiko kan dermed sees på som et beslutningsproblem. Ofte deler en beslutningsprosessen om å finne et akseptabelt risikonivå i fem trinn, jfr. for eksempel (Fischhoff, m.fl., 1981; Aven, 2003; og Njå, m.fl., 2003):

1. Spesifisere målene for aktiviteten
2. Definere mulige valgalternativer, som også inkluderer "å gjøre ingenting".

3. Identifisere mulige konsekvenser av hvert alternativ, herunder risiko
4. Vurdere konsekvensene
5. Foreta et valg

Selv om en har gått gjennom en beslutningsprosess der målet er å finne en akseptabel løsning i forhold til risiko, vil det ofte kunne være slik at den valgte løsningen ikke er den med lavest risiko. Valget kan i en del tilfeller falle på aksept av høyere risiko dersom alternativet vurderes som best etter en samlet vurdering. Det finnes ikke en universell akseptabel løsning. Valget vil være avhengig av alternativene og vil bestemmes ut fra beslutningstakers verdier, holdninger og kunnskaper:

"Even in the same situation and at a single time, different people with different values, beliefs, objectives, or decision methods might disagree on which option is best. In short, the search for absolute acceptability is misguided." (Fischhoff, m.fl., 1981:3)

Å bestemme hvilket risikonivå som er akseptabelt er ikke et teknisk spørsmål, men et verdispørsmål, og følgelig vil det måtte omfatte både etiske og politiske overveielser. I et demokratisk samfunn vil en bred tilnærming til temaet således være nødvendig. Enighet mellom alle interessenter kan normalt ikke forventes. I vårt samfunn vil det være en konstant kamp mellom deltakende aktører for å sette sin oppfatning av risiko på den offentlige agendaen og overbevise andre om at en har rett (Krimsky og Golding, 1992).

Det er flere forhold som gjør det vanskelig å løse problemet med akseptabel risiko, jfr. (Fischhoff m.fl., 1981:9):

1. Vanskelighetene med å definere problemet og hensiktsmessige risikostørrelser

Hva er det som skal omfattes av risikoakseptvurderingene? Ved vurdering av risiko i forbindelse med for eksempel veitrafikken, er det ikke opplagt hva som skal inkluderes. For eksempel, skal en se på alle typer ulykker? Skal en ta med selvmordsulykker? I hvilken grad gir de risikostørrelser som en bruker, et godt bilde av risiko? I hvilken grad reflekterer risikostørrelsene de ønskede områder og tidsperioder?

2. Vanskelighetene med å vurdere de faktiske forhold.

Det er ikke alltid lett å skille mellom fakta og vurderinger. Er risikotallene historiske tall eller vurderinger av usikkerhet om framtiden? Hva er kunnskapen som ligger til grunn for vurderingene?

3. Vanskelighetene med å uttrykke hvilke verdier som skal legges til grunn.

Når en kjenner de mulige konsekvensene, må en vurdere verdien av disse. Det er ofte vanskelig. Hvordan skal en verdsette mulige skader på mennesker og miljø, i forhold til økonomi? Hva er effekten av tapt omdømme?

4. Vanskelighetene omkring den menneskelige faktor

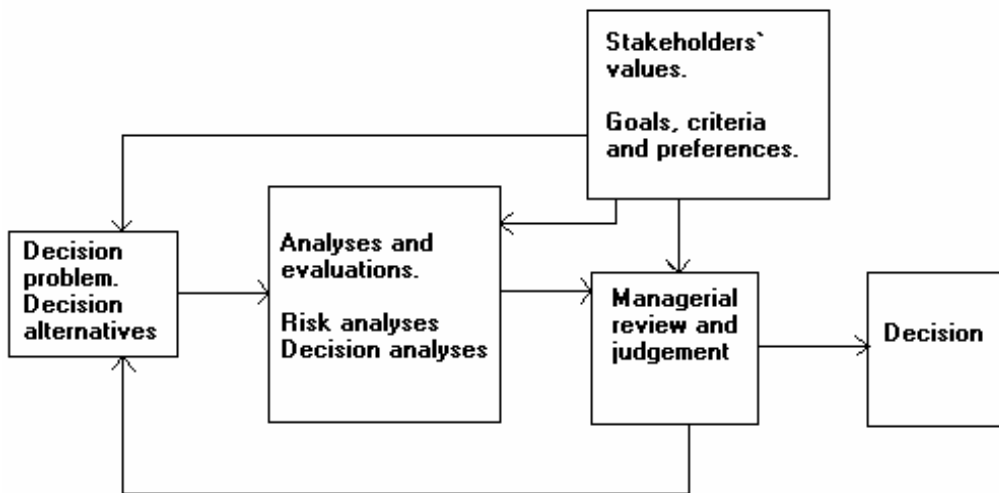
Spørsmålet om den menneskelige faktor handler blant annet om evnen mennesket har til å behandle den informasjonen en mottar. Forskning viser at denne evnen langt fra er

perfekt. Tendensen er at folk ser på seg selv som immune mot farer. De fleste tror, for eksempel, at de er bedre til å kjøre bil enn gjennomsnittet. Ut fra enkeltindividets perspektiv og erfaringer vil risikoen se liten ut, mens de historiske tall kan være mye større (Fischhof m.fl.,1981:30).

5. Vansker med å vurdere kvaliteten på beslutninger.

I beslutninger om akseptabel risiko, må en være i stand til å vurdere deres begrensninger. Fordi ”verden” ikke kan forutsies med sikkerhet, vil også erfaring og intuisjon være medvirkende faktorer i beslutningsgrunnlaget.

Aspektet 5 er viktig. Uansett hvilke metoder som brukes for å gi støtte i valg av beslutningsalternativ, vil det alltid være et behov for en gjennomgang og vurdering av disse. En mekanisk bruk av metoder for å gi beslutningene, vil frata beslutningstakerne deres ansvar. I praksis vil en ha en prosess som vist i figur 3.2, der dette elementet av gjennomgang og vurdering er eksplisitt vist mellom analysene og beslutningen.



Figur 3.2: Modell for beslutningstaking under usikkerhet (Aven, 2003; Aven og Kørte 2003)

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 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. Tilslutt må beslutningstakerne 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(ne) tar så en beslutning.

Bare i enkle tilfeller kan beslutning baseres på en mekanisk anvendelse av et kriterium. 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 er vurdert,
- hvilke godhetsmål er vurdert,
- det faktum at analysene representerer vurderinger, i stor grad utført av eksperter,
- vanskeligheter med å verdsette goder og ulemper, og
- 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 begrensinger i underlaget. Og, gjennomgangen og vurderingen innebærer at en ser underlaget i en større kontekst. Kanskje har analysene ikke tatt hensyn til hva ulike tiltak har å si for omdømme til bedriften, men det er åpenbart et forhold av avgjørende betydning. Gjennomgangen og vurderingen må således 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 i kraft av problemstillingen ikke slik at beslutningen gir seg selv. Beslutninger som omfatter stor risiko er alltid vanskelige. De omfatter vanskelige overveielser og avveininger i forhold til usikkerhet og verdier, og dette kan ikke delegeres vekk til de som lager underlaget – det er jo beslutningstakerens oppgave nettopp å foreta slike overveielser og avveininger – og ta en beslutning som balanserer de ulike goder og ulemper.

Analysene omfatter ulike former for analyser, herunder risikoanalyser og kost/nytteanalyser. Vi omtaler kost/nytteanalyser i kapittel 3.3.3.

Ofte vil det være tekniske eksperters beregninger som legges til grunn for vurderingen av hva som er sikkert nok. Også her ligger det til grunn analyser og vurderinger av ulike slag. Dette vil være tilfelle f.eks. ved bygging av en flyplass, veier, tunneler, broer og havneanlegg. I en profesjonell vurdering vil ikke bare eksisterende kunnskap trekkes inn, men en vil også skape ny kunnskap i form av nye alternative løsninger. På den annen side vil tradisjoner binde. En vil i mange sammenhenger bare ha vage forestillinger om alternative løsninger eller manglende kapasitet til å se mer enn den ene tradisjonelle løsningen.

Modellen i figur 3.2, fanger også opp de situasjoner der en ut fra en mer skjønnsmessig vurdering, søker å finne en balanse mellom oppnådde fordeler og ulemper, uten særlig grad av analyser som underlag.

Kost/nytteanalyser (og beslutningsteori) er et viktig redskap for å gi underlag ved beslutninger som angår akseptabel risiko. Andre hovedkategorier av tilnærminger som ofte omtales i litteraturen er (Fischhoff m.fl., 2000):

- Avdekte preferanser (revealed preferences)

- Uttrykte preferanser (expressed preferences).

Avdekte preferanser innebærer en sammenligning av ulike aktiviteter når det gjelder historisk ulykkesfrekvens, for eksempel målt ved antall drepte pr tidsenhet under eksponering, og et mål på nytte, for eksempel uttrykt gjennom pengebruk for de personer som inngår. For en ny type aktivitet, anslås nytten og en avleder et tilhørende risikonivå som angir hva som er akseptabelt. Ideen er at samfunnet gjennom ulike prosesser har kommet fram til en ”riktig” balanse mellom risiko og nytte og at de historiske sammenligninger derfor kan brukes som en basis for etablering av hva som er sikkert nok. Vi viser til (Fischhoff m.fl., 2000) for eksempler på slike sammenligninger og en diskusjon av problemer knyttet til bruken av denne formen for resonnement.

Vi vil legge til at denne type tenkning er interessant som en bakgrunn for å vurdere akseptabel risiko, men som for kost/nytte-analyser gir denne metoden bare et underlag for beslutning. En kan ikke bruke metoden på en mekanisk måte, for å fastsette hva som er akseptabelt risikonivå og hva slags beslutninger som bør tas.

Uttrykte preferanser er en metode som innebærer at en spør folk direkte om hva slags risiko de vurderer som akseptabel. Også dette er en metode som kan gi verdifull innsikt, men må brukes med forsiktighet – det er en rekke problemer knyttet til denne metoden, som det er for avdekte preferanser, jf. (Fischhoff m.fl., 2000).

De analysemetoder som er nevnt ovenfor har alle sine begrensninger. De sier noe om hvordan risiko kan beskrives og hvordan en skal forholde seg til risiko. Men som det fremgår av figur 3.1, det er behov for ”managerial review and judgment” som kan se utover de formaliserte analyser. Usikkerhetene kan være så store at en vil anvende et *føre-var-prinsipp*, for eksempel når beslutninger skal tas om bruk av ny teknologi, og det kan være behov for en *diskursiv tilnærming* der en gjennom diskusjoner og involvering, søker å skape felles forståelse for problemstilling og enighet. Vi viser til Klinke og Renn (2001) og Renn og Klinke (2002).

Hvordan og når de ulike strategier brukes vil avhenge av en rekke faktorer, som blant annet opplistet i forrige delkapittel under ”Konsekvenspotensiale” og ”Usikkerhet”, og som illustrert ved følgende eksempler:

1. Bygging av et større veianlegg. Her vil det være naturlig med en risikobasert tenkning, men også en diskursiv tilnærming i forhold til de som berøres av anlegget.
2. Bruk av ny teknologi. Vi har ikke erfaring fra bruken av teknologien og anvender et føre-var prinsipp fordi usikkerheten er stor med hensyn til hva teknologien vil føre til.

I de fleste tilfeller vil en gjøre bruk av risikobaserte analyser, for å gi underlag for beslutningene, jfr. figur 3.2. Ved vurderingene om valg av løsning og tiltak, vil ulike prinsipper måtte avveies, som for eksempel

- Likhetsprinsippet, at en søker et mest mulig likt personrisikonivå
- Risikokostnadseffektivitet, at en søker løsninger og tiltak slik at den samlede risikoreduksjon blir størst mulig

- Risikokompensasjon; at nytteverdien for individet bedømmes som lik eller større enn risikoen. Dette kan for eksempel oppnås ved økonomisk kompensasjon, risikotillegg, osv.
- Pareto: ingen skal komme dårligere ut etter at tiltaket er gjennomført. Prinsippet handler om at tiltak som bedrer situasjonen for noen skal gjennomføres, så sant det ikke forverrer noen andres situasjon.

Vi viser til Jones-Lee (1989).

Det er også i litteraturen brukt en rekke andre ”kriterier” for vurdering av hva som er sikkert nok, for eksempel:

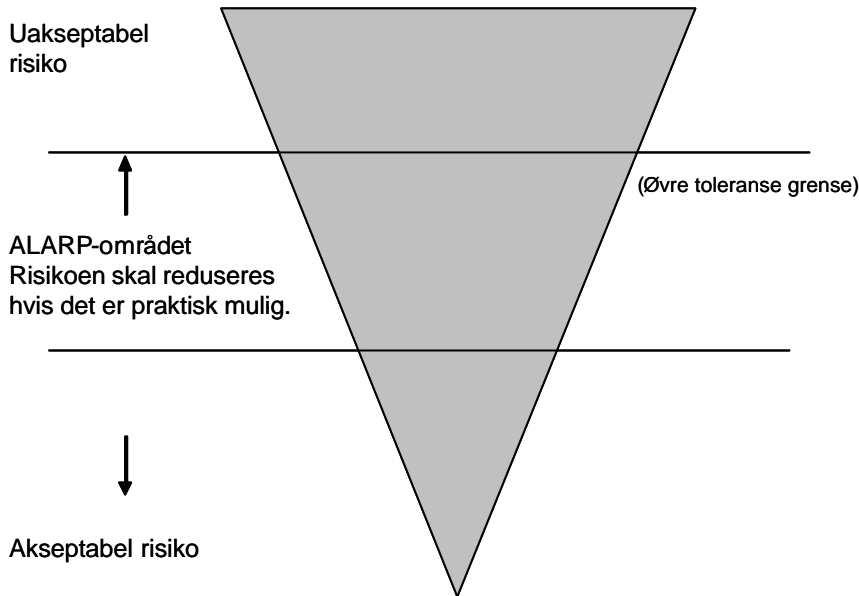
- Rimelighet
- Driftserfaring har vist at ulykker ikke skjer
- Etablert standard innen fagområdet, ”best available technology”
- Grad av nødvendighet (ingen ytterligere risiko aksepteres uten at det er godtgjort at sikkerheten opprettholdes)

Disse ”kriteriene” er mer eller mindre egnet i bruk, og vi viser til diskusjonen i (Lowrance, 1976).

3.3.2 ALARP prinsippet

ALARP står for As Low As Reasonably Practicable, og innebærer at risikoen skal reduseres så langt praktisk mulig. Det betyr at en må vurdere kostnader i forhold til nytte av tiltaket. ALARP anvendes ofte i forhold til en risikomatrix og F-N-diagram som vist i figurene 3.4 og 3.5.

ALARP-prinsippet er en risikobasert tenkning. Figur 3.3 oppsummerer ALARP-tilnærmingen til risikostyring. Det finnes en øvre toleransegrense for hvilken risiko som er akseptabel. Risiko som befinner seg over denne grensen, som vist i figur 3.3, er uakseptabel. Det betyr at aktiviteten ikke kan gjennomføres, hvis ikke risikoreducerende tiltak iverksettes og reduserer risikoen, til et nivå under toleransegrensen. Under den nedre grensen, er risikoen neglisjerbar. En trenger ikke bruke ressurser på risikoreducerende tiltak, for aktiviteter med et så lavt risikonivå.

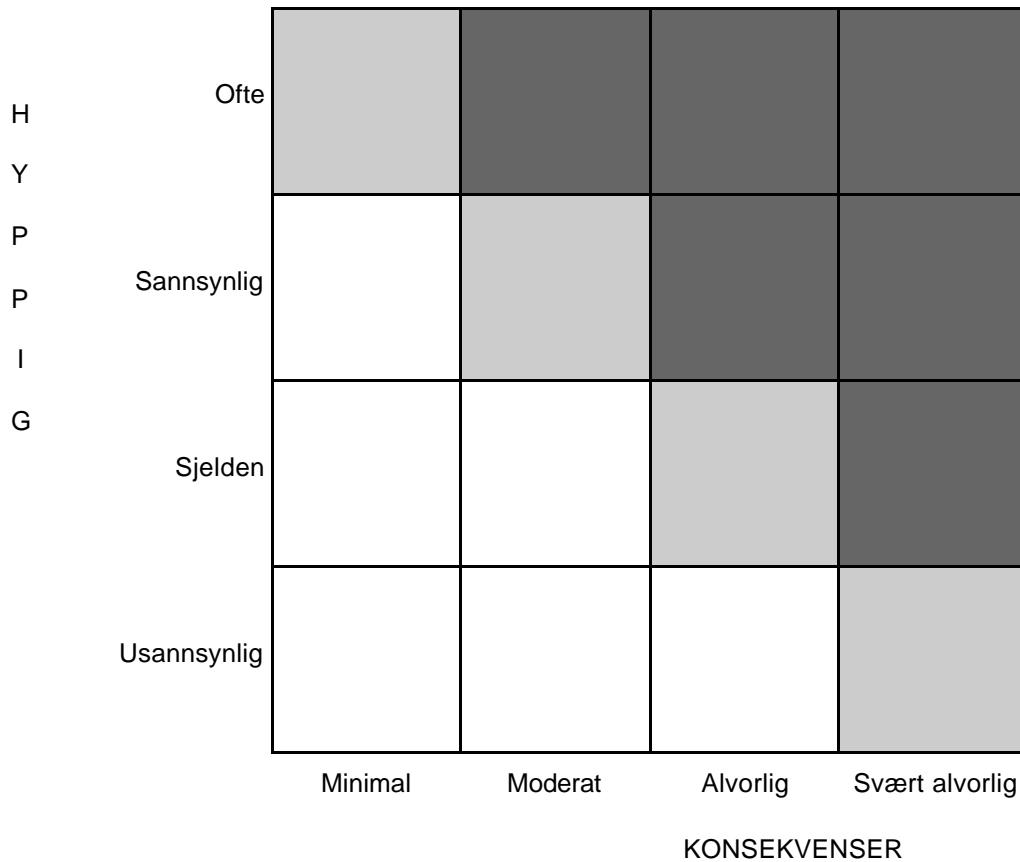


Figur 3.3: Risikonivå og ALARP




Det området som er av størst interesse, befinner seg mellom den øvre og den nedre grensen i figuren. Innefor disse grensene er ALARP-området. Der er risikonivået akseptabelt, men risikoen skal reduseres så langt det er praktisk mulig. Hva innebærer så det? For å redusere risikoen, må virksomheten foreslå risikoreduserende tiltak. Tiltakene vurderes opp mot hverandre. Det gjøres beregninger for hvordan tiltaket innvirker på risikoreduksjonen og sammenligner det med kostnaden tiltaket medfører. Den mest vanlige metoden er å anvende kost-nytte evalueringer, se kapittel 3.3.3, som grunnlag for beslutningen om å implementere et spesielt risikoreduserende tiltak eller ikke. Hovedpoenget er å bruke ressursene kostnadseffektivt, og få mest mulig risikoreduksjon for pengene.

ALARP-prinsippet bygger normalt på en kombinasjon av forventet nyttemaksimering (med bruk av kost/nytte-analyser) og Pareto-optimalisering (tiltak som bedrer situasjonen for noen, skal gjennomføres, så sant det ikke forverrer noen andres situasjon). Målet er å maksimere den forventede nytten av en investering, uten å utsette noen for en økt risiko.

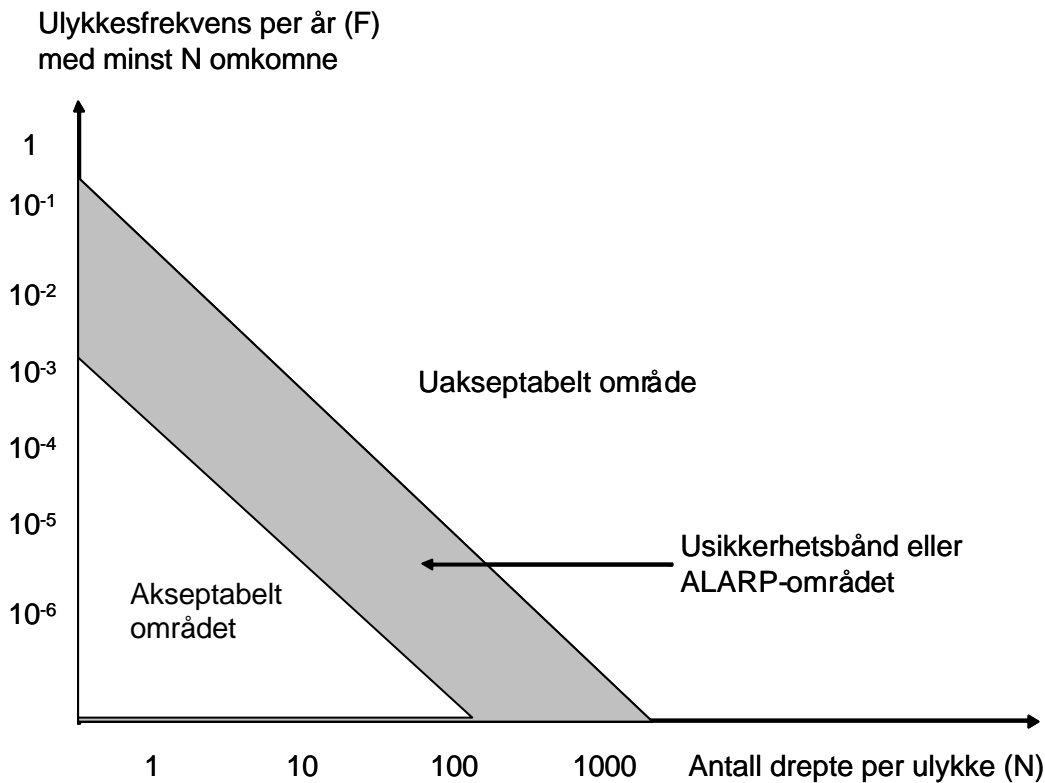
ALARP-prinsippet er diskutert av blant annet Aven (2003), Bedford, m.fl. (1999), Bedford og Cooke (2000), French, m.fl. (2002), Marszal (2001), Melchers (2001) og Pape (1997).



Matrisen deles opp i ulike områder som representerer:

-  = En uakseptabel risiko som må elimineres ved hjelp av risikoreduserende tiltak.
-  = En risiko som ikke er til hinder for at virksomheten kan påbegynnes eller systemet tas i bruk, men hvor det er nødvendig å se nærmere på muligheter for risikoreduserende tiltak, eventuelt foreta en mer detaljert analyse (ALARP-området). Der hvor forholdene ligger til rette (økonomi, teknologi, organisasjon) gjennomføres risikoreduserende tiltak.
-  = En akseptabel risiko

Figur 3.4. Risikomatrix for beskrivelse av risiko, med ALARP-område anvist.



Figur 3.5: Akseptkriterium uttrykt ved F-N kurve (Frequency – Number of fatalities)

3.3.3 Kost/nytte-analyse

En kost/nytte-analyse er et systematisk forsøk på å måle og veie sammen alle gevinster og kostnader ved et tiltak, med henblikk på om tiltaket bør gjennomføres eller ikke. De ulike kostnads- og nytteelementene for et tiltak oppstår sjelden på samme tidspunkt. En har derfor behov for en metode som gjør det mulig å sammenlikne ulike tiltak med hverandre. En metode som brukes ofte er den såkalte nåverdimetoden. Nåverdien, NV, kan skrives som:

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

hvor a_t er kontantstrømmen ved tid t , i er diskonteringsrenten og n er tidsperioden (antall år) som betraktes. Diskonteringsrenten skal reflektere hva det koster å binde kapitalen i langsiktige prosjekter. Her er a_t den pengestrømmen som for eksempel et prosjekt genererer av inn- og utbetalinger (inntekter og kostnader) over en bestemt tidsperiode; for eksempel ett år.

Ved bruk av nåverdi kan en få et bedre underlag for å ta en beslutning om fremtiden. Fremtiden er usikker og det benyttes ulike strategier for å ta hensyn til denne usikkerheten når en gjør bruk av nåverdi. Nedenunder presenteres to ulike strategier:

Strategi 1:

I strategi 1 beregnes forventet nåverdi $E[NV]$. Verdien som benyttes for kontantstrømmen er dens forventningsverdi $E[a_t]$. Diskonteringsrenten for usikre prosjekter tar utgangspunkt i en risikofri diskonteringsrente og et risikotillegg. Diskonteringsrenten er da det vi kaller for risikojustert.

Strategi 2:

Uttrykker usikkerhet relatert til kontantstrømmen og gjør bruk av en risikofri diskonteringsrente.

Strategi 1 er den strategien som omtales i de fleste lærebøker i økonomi. Metodikken tar hensyn til usikkerhet i den forstand at diskonteringsrenten er justert på grunn av usikkerheten. Ved økt usikkerhet øker risikotillegget i diskonteringsrenten, noe som medfører lavere nåverdi. Vi kan også håndtere usikkerheten ved å justere kontantstrømmen samtidig som vi benytter en risikofri diskonteringsrente. Problemet med strategi 1 er at usikkerheten kun gjenspeiles i en risikojustert diskonteringsrente. Usikkerheten i nåverdien vises ikke.

Ved bruk av strategi 2 er diskonteringsrenten fastsatt. I de aller fleste tilfellene vil kontantstrømmen være usikker, og denne usikkerheten får en i denne strategien fram ved å uttrykke aktuelle verdier på kontantstrømmen ved tid t og deretter sette opp en usikkerhetsfordeling knyttet til disse verdiene. Vi vil på denne måten uttrykke den usikkerheten som er til stede med hensyn til kontantstrømmen. Ved hjelp av Monte Carlo simulering vil vi på denne måten få fram usikkerheten som ligger i prosjektet ved at vi får ulike nåverdier med tilhørende sannsynligheter.

En mulig strategi som kan benyttes når en skal gjennomføre kost/nytte-analyser er å gjøre bruk av både strategi 1 og strategi 2. Strategi 1 er et beslutningskriterium, mens strategi 2 gir et beslutningsunderlag. Strategi 2 kan også benyttes ved å justere diskonteringsrenten for å få et enda bedre beslutningsunderlag.

La oss så gå tilbake til utgangspunktet, vi skal ta en beslutning som innbefatter usikkerhet, se figur 3.2. Vi gjennomfører en risikoanalyse. Denne analysen gir underlag for beslutninger. Men denne analysen må imidlertid sees i et større perspektiv som omfatter vurderinger av ulike goder og ulemper ved de alternative løsninger og tiltak. Her kan brukes ulike tilnærminger og metoder. En tilnærming er å liste opp alle viktige goder og ulemper, noen med prediksjoner og usikkerhetsvurderinger, som for eksempel investeringskostnader, andre med mer kvalitative vurderinger, som for eksempel betydning for omdømme. En annen tilnærming vil være å beregne indekser (kostnadseffektivitetsindekser) som for eksempel forventet kostnad per forventet spart liv, eller forventet diskontert kostnad, der en har transformert goder og ulemper til penger. Dette innebærer at en har gitt en kroneverdi for et statistisk liv. Denne sistnevnte type tilnærming omtales som en kost/nytte-analyse. I litteraturen er ofte kost/nytte-analysen knyttet opp til en tenkning som en finner i det tradisjonelle synet på risiko, en søker etter objektive, de korrekte, forventingsverdier for eksempel verdien av et statistisk liv. En slik tankegang oppfatter vi som lite hensiktsmessig. Det er ikke mulig å fastsette riktige verdier på noe som angir vurderinger av goder og ulemper. Det vil i et samfunn alltid være ulike oppfatninger hvordan en skal foreta slike vurderinger.

Hvor mye skal en vektlegge mulige tap av liv og miljøskader i forhold til økonomiske tap? Og, er det opplagt at en skal neddiskontere verdier av statistiske liv – resultatet er at ubetydelig vekt legges på konsekvenser som påvirker kommende generasjoner. Er det opplagt at en skal bruke forventingsverdier for å vekte betydningen av ulykkeshendelser slik en gjør i kost/nytte-analysen? Er det ikke forskjell på en ulykke med hundre drepte og 100 ulykker med 1 drept? Vår holdning er at kost/nytte-analysen må brukes med varsomhet, for å gi beslutningsunderlag. Ulike verdier på et statistisk liv kan settes for å få innsikt, for å få underlag for beslutninger, men det finnes ikke en verdi som er korrekt. Analysen og dens forutsetninger må vurderes før en beslutning tas, vi kan ikke la vanskelige etiske og politiske overveielser bli erstattet av en mekanisk en-dimensjonal matematisk formel.

En kost/nytte-analyse krever spesifisering av verdien på et statistisk liv – ikke verdien av et liv. Og det er ikke det samme. Et liv har i prinsippet en uendelig verdi - det er intet beløp som en person vil finne tilstrekkelig for å kompensere tapet av sin sønn eller datter, og samfunnet (eller et selskap) kan ikke under normale forhold akseptere et tap av et liv med sikkerhet for å oppnå en viss økonomisk gevinst. På den annen side, verdien av et statistisk liv har en endelig verdi, som reflekterer at beslutninger må tas som balanserer goder og ulemper (risiko for tap av liv). Verdien av et statistisk liv er et beslutningsverktøy. I dag skal vi ta en beslutning som angår fremtiden – ved da å tilordne en verdi for et statistisk liv, er det mulig å få en passende balanse mellom goder og ulemper. Når fremtiden er her, vil fokus være på verdien av et liv og ikke verdien av et statistisk liv. For eksempel, hvis en person blir syk, vil ikke pengene som brukes for å hjelpe denne personen bestemmes med utgangspunkt i verdien av et statistisk liv, men verdien av et liv. For denne personen og hans nærmeste familie, er verdien uendelig, men for andre vil den selvsagt være begrenset. Det vi refererer til her er verdien av tap som vi er villige til å akseptere (willingness to accept) gitt at godet er tilstede. Hva vi er villig til å betale for å oppnå et gode (willingness to pay) er noe helt annet. Hvor mye bør samfunnet være villig til å betale for å redde et (statistisk) liv? I en kost/nytte-analyse er fokus vanligvis på villighet til å betale framfor villighet til å akseptere. Dette er imidlertid ikke et opplagt valg i og med at det innebærer et standpunkt med hensyn til hva som er startpunktet. For eksempel, har offentligheten rett på et forurensningsfritt miljø eller har industrien rett til å forårsake en viss risiko. I det førstnevnte tilfellet bør offentligheten bli kompensert (ved å bruke villighet til å akseptere verdier) av et selskap som ønsker å generere risiko. I det sistnevnte tilfellet bør offentligheten kompensere (ved å bruke villighet til å betale verdier) et selskap som holder sitt risikonivå under den maksimale grense.

Kost/nytte-analyser (og kosteffektivitetsanalyser) diskuteres blant annet i (Njå m.fl., 2003; Aven, 2003; Aven og Kørte, 2003; Bedford and Cooke, 2000; Elvik, m.fl., 1997; Fischhoff m.fl., 2000; og NOU, 1998).

Kost/nytte-analyser blandes ofte sammen med forventet nytte-teori. Det er prinsipielle forskjeller, idemessig og beregningsmessig. Teoretisk kan det vises at forventet nytteteori gir en optimal beslutning i forhold til de preferanser en formulerer, og dette paradigmet har hatt og har stor innflytelse på økonomisk og beslutningsorientert litteratur. I praktisk bruk er det imidlertid en rekke problemer knyttet til gjennomføringen av denne tenkningen, og en anvender som regel i stedet ulike former

for kost/nytte-analyser (og kosteffektivitetsanalyser). Vi viser til (Aven og Kørte, 2003), se også (Bedford, m.fl., 1999; Bedford and Cooke, 2000; og French, m.fl., 2002). Som nevnt ovenfor har det tradisjonelt vært en søken mot å finne fram til objektive kostnader og vektorer til bruk i en kost/nytte-analyse. Forventet nytte-teori er imidlertid basert på et rendyrket subjektivistisk utgangspunkt - gjennom analysen skal en uttrykke ens subjektive vurdering av nytten for mulige utfall og konsekvenser. Denne teorien koples dessverre ofte sammen med en filosofi for fordeling av ressurser og etikk, "utilitarianism", som sier at en skal "forsøke å gi mest lykke til flest mulig". Vi viser til Kørte (2003).

3.4 Risikoakseptkriterier

I dette delkapitlet ser vi på hva som er vanlig form på risikoakseptkriteriene. Referanse er Njå m.fl. (2003). Andre arbeider knyttet til dette temaet er (Hokstad m.fl., 2003; Lind, 2002; NORSOK, 2001; Stallen m.fl., 1996; og Vrijling m.fl., 1998).

Risikoakseptkriterier er kriterier som benyttes for å uttrykke et akseptabelt og et uakseptabelt risikonivå. Et eksempel på et akseptkriterium er: Den individuelle sannsynlighet for personer knyttet til en viss populasjon, for å omkomme i en ulykke i løpet av ett år skal ikke overstige $10^{-3} = 0.1\%$. Akseptkriteriene utgjør en referanse ved vurdering av valg av løsning og behovet for risikoreduserende tiltak.

En kan selvfølgelig definere risikoakseptkriterier uavhengig av risikoanalysene, men i praksis må en ha en målemetode som gjør at en kan se om kriteriene er møtt eller ikke. Og risikoanalysene er målemetoden som brukes, i tillegg til ulykkesstatistikk, der det er tilgjengelig.

Risikoanalyser utføres på ulike nivåer og i ulike faser av en aktivitet, jfr. vedlegg A Risikoanalyser gjennomføres for spesifikke problemstillinger og av større systemer, som for eksempel et større veganlegg eller en avansert skipskonstruksjon. Tilsvarende etableres ulike typer og nivåer risikoakseptkriterier. Akseptkriteriene må uttrykkes på samme måte som risikoen uttrykkes i de tilhørende risikoanalysene.

Måten en uttrykker risiko og formulerer akseptkriteriene vil variere ut fra hvilket behov en har for beslutningsstøtte. I mange tilfeller brukes kvalitative uttrykk. I andre tilfeller brukes mer presise kvantitative formuleringer. De kvalitative formuleringene brukes i forbindelse med risikoanalyser som for eksempel Grovanalyse (Preliminary Hazard Analysis), Hazard and Operability Analysis (HAZOP) og Feilmodi- og feileffektanalyse (FMEA). I slike analyser vurderes analyseobjektet uten å foreta tallfesting av risiko. Metodikken som brukes i disse analysene er relativt enkel, og analysene krever nærmest ingen spesialkompetanse innenfor risikoanalyse. Metodene krever imidlertid et bredt spekter av disiplin kompetanse. De kvalitative analyser omfatter årsak til og virkninger av en enkelthendelse, samt tiltak for å hindre at enkelthendelser oppstår og/eller virkningene av disse er eskalerende, dvs. initierer en hendelseskjede som kan føre til en storulykke eller katastrofe. Kvalitative risikoanalyser gir god forståelse av hvordan enkeltkomponenter og systemer fungerer. For kvalitative analyser formuleres relativt sjelden eksplisitte risikoakseptkriterier. En løsning anses som akseptabel dersom for eksempel dette er den overveiende oppfatningen til en eller flere personer som

representerer de nødvendige fagområder og som har den nødvendige kunnskap og erfaring til å foreta en velbegrunnet vurdering. I mange tilfeller brukes enkle *sammenligningskriterier*. Denne typen kriterier benyttes i begrensede analyser som primært har til hensikt å sammenligne løsninger på en konkret problemstilling med etablert eller akseptert praksis. Aksept oppnås dersom risikoen for den aktuelle løsning ikke vurderes å være høyere enn for etablert eller akseptert praksis.

Som eksempler kan nevnes risikoanalyser av risikofylte enkeltoperasjoner, som transport av store innretninger, tunge løft, osv. Disse risikoanalysene har som regel en kvalitativ karakter og vurderingene av hva som er akseptabel risiko gjøres av relevant personell, herunder personer med tilstrekkelig faglig og praktisk kompetanse og de som er ansvarlige for operasjonen. Utgangspunktet er praksis og tradisjoner innenfor sammenlignbar aktivitet. Et annet eksempel hvor en tar utgangspunkt i etablert, anerkjent standard, er ved innføring av ny teknologi. Den nye teknologien aksepteres dersom risikoanalysen uttrykker at risikobidrag og upålitelighet ikke øker i forhold til referanseløsningen (etablert, anerkjent standard).

Dersom risikoanalysen har et detaljnivå som kategoriserer sannsynlighet og konsekvens, utformes akseptkriteriet ofte med utgangspunkt i en *risikomatrix*, se figur 3.4. Akseptkriteriene settes ved å bestemme hvilke deler av risikomatriksen som skal representere en uakseptabel risiko.

Risikoakseptkriterier knyttet til overordnede, kvantitative risikoanalyser, som for eksempel konseptrisikoanalysen og totalrisikoanalysen, se vedlegg A, er den typen risikoakseptkriterier som brukes mest. De overordnede risikoakseptkriteriene utformes vanligvis på en slik måte at det er mulig å anvende disse på ulike typer aktiviteter, og sikre en konsistent bruk av akseptkriterier for den enkelte virksomhet.

3.4.1 Individuell risiko

Motivasjonen for kriterier knyttet til individuell risiko er åpenbar: for den enkelte person er det faren for å bli drept eller skadet som er av interesse.

I en bedriftssammenheng skilles det ofte mellom personer på bedriftens egne anlegg (ofte omtalt som *1. person*) og personer utenfor bedriften som kan bli påvirket av dens aktiviteter (ofte betegnet som *3. person*). Ofte knyttes kriteriene til forskjellige grupper av personell, som for eksempel personer som arbeider i utsatt område. Den individuelle risikoen uttrykkes vanligvis ved sannsynligheten for å bli drept/skadet som et resultat av en ulykkeshendelse i en gitt tidsperiode, og som FAR-verdier.

Eksempler på risikoakseptkriterier for individuell risiko;

1. person

- a. Den individuelle sannsynlighet for å omkomme i en ulykke i løpet av ett år skal ikke overstige $10^{-3} = 0.1\%$
- b. FAR for personell innen gruppen A, skal ikke overstige 20

3. person

- A. For 3. person skal den individuelle sannsynlighet for å omkomme i en ulykke i løpet av ett år ikke overstige $10^{-4} = 0.01\%$
- B. For 3. person skal den individuelle sannsynlighet for å omkomme i en ulykke i løpet av ett år ikke overstige $10^{-5} = 0.001\%$, basert på et gjennomsnitt i den mest utsatte gruppen.

Risikoakseptkriterier knyttet til utsatte grupper vil kunne bli styrende for hvordan arbeidsoppgaver blir fordelt. Slike kriterier kan også bidra til risikoreduserende innsats på spesielt risikoeksponerte områder, eller for spesielt risikoeksponert personell.

Det er også vanlig å definere akseptkriterier (ofte uttrykt som kortsiktige mål) knyttet til risikoen for skader. Basis for slike kriterier er erfaring fra den enkelte aktivitet. Typisk vil et slikt akseptkriterium ta utgangspunkt i et krav eller ønske om å redusere skadefrekvensen med en viss prosent i forhold til tidligere oppnådde resultater. For å styre risikoen knyttet til skader brukes det også sammenligningskriterier og forskjellige former for risikomatriser.

3.4.2 Risiko knyttet til storulykker

Motivasjonen for kriterier knyttet til risikoen for storulykker er den store belastning slike ulykker vil ha for samfunnet, industriegrenen, bedriften eller transportsektoren. Risikoen uttrykkes på forskjellig måter. For å beskrive grupperisiko eller samfunnsrisiko brukes vanligvis F-N-kurver som f.eks. vist i figur 3.5. Det blir også brukt "PLL verdier kriterier" knyttet til tap av sikkerhetsfunksjoner, jfr. vedlegg A. Å sette grenser for risikoen knyttet til sikkerhetsfunksjoner er et praktisk redskap for å styre risikoen for eskalering av ulykkeshendelsen. Slike kriterier gir direkte krav og innspill i konstruksjonsprosessen i form av ulykkesbelastninger og krav til ulike sikkerhetsbarrierer, og er således å oppfatte som dimensjoneringskriterier. Et eksempel på et risikoakseptkriterium knyttet til sikkerhetsfunksjoner er:

"Frekvensen av ulykkeshendelser som fører til eskalering, skal ikke overstige 10^{-4} pr. år".

3.4.3 Risiko for tap av materiell og økonomiske verdier

Bruken av risikoakseptkriterier relatert til økonomisk tap er blitt foreslått, slik som «sannsynligheten for at det skal oppstå en ulykkeshendelse som fører til et økonomisk tap på minst x NOK skal ikke overstige y». Slike kriterier er vanskelig å begrunne. Vi vil hevde at bruk av slike kriterier ikke er konsistent med overordnede lønnsomhetsmålsettinger. Dersom slike kriterier brukes vil de kunne begrense kreativiteten og føre til at unødvendig kostbare løsninger velges.

3.4.4 Samfunnsrisiko (societal risk)

Samfunnsrisiko defineres ofte som ved kombinasjonen av frekvens (sannsynlighet) og antall personer som utsettes for eksponering av en mulig fare i en gitt populasjon. Det er vanlig å bruke F-N-diagram for å framstille denne risikoen. Ulike metoder er brukt for å

etablere risikoakseptkriterier for denne form for risiko. Utgangspunktet er avdekte preferanser (jf. omtale i delkapittel 3.3.1), dvs. en tar utgangspunkt i historiske ulykkestall for sammenlignbare aktiviteter. Parallelt med akseptkriteriene vektlegges også økonomisk optimalisering (som kost/nytte-analyser og kosteffektivitetsanalyser) - vi viser til Lind (2002), Stallen (1996) og Vrijling m.fl. (1998), for mer detaljerte beskrivelser.

3.4.5 Fastsettelse av nivå på risikoakseptkriteriene

For å fastsette “riktig” nivå på akseptkriteriene vil en ta utgangspunkt i historiske tall, resultater fra risikoanalyser, sammenligning med tilsvarende virksomhet (“benchmarking”), og andre forhold (som ønske om å oppnå godt omdømme, økte markedsandeler, bedre forhold til myndigheter, osv.).

Akseptkriterier brukes vanligvis bare i situasjoner der en har betydelig erfaring med bruk av risikoanalyser. Dermed har en et utgangspunkt for å sette nivået på kriteriet, i og med at en har fått et inntrykk av hva som er typiske risikoverdier.

Ved fastsettelsen av nivå må en finne fram til en balanse mellom ønsket om å få til forbedringer (ambisjonsnivå) og de muligheter som finnes for å tilfredsstille kriteriene (realisme). Realisme sikres ved blant annet ved å ta utgangspunkt i målte eller beregnede verdier i sammenlignbar virksomhet. Dersom ønsket er å oppnå en kontinuerlig forbedringsprosess må en ikke se på kriteriene som faste, men *dynamiske*, i den forstand at de endres i lys av ny erfaring, ny kunnskap, eventuelle endringer i virksomheten og når den teknologiske utviklingen tilsier dette.

3.5 Diskusjon

Kriterier i form av grenseverdier, enten det gjelder risikoakseptkriterier eller grenser for observerte ulykkes- og skadetall, er satt for å sikre at en unngår ”det verste”, men gir samtidig aksept til ”en smule”, for å bruke en språkbruk i samsvar med Beck (1986). Grenseverdiene muliggjør en permanent dose normaleksposering.

Risikoakseptkriterier brukes i stor grad i forbindelse med større kvantitative risikoanalyser. Kriteriene gir en referanse for hva som er akseptabelt og ikke akseptabelt risikonivå, og dermed et underlag for beslutninger om valg av løsninger og tiltak. Kriteriene brukes der en har en rimelig stor erfaring med tilsvarende analyser. For situasjoner som er mer unike, vil bruk av risikoakseptkriterier være mer problematisk. Det å angi et akseptabelt nivå uten å ha et bilde av typiske risikoverdier for aktiviteten, gir liten mening og bør følges unngås.

Risikoanalyser gjøres primært i planleggingsfaser, og risikoakseptkriteriene er således knyttet til disse faser. Hvilken betydning har så disse analyser og kriterier når vi kommer til selve driften. Noen er av den oppfatning at analysene og kriteriene fra disse faser skal følges opp, i den forstand at en jevnlig gjør oppdateringer av risikoanalysene og hele tiden ”overvåker” forutsetningene som analysene bygger på. Poenget her er å sikre at en holder seg innenfor akseptkriteriet. Denne form for oppdatering fungerer ikke alltid så bra i praksis. Det er ofte gjort betydelige endringer i systemet fra det som

lå til grunn i planleggingsfasene. Dermed blir analysene fra planleggingsfasene lite relevante for driftsfasen. Det blir et ønske om å gjennomføre en helt ny risikoanalyse. Men hva skal en oppnå med en slik analyse? Hvilke beslutninger er det som analysen og tilhørende kriterier kan gi støtte i forhold til? Jo, sier mange - om en framdeles ligger innenfor akseptkriteriene. En ny total risikoanalyse med en slik fokus vil imidlertid være vanskelig å rettferdiggjøre. Analysen vil lett bli en ren talleksersis som sier at en tilfredsstillende akseptkriteriene, og skulle en ikke oppnå aksept, er det jo operasjonelle og organisatoriske forhold som må påvirkes, og slike forhold reflekteres dårlig i mange av de analyser som i dag utføres. Med andre ord, analysen gir ikke en tilstrekkelig god beslutningsstøtte. Denne diskusjonen viser behovet for en gjennomtenkning av bruken av risikoanalyser og risikoakseptkriterier generelt, og spesielt i forhold til driftsfasen. Her er det behov for forskning slik at en får etablert mer hensiktsmessige metoder.

Tilsvarende kan en argumentere i forhold til visse former for ytelsesanalyser og –krav, for eksempel knyttet til påliteligheten av et sikkerhetssystem. Ytelseskrav kan imidlertid også relateres til observasjoner i driftsfasen. Og det er slike størrelser som må fokuseres i denne fasen. For eksempel, hvor mange lekkasjer inntreffer, hvor lang tid det tar før redningsmannskaper er på plass dersom en hendelse skulle inntreffe, hvor stor andel av funksjonstestene for et sikkerhetssystem gir tilfredsstillende resultat, osv.

For personer som ikke er eksperter innen risikoanalyse, og det er jo de fleste, virker bruken av risikoakseptkriterier ryddig og tillitsvekkende. En etablerer gitte kriterier og en trekker konklusjoner i forhold til om en finner risikoverdier 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 en skal beslutte om tiltak er nødvendig og eventuelt omfanget av slike tiltak, kan en ikke bare ta hensyn til det beregnede risikonivået, en bør også trekke inn aspekter som går på hva som er praktisk mulig å få til, hva tiltakene vil koste, hvordan risikoen oppleves, osv. Det må være etter en samlet vurdering av alle disse aspektene at en kan beslutte hva som bør gjøres. I tillegg kommer at bruk av akseptkriterier 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. Dessuten kan en stille spørsmål om bruken av risikoakseptkriterier, i en situasjon der en ikke har utført en analyse av systemet før, forutsetter at risikoanalysen har et betydelig høyere presisjonsnivå enn det den faktisk har. Det vil være en viss vilkårlighet i fastsettelsen av risikoakseptkriteriet.

Konklusjonen blir derfor at en ikke nødvendigvis fastsetter risikoakseptkriterier i forkant av analysen. Det risikobildet som etableres i analysen skal vurderes i lys av sammenlignbare aktiviteter, og alle forhold som anses viktige belyses for å gi et best mulig underlag for beslutningene om hvilke tiltak som skal iverksettes.

Omtalen ovenfor er gjort mest mulig generell, slik at den er relevant for både det tradisjonelle perspektivet for risiko og det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet. For det tradisjonelle synet, er det underforstått at alle sammenligninger i forhold til akseptkriteriene må gjøres i forhold til estimater av risiko. Usikkerheten i disse blir ikke tatt hensyn til. For det alternative perspektivet, må en se akseptkriterier

som en referanseverdi, i den forstand at en uttrykker at risikoen er for høy dersom ens risikovurdering gir en verdi som overskrider kriteriet.

Vurderinger av risikoaksept og risikoakseptkriterier må også sees i forhold til krav til ytelse av beredskapen (barrierer). Vi viser til diskusjonen i vedlegg A.3.

Det er i dag en utstrakt bruk av risikoakseptkriterier i oljevirkosomheten i Norge. Men bruken diskuteres. Og i Norges forskningsråds forskningsprogram "HMS petroleum Beslutningsstøtteverktøy", er dette temaet viet betydelig oppmerksomhet. Det er ikke trukket endelige konklusjoner, men vi oppfatter at det er en økende tendens til skepsis til bruk av risikoakseptkriterier, selv om regelverket sier klart at slike kriterier skal etableres. I Storbritannia brukes ALARP-prinsippet, med følgelig mindre vekt på risikoakseptkriterier.

I vedlegg B siterer vi litt fra dette arbeidet (Hokstad m.fl., 2003), for å synliggjøre noe av den tenkning som foregår. Teksten må oppfattes som et innspill i en diskusjon. Diskusjonen er relevant også utover offshorenæringen. Utgangspunktet for diskusjonen, er et ønske om å opprettholde bruken av risikoakseptkriterier, i en eller annen form, i tråd med dagens regelverk innen denne næringen. Den videre forskningen innen dette feltet vil også se på løsninger som frigjør seg fra dagens regelverk, og se på tilnærminger der en ikke bruker risikoakseptkriterier på den form som en gjør i dag. En slik forskning er også aktuell innenfor RISIT programmet. Det vil åpenbart være nødvendig å vinkle forskningen konkret til den aktuelle anvendelsen, dvs. transportsektoren. Vi viser til diskusjonen i kapittel 5.

4 Status for de ulike transportgrener

Dette kapitlet inneholder en kort presentasjon av de ulike transportgrenene, og de enkelte grenenes styrende organer og dokumentasjon. Det pågår, og har pågått siden 1994, en rekke forskningsprogrammer i EU innenfor sikkerhet i transportsektoren². Vi presenterer noen av disse programmene, hvor koplingen til akseptabel risiko og risikoakseptkriterier fremheves. I EU-programmene er det først og fremst innenfor sjøfart og luftfart at risikobasert styring har vært et sentralt forskningstema. Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) gjennomfører for tiden en studie om sårbarhet innenfor transportsektoren³, hvor FFI studerer alle transportgrenene. Foreløpig har prosjektet kun gitt ut systembeskrivelser (Rutledal, 2002; Rodal, G. H., 2002; Rodal, S. K., 2002a; Rodal, S. K., 2002b). Delkapitlene under gir en kort introduksjon om transportsystemet, trender i regelverket med hensyn til risikobasert tenkning, forskningslitteratur på området og en avsluttende diskusjon.

4.1 Vei

Begrepet veg omfatter foruten selve kjørebanelen også vegens sideområde, skilting, oppmerking med mer. Det offentlige veinettet er omfattende, og har totalt en lengde på ca. 90.000 km⁴. Grovt regnet er dette fordelt på en tredjedel riksveger, en tredjedel fylkesveier og en tredjedel kommunale veger. I tillegg finnes private veger og skogsbilveier stipulert til ca. 30.000 km. I riksvegnettet er ca. 7.200 km (en fjerdedel av det samlede riksvegnettet) definert som stamveger, med høyere krav til standard enn det øvrige riksvegnettet. Omlag 40 % av det totale vegtrafikkarbeidet målt i kjøretøy-kilometer avvikles på stamvegene.

Riksvegnettet, inkludert stamvegnettet, knyttes sammen med både tunneler, bruer og ferjer. Riksvegnettet har litt over 100 riksvegferjesamband (ca. 150 ferjer). Vegnettet driftes av Statens Vegvesen som er en forvaltningsbedrift underlagt Samferdselsdepartementet. Vegdirektoratet er et frittstående direktorat under Samferdselsdepartementet som ivaretar overordnet koordinering og styring av Vegvesenets samlede

² Samleside for EU-forskningsprosjekter: <http://europa.eu.int/comm/transport/extra/reports.html>

³ Beskyttelse av samfunnet 4 - Sårbarhetsreducerende tiltak i transportsektoren. På kort sikt skal prosjektet støtte Direktoratet for sivilt beredskap, Justisdepartementet og Samferdselsdepartementet med underlagte ledd med analyser for å finne frem til kostnadseffektive beskyttelsestiltak innen transportsektoren, som innen rammen av tilgjengelige midler opprettholder et best mulig beskyttelsesnivå i fred, krise og krig. Dette innebærer å gjennomføre analyser av transportsektoren, med vekt på sårbarhet, konsekvenser for samfunnet ved svikt i sektoren og kost-effektanalyser av sårbarhetsreducerende tiltak.

⁴ Statens Vegvesen (Vegdirektoratet)(1999): Årsrapport

virksomhet. Direktoratet er Vegdirektørens stab, og er en del av Statens vegvesen. Vegdirektoratet legger premissene for det offentlige vegnettet, samt trafikk og aktivitet knyttet til veg. Myndighets- og tilsynsoppgaver ligger også i Statens vegvesen som fører tilsyn med kjøretøy og trafikanter. De har det overordnede ansvaret for å fastsette normer, utøve ulike kontroller av materiell og føre tilsyn med at lover og forskrifter etterleves. Som systemeier har Vegdirektoratet, gjennom Vegdirektøren, det overordnede ansvaret for sikkerhetsstyringen i Statens Vegvesen. På regionnivå er det overordnede ansvaret for sikkerhetsstyringen tillagt regionsvegsjefen. Den enkelte region har ansvar for å oppnå sikkerhetsmål fastsatt i regionvegsjefens kontrakt og gitt gjennom Nasjonal transportplan. På distriktsnivå er det overordnede ansvaret for sikkerhetsstyringen tillagt distriktsvegsjefen. Det enkelte distrikt har ansvar for å oppnå sikkerhetsmål fastsatt i distriktsvegsjefens kontrakt og gitt gjennom Nasjonal transportplan.

Statens vegvesen utøver det operasjonelle totalansvaret for vegstrukturen i Norge, og ivaretar trafikksikkerheten på det offentlige vegnettet. Vegvesenet sørger for planlegging, bygging og drift av riks- og fylkesvegnettet med tilhørende vegtrafikkentraler og vegmeldingstjenester. Drift av infrastrukturen omfatter oppgaver som trafikkstyring, tining av stikkrenner, snørydding, strøing, skilting og vegmerking, samt kjøretøykontroller. Vedlikehold av utstyr som følge av slitasje forårsaket av trafikk- og klimabelastninger, kan være grøfting og forsterkning av veger, asfaltlegging, fjellsikring, og reparasjoner og modifikasjoner av tunneler, bruer og ferjekaier.

Vegtrafikken er et system med tre hovedelementer: Trafikant, kjøretøy og veg. Sikkerheten er et resultat av samspillet mellom disse tre elementene. Et sikkert *vegtrafikksystem* krever sikre veger, sikre kjøretøy og sikre trafikanter. Sikkerheten ved det enkelte element, er avhengig av sikkerheten ved de andre elementene. En veg kan f.eks ikke være sikker i seg selv – uavhengig av kjøretøyenes sikkerhetsegenskaper og trafikantenes atferd. Håndbok for styring av sikkerheten i vegtrafikken (Midtgaard m.fl., 2002) beskriver hvordan Vegdirektoratet ønsker at sikkerhetsarbeidet skal gjennomføres.

Regelverket inneholder sikkerhetsregler i form av bindende minstestandarder til vegens utforming, til kjøretøyene og til trafikantenes kompetanse og atferd. Eksempler på dette regelverket er (Lovdata, 2002; Statens vegvesen, 1992; 1995; 2000; 2001; og DBE, 2001⁵). Risiko, som begrep og styringsparameter, har ingen utprøvet tradisjon hos norske vegmyndigheter, og heller ikke hos internasjonale myndigheter. Til en viss grad kan det hevdes at bilindustrien har tatt i bruk visse verktøy for risikoanalyse. Vi anser bilindustriens bruk av akseptkriterier og interne beslutningsprosesser som utenfor arbeidsomfanget av dette prosjektet, men at en eventuell studie kunne være interessant

5 Denne forskriftens formål er ”å sikre at samfunnets behov for landtransport av farlig gods skjer under forhold som medfører minst mulig risiko for skade på liv, helse, miljø og materielle verdier.” Hva som eksplisitt menes med minst mulig risiko berøres ikke, og forskriften og veiledningen er bygget opp om minstestandarder/-krav.

både som læring og for å studere effekter av bilindustriens forhold til akseptabel risiko i forhold til det norske vegtrafikksystemet.

4.1.1 Risiko, risikoanalyse og krav til risikovurderinger i vegtrafikken

Midtgaard m. fl., (2002), viser strukturen på sikkerhetstyringen i Statens vegvesen hvor ulike typer analyser og aktiviteter er beskrevet, se vedlegg C, også risikoanalyser. Det er planlagt et betydelig arbeid i sektoren for å øke kompetansen om risikobasert styring blant ansatte i vegsektoren, hvor krav og metodeverk knyttet til blant annet risikoanalyser er inkludert. Vedlegg C presenterer også en del foreløpige krav til elementene veg, trafikant og kjøretøy.

Statens vegvesen har reist krav om risikoanalyser i forbindelse med utbygging av tunneler, først i håndbok 021 – Vegtunneler (Statens vegvesen, 1992), deretter gjennom standarden ”Risikoanalyse av brann i byggverk” med veilederen ”Risikoanalyse av brann i vegtunneler” (NBR, 2000).

Eksempel fra et norsk veiutbyggingsprosjekt – Bjørvikatunnelen

For å illustrere hvordan tenkning fra industriens praksis (først og fremst norsk olje- og gassvirksomhet) med risikoakseptkriterier har blitt overført til vegtrafikk-prosjekter, viser vi akseptkriteriene som ble benyttet for Bjørvika-tunnelen (DnV, 2001). Teksten under er direkte utdrag av DnVs rapport.

I dette vedlegget (DnV, 2001) beskrives akseptkriterier for personrisiko i driftsfasen av en tunnel. Akseptabel risiko for dødsfall er korrelert til den normale aksept av trafikkrisiko i samfunnet.

For å vurdere resultatene fra en risikoanalyse trenger man retningslinjer for hvor stor risiko ulike aktører kan godta. Ideelt sett er det opp til hver enkelt individ å gjøre seg opp en mening om hvilken risiko man godtar og ønsker å eksponere seg for. For vegtunneler vil det i praksis være vegmyndighetene som tar stilling til hvilket risikonivå brukerne bør kunne akseptere.

For Festning-, Bjørvika, Ekeberg- og Svartdalstunnelene har Statens vegvesen Oslo (SVO) i samråd med DNV definert akseptkriterier for risiko for ulykker som medfører dødsfall. Og bakgrunnen for dette valget er beskrevet i dette vedlegget.

Det er etablert et akseptkriterium for individuell risiko relatert til forventet antall døde per personkm og samfunnsrisiko presentert i form av en FN-kurve.

Akseptkriterium for Personrisiko

Bjørvikatunnelen har vært analysert et par ganger tidligere, med en ny revisjon ettersom konseptet er endret. I tidligere versjoner har analysene forholdt seg til kun tunnelspesifikke ulykkesituasjoner og akseptkriterier har vært knyttet opp til dette. I denne analysen er det valgt å presentere det totale risikonivået med å inkludere alle ulykker som kan føre til dødsfall i tunnelene, ut ifra det overordnede sikkerhetsmålet presentert under.

I siste revisjon var akseptkriteriet bygget opp omkring trafikk tettheten i Bjørvikatunnelen og presentert som risiko per år. I denne analysen er det 4 tunneler som skal analyseres og ved å bruke metoden fra siste revisjon innebærer dette 4 forskjellige kriterier, én for hver tunnel, siden

ingen har lik ÅDT estimat. Det er derfor besluttet å definere et akseptkriterium som er uavhengig av trafikk tetthet og et slikt kriterium vil være per personkm. Kravet er da likt for alle tunneler og det blir enklere å sammenligne resultater.

Siden akseptkriteriet for Bjørvikatunnelen først ble etablert er det utgitt en veiledning til NS 3901- "Risikoanalyse av branner i vegtunneler" (NBR, 2000). Denne er også konsultert ved etablering av akseptkriterier for Festning-, Bjørvika, Ekeberg- og Svartdalstunnelene.

Det overordnede sikkerhetsmålet er hentet fra veiledning til NS 3901: ***Sikkerheten mot personskader skal ikke vær dårligere regnet per km. veg i tunnel enn på veggen utenfor.***

Med bakgrunn i dette er det utarbeidet et krav til individuell risiko formet som forventet antall døde (PLL) per milliard personkm, og et krav til samfunnsrisiko utformet som en FN-kurve. Sikkerhetsmålet gjør det rimelig å sammenligne med generell vegtrafikkrisiko i ulike vegtyper og veglenker for å vurdere hvilken risiko som kan være akseptabel i tunneler, inkludert Festning-, Bjørvika, Ekeberg- og Svartdalstunnelene.

Vegstandarden til de analyserte tunnelene er vurdert til å være tilsvarende som vegstandarden for motorvei klasse A, dvs. adskilte kjøreretninger, flere kjørefelt i hver retning og tilpasset av- og påkjøringsfelt.

Basert på ulykkesstatistikk for vegtrafikken i tidsrommet 1995-1999, (SSB, 2001), og Statens vegvesen sin håndbok for konsekvensanalyse, (Statens vegvesen, 1995), er dødsfall blant bilister per milliard personkm estimert til 2.1 for motorvei klasse A. Dette har gitt grunnlag for følgende akseptkriterium for individuell risiko for en person som passerer i tunnelsystemet: *Forventet antall døde (PLL) skal ikke overstige 2.0 dødsfall per milliard personkm.* Dette kravet er gjelder for alle tunnelene individuelt og for samlet tunnel.

Det samfunnsrelaterte akseptkriteriet for personrisiko definert for Festning-, Bjørvika, Ekeberg- og Svartdalstunnelene inneholder en gradvis overgang fra neglisjerbar risiko til ikke-akseptabel risiko. Et gråsonerområde mellom disse to grensene illustrerer en risiko som ikke er neglisjerbar, men hvor risikoreduserende tiltak skal være kostnadseffektivt før det implementeres. Usikkerheten i en risikoanalyse er delvis tatt hensyn til ved innføringen av et slikt gråsonerområde.

Veiledning til NS 3901, (NBR, 2000) inkluderer et FN-kriterium for tunneler med lav ÅDT (størrelsesorden 3000 per døgn) og er utarbeidet som en årlig frekvens per km tunnel. Kurven er ikke relevant for de høytrafikk tunnelene som er analysert i denne studien.

Kurvene som skiller mellom uakseptabel og neglisjerbar risiko er utledet fra den individuelle risikoen etablert i avsnittet over. Den øvre kurven (skiller mellom akseptabel risiko og gråsonen) relaterer seg til den individuelle risikoen ved at akseptkriteriet for individuell risiko vil automatisk oppfylles, dersom den samfunnsmessige risiko møter akseptkriteriet. Den nedre kurven, som skiller mellom gråsonen og neglisjerbar risiko er satt en decade under den øvre kurven. Det er vanlig praksis å bruke enten en eller to decader på et slikt gråsonerområdet, og det er valgt en decade i denne analysen.

I veiledning til NS 3901 er det benyttet en helningen på kurven (1:1.3). Dette innebærer at man innfører en større aversjon mot storulykker i forhold til 1:1 forholdet. SVO har besluttet å følge helningen på kurven fra NS 3901 ved utarbeidelse av det nye kravet for Festnings-, Bjørvika-, Ekeberg- og Svartdalstunnelene. Akseptkriteriet for samfunnsmessig risiko uttrykkes som

kumulativ frekvens for et visst antall døds ofre eller flere. Tar man hensyn til stigningsforholdet beskrevet over kan følgende relasjon settes opp for personrisikoen:

$$F(n > N) = \int_{1000}^N f(N) dN = C \frac{1}{N^{1.3}}$$

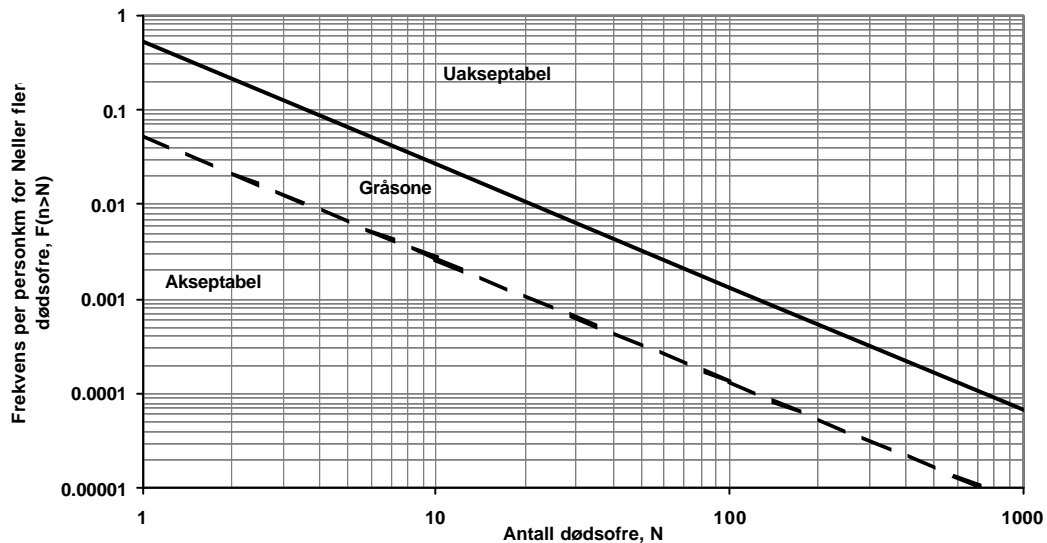
Maksimalt forventet antall døds ofre forholder seg til samfunnsmessig risiko ved:

$$IR = \int_1^{1000} f(N) \cdot N dN$$

$$IR = \int_1^{1000} C \frac{1.3}{N^{2.3}} \cdot N dN = C \left[\frac{4.3}{N^{0.3}} \right]_1^{1000} = 3.76 \cdot C$$

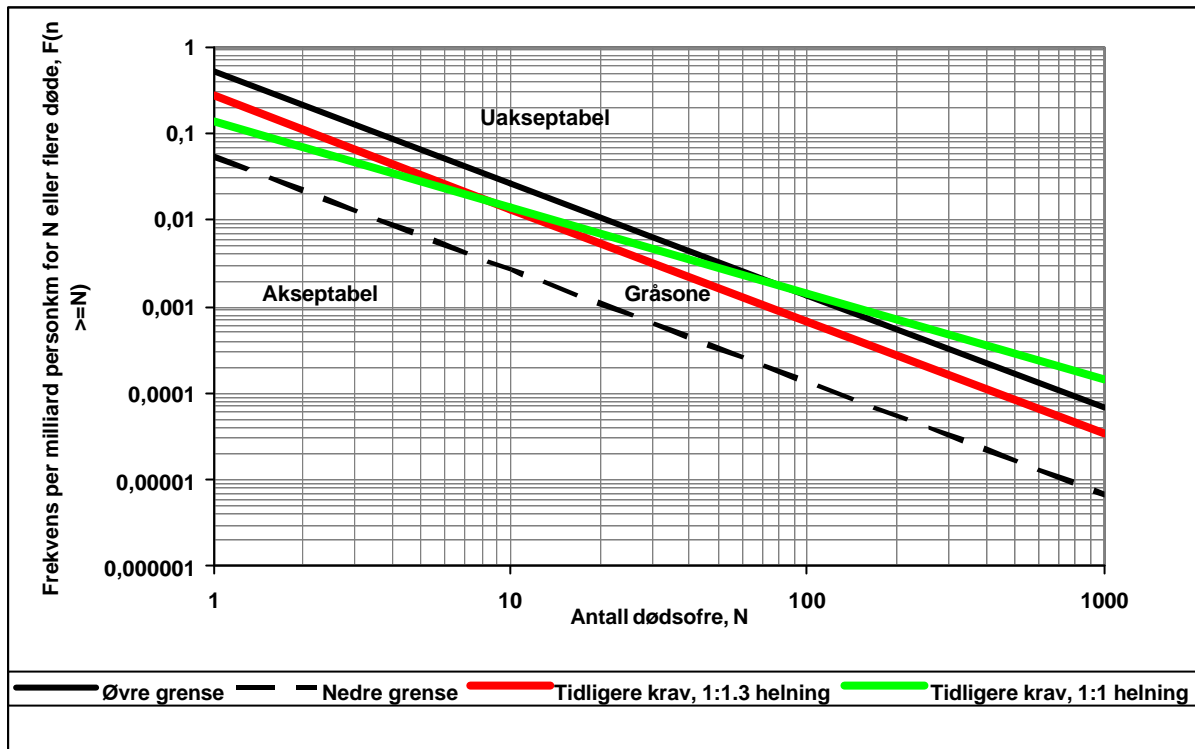
Konstanten C blir dermed: $C = 2 \cdot 10^9 / 3.76 = 0.53 \cdot 10^9$ og maksimal grense for samfunnsmessig risiko er bestemt. Kriteriet er illustrert i Figur 4.1 og kravet gjelder for hver tunnel og samlet tunnelsystem.

Akseptkriterium -personer



Figur 4.1: Akseptkriterium for samfunnsmessig trafikantrisiko

I tidligere analyser av Bjørvikatunnelen var risikoen kun relatert til tunnelspesifikke ulykker, og kravet var en individuell risiko på $1 \cdot 10^9$ per personkm. Figur 4.2 viser dette kravet, både med helning 1:1 som i tidligere analyse og helning 1:1.3 som benyttet i denne analysen og sammenligner med kravet i Figur 4.2.



Figur 4.2; Samfunnsmessig akseptkriterier inkludert krav i tidligere analyse

4.1.2 Forskningslitteratur

Delkapitlet oppsummerer noen forskningsprosjekter i EU og generelle publiserte vitenskaplige arbeider innenfor vegtrafikkikkerhet. Vi konkluderer med at det til nå har vært mindre fokus på forskning omkring tradisjonell risikobasert styring i vegtrafikken, hvor bruk av akseptkriterier for risiko har vært en del av beslutningsprosesser. Evans (1994) studerte en hypotetisk tilnærming av industriens bruk av risikoakseptkriterier og kost/nytte-analyser innenfor ALARP-strategien, til transportsektoren (jernbane og veg). Han anbefaler følgende metodikk (fritt oversatt):

”Dersom 1) tiltak er tilgjengelige som kan redusere eller fjerne frekvensen av ulykker; og enten 2) kostnadene med tiltaket i spesielle tilfeller er mindre enn forventet nytte av de reduserte ulykkene; eller 3) uten tiltaket så vil risikoen for å bli drept per år relatert til individer eller grupper overstige en terskel; da 4) bør tiltaket implementeres. Uten at verken 2) eller 3) oppfylles, da bør tiltaket ikke implementeres.” Evans avviser bruk av en nedre grense, som beskriver overgang mellom neglisjerbar risiko og ALARP-området. Den grensen er etter hans mening unødvendig. Han er også skeptisk til bruk av samfunnsrisiko (FN-kurver), som han mener er irrelevant for trafikkofre. Elvik (1999; 2002) er også en sterk tilhenger av kost/nytte-analyse som basis for beslutningsstøtte når det gjelder trafikkikkerhetstiltak. En gruppe italienske forskere (Fabiano m.fl., 2002) anvender ALARP-prinsippet, basert på nederlandske grenser, for å regulere transport av farlig gods i urbane områder. De anvendte teknikken på en eksempelstudie i havneområdet i Genova og strekningene mot Milano. Deres kriterier for akseptabel

risiko er knyttet til kumulativ frekvens per år (P), hvor aversjon mot storulykker uttrykkes i forhold til kvadratet av antall drepte (N), se tabell 4.1:

Risikoevaluering	Kriterium	Forklaring
Akseptabel risiko	$P < (10^{-5} / N^2)$	Ikke behov for detaljerte studier. Sjekk at risikoen holder seg på dette nivået.
Toleranseregion A	$(10^{-5} / N^2) < P < (10^{-4} / N^2)$	Tolerabel risiko dersom kostnadene for å redusere risiko overstiger nytteeffektene
Toleranseregion B	$(10^{-4} / N^2) < P < (10^{-3} / N^2)$	Kun tolerabel dersom risikoreduksjon ikke er praktisk oppnåelig eller at kostnadene er i sterk disproporsjon til nytteeffektene
Uakseptabel risiko	$P > (10^{-3} / N^2)$	Risiko kan ikke tolereres – risikoen kan ikke aksepteres i noen tilfeller

Tabell 4.1; Akseptkriterier i forhold til transport av farlig gods, (Fabiano m. fl., 2002)

Vi har ikke funnet noe omfattende forskningslitteratur omkring temaet akseptabel risiko i vegtrafikken. Som nevnt, antar vi at kravene er historisk betinget, hvor sikkerhetstiltak er implementert etter hvert som problemer har oppstått, og at regelverkets krav er detaljorientert og bygger på minstestandarder. Vi finner mange undersøkelser om ulike tiltaks effektivitet på trafikkisikkerhet, for eksempel (Robinson, 1996; Newstead, Cameron and Leggett, 2001; Elvik, 2001; og Ulleberg, 2002). Likeledes finnes mange artikler som studerer årsaksforklaringer på ulykkesforekomst, for eksempel (Assum, 1997; Horne and Reyner, 2001; Harrison, 1997; Gregersen, Brehmer and Morén, 1996; og Martin, 2002), eller artikler som studerer avvik fra etablerte normer og regler, for eksempel (Taylor, 1997; og Begg and Langley). Bruk av risikobegrepet som en styringsparameter er i liten grad benyttet i vegtrafikken, og det gjenspeiles også i den forkningsaktiviteten som har pågått i EU. Nedenfor beskrives noen relaterte prosjekter i EUs transportforskning:

DUMAS: Developing Urban Management and Safety, (DUMAS, 2001). Dette forskningsprogrammet har til hensikt å utvikle et rammeverk for sikkerhetsstyring i urbane områder. Ideen er å involvere alle ”interessenter” i planlegging for på den måten å utvikle de beste løsningene. Risiko eller bruk av risikoanalyser og akseptkriterier for risiko, er ikke fokusert i forskningsrapporten.

SAFESTAR: Safety Standards for Road Design and Redesign, (SWOV, 2002). Utgangspunktet for dette forskningsprogrammet var trafikkisikkerhet i det transeuropeiske vegnettet (”Trans-European Roadway Network – TERN”) som binder sammen de største sentrene i Europa. Studien har fokusert på spesifikke områder i trafikkisikkerhet; filer for utrykning/nødtransport og skuldere langs motorveier; tunneler på motorveistrekninger; ekspressveier, kryss og kurver på veier i landområder, hovedknutepunkt i urbane områder, og metodikk for å analysere og vurdere trafikkisikkerhet gjennom planlegging og design fasene av ny infrastruktur – trafikkisikkerhetsrevisjoner. Prosjektet er konsentrert om definerte tiltak (trafikkisikkerhet) og evaluering av effekter av disse. Risiko som begrep, risikobasert styring eller akseptabel risiko er verken problematisert eller diskutert i prosjektet.

Prosjektet anbefaler trafikksikkerhetsrevisjoner (Road Safety Audit) som et design- og konstruksjonsverktøy på alle nivåer.

Av andre relaterte prosjekter vil vi nevne; STAIRS: Standardisation of Accident and Injury Registration Systems⁶, GADGET: Guarding automobile drivers through guidance, education and technology; og ROSITA: Road site testing assessment⁷.

4.1.3 Oppsummering og diskusjon om akseptkriterier for risiko i vegtrafikken

Trafikksikkerheshåndboken (Elvik, Mysen og Vaa, 1997) er et imponerende og omfattende verk om sikkerhet i vegtrafikken som er utviklet gjennom en periode på over 20 år. Fokuset er lagt på tiltak og tiltakenes effekt på ulykker og skadegrad, og rammeverket er bruk av kost/nytte-vurderinger. Beskrivelse av teknikker for analyse av risiko, og bruken av slike analyser i beslutningssituasjoner er ikke del av denne boken, og den har heller ingen diskusjon om bruk av akseptkriterier eller hva som kan ligge i begrepet akseptabel risiko. Imidlertid drøftes bruk av kost/nytte-analyser (kap. 4 og 6) og det gjøres et klart skille mellom ansvaret for å utføre analysen og ansvaret for trafikksikkerhetspolitikken. Beslutningstakere skal evaluere situasjonen gjennom analysene, og de er ansvarlige for å prioritere sikkerhet i forhold til andre goder i samfunnet.

Inntrykket er at det ikke er noen gjennomtenkt sammenheng mellom krav på overordnet nivå, til krav på mer underordnet nivå i vegtrafikken. Kravene er utviklet over lang tid, det er en historisk bakgrunn for de kravene som finnes. Kravene er utviklet parallelt med utviklingen av teknologi, behov og samfunn - fra den industrielle fremmarsjen på slutten av 1800-tallet til den postindustrielle tiden vi er en del av. Kravene i vegtrafikken må forstås i dette perspektivet. Kravene er ofte detaljerte i forhold til utforming av tiltak eller direkte i forhold til funksjon, for eksempel fartsgrense. En slik struktur på kravene gir vegmyndighetene anledning til å benytte standarder og normaler som styrende dokumentasjon for vegtrafikken.

Konsekvensanalysen av Lærdalstunnelen (Statens Vegvesen, 1994) legger stor vekt på sikkerhet og den gir en omfattende beskrivelse av ulykker i tunneler nasjonalt og internasjonalt. Analysen konkluderer med: "I den 24 km lange tunnelen Aurland – Lærdal blir trafikken svært liten samanlikna med dei lange tofeltstunnelane andre stader i verda. Dersom vi ser bort frå transport av eksplosive stoff, vil ikkje katastroferisikoen i denne tunnelen vere større enn i kortare tunnelar med tilsvarande trafikkarbeid. Vurderingane av transport av farleg gods viser at risikoen for ein alvorleg brann er svært liten, truleg sjeldnare enn ein brann kvar 1.000 år sjølv om transport av farlege væsker som bensin blir tillate. Risikoen for ei katastrofe som krev meir enn 10 menneskeliv i tunnelen Aurland – Lærdal vil derfor truleg vere mindre enn ei ulykke for

⁶ http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/road/stairs.pdf

⁷ http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/road/Rosita_rep.pdf

kvar 1.000 år. Dette er akseptabel risiko ut får internasjonale kriterier for risikonivå i samferdslesektoren.” Hvilke internasjonale kriterier det her siktes til, er ikke beskrevet. I vår litteraturstudie har vi heller ikke funnet noen allmenngyldige kriterier.

Utrykningskjøring (Olsen, L. N., Soma, T. I og Vigen, T., 2000) gir førere anledning til å ”fravike trafikkreglene når det er nødvendig, og når det ikke er til fare for andre. Forutsetningen er at hensikten med å fravike regelverket er å få større framkommelighet, men ikke på bekostning av sikkerheten”. Denne formuleringen er paradoksal i det at på den ene siden tillates en annen atferd enn normalen i vegsystemet, mens på den andre siden skal denne atferden ikke påvirke risiko i negativ retning. Regelverket legger ansvaret over på føreren av utrykningskjøretøyet til å avgjøre hva som er akseptabel risiko. Imidlertid følger en del absolutte krav, som for eksempel blått blinkende lys, lydsignal, lyshorn, godkjent kompetansebevis og vurderingsmessige krav, som for eksempel plassering av kjøretøyet i kjørebane og fartsavpassing. Føreren skal kunne foreta risikovurdering, hvor disse tiltakene (kravene) er en del av den totale trafikksituasjonen, og bestemme hva som er akseptabelt og ikke. Vurdering av akseptabel risiko må relateres til nytte av kjøreatferden. Hva som ligger i begrepet akseptabel risiko berøres ikke.

BAS-studiene til FFI har pågått siden 1994, og det har til nå studert sårbarhet i telekommunikasjon, kraftforsyning, og det arbeides nå med utredninger i transportsektoren. Dette arbeidet bør kunne få betydning for forskningsaktiviteten som skal pågå fremover i regi av NFR. Mange av de tidligere rapportene fra BAS-prosjektet er dessverre unndratt offentligheten. Det vil være synd dersom transportsektoren ikke får ta del i de resultatene om sektorens sårbarhet, som BAS-prosjektet studerer.

4.2 Sjøfart

Maritim virksomhet er underlagt et omfattende regelverk med hensyn til sikkerhet og beredskap. På grunn av virksomhetens internasjonale karakter, herunder hensynet til like konkurranseforhold, er kravene normalt harmonisert i regi av FN organisasjonen ”International Maritime Organization” (IMO). Regler som fastsettes av IMO må godkjennes av de enkelte nasjonalstater og følges opp av flaggstatene (der hvor fartøyene er registrert).

Sjøfartsdirektoratet representerer Norge i de tekniske komiteer og underkomiteer i IMO. IMOs formål er først og fremst økt sikkerhet til sjøs og hindring av forurensning av det marine miljø. Sjøsikkerhetskomitéen behandler alle saker vedrørende tekniske og operasjonelle forhold rundt sikkerhet i maritim virksomhet: navigasjon, radiokommunikasjon, livredningsutstyr, søk og redning, opplæring og trening av sjøfolk, frakt av farlig gods, skipsdesign, brannsikkerhet, stabilitet og lastelinje. Miljøvernkomitéen er ansvarlig for å koordinere IMOs aktiviteter relatert til hindring og kontroll av forurensning. Organisasjonen forvalter et stort antall konvensjoner, samt ikke-bindende regelverk som koder, anbefalinger etc. Det er et mål i norsk skipsfartspolitik å holde en høy profil i IMO og å være en pådriver i organisasjonen.

Skipsfartsområdet omfattes i økende grad av EUs lovgivning, samtidig som EU får stadig sterkere innflytelse i IMO. Sjøfartsdirektoratet arbeider aktivt for å forbedre og

ivareta norsk innflytelse i EUs sjøfartspolitik og oppfylle norske forpliktelser i følge EØS-avtalen.

Erika-ulykken, utenfor Bretagne-kysten i 1999, har bidratt til økt fokusering på maritim sikkerhet i EU. Kommisjonen har i den senere tiden, blant annet, lagt fram utkast til direktiver om:

- Klaseselskap
- Havnestatskontroll
- Utfasing av enkelt skrog oljetankskip (COM, 2000)
- Etablering av maritimt overvåkings-, kontroll- og informasjonssystem
- Etablering av europeisk fond for erstatningsutbetaling ved forurensning av olje til sjøs fra skip
- Etablering av europeisk sjøsikkerhetsorgan (COM, 2001)

Forslagene har stor betydning for Norge. Sjøfartsdirektoratet og næringen er sterkt engasjert i dette arbeidet.

4.2.1 Risiko, risikoanalyse og krav til risikovurderinger i sjøtransport

Skipsfarten er styrt av internasjonale konvensjoner som er utviklet av IMO. Det mest sentrale regelsettet er ”International Convention for Safety of Life at Sea” (SOLAS, 2000). Den någjeldende SOLAS-konvensjonen er fra 1974, og trådte i kraft i 1980. SOLAS-konvensjonen er endret en rekke ganger fra 1980 og frem til i dag. Konvensjonen inneholder sikkerhetsregler i form av bindende minstestandarder til funksjoner og utstyr, som de ratifiserende stater plikter å gjennomføre i sin interne rett. IMO har gitt ut et stort antall presiseringer, resolusjoner, anbefalinger, veiledninger m.m, for eksempel (IMO, 1992; 1995; 1997a) som alle er bygget omkring samme formen. De forskjellige sider i regelverket er i Norge gjennomført på forskriftsnivå med hjemmel i sjødyktighetsloven.

SOLAS-konvensjonen er fokusert på detaljnivå, og stiller ingen krav til risiko eller at risikoanalyser skal gjennomføres. IMO har imidlertid benyttet en risikoanalyse prosedyre (IMO, 1997b) – Formal Safety Assessment (FSA), for å vurdere godheten (effektiviteten) av endringer i regelverket⁸. Fra 2002 har IMO etablert mer endelige retningslinjer for hvordan FSA skal utføres i IMOs egen regelverksutvikling (IMO, 2002). Det er også utviklet et eget dokument som knytter beslutningsparametre og

⁸ Vi har ikke funnet frem til konkrete analyser som er gjennomført.

akseptkriterier til risiko til FSA og regelutviklingsprosessen, (IMO, 2000)⁹. Akseptkriterienes utforming og typer er relatert til individuell risiko, grupperisiko, tredjepart risiko, m.m, som vi har beskrevet i kapittel 3.4, dvs. de bygger på den tradisjon som, i Norge, er utviklet i oljeindustrien. Til nå har det ikke vært mulig å se betydningen av risikoakseptkriteriene i MSC/72/16 (IMO, 2000) på det gjeldende regelverket, men mye tyder på at risikobasert tenkning er i ferd med å få en sterkere posisjon i IMO.

Etter den store skipsulykken med "Herald of Free Enterprise" i Den engelske kanal i 1987, ble kravene til rederienes sikkerhetsstyring skjerpet. Gjennom SOLAS kapittel IX har IMO innført "International Safety Management Code" (IMO, 1997a). Denne koden innebærer at alle rederier som fører passasjerfartøy og lastefartøy over en viss størrelse skal ha et system for sikkerhetsstyring som omfatter både landorganisasjonen og fartøyene. ISM-koden er imidlertid preget av generelle prinsipper, og det er i stor grad opp til rederiene selv å utforme sine systemer. Det nærmeste denne koden presenterer konkrete kriterier, er kodens presisering av mål for sikkerhetsstyring som blant annet sier at; "Målene med sikkerhetsstyringen i virksomheten bør være å etablere sikkerhetsbarrierer mot alle identifiserte risikoer" (fritt oversatt). Dette kan fortolkes som et krav til risikoanalyse og synliggjøring av sikkerhetsbarrierer. Konkrete krav til akseptabel risiko finnes ikke.

Innenriks i Norge har det imidlertid skjedd en del med hensyn til krav om risikoanalyse. Sjøfartsdirektoratet har innført risikobasert styring (NHD, 1999) for roro passasjerskip, med klare akseptkriterier for risiko. Forskrift om risikoanalyse for roro passasjerskip i innenriks fart¹⁰, trådte i kraft 1.1.2000, og den stiller krav både til at rederen skal gjennomføre analyser, men også til resultatene fra analysene. Sjøfartsdirektoratet i samarbeid med Statens vegvesen og Rederienes Landsforening har innført en standardisert modell for analyse av ulykkesrisiko for innenriks ferjetrafikk (SCC, 2002), og en tilsvarende modell skal innføres for hurtigbåttrafikk¹¹. Modellen sendes ut til alle rederier som legger inn sine data i modellen, og et konsulentfirma setter sammen alle analysene til en felles rapport (Norrdal, 2002). Typiske verdier på risikotallene er i området mellom 0,8 og 4, men det er tidligere identifisert samband med verdier på inntil

9 Trygve Scheel, Sjøfartsdirektoratet, fremhevet i en samtale med RF, IMO sitt arbeid med å forbedre sikkerheten på bulkskip hvor bruk av FSA'ers spilte en viktig rolle. På bakgrunn av resultatene fra disse, har IMO's Maritime Safety Committee fattet en rekke prinsippbeslutninger i desember 2002 om strengere krav til bulkskip. I følge Scheel, er flere av IMO's underkomiteer i gang med å utarbeide konkrete nye krav basert på disse beslutninger. Scheel ga også uttrykk for at akseptkriteriene beskrevet i MSC 72/16, har fått en viktig plass som beslutningskriterier i IMO sitt arbeid. IMO har imidlertid ikke fattet formell beslutning om hvilke akseptkriterier som skal gjelde.

10 <http://www.lovdata.no/for/sf/nh/xh-19991105-1167.html>

11 I henhold til samtale med Terje Norrdal, Scandiaconsult, som opererer modellen for ferjetrafikken for Sjøfartsdirektoratet

20. Analyseresultatene sammenlignes med akseptkriteriene, hvor brudd på kriteriene resulterer i at tiltak må iverksettes. På denne måten driver Sjøfartsdirektoratet en årlig kontroll med rederiene, og de stiller også krav til risikoanalyser ved nybygg. Kravene til analyseresultatene er absolutte og som følger:

- ”For hvert enkelt samband skal kombinasjonen av nytt skip og strekning, ikke medføre en høyere verdi for risiko enn 1,0 omkomne pr. milliard personkilometer over den verdi en med modellen vil få for samme strekning når en setter inn de best mulige verdiene for skip”.
- ”I samband som betjenes av eksisterende skip, skal verdien for personrisiko ..., ikke ligge over 5,0 omkomne pr. milliard personkilometer”
- ”For eksisterende skip med høyere verdi for personrisiko enn 6,0 omkomne pr. milliard personkilometer, skal tiltak for å oppnå tilfredsstillende verdi for personrisiko være gjennomført innen 1. januar 2002”.
- ”For øvrige eksisterende roro passasjerskip med høyere verdi for personrisiko enn 5,0 omkomne pr. milliard personkilometer, skal tiltak for å oppnå tilfredsstillende verdi for personrisiko ... være gjennomført innen 1. januar 2003”.

Selv om ferjesamband har en beregnet risiko lavere enn akseptkriteriene bestemt i forskriften, bør det vurderes risikoreduserende tiltak. Da aksepterer myndighetene at det gjøres økonomiske vurderinger. Dersom kostnaden for risikoreduserende tiltak er mindre enn 20 millioner kroner per forventet spart liv, skal det gjennomføres tiltak. Dersom kostnaden pr. forventet spart liv ligger mellom 20 millioner og 500 millioner, skal risikoreduserende tiltak vurderes. Dersom kostnaden pr. forventet spart liv er større enn 500 mill., kan tiltak avvises.

Internasjonalt tar EU til orde for strengere krav til passasjerskip, gjennom sine forslag til nytt direktiv og tillegg til Direktiv 98/18/EC av 17 mars 1998, (COM, 2002). I disse forslagene stilles det krav til at passasjerskip skal holde seg flytende og stabil etter kollisjoner og vanninntrengning på bildekk, i gitte værtyper. Vi kan med andre ord si at vi går i retning mot hendelsesorientering og relaterte funksjonelle krav også innen internasjonal skipsfart.

4.2.2 Forskningslitteratur

Dette delkapitlet oppsummerer noen EU-forskningsprosjekter som er relatert til risikobasert styring.

SEALOC: Concepts, systems & tools for a Safer, more Efficient & Lower Operational Cost of the maritime trans. of dangerous goods, (Pålsson og Torstensson, 1998). Dette prosjektet forsøker å demonstrere risikobasert styring (Formal Safety Assessment) anvendt på tre ulike eksempler; transport av råolje, transport av LPG (Liquid Petroleum Gas), og container transport. Prosjektet anbefaler en matrise som i figur 4.3 som representerer risikoakseptkriterier for skipsfart som inkluderer farlig gods. Kriteriene er langs følgende skalaer:

Frekvens: F6 – Minst en gang pr. år
 F5 – 1 gang pr. 1 – 10 år
 F4 – 1 gang pr. 10 – 100 år
 F3 – 1 gang pr. 100 – 1 000 år
 F2 – 1 gang pr. 1 000 – 10 000 år
 F1 – 1 gang pr. 10 000 – 100 000 år

Konsekvens:

	Råolje	LPG	Container-transport		
			Gruppe I	Gruppe II	Gruppe III
S1	< 1 000 t	< 500 kg	< 100 kg	< 500 kg	< 1 t
S2	> 1 000 t	> 500 kg	> 100 kg	> 500 kg	> 1 t
S3	> 10 000 t	> 5 t	> 1 t	> 5 t	> 10 t
S4	> 100 000 t	> 50 t	> 10 t	> 50 t	> 100 t

Disse verdiene vil danne utgangspunkt for beslutninger som gir følgende kriterier for akseptabel risiko, se figur 4.3.

	6	7	8	9
	5	6	7	8
	4	5	6	7
	3	4	5	6
	2	3	4	5
	1	2	3	4
	S1	S2	S3	S4

Figur 4.3; Risikoakseptkriterier for utslipp av farlig gods, (Pålsson og Torstensson, 1998)

FSEA: Concerted Actions on Formal Safety and Environmental Assessment of Ship Operations - Concerted action on formal approaches to risk assessment for seaborne transport in European water, (GL, 1999). Denne kunnskapsoversikten viser metoder for analyse og vurdering av sikkerhet og miljø innen skipsfart, innen andre typer industrier (olje- og gassproduksjon til havs, flyindustri, jernbane, kjernekraft, petrokjemisk industri), tilgjengelige databaser, og en oppsummering av metodene i forhold til aktørene i skipsfartens behov. Prosjektet gir anbefalinger til hvordan skipsfarten kan integrere menneskelige og organisatoriske faktorer i risikoanalyse, hvordan metoder for risikoanalyse og –vurdering kan ses i forhold til gjeldende regelverk innen skipsfarten, og hvordan sensitive faktorer i forhold til skade på miljø i marine områder kan ivaretas. Prosjektet oppsummeres ved en oversikt over områder for videre forskning og utviklingsaktiviteter. Behovet for forskning er omfattende og dekker mange områder; Felles tilnærming for analyse av sikkerhet og miljø; Risikoakseptkriterier; Risikostyring; Risikokommunikasjon; Organisatoriske endringer som følge av implementering av risikobasert styring; Eksempel-studier; og Menneskelige og organisatoriske faktorer – databaser. Prosjektet problematiserer risikoakseptkriterier i et perspektiv av at det ikke finnes felles anerkjente kriterier og nivåer på hva som skal anses akseptabelt, og dilemmaene beslutningstakere møter når de skal velge løsninger når tap av liv og miljøskader holdes opp mot økonomiske verdier. Når det gjelder forskning og utvikling av risikoakseptkriterier anbefaler prosjektet at det gjennomføres en kartlegging og komparasjon av ulike kriterier benyttet i Europa med hensyn til mennesker (individuell risiko og samfunnsrisiko), miljø og materielle/økonomiske verdier. Målet er å harmonisere og standardisere risikoakseptkriterier. Som et neste punkt innunder risikoakseptkriterier, anbefaler prosjektet at det utvikles mål og metoder for å evaluere skade på og tap av liv og miljø i økonomiske termer. Avslutningsvis anbefaler prosjektet at det utvikles verktøy og modeller for å analysere kostnadseffektivitet av sikkerhetstiltak innenfor ALARP-regimet.

SAFECO: Safety of Shipping in Coastal Waters (DnV, 1997). Dette prosjektet er bygget omkring en kvantitativ risikomodel – MARCS (Marine Accident Risk Calculation System). Modellen retter seg mot skipsfart i kystnære farvann, og alle delprosjektene (prosjektpartnerne) har benyttet MARCS for å vurdere effekter av ulike sikkerhetsfaktorer i dette felles rammeverket. Programmet er tiltaks- og metodeorientert i den forstand at det er utviklet system for simulatortrening, ekspertsystem for navigasjonsstøtte med formål å unngå kollisjoner, risikomodeller, databaser, pålitelighetsmodeller, modell for å beskrive navigatøratferd, og modell for å vurdere menneskelige og organisatoriske faktorer. Prosjektet går ikke inn på problemstillinger omkring akseptabel risiko.

SAFECO II: SAFETY OF SHIPPING IN COASTAL WATERS: Demonstration of risk assessment techniques for communication and information exchange, (DnV, 2000). Prosjektet er en oppfølging av SAFECO, og det studerer videre de resultatene som ble utviklet der. Et viktig fokus i SAFECO II er kommunikasjon og informasjonsutveksling på broen spesielt, men også intern og ekstern kommunikasjon på skip og i selskaper innenfor skipsfarten er studert. Målet har vært å utvikle opplæringsverktøy, samt å se effekter i forhold til beregnet risiko. Prosjektet har videreutviklet verktøyene i

SAFECO, men heller ikke i dette prosjektet er risikoaksept og kriterier for akseptabel risiko problematisert og diskutert.

MASSOP: Cost effective management, (WMU, 1999). Prosjektets målsettinger var å se på ledelse generelt, både innen skipsfart og utenfor, for å avdekke utfordringer næringen står overfor. En initiell hypotese for prosjektet var at den tradisjonelle og rigide ”kommando og kontroll (command and control)“-strategien, ikke er den beste løsningen for en skipsnæring i sterk utvikling. Prosjektet er delvis basert på en survey blant rederier, som berørte ulike aspekter knyttet til ISM-koden. Respondentenes forhold til risiko og risikostyring er interessant. Risiko ble av de fleste oppfattet som noe som måtte elimineres, og dermed en oppgave for forsikrings- og erstatningspersonellet. Prosjektet identifiserer et behov for næringen til å forstå risikokonseptet bedre, og å studere hvordan risiko kan tilpasses organisatorisk strategiutvikling, og hvordan det påvirker selskapene, skipene og individene. Problemstillinger om risikoakseptkriterier og hvordan næringen skal forholde seg til akseptabel risiko er ikke spesifikt studert. Prosjektet legger vekt på delprosjektet som fokuserer på fremtidig ledelseskonsepter i den maritime industrien. Prosjektet hevder at fremtidige ledelseskonsepter i stor grad forventes å avhenge av e-handel (”business-to-business” handel – B2B) som fremtidig medium for handel. Dette vil gi store endringer i forhold til dagens ledelsesstrukturer, kultur og holdninger i næringen og i forhold til nøkkelkompetanse som næringen vil behøve.

CASMET: Casualty Analysis Methodology for Maritime Operations, (Caridis, 1999). Prosjektet gjennomgår ulike ulykkesgranskningsteknikker i skipsfarten, og det fokuserer på menneskelige og organisatoriske faktorer som årsaker til ulykkene. Resultatene fra prosjektet er en ulykkesgranskingsmetodikk, som inneholder analyse av menneskelige faktorer (Human Factor Analysis). Prosjektet konkluderer også med at det i dag finnes stor variasjon i utførelse av ulykkesgranskning, selv om rammeverket er relativt likt, og at fokus ofte er rettet mot skyld i stedet for å finne fakta. Fokuset i prosjektet er rettet mot det å avdekke de ”sanne årsaksforholdene”, og det er i mindre grad fokusert på læringsaspektet forbundet med granskningene og resultatene fra granskning. Det er heller ikke diskutert hvordan granskning kan inkluderes i fremtidige beslutningsprosesser og hvordan denne formen for erfaringsoverføring kan påvirke kriterier for akseptabel risiko.

PHOENIX: Identification & Quantific. of Variables & Parameters that Aid in Evaluating Fire Risk on Board Ships, (Pino, 1999). Prosjektet har utviklet et dataprogram som beregner risiko for brann ombord i skip. Arbeidet er basert på historiske ulykkesdata, og berører ikke problematikken omkring akseptabel risiko. Dette prosjektet ble gjennomført i samarbeid med prosjektet CASMET, beskrevet over.

Når det gjelder øvrige prosjekter vil vi nevne; BERTRANC: Methodology of safety in marine operations¹², ATOMOS II: Advanced Technology to Optimize Maritime

¹² http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/Bertranc.pdf

Operational Safety, Integration & Interface¹³, og FASS: Fast Ships Safety – operational safety requirements, procedures and training tools.

4.2.3 Oppsummering og diskusjon om akseptkriterier for risiko i sjøtransport

Skipsfarten, med dens ulykker, skader og tap, er mye eldre enn tradisjoner i forhold til risikobasert styring¹⁴. Lovverket, som det er beskrevet av Baughen (1998), inneholder ingen krav til risiko eller at risiko skal være en del av beslutningsgrunnlaget i skipsfarten. Grunnene til dette er historisk betinget. Sikkerheten innen sjøtransport har blitt ivaretatt av internasjonale organer helt fra begynnelsen av forrige århundre. Titanic-ulykken satte fart i dette arbeidet. Krav til sikkerhet er utformet som minstestandarder til utstyr og funksjoner, hvor risikobasert tenkning frem til nå har vært bortimot fraværende. Bare unntaksvis er vurderinger av risiko etablert som styrende for planlegging og drift av sjøtrafikken. Dette inntrykket bygger vi på vår gjennomgang av internasjonal litteratur, på granskningsrapporten etter forliset av Leros Strength, (Lindøe og Karlsen, 1997), og på intervjuer i forbindelse med doktorgradsarbeidet ”Metoder for å vurdere effektiviteten av beredskapstiltak”, (Njå, 1998). Intervjuene ble gjennomført i 1995, og de er ikke et representativt utvalg fra skipsnæringen. Imidlertid ble det gitt et rystende syn på holdninger til sikkerheten hos ulike grupper redere, som ble delt inn i seriøse redere og useriøse, såkalte ”bakgårdsredere”. De seriøse rederne ble karakterisert ved at de tenker langsiktig og de har driften av flåten som hovedfokus, de useriøse ble karakterisert ved at for dem er operasjonell drift underordnet spekulasjoner omkring kjøp og salg av båter. Drift og klassing av materiellet skjer på billigste måte. De useriøse rederne er også kjennetegnet ved at eierskapene er uklare, hvilket også stod sentralt i etterforskningen etter forliset av Leros Strength.

Brooks, Button og Nijkamp (2002) har nylig utgitt en artikkelsamling om maritim transport som de karakteriserer som klassikere i transportanalyse. Av 33 ulike artikler fra perioden 1972 – 1995, er det ikke en som tar opp problematikken omkring sikkerhet. Kevin Cullinane (1991) kommer nærmest ved at han anvender nytteteori (utility-theory) til å forstå rederes holdninger til markedsrisiko. Alderton (1995) hevder å presentere et komplett bilde av maritim transport. Sikkerhet blir presentert sammen med økonomi (”Economics of Safety”), og Alderton hevder at det ikke er regelverket som er noe problem. Problemet ligger i å sikre at regelverket blir fulgt. Alderton beskriver også en sammenheng mellom sikkerhet og kostnader som indikerer at for å oppnå høyere nivå på sikkerhet (over 95% - i seg selv en uklar beskrivelse), vil det innebære enorme kostnader. Verken kurven eller beskrivelsen bygger på empirisk materiale, eller annen vitenskapelig litteratur. Risiko er, de få gangene det blir nevnt, et kvalitativt begrep.

¹³ http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/atomos2.pdf

¹⁴ Lovverket inneholder selv i dag en passus om Act of God (Baughen, 1998): ”Loss that is the result of a direct, violent, sudden and irresistible act of nature will be regarded as due to an Act of God, providing the carrier can prove that it has taken all reasonable steps to ensure safety of the goods.”

Alderton gjør et poeng av at redere må passe seg for å investere i for mye sikkerhet, fordi de da vil miste konkurranseevne.

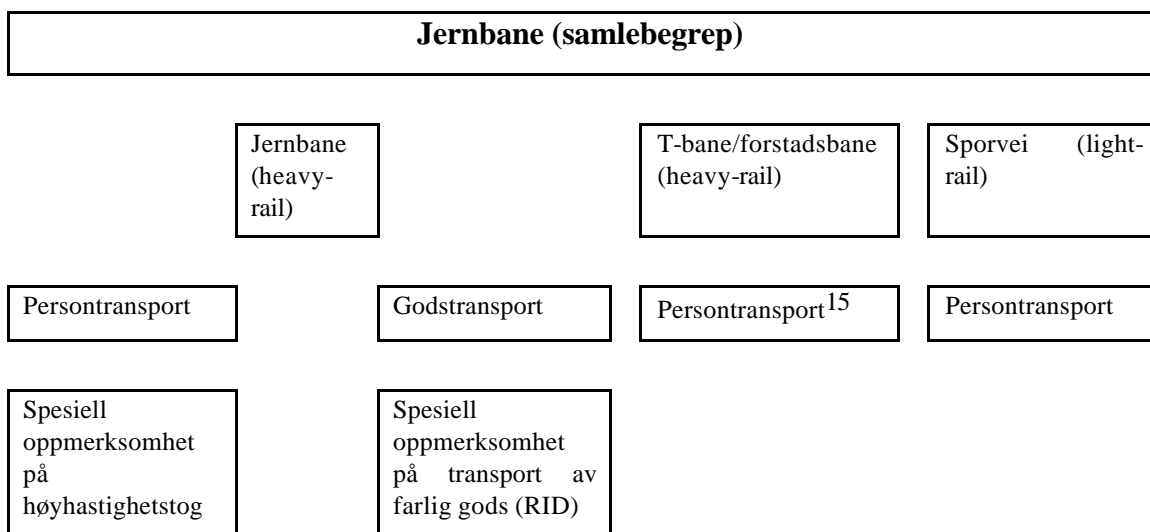
Grue (1998) diskuterer transport av farlig gods i sin avhandling, og dveler ved fortolkninger av hva som er farlig eller ikke. Hun benytter denne uklarheten til å diskutere hva som er transportørens ansvar og hva som er senderens ansvar i forhold til lovverket. En tilnærming til farebegrepet i et mer kontekstuekt perspektiv, i form av risiko, mangler helt. Dette underbygger vårt inntrykk av at probabilistiske metoder ikke har vært en viktig del av planleggingsprosessene i skipsfarten. Imidlertid er forskningsarbeidet fra midten av 90-tallet og IMOs veiledere til risikoanalyse og beslutningskriterier i forbindelse med regelverksutvikling tegn på at næringen er i ferd med å tilnærme seg risikobasert styring.

Forskningen i Europa (EUs 4. rammeprogram) er i hovedsak bygget på oversikter over hva som finnes av analytiske verktøy, og hvordan disse kan overføres til og anvendes innenfor skipsfartnæringen. Det er langt på vei de samme institusjonene som inngår i de ulike programmene, noe som gjør at tenkningen er den samme i de fleste programmene og tematikken er overlappende. Det er snakk om metodeutvikling, og mye av forskningen bærer preg av utredningsarbeid. Forskningen på risiko bygger på den tradisjonelle teknisk naturvitenskaplige forståelsen av risiko, se diskusjonen i kapittel 2.

4.3 Jernbane

4.3.1 Begrepsavklaring

I utgangspunkt fremstår begrepet Jernbane her som et samlebegrep for ulike sporgående transportsystemer. Tabell 4.2 viser en kategorisering av de tre viktigste sporgående systemer i et internasjonalt perspektiv. Disse tre systemene er implementert i Norge. Ved siden av disse systemene finnes en rekke teknologiske nyutviklinger delvis implementert i andre land, som kan betegnes som sporgående, og som har sine spesifikke utfordringer knyttet til risiko og risikoakseptkriterier. Som mest relevante kan nevnes magnetisk sveveteknologi (metrorapid/transrapid), sporbundne kabinsystemer og sporbundne bussystemer.



Tabell 4.2: Typologisering av sporbundne transportsystemer

For jernbanen (heavy-rail) i Europa (EU, EØS og Sveits) er persontransporten av relativ større betydning enn godstransporten, mens bildet er omvendt i USA, Canada, Australia og New Zealand.

Sporbundne transportsystemer består i prinsipp av to hovedelement: kjøretøy og kjøreveien (inkludert stasjoner og terminaler). Begge elementene inkluderer sikkerhetsrelevant utstyr. Kjøreveien består igjen av fire hovedelementer: under- og overbygning, signalanlegg (ikke ubetinget nødvendig ved sporveisanlegg), teleanlegg og strømforsyning (ikke nødvendig ved dieseldrift). Alle element er sikkerhetsrelevant, men viktigst i denne sammenhengen er signalanlegget som direkte trykker togframføringen.

¹⁵ Forstadsbaner og sporvei brukes aktuelt i Norge kun til persontransport. Historisk sett og til en viss grad aktuelt i andre land, brukes slike baner også til godstransport.

Den videre drøftingen av sektoren i dette notatet avgrenses her til å gjelde jernbanen (heavy rail). Det skjer for å holde notatet innenfor overkommelige rammer. En drøfting av situasjonen innenfor jernbanen vil være av stor relevans for T-banen og i mindre grad for forstadsbanen.

4.3.2 Relevante utviklingstrender

Jernbanen er og har vært blant de mest sikre transportmidlene med lav ulykkesrisiko sammenlignet med veitrafikken (0,9 omkomne pr. mrd. personkilometer¹⁶). Samtidig er jernbanetrafikken i Norge som i de fleste europeiske land under sterk press ved å tape markedsandeler innen person- og godstransporten. Særlig kritisk i et europeisk perspektiv er tapet av markedsandeler innenfor godstransporten. Ut fra sikkerhets- og miljømessige vurderinger er det en uønsket utvikling. Men samtidig må det konstateres at jernbanen produserer relativt sett for dyrt og med til dels for dårlig kvalitet. Et vesentlig kostnadselement ved jernbanens investeringer og drift er knyttet til sikkerhetsrelevant utstyr og rutiner.

Ingen av jernbanesystemene i Europa går bedriftsøkonomisk sett med overskudd. Denne situasjonen har vedvart siden 50-årene og er blitt gradvis forverret i samme periode. Tilsvarende har jernbanesystemene vært underfinansiert mht. investeringer i denne perioden. Årsaken er en relativt dyr drift av systemene, også når det gjelder sikkerhetsrelevant utstyr som signalanlegg.

Delingen mellom nettverk og drift, slik det er blitt iverksatt i de fleste europeiske land siden begynnelsen av 80-årene (for Norge jfr. neste avsnitt), er den store nye sikkerhetsrelevante reformen knyttet til jernbanen. Den er begrunnet i et ønske om å sette jernbanen i stand til å vinne tilbake markedsandeler innen person- og godstransporten.

Den norske utviklingen innenfor jernbane er i stor grad integrert i og knyttet til den europeiske utviklingen. Denne integrering vil øke av teknologiske og samferdselspolitiske årsaker.

4.3.3 Sektororganisering

Ved årsskifte 2002 er jernbanesektoren i Norge organisert på følgende måte:

1. Den politiske overordnede myndigheten representeres av *Samferdselsdepartementet*. Den overordnede politikktutforming med relevans for sikkerheten i jernbanesektoren skjer via lovgivningen (med tilhørende forskrifter), stortingsproposisjoner og –meldinger.
2. Det neste nivået representeres av *Statens jernbanetilsyn* (SJT) som ble opprettet i 1996, og er en selvstendig forvaltningsenhet underlagt Samferdsels-

¹⁶ Kilde: St. meld. nr. 46 NTP 2002-2011, tabell 4.2

departementet. SJT utfører tilsyn i form av systemrevisjon og inspeksjoner av de virksomheter som omfattes jernbaneloven.

3. Det tredje nivået er *Jernbaneverket* (JBV) som er statens fagorgan for jernbanevirksomhet. Jernbaneverket er underlagt Samferdselsdepartementet, og har forvaltningsansvaret for det offentlige jernbanenettet. Jernbanenettet skal på en ikke-diskriminerende måte stille jernbanenettet tilgjengelig for aktuelle brukere.
4. *Driftsselskapene (operatørene)* som utfører person- og godstransporten på jernbanenettet er det fjerde nivået i jernbanesektoren. Ved årsskifte er NSB AS med datterselskapet CargoNet AS den viktigste, nærmest enerådende operatøren på det norske nettverket. Nasjonale og europeiske føringer vil potensielt sett bidra til økte markedsandeler for andre operatører. EU har bebudet at nettverkene fra 2006 av skal være fullstendig åpne for alle potensielle operatører (tredje parts adgang).

Den norske organiseringen føyer seg inn i en europeisk modell for organiseringen av jernbanesektoren i tråd med utviklingstendensene beskrevet i forrige avsnitt. Som interessante forskjeller mellom ulike europeiske land kan nevnes følgende:

- Det er kun i de nordiske land (N, S, DK) at tilsynsnivået er ansvarlig for T-bane og forstadsbane /sporveier). I en rekke europeiske land med et høyt antall sporveissystemer i drift eller under planlegging er det etablert særskilte tilsyn for sporveier (og T-bane). En slik deling av tilsynet begrunnes med sporveiens systemkarakter som et sporbundet transportmiddel teknologisk og lovmessig integrert i veitrafikken.
- I Storbritannia er jernbanetilsynet (HM Railway Inspectorate) integrert i Health and Safety Executive (HSE) som et mer omfattende tilsynsorgan mht. til helse, miljø og sikkerhet .
- Jernbanenettverkene i de ulike europeiske land er i offentlig eie ut fra en vurdering av dens betydningen som offentlig infrastruktur. Unntaket er Storbritannia der nettverket ble privatisert (tidl. Railtrack).
- I ulike europeiske land er det pr. i dag iverksatt ulike regler for ”tredjeparts adgang” til jernbannettene. Norge er blant de land som har gått lengst i å åpne nettverket, mens en rekke søreuropeiske land er mest restriktiv i så henseende.

4.3.4 Sikkerhetsrelevante krav

For jernbanen formuleres et sikkerhetsmessig mål i NTP, *Nasjonal Transportplan 2002 – 2011* (St. meld. Nr. 46) som det sentrale politiske dokument for hele samferdselssektoren. ”*Det er et mål at det ikke skal forekomme tap av menneskeliv eller alvorlige skader på mennesker som følge av sammenstøt mellom tog eller ved avsporinger. I tillegg er det en prioritert oppgave å redusere antall ulykker ved*

*planoverganger.*¹⁷ I samme avsnitt til NTP nevnes konkrete tiltak som Samferdselsdepartementet vil prioritere som gir god dokumentert sikkerhetseffekt. Tiltakene som er foreslått er knyttet til kjøretøyteknologi, sikkerhetsteknologi og utvikling av rutiner og bestemmelser.

Den relevante *nasjonale sektorlovgivningen* med tilhørende forskrifter angir ingen risikoaksept eller andre relevante kvantifiserte sikkerhetsmessige mål. Jernbaneloven av 11.06.1993 om anlegg og drift av jernbane, herunder sporvei, tunnelbane og forstadsbane m.m. med tilhørende sikkerhetsrelevante forskrifter¹⁸, fokuserer på myndighetsområder og direkte og relativt detaljert på sikkerhetsrelevante tiltak. Jernbaneloven gir Samferdselsdepartementet anledning til å fastsette forskrifter om bl.a. kjøreveiens tekniske utforming for å ivareta hensynet til en sikker og hensiktsmessig trafikkavvikling.

I instruks for *Statens Jernbanetilsyn (SJT)* paragraf 2 defineres det at ”Tilsynet skal ivareta det offentlige interesser i tilknytning til sikkerhetsspørsmål m.v. ved anlegg og drift av private og offentlig jernbaner, herunder sporveier, tunnelbaner og forstadsbaner til det beste for de reisende, banens personale og publikum i alminnelighet”. En vesentlig oppgave for tilsynet er å ”utarbeide standarder/regler i form for veiledninger i jernbaneloven med forskrifter, samt å delta i og overvåke internasjonalt standardiseringsarbeid.”

Jernbaneverket skal være statens fagorgan for jernbanevirksomhet og forvalte nasjonalt regelverk for jernbane, herunder teknisk regelverk og trafiksikkerhetsregelverk, videre sikre ivaretagelse av samfunnsinteressene knyttet til jernbanevirksomheten. Som produkt av sine aktiviteter definerer Jernbaneverket bl.a. trafikkstyring i form av operativ togleddelse av trafikken på jernbanenettet, og nasjonale normer som setter krav til eiere av jernbanenettet og togsett med hensyn til (a) teknisk utforming av jernbanenettet og rullende materiell, (b) trafikkering og trafiksikkerhet og (c) kompetanser for nøkkelpersonell.

Operatørene med NSB BA som den viktigste på det norske nettet, forholder seg til Jernbanetilsynets og Jernbaneverkets krav. Driften er i stor grad regulert via forskriftene til Jernbaneloven. Risikorelaterte spørsmål (drift) er i stor grad forsøkt håndtert via avvikshåndtering og rapportering.

Risikokonseptet innenfor jernbanesektoren kan betegnes som preget av et ingeniørperspektiv (jfr. Renn, 1992). Et meget høyt sikkerhetsnivå ble oppnådd innenfor

17 NTP 2002 – 2011, avsnitt 4.3.6, s. 47.

18 Bl. a. (signalforskriften (nr. 1336), togframføringsforskriften (nr. 1335), kravforskriften (nr. 1334), tillatelsesforskriften (nr. 1333), fordelingsforskriften (nr. 1332), forskrift om offentlige undersøkelser av jernbaneulykker og alvorlige jernbanehendelser (nr. 122), forskrift om varslings- og rapporteringsplikt i forbindelse med jernbaneulykker og jernbanehendelser (nr. 123) og forskrift om samtrafikkevne i det transeuropeiske jernbanesystem for høyhastighetstog (nr. 424).

jernbanen i første halvdel av det forrige århundre. Det er i stor grad basert på implementering og videreutviklingen av sikkerhetsrelevant teknologi kombinert med en høy grad av rutinisering vedrørende håndtering og rapportering av avvikssituasjoner. Siden 1980-årene har dette perspektivet fått et større islett av et økonomiperspektiv for å veie nytten av ulike kostnadselement i en mer omfattende optimeringsprosess.

4.3.5 Relevante utfordringer for forskning og utvikling

Relevante utfordringer nasjonalt med hensyn til forskning og utvikling vil være knyttet til følgende:

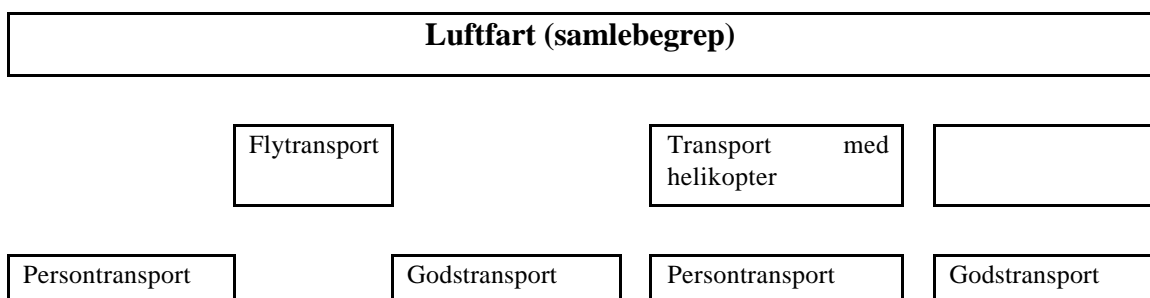
Ny teknologi særlig innenfor informasjons- og kommunikasjonsteknologien må integreres og tilpasses jernbanens sikkerhetsstandarder. Vesentlig områder vil være utviklingen av høyhastighetsteknologien, signalisering og driftskommunikasjon (ny signalteknologi, GSM-R, fremtidig sikkerhetsteknisk forhold mellom kjøretøy og kjørevei) og driftsovervåking (bl.a. detektorteknologi).

Integrering i den europeiske utviklings- og standardiseringsprosessen med følgende prioriteringer gitt i EUs anbefaling for utviklingen av en integrert europeisk jernbane: "Measure 1: developing a common approach to rail safety. Four main changes shall be achieved: (a) to develop common safety methods, (b) to strike a balance between safety regulations and opening the market, (c) to introduce the principles of transparency and exchange of information, (d) to establish independent bodies to investigate accidents and incidents"¹⁹.

4.4 Luftfart

4.4.1 Begrepsavklaring

I luftfarten inngår transport av personer og gods ved hjelp av fly og helikopter. Militær luftfart er ikke vurdert nærmere i dette notatet.



Tabell 4.3: Typologisering av lufttransport

¹⁹ Kilde: European Commission, Towards an integrated European railway area – the new railway package, s.4.

I luftfarten generelt på nasjonalt og internasjonalt nivå er persontransporten av relativ større betydning enn godstransporten. For helikoptertransporten er bildet mer nyansert med et større innslag av tjenester relatert mot transport av gods eller gjennomføringen av spesielle service-tjenester.

Hovedelementene i luftfartens infrastruktur er luftrummet, lufthavner, lufttrafikk-tjenesten inkl. Kommunikasjonsdatabasen Norwegian aeronautical system (NAIS), navigasjonshjelpemidlene og sambandsinfrastrukturen. Alle elementene inkludert deres forvaltning er sikkerhetsrelevant. "Kjøretøyene" fly og helikopter (type fly/helikopter, vedlikeholds- og driftsopplegg) brukt i luftfarten er også direkte sikkerhetsrelevant

4.4.2 Relevante utviklingstrender

Luftfarten i Norge er og har vært blant de mest sikre transportmidlene med lav ulykkesrisiko sammenlignet med veitrafikken (1,3 omkomne pr. mrd. personkilometer²⁰ innenlands), men noe høyere enn trafikken med tog eller innenriks ferje og rutebåt. Nasjonalt og internasjonalt har luftfarten hatt en sterk positiv utvikling med vekst i antall passasjer og ton gods fraktet med fly eller helikopter. Utviklingen av helikoptertrafikken i Norge står i tett sammenheng med utviklingen av petroleumssektoren.

Luftfarten nasjonalt er stort sett selvbærende bedriftsøkonomisk sett. Investeringer i infrastrukturen og dens drift blir sett under ett nærmest utelukkende finansiert via ulike bruksavgifter. Det samme gjelder driften av flytilbudet nasjonalt. Internasjonalt er situasjonen noe forskjellig fra land til land ved at noen flyselskaper fortsatt får statlige subsidier av ulik karakter.

Den norske utviklingen innenfor luftfarten er i stor grad integrert i og knyttet til den europeiske utviklingen, og utviklingen internasjonalt ellers. Denne integrering vil øke av teknologiske og samferdselspolitiske årsaker.

4.4.3 Sektororganisering

Ved årsskifte 2002 er luftfarten i Norge organisert på følgende måte:

1. Den politiske overordnede myndigheten representeres av *Samferdselsdepartementet*. Den overordnede politikktutforming med relevans for sikkerheten i luftfarten skjer via lovgivningen (med tilhørende forskrifter), stortingsproposisjoner og –meldinger.
2. Det neste nivået representeres av *Luftfartstilsynet* som ble opprettet i 2000, og er en selvstendig forvaltningsenhet underlagt Samferdselsdepartementet. Luftfartstilsynet har ansvar for viktige oppgaver som skal bidra til økt sikkerhet i luftfarten. Etaten har det overordnede ansvar blant annet for å fastsette normer, utøve

²⁰ Kilde: St. meld. nr. 46 NTP 2002-2011, tabell 4.2

adgangskontroll, drive kvalitetskontroll av materiell og utstede sertifikater for flyselskaper, verksteder, piloter og kabinpersonell. I tillegg skal etaten føre tilsyn med at lover og forskrifter etterleves.

3. Det tredje nivået er **Avinor** (tidligere luftfartsverket) som er et aksjeselskap eid av staten. Selskapet er selvfinansierende og får inntekter fra driften av flyplasser og trafikken. Inntektene deles inn i trafikkinntekter, gebyrer, kommersiell aktivitet på flyplassene, samt salg av tjenester til de ikke-statlige flyplassene. Avinor er ansvarlig for å opprettholde det samme sikkerhetsnivået i alle regionene og på alle flyplassene. For å klare dette må midler overføres fra de største flyplassene som går med overskudd, til resten som må subsidieres. En stor del av midlene går til vedlikehold og utvidelse av terminalbygg, tårn, driftsbygg og rullebaner. Avinor har også ansvaret for flynavigasjon, radaranlegg og utstyr. Avinor har en egen beredskaps- og sikkerhetsavdeling, og har ansvaret for at sikkerheten har høyeste prioritet innen luftfarten. Avinor utdanner flygeledere ved skolesenteret i Røyken.
4. **Flyelskapene (operatørene)** som utfører person- og godstransporten er det fjerde nivået i luftfarten. SAS-konsernet er den største operatøren i Norge.

Leverandørene av fly og helikopter vil kunne betegnes som femte nivået i luftfarten. I motsetning til f. eks. jernbanen der de sikkerhetsmessige kravene til kjøretøyene er presist definert nærmest uavhengig av leverandøren, er flyene basert på til dels avvikende konsept for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet (bl.a. materialvalg, man-machine interface) hos leverandørene.

Den norske organiseringen føyer seg inn i en europeisk modell for organiseringen av luftfarten i tråd med utviklingstendensene beskrevet i forrige avsnitt. Som interessant forskjell mellom Norge og ulike europeiske land kan nevnes at lufthavnene ikke nødvendigvis er i et felles offentlig eller statlig eie. Dermed finnes det ikke grunnlag for en krysssubsidiering av flyplassene på nasjonalt nivå for å opprettholde samme sikkerhetsnivået over hele landet. Med utgangspunkt i at minstestandarder for sikkerheten knyttet til enkeltflyplassene med sitt respektive utstyr uansett må overholdes, er en slik målsetting mer av regionalpolitisk enn av sikkerhetsmessig karakter.

4.4.4 Sikkerhetsrelevante krav

For jernbanen formuleres et sikkerhetsmessig mål i NTP, *Nasjonalt Transportplan 2002 – 2011* (St. meld. Nr. 46) som det sentrale politiske dokument for hele samferdselssektoren. *”Det legges i alt sikkerhetsarbeidet overfor rutegående luftfart til grunn at ulykker ikke skal kunne finne sted, og at følgende skal reduseres til det minimale dersom en ulykke likevel skule inntreffe. Risikoen for at det inntreffer en dødsulykke med rute- eller charterfly er meget lav, samtidig som det kan ha store utslag i risikotallene for en periode dersom en ulykke først inntreffer. I privatflygingen er ulykkestallene høye i Norge, også i europeisk sammenheng, og det er klart mål å*

*reducere antallet ulykker.*²¹ I samme avsnitt til NTP nevnes konkrete tiltak som Samferdselsdepartementet vil prioritere, som øker sikkerheten. Tiltakene foreslått er knyttet til utviklingen av flysikkerhetstjenesten i norsk og europeisk perspektiv, og utvikling av rutiner og bestemmelser. Ellers vil departementet, som omtalt i St.prp. nr. 60 (1999-2000) ”Om ein del saker på Samferdselsdepartementets område”, vurdere sikkerhetsforholdene knyttet til helikoptervirksomheten på norsk kontinentalsokkel nærmere. I Norges offentlige utredninger denne proposisjonen delvis er basert på benevnes subjektiv (opplevd) risiko som en relevant indikator for flysikkerhet²².

Den relevante *nasjonale sektorlovgivningen* med tilhørende forskrifter angir ingen risikoaksept eller andre relevante kvantifiserte sikkerhetsmessige mål. Lov om luftfart (Luftfartsloven) av 11.06.1993 med tilhørende sikkerhetsrelevante forskrifter²³ fokuserer på myndighetsområder og direkte og relativt detaljert på sikkerhetsrelevante prosedyrer og tiltak. Ellers har Norge gjennom EØS-avtalen bl.a. gjennomført Rådsforordningen 3922/91 om harmonisering av tekniske krav og administrative framgangsmåter i sivil luftfart, et regelverk som gir EU kompetanse til å gi regler på flysikkerhetsområdet. Norske luftfartsmyndigheter deltar også aktivt innefor JAA (Joint Aviation Authorities) med utforming av felles europeiske regler, standarder og prosedyrer på flysikkerhetsområdet. Fra norsk side har en derfor uttrykt at det er en viktig målsetting å gå inn som medlem i EASA (European Aviation Safety Authority), en organisasjon som vil kunne ytterligere styrke flysikkerheten i Europa.

I instruks for *Luftfartstilsynet* paragraf 2 defineres at ”Luftfartstilsynet er luftfartsmyndighet og utøvende kontroll- og tilsynsmyndighet for sivil luftfartsvirksomhet i Norge. Innenfor rammebetingelser fastsatt av overordnet myndighet skal Luftfartstilsynet arbeide for at luftfartsvirksomheten i Norge utøves på en sikker og formåls effektiv måte. Luftfartstilsynet skal føre tilsyn med at utøvere av luftfartsvirksomhet oppfyller de krav som er satt til virksomheten.”

21 NTP 2002 – 2011, avsnitt 4.3.8, s. 49.

22 NOU 2001:21 og NOU 2002:17 begge med tittel *Helikoptersikkerheten på norsk kontinentalsokkel*. ”Utvalgets forslag til indikatorer for flysikkerhet har vært følgende: (a) Antall omkomne per million person flytimer, (b) Antall luftfartsulykker per million flytimer, (c) Antall omkomne per år i forbindelse med helikoptertrafikk, (d) Antall registrerte alvorlige luftfartshendelser (”serious incidents”) og luftfartshendelser (”incidents”) per år eller per million flytimer, (e) Antall driftsforstyrrelser (”occurrences”) per år eller per million flytimer, (f) Antall registrerte tekniske og operative avvik per år eller per million flytimer og (g) Subjektiv (opplevd) risiko. Indikatorene A – F kan betegnes som objektive. Av disse kan A – C betegnes om ”direkte”, mens D-F er mer ”indirekte”. (NOU 2002:17, kap. 4)

23 Bl.a. forskrift (nr. 1265), Delegering av myndighet til Samferdselsdepartementet etter luftfartsloven, forskrift nr. 1266, Instruks for Luftfartsverket, forskrift nr. 1267, Instruks for Luftfartstilsynet og forskrift nr. 1273, Delegering av myndighet til Luftfartstilsynet etter luftfartsloven.

Arbeidsoppgavene for tilsynet er å forberede og utøve forvaltningsmyndighet, herunder: gi forskrifter, utarbeide regler og sette standarder for luftfartsvirksomheten, gi tillatelser i form av konsesjoner, lisenser, sertifikater mv. til lufthavneiere, flyselskaper, verksteder, produsenter, flygere, flygeledere, flyteknikere og andre som vil drive luftfartsvirksomhet, godkjenne luftfartøy, flymateriell og infrastrukturanlegg før bruk, føre Norges Luftfartøyregister, føre nødvendige registre over aktører, føre tilsyn i form av adgangskontroller, systemtilsyn og inspeksjoner mv. med at aktører som planlegger og bygger ut, samt driver luftfartsvirksomhet etterlever lover, forskrifter, konsesjonsvilkår, lisenser, sertifikater etc., drive informasjonsvirksomhet overfor aktørene i luftfartssystemet og samfunnet generelt.

Avinor (tidligere luftfartsverket) skal i henhold til instruksjonen legge til rette for effektiv lufttransport til lavest mulige samfunnsøkonomiske kostnader. Luftfartsverket skal ivareta samfunnets behov for et helhetlig og landsdekkende luftfartssystem med infrastruktur og tjenester, og virksomheten inngår som et viktig element i totalforsvaret i fred, krise og krig. Luftfartsverket er representert i Sikkerhetsrådet for luftfarten og skal ivareta de operative tiltak som er nødvendige i den sammenheng. Luftfartsverket skal bl.a. utføre følgende oppgaver: (a) på forretningsmessig grunnlag yte lufthavn- og flysikkerhetstjenester, og annen luftfartsrelatert virksomhet til flyselskaper og andre brukere og (b) foreslå og gjennomføre tiltak for å fremme sikkerheten innen sivil luftfart, samt ivareta hensynet til et godt miljø

Flyselskapene forholder seg til Luftfartstilsynets og Avinors krav. Driften er i stor grad regulert via forskriftene til Luftfartsloven. I tillegg har selskapene interne rutiner vedr. driften (inkl. vedlikehold av flyene hhv. helikopter) som inkluderer avvikshåndtering og rapportering (drift).

Risikokonseptet innenfor den sivile luftfarten kan betegnes som preget av et ingeniørperspektiv (jfr. Renn, 1992). Et meget høyt sikkerhetsnivå ble oppnådd innenfor luftfarten i andre halvdel av det forrige århundre. Det er i stor grad basert på implementering og videreutviklingen av sikkerhetsrelevant teknologi kombinert med en høy grad av rutinisering vedrørende håndtering og rapportering av avvikssituasjoner. Innenfor den sivile luftfarten har ingeniørperspektivet alltid hatt et større islett av et økonomiperspektiv for å veie nytten av ulike kostnadselementer i en mer omfattende optimeringsprosess.

4.4.5 Relevante utfordringer for forskning og utvikling

Relevante utfordringer nasjonalt med hensyn til forskning og utvikling vil være knyttet til følgende:

Ny teknologi, særlig innenfor informasjons- og kommunikasjonsteknologien og materialteknologien, må integreres og tilpasses luftfartens sikkerhetsstandarder. Vesentlige områder vil bl.a. være utviklingen av satelittbasert navigasjonssystem (GNSS), defineringen av grensesnittet menneske/teknologi og bruken av nye materialer ved bygging av fly og helikopter.

Integrering i den europeiske prosessen med hensyn til utforming av felles regler, standarder og prosedyrer er en videre sentral utfordring.

5 Innspill til videre forskning

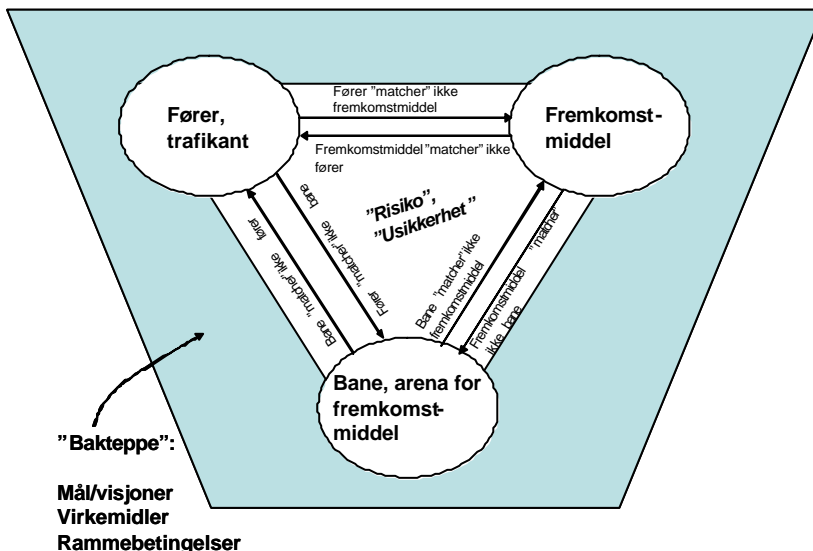
Gjennom dette arbeidet er det identifisert en rekke utfordringer og problemstillinger som er knyttet til temaet risikoaksept og risikoakseptkriterier og som det bør forsker videre på. Disse områdene gjelder blant annet følgende tema:

1. Helhetlig tenkning. Prinsipper
2. Risikoanalyser
3. Risikoindikatorer
4. Risikokommunikasjon
5. Risikoakseptkriterier og krav til ytelse av beredskapssystemer (barrierer)
6. Beslutningsanalyse.

I et følgende vil disse områder blir kort diskutert. Kapitlet avsluttes med en diskusjon og konklusjoner.

5.1 Helhetlig tenkning. Prinsipper

Hvilket perspektiv på risiko og sikkerhet bør velges? Hvordan skal vi uttrykke vår usikkerhet om "verden" (hvordan vil systemer fungere, og hvordan kan mulige ulykker, skader og tap inntreffe)? Dette er viktige spørsmål å avklare før vi skal studere risiko i transportsektoren.



Figur 5.1: Usikkerhet knyttet til transportsystem

Figur 5.1 viser en forenklet modell av transportsystemet og koplingene mellom elementene; *fører/trafikan*t, *fremkomst-middel* og *bane/arena for fremkomst-middel*.

Samspeilet mellom disse elementene avgjør hvor sikkert transportsystemet er. Vi kan innta minst seks ulike perspektiv når vi studerer dette samspeilet, angitt med hver sine piler i figur 1. Vi kan for eksempel studere påstanden om at; *Fører "matcher" ikke fremkomstmiddel*. Med det mener vi at det er svakheter knyttet til førerens kunnskaper og kompetanse som gjør at føreren ikke mestrer et fremkomstmiddel – vi har valgt et perspektiv. Det motsatte perspektivet er at; *Fremkomstmiddel "matcher" ikke fører*. Vi velger da å se på designløsninger ved selve fremkomstmidlet som svakheter for å tilfredsstille trafikanters ferdigheter. Vi kan også se på kombinasjoner av perspektivene. "Bakteppet" er de *mål/visjoner, virkemidler og rammebetingelser* som styrer transportsystemet. Mål og visjoner omfatter fra nullvisjonen, til mer konkrete mål på risiko og ned til detaljerte målformuleringer til for eksempel transportsikkerhetstiltak. Virkemidler kan påvirkes av transportaktøren, og kan for eksempel bestå av krav til transportsystemet, struktur og utøvelse av trafikkledelse, stimulering, spesifikk kunnskapsinnhenting (analyser, revisjoner, forskning, ulykkesgranskning), og spesifikke løsninger og tiltak. Rammebetingelser er forhold som ligger utenfor kontrollen til transportaktøren, og rammebetingelsene kan omfatte fysiske forhold (vær og topografi), krav (lover og regler), ressurstilgang, og eksterne aktørers (industri og næringsvirksomhet, kommuner, fylker, stat, virksomheter, brukere) involvering i transportsystemet. Alle disse faktorene påvirker vår usikkerhet med hensyn til fremtidige hendelser og utfall, og denne usikkerheten omtaler vi som risiko.

Det finnes ulike perspektiver for hvordan en kan tenke når det gjelder risiko og usikkerhet knyttet til ulykker, skader og tap. Avhengig av perspektiv vil en tilnærme seg sikkerhetsarbeidet på ulike måter. NFR-innstillingen om "Forskning om risiko i transport", omtaler dette, og peker på behovet for å tenke nytt i forhold til ulike aspekter, som for eksempel risikoanalyse. Her har det tradisjonelt vært anvendt en rent statistisk tilbakeskuende tilnærming, med et skarpt skille mellom "reell risiko" ("objektiv risiko") på den ene siden og opplevd, subjektiv risiko på den annen. En slik tilnærming er etter vår oppfatning foreldet, og må erstattes av en tenkning som setter fokus på fremtiden og som bruker sannsynligheter for å uttrykke usikkerhet med basis i all relevant kunnskap, ikke bare de historiske målinger. Angående risiko og usikkerhet, er det fremtiden vi er interessert i å studere, for å gi et best mulig underlag for beslutninger. Og, skal vi kunne gi et godt underlag for slike beslutninger, vil det i de fleste tilfeller ikke være nok å se på overordnede, gjennomsnittstall for populasjoner som er mer eller mindre relevante for det aktuelle problemet som studeres. Dette vil innebære et skifte i tenkningen, og vil gi ringvirkninger for blant annet utformingen av gode målsettinger for sikkerhetsarbeidet, for risikoforståelse, risikoanalyser og akseptkriterier for risiko. Det vises til kapittel 2 og Aven (2003) og Aven og Njå (2002), for en mer detaljert gjennomgang av dette perspektivet på risiko.

Vi er av den oppfatning at denne tenkningen kan anvendes på transportsektoren. En slik tenkning vil etter vår mening gi verdifulle bidrag til hvordan en kan tilnærme seg nullvisjonen og risiko innenfor transport. Den viktigste utfordringen er: Hvordan kan en få til en logisk konstruksjon av nullvisjonen og en risikobasert tenkning, og spesielt bruk av risikoakseptkriterier? Slike kriterier kan være et nyttig redskap for å forenkle beslutningsprosesser som angår sikkerhet, men slike kriterier må brukes med varsomhet. I mange tilfeller kan en mer hensiktsmessig framgangsmåte være å fokusere

på de ulike løsningsforslagnes konsekvenser og usikkerheter, og la beslutningstaker eksplisitt ta stilling til hvordan en skal balansere konsekvenser og usikkerheter. Utgangspunktet er da at det ikke er en risiko som en aksepterer, men løsningen, og da må en se hele konsekvensbildet. Ulykkesrisiko er bare ett aspekt.

5.2 Risikoanalyser

Bruk av risiko- og sårbarhetsanalyser, sammen med eventuelle akseptkriterier, skal gi grunnlag for å prioritere ressurser på en god måte og å innarbeide tilstrekkelig transportsikkerhet. En forutsetning for risiko- og sårbarhetsanalyser er at det eksisterer en beslutningssituasjon. Før en starter metodearbeidet er det først viktig å foreta en kartlegging av aktuelle beslutningssituasjoner- og prosesser, på forskjellige beslutningsnivåer, med den hensikt å identifisere kunnskap og informasjon som inngår i beslutningene, hva som er de viktigste parametrene som inngår, og hvordan disse blir brukt eller veid opp mot hverandre. Denne kartleggingen vil gi underlag for å utvikle en hensiktsmessig tenkning omkring risiko og risikoanalyse for beslutningsstøtte, tilpasset de utfordringer som en står ovenfor i dag og i fremtiden. Fokus blir da ikke bare hva som gjøres, men også hva som *bør* gjøres.

Det er behov for en grunnleggende og bred diskusjon. Denne diskusjonen må gå på ulike situasjoner, for ulike faser og aktiviteter. Målsettingen må være å gjøre risikoanalysen til et redskap som kan gi støtte i valg av løsninger og tiltak, der muligheter og fleksibilitet, er like viktige i tenkningen som hva som er godt nok. Arbeidet vil også bidra til å gi fagområdet en mer solid teoretisk basis, noe som er av stor betydning for fagets videre utvikling og anvendelse. Egnede risikoanalyser er en forutsetning for meningsfull bruk av risikoakseptkriterier. Vurderinger av hva som er akseptabel risiko og bruk av risikoakseptkriterier kan ikke sees uavhengig av det redskapet som skal brukes for å uttrykke risiko.

Vi ser også en trend om å legge stor vekt på sikkerhetskultur når sikkerhetsarbeid i en organisasjon eller sektor skal vurderes. Vi er enige i dette, og vi mener at transportsektoren har en stor utfordring med hensyn til å sikre tverrfaglighet i risikoanalyse og -vurdering. Vi sikter da til en økt forståelse for hvorfor førere/trafikanter handler som de gjør, hvorfor løsninger på baners/fartøymediums utforming er som de er, og hva som har gitt fartøyenes egenskaper og design. Her finnes betydelige sosiale, organisatoriske, kulturelle og psykologiske faktorer som det i dag finnes begrenset med kunnskap om.

Ethvert transportsystem vil kunne studeres i forhold til risiko. Det viktige er ikke om analyser kan gjøres, men å bestemme når det er viktig å utføre analyser for gitte system. Det vil si at nytten av å gjennomføre analysen må/bør overstige kostnaden ved å gjennomføre den. Hovedutfordringen er; å synliggjøre når en risikoanalyse skal utføres i transportsektoren og hvordan analysen skal organiseres.

5.3 Risikoindikatorer

Hva som er akseptabel risiko, vil i mange tilfeller baseres på målinger og ulike former for indikatorer (risikoindikatorer). De fleste risikoindikatorer som brukes i dag for å beskrive utviklingen i sikkerhetsnivået, tar utgangspunkt i et statistisk materiale som viser hvor ofte det har skjedd uønskede hendelser i virksomheten. Forbedringstiltak som igangsettes på bakgrunn av disse er viktige, men reaktive. Særlig i de tilfellene der hendelsene skjer sjelden, vil det ta tid før indikatorene fanger opp en uheldig utvikling. Det er derfor viktig å supplere denne type indikatorer med en mer proaktiv tenkning, der fokus er på fremtiden og *risiko*. Utfordringen er å finne frem til funksjonelle risikoindikatorer og –indekser, samt et registrerings- og rapporteringssystem som kan oppfylle nødvendige krav til blant annet reliabilitet, validitet og relevans.

Det er nødvendig å foreta en kritisk analyse av de indikatorene som brukes i dag, med sikte på å etablere egnede retningslinjer for bruk. Arbeidet bør ta utgangspunkt i blant annet de utfordringer som er nevnt ovenfor, og den tenkning som er gjort i forbindelse med prosjektet Risikonivå på sokkelen (Vinnem m.fl., 2002) og SINTEF's indikatorprosjekt (Øien, 2001). Hovedutfordringene er å etablere ulike former for risikoindikatorer og –indekser, tilpasset det enkelte transportsystem.

5.4 Risikokommunikasjon

Risikoanalyser kan inneholde store mengder data, beregninger og resultater. Ofte blir disse resultatene oppsummert til nøkkeltall (FAR og PLL-verdier) som er relativt komplekse størrelser, ved at de er beregnet med utgangspunkt i et stort antall hendelser. Disse hendelsene har varierende årsaker, konsekvenser og sannsynlighet. For beslutningstakere, planleggere, og andre kan det dermed være vanskelig å relatere resultatene i risikoanalysen til konkrete problemstillinger, slik resultatene presenteres i dagens analyser. Dette er selvfølgelig også viktig når det gjelder bruken av analyseresultatene, for å vurdere om risikoen er akseptabel.

Som en del av arbeidet med å forbedre kunnskapen om risikoanalysen og resultatene fra den, bør en se på muligheten for å bruke grafiske/visuelle virkemidler for å formidle risiko på en enklere og mer helhetlig måte. Det er to hovedområder for slike virkemidler:

- Presentasjon og formidling av risikoanalysens resultater, med visualisering av det abstrakte begrepet "risiko" samt bidragsytene til risikoen, i tillegg til synliggjøring av de barrierene som skal forhindre at uhell skjer, eller at mindre uhell eskalerer til store ulykker.
- Interaktiv opplæring hvor gitte beslutninger fører til endringer i risikoen, og hvor denne endringen synliggjøres fortløpende. I tillegg til visualiseringen som beskrives i punktet over betyr slik opplæring at risikoanalysens resultater fortløpende oppdateres basert på operatørens valg.

I første omgang bør det fokuseres på det første området; presentasjon og formidling. Interaktiv opplæring er en mulighet når visualiseringen for presentasjon og formidling har funnet sin form.

Som en del av risikoanalysen er det etter hvert blitt vanlig i en del sammenhenger å lage såkalte ”risikokart”, hvor en del sikkerhetsrelatert nøkkelinformasjon om system og ulike områder presenteres. Utforming av og innholdet i disse kartene varierer, og en har i begrenset grad brukt visualisering; kun enkle bilder samt oppsummering av viktig informasjon ved hjelp av tekst. Innholdet i risikokart vil variere for ulike systemer, og for hva slags beslutningsstøtte kartet skal gi. Felles for alle slike kart er imidlertid behovet for å kunne visualisere risiko, og effektivt å kunne kommunisere et svært komplekst fenomen på en oversiktlig og helhetlig måte.

Denne forskningen skal først og fremst frembringe kunnskap som kan brukes når en skal formidle resultatene fra risikoanalyser, enten det skjer ved hjelp av risikokart eller andre hjelpemidler. Vi ser et spesielt stort behov for et arbeid med utgangspunkt i Geografiske Informasjonssystemer (GIS) og risikokommunikasjon. GIS er et høyt profilert område i planlegging hvor sentrale aktører ønsker å benytte verktøyet til å implementere beredskapsmessige hensyn i samfunnsplanlegging. Prinsipper, metoder og modeller er i liten grad utviklet av sikkerhetsfaglige miljøer, og det er ønskelig med en grunnleggende studie av GIS og risikostyring.

5.5 Akseptkriterier for risiko, krav til ytelse av beredskapssystemer (barrierer)

I en risikobasert tenkning er det en utfordring å få til en struktur som binder sammen overordnede mål og risikoakseptkriterier og de mer detaljerte krav til løsninger, barrierer og beredskap. Er det konsistens mellom krav til risiko og krav til ytelse av barrierene? Hvordan skal vi utvikle kravene til barrierenes ytelse?

Dersom vi velger et ovenifra og ned perspektiv, dvs. at krav skal utvikles fra overordnede mål som nullvisjonen, kan vi legge en normativ systemutviklingsprosess til grunn. Resultatet av en systemutviklingsprosess i et prosjekt på et gitt tidspunkt er krav (spesifikasjoner). Disse kravene som blant annet omfatter krav til ytelsen av barrierer, vil være input til utviklingsprosessen i neste fase. Da etableres mer detaljerte løsningsforslag med de etablerte kravene som rammebetingelser. Mange av kravene er knyttet til forutsetninger og antagelser som er gjort i utviklingsprosessen. Disse kan være relatert til ulykkeslaster, eller til pålitelighet og tilgjengelighet av sikkerhetssystemer, og vil ofte være et resultat av lite detaljert informasjon om aktiviteten på det aktuelle tidspunktet. Forutsetningene og antagelsene vil danne krav når det gjelder designmessige, operasjonelle og organisasjonsmessige forhold. Disse kravene vil ofte være formulert som funksjonelle krav som må være oppfylt for at overordnede krav og risikoakseptkriterier skal bli tilfredsstilt. Etterhvert som prosjekteringen fortsetter vil de utarbeidede kravene utgjøre en stadig større del av analysens rammebetingelser.

I praksis er det vanskelig å finne frem til gode metoder for å sette slike verdier og krav. Særlig er det en utfordring å finne frem til metoder for å kunne bryte ned de overordnede krav til mer operasjonelle krav. Hvordan skal vi binde sammen de

overordnede risikoakseptkriterier, f.eks. uttrykt ved FAR-verdier, og de mer detaljerte krav til løsninger og tiltak, f.eks. utformet som dimensjoneringskrav i forhold til barrierer og beredskapssystemer? Hvordan bør kravprosessen være i de ulike faser i livsløpet til et system? Hvordan bør forutsetninger og antagelser som gjøres i de ulike tidsfaser følges opp? Dette er noen av de problemstillinger som her bør sees nærmere på.

En målsetting må være å utvikle metoder for nedbryting og oppfølging av sikkerhetsrelaterte kriterier og krav gjennom de ulike faser av et prosjekt. Spesielt bør det fokuseres på oppfølging av forutsetninger som gjøres i de ulike faser. Hensikten må være å etablere et helhetlig system som knytter sammen overordnede akseptkriterier for risiko og de mer operative krav som stilles til løsninger og tiltak. Målsettingen er å utvikle en overordnet modell for nedbryting og oppfølging av sikkerhetsrelaterte kriterier og krav gjennom de ulike faser av et prosjekt. Modellen vil beskrive grunnleggende prinsipper for nedbrytingen og oppfølgingen, og de spesifikke metoder som kan anvendes for å sikre effektivitet i gjennomføringsprosessen. Sentrale elementer i modellen vil være

- Tilgang på informasjon. Hva er tilgjengelig av informasjon på ulike tidspunkter, og hvordan representeres denne?
- Forutsetninger og antagelser. Hvordan fremkommer disse og hvordan følges de opp?
- Kontinuitet. Hvordan sikres kontinuitet gjennom de enkelte faser?
- Analyser. Hvilke krav må stilles til risikoanalysen? Hvordan brukes analysen i de ulike faser? Hvordan skal en bruke kost-nytte analyser?
- Kopling systemutviklere, risikoanalytikere og beslutningstakere. Hvordan får en til en effektiv kommunikasjon mellom de ulike aktører?

Et annet perspektiv kan være å studere transportsystem i drift, de konkrete kravene til systemet (fører/trafikanter, fartøy, og bane/fartøymedium) og de spesifikke barrierene som er involvert. Vi ser behovet for et nedenfra og opp-perspektiv. Da blir utfordringen å avlede hvilke akseptkriterier for risiko som implisitt kan avledes fra de konkrete kravene og hvilke forutsetninger og antakelser som ligger til grunn. Spørsmålet er om vi ut fra et slikt perspektiv kan evaluere konsistens mellom krav på lavere nivå til mer overordnede krav, og vil kravene til noen av elementene i transportsystemet være ensidige sterke eller svake i forhold til krav til andre elementer?

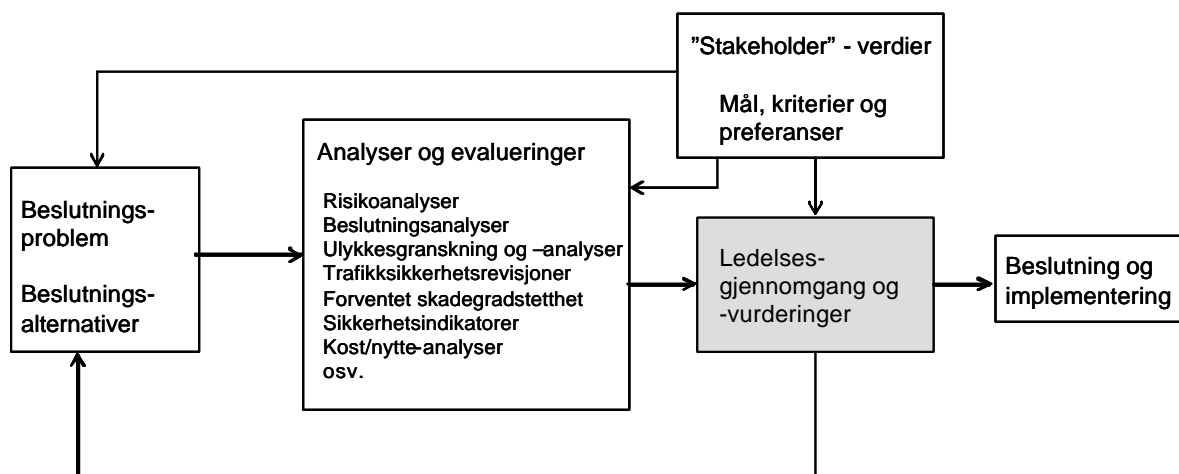
5.6 Beslutningsanalyse

Risikoanalyser, risikoindikatorer og eventuelle risikoakseptkriterier, gir underlag for beslutninger. Analysene, indikatorer og kriteriene må imidlertid sees i et større perspektiv som omfatter vurderinger av ulike goder og ulemper ved de alternative løsninger og tiltak. En tilnærming som kan brukes er å liste opp alle viktige goder og ulemper, noen med prediksjoner og usikkerhetsvurderinger, som for eksempel investeringskostnader, andre med mer kvalitative vurderinger, som for eksempel

betydning for omdømme. En annen tilnærming vil være å beregne indekser som for eksempel forventet kostnad per forventet spart liv, eller forventet diskontert kostnad, der en har transformert goder og ulemper til penger. Dette innebærer at en har gitt en kroneverdi for et statistisk liv, dvs. en har utført en kost/nytte-analyse eller en kost/effektivitetsanalyse. I litteraturen er kost/nytte-analysen knyttet opp til en tenkning som en finner i det tradisjonelle synet på risiko, en søker etter objektive, de korrekte, forventingsverdier for for eksempel verdien av et statistisk liv. En slik tankegang er utfordret i denne rapporten, se kapittel 2.1. Det er ikke mulig å fastsette *riktige* verdier på noe som angir vurderinger av goder. Med det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet som beskrevet i kapittel 2.1 blir en slik søken etter korrekte verdier meningsløs. Ulike verdier på et statistisk liv kan settes for å få innsikt, for å få underlag for beslutninger, men det finnes ikke en verdi som er korrekt.

Analyser, risikoanalyser og kost/nytte-analyser, gir underlag for beslutninger. Det vil alltid måtte være et element av gjennomgang og vurdering for beslutningstaker før beslutning, se figur 5.2. Analysene har sine begrensninger og forholder seg til en kontekst som ofte er mindre enn den som beslutningstaker må forholde seg til.

Det er behov for å diskutere dette kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet videre. Spesielt gjelder dette bruk av kost/nytte-analyser og kost/effektivitetsanalyser, samspillet mellom vurderinger av risikoaksept og disse analysene, og hvordan en kan få til en struktur på "Ledelsesgjennomgang og –vurdering" aspektet.



Figur 5.2: Modell for beslutningstaking under usikkerhet, (Aven, 2003)

5.7 Diskusjon og konklusjoner

Denne rapporten gir en kunnskapsoversikt over temaet akseptabel risiko og bruk av risikoakseptkriterier, generelt og spesielt rettet mot transportsektoren. Det er et stort tema som kan deles inn i følgende hovedemner;

- a. Hvordan blir beslutningsprosesser som angår risiko gjennomført og hvordan bør de bli? Hvordan inngår vurderinger av akseptabel risiko i disse beslutningsprosessene, og hvordan bør de inngå?

- b. Hvilken rolle har bruk av risikoakseptkriterier i disse prosessene og hvilken rolle bør de ha? Hvordan utformes slike kriterier og hvordan bør de utformes?

Utfordringene er her i dette prosjektet knyttet til transportsektoren, men problemstillingene er i stor grad av generell karakter og kunnskap fra andre anvendelsesområder er derfor både interessant og viktig.

Rapporten diskuterer disse temaene og har identifisert en del utfordringer for videre forskning. Et av de mest sentrale spørsmålene er hvorvidt en i det hele tatt bør formulere og bruke kvantitative risikoakseptkriterier, av formen sannsynligheten for at en hendelse skal være høyst 0.0001. Dette er et tema som også diskuteres innenfor andre områder, som oljenæringen. Denne diskusjonen er viktig, for det synes å være en utbredt forestilling hos mange at statistikk og risikoanalyser ikke har mening uten bruk av slike kriterier. Dette er imidlertid galt (se diskusjonen nedenfor). Transportsektoren bør være forsiktig med å uten videre anvende en tenkning som har vært rådene i oljevirkomheten. Det er mange som stiller spørsmålsteget ved om den er hensiktsmessig.

La oss se på et eksempel for å tydeliggjøre hva denne diskusjonen handler om.

Risiko er knyttet til framtiden og angis ved sannsynligheter og statistiske forventingsverdier. Vi fokuserer på antall drepte neste år i trafikken, X . Da kan en risikoangivelse gis ved for eksempel forventningsverdien, EX (ofte omtalt som PLL - Potential Loss of Life), og sannsynlighetsfordelingen til X , $P(X > x)$. Et risikoakseptkriterium kan nå etableres som for eksempel:

Sannsynligheten $p = P(X > 300)$ skal høyst være 5%.

Kriteriet sier at det skal være en liten sannsynlighet (5%) for at minst 300 blir drept i trafikken neste år. Er dette et fornuftig kriterium å bruke? La oss tenke oss at vi bruker dette kriteriet. Vi gjør en risikoanalyse og etablerer at; med et sett av tiltak A får vi en p lik 5% og med et sett av tiltak B får vi en p lik 10%. I henhold til akseptkriteriet er $p = 10\%$ ikke en akseptabel risiko, men hva med kostnader? Det kan jo tenkes at A koster 200 milliarder og B koster 10 milliarder. Skal vi likevel kreve $p = 5\%$? Vel, det er et politisk spørsmål å avgjøre. Vurderinger av denne typen av hva som er godt nok sikkerhetsmessig, er av politisk karakter og kan ikke bestemmes gjennom en mekanisk bruk av risikoakseptkriterier der analytikeren ikke ser rekkevidden av de valgene som skal gjøres. Det interessante her er løsningene (tiltakene), valget av løsningene (tiltakene) og hva disse innebærer i forhold til alle goder og ulemper. Ulykkesrisiko er bare en dimensjon. Risikoen er viktig, men krav satt til risiko i forkant før vi ser hva løsninger og tiltak innebærer, kan være lite kostnadseffektive. Poenget er, at dersom det er ønske om å oppnå økt sikkerhet, må fokus være på hvordan en best mulig bruker ressursene for å oppnå denne utvikling.

Alternativet til bruk av risikoakseptkriterier er at bør legge følgende prosess til grunn:

1. Generer ulike løsningsforslag og tiltak som gir endringer i (reduert) risiko.
2. Kartlegg hva disse medfører av goder og ulemper (herunder risikoeffekt, kostnader, ...)

3. Vurder dette underlaget og ta et valg.

Det betyr at følgende prosess basert på bruk av risikoakseptkriterier bør avvises:

1. Spesifiser risikoakseptkriterier
2. Generer ulike løsningsforslag og tiltak som forventes å møte disse
3. Kartlegg risiko
4. Sammenlign beregnet risiko med risikoakseptkriteriene. Forkast løsninger og tiltak som ikke gir aksept
5. Kartlegg hva gjenværende løsningsforslag og tiltak medfører av goder og ulemper (kostnader, ...)
6. Vurder dette underlaget og ta et valg

Dersom spesifikke akseptkriterier for risiko uttrykkes kan dette påvirke, bevisst eller ubevisst, hvordan analysen blir gjennomført. En får da lett den situasjon at risikovurderingene bare blir en øvelse som får som mål at man når sitt nivå for hvilken risiko som kan aksepteres.

Det er behov for forskning som studerer nærmere disse ulike tenkesett, med basis i de beslutningssituasjoner som er aktuelle i transportsektoren. Vi viser til delkapitlene 5.1-5-6. Eksempler på konkrete anvendelser bør gjennomføres.

6 Relevant litteratur- og referanseliste

- Adams J. (1995) Risk. London: UCL Press.
- Alderton, P. M. (1995). *Sea Transport. Operation and Economics*. Thomas Reed Publications, Surrey, UK.
- Anand, P. (1993). Foundations of rational choice under risk. Oxford, Clarendon press.
- Andersen, K. G. (1993) Akseptabel risiko. TMV-senteret, nr. 60.
- Assum, T. (1997). "Attitudes and Road Accident Risk". *Accident Analysis and Prevention*, **29**(2), 153-159.
- Aven T, Pitblado R. (1998). "On risk assessment in the petroleum activities on the Norwegian and UK continental shelves". *Reliab Engn Syst Safety*, **61**: 21-29
- Aven, T. (1998). *Pålitelighets- og risikoanalyse*. Universitetsforlaget.
- Aven, T. (2000). "Risk analysis - A tool for expressing and communicating uncertainty". Proceedings of European Safety and Reliability Conference (ESREL), Edinburgh, 21-28.
- Aven, T. (2002). "Vurdering av risikonivå". Rapport HIS, mars 2002.
- Aven, T. (2003). *How to Approach Risk and Uncertainty to Support Decision Making*, Preface, Wiley, New York, to appear.
- Aven, T. og O. Njå, (2002). "Sikkerhet og beredskap - behov for nye tanker". *Kronikk Aftenposten*, 24/1-02.
- Aven, T. and Kørte, J. (2002). "On the use of cost/benefit analyses and expected utility theory to support decision-making". *Reliability Engineering and System Safety*, to appear.
- Aven, T., Nilsen, E. F. and Nilsen, T. (2002). "Expressing economic risk-review and presentation of a unifying approach". *Risk analysis*, to appear
- Barlow, R.E. and Clarotti, C. A.,(1993) Reliability and Decision Making, Preface, Chapman & Hill, London.
- Baughen, S. (1998). *Shipping Law*. Cavendish Publishing Ltd.
- Beck, U. (1992) Risk Society, SAGE Publications, London.
- Bedford, T, Atherton, E and French, S. (1999). "Time at risk: ALARP trade-offs over time". In: Proceedings of ESREL Safety and reliability, Balkema,
- Bedford, T. and Cooke, R. (1999). "A new generic model for applying MAUT". *European Journal of Operational Research*, **118**, 589-604.
- Bedford, T. and Cooke, R. (2001) *Probabilistic Risk Analysis*. Cambridge: Cambridge University Publishing Ltd.
- Begg, D. and Langley, J. (2001). "Changes in risky driving behaviour from age 21 to 26 years". *Journal of Safety Research*, **32**, 491-499.
- Bell, D. E., H. Raiffa, et al., Eds. (1988). *Decision Making: Descriptive, Normative and Prescriptive Interactions*. Cambridge, Cambridge University Press.

Bell D E, Keeney R and Raiffa Heds (1977). *Conflicting Objectives in Decisions*. John Wiley & Sons Ltd., New York.

Bernardo, J.M., Smith, A. (1994). *Bayesian Theory*. Chichester: Wiley & Sons.

Brooks, M. R., Button, K. og Nijkamp, P. (2002). *Maritime Transport. Classics in Transport Analysis*. Edward Elgar Publishing Ltd.

Caridis, P. (1999). "CASMET: Casualty Analysis Methodology for Maritime Operations". *NTUA Report No. C01.FR.003*, National Technical University of Athens, Hellas.

http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/CASMET.pdf

Clarke, L. (1989). *Acceptable Risk?* University of California Press, Berkeley.

COM (2000). "Communication from the Commission to the European Parliament and the Council on the safety of the seaborne oil trade". *2000/0065 (COD), 2000/0066 (COD) og 2000/0067 (COD)*. Commission of the European Communities, Brussels, 21.03.2000.

COM (2001). "Amended proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council establishing a European Maritime Safety and Ship Pollution Prevention Agency". *2000/0327 (COD)*. Commission of the European Communities, Brussels, 13.12.2001.

COM (2002). "Communication from the Commission on the enhanced safety of passenger ships in the Community". *2002/0074 (COD) og 2002/0075 (COD)*. Commission of the European Communities, Brussels, 25.03.2002.

Cooke, R.M. (1991). *Experts in uncertainty: Opinion and Subjective Probability in Science*. New York: Oxford University Press.

Cullinane, K. (1991). "The utility analysis of risk attitudes in shipping". *Maritime Policy and Management* 18(3), 157-169. Publisert i Brooks, M. R., Button, K. og Nijkamp, P. (2002). *Maritime Transport. Classics in Transport Analysis*. Edward Elgar Publishing Ltd.

DBE (2001). *ADR/RID veg-/jernbanetransport av farlig gods*. Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, Elanders forlag.

DnV (1997). "SAFECO: Safety of Shipping in Coastal Waters". *Safeco final report*, Det Norske Veritas.

http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/safeco.pdf

DnV (2000a). "SAFECO II – Safety of Shipping in Coastal Waters: Demonstration of risk assessment techniques for communication and information exchange". *Final report PL97-2080, rev. 2*, Det Norske Veritas.

http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/SAFECO2.pdf

DnV (2000b). "Risikoanalyse for Bjørvikatunnelen, Planfase 3, revisjon 04". *DNV-rapport nr. 2000-3305*, Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen/Statens vegvesen Oslo.

DnV (2001). "Vedlegg B, Akseptkriterier" *Rapport nr. 2001-0981, rev. 01*, vedlegg til rapporten "Risikoanalyse for Bjørvikatunnelen, Planfase 3, revisjon 04". *DNV-rapport nr. 2000-3305*, Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen/Statens vegvesen Oslo.

Douglas, M. and Wildavsky, A. (1983). *Risk and Culture*. University of California Press, Berkeley.

DUMAS (2001). "DUMAS: Developing Urban Management and Safety". Research report. http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/road/dumas.pdf

- Duncan, I.J. (1999). "A community that accepts risk should be rewarded". *Risk Decision and Policy*, **4**, 191-199.
- DSB (1994). "Veileder for kommunale risiko- og sårbarhetsanalyser". Direktoratet for sivil beredskap, Oslo.
- Elvik, R., Mysen, A. B. og Vaa, T. (1997). *Trafikksikkerhetshåndbok. Oversikt over virkninger, kostnader og offentlige ansvarsforhold for 124 trafikksikkerhetstiltak*. Transportøkonomisk Institutt, Oslo.
- Elvik, R. (1999). "Cost-benefit analysis of road safety measures: applicability and controversies". *Accident Analysis and Prevention*, **33**, 9-17.
- Elvik, R. (2001). "Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects". *Accident analysis and Prevention*, **33**, 327-336.
- Elvik, R. (2002). "How would setting policy priorities according to cost-benefit analyses affect the provision of road safety?" *Accident analysis and Prevention*, **868**, 1-14.
- European Commission (2001), *European transport policy for 2010: time to decide-White Paper*, Luxembourg.
- European Commission (2002), *Towards an integrated European railway area – The new railway package*, Luxembourg.
- Evans, A. W. (1994). "Evaluating Public Transport and Road Safety Measures". *Accident Analysis and Prevention*, **26**(4), 411-428.
- Fabiano, B., Currò, F., Palazzi, E. and Pastorino, R. (2002). "A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous good transportation". *Journal of Hazardous Materials*, **93**, 1-15.
- Fischhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P., Derby, S. and Keeney, R. (1981). *Acceptable Risk*. New York: Cambridge University Press.
- French, S. (1986). *Decision Theory - An Introduction to the Mathematics of Rationality*. Chichester: Ellis Horwood.
- French, S., Bedford, T. and Atherton, E. (2002). "ALARP decision-making by Cost Benefit Analysis and Multi Attribute Utility Theory". *Journal of Risk Research*, to appear.
- GL (1999). "Concerted Action on FSEA". *Final Report, WA-96-CA-1155*, Germanischer Lloyd on behalf of EEIG Unitas.
http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/fsea.pdf
- Graham, J. D. (2001). "A future for the precautionary principle?" *Journal of Risk Research*, **4**(2): 109-111.
- Gregersen, N. P., Brehmer, B. and Morén, B. (1996). "Road Safety Improvements in Large Companies. An Experimental Comparison of Different Measures." *Accident Analysis and Prevention*, **28**(3), 297-306.
- Grue, C. (1998). "Transport av farlig gods. Ansvar og særregler ved stykkgodstransport av farlig gods i sjøloven 1994". Spesialfagsavhandling til juridisk embetseksamen, Sjørettsfondet, Universitetet i Oslo.
- Harrison, W. (1997). "An Exploratory Investigation of the Crash Involvement of Disqualified Drivers and Motorcyclists". *Journal of Safety Research*, **28**(3), 213-219.

- Henley, E. J. and Kumamoto, H. (1981). *Reliability Engineering and Risk Assessment*, Prentice-Hall, N.J.
- Hokstad, P. Vatn, J., Aven, T. og Sørsum, M. (2003). "Use of risk acceptance criteria in Norwegian offshore industry. Dilemmas and challenges". Paper to be presented at ESREL 2003.
- Horne, J. and Reyner, L. (2001). "Sleep-related vehicle accidents: some guides for road safety policies". *Transportation Research Part F*, **4**, 63-74.
- Hovden, J. (1998). "Ethics and safety: "Mortal" questions for safety management. Safety in Action, Melbourne, 25-28 February
- Howard, R. (1984). "The foundation of decision analysis. The principles and applications of decision analysis". R. Howard and J. Matheson, *Strategic decision group*. **2**: 581-589.
- IMO (1992). *Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing*. International Maritime Organization, London.
- IMO (1995a). *Recommendations on the Safe Transport of Dangerous Cargoes and Related Activities in Port areas*. International Maritime Organization, London.
- IMO (1995b). *1994/1995 Amendments to the Code of Safe Practice for Cargo Stowage and Securing*. International Maritime Organization, London.
- IMO (1997a). *International Safety Management Code (ISM Code) and guidelines on the implementation of the ISM Code*. International Maritime Organization, London.
- IMO (1997b). "Formal Safety Assessment. Interim guidelines for the application of FSA to the IMO rule-making process". *IMO Secretariat Note MEPC 40/16*, International Maritime Organization, London.
- IMO (2000). "Formal Safety Assessment. Decision parameters including risk acceptance criteria". *MSC 72/16*, International Maritime Organization, London.
- IMO (2001). *SOLAS*. Consolidated Edition 2001. International Maritime Organization, London.
- IMO (2002). "Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in the IMO Rule-Making Process". *MSC/Circ. 1023. MEPC/Circ. 392*, International Maritime Organization, London.
http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D5111/1023-MEPC392.pdf
- Industrivernet (1992). "Risiko og risikokartlegging i industrien. Industrivernets metode for risikoanalyse i bedrifter." Industrivernets temahefte nr. 3, Oslo.
- ISO (2000). "Risk management terminology". Working draft for ISO (the International Organization for Standardization) guide. 34, Rev. 2000-11-01.
- Jernbaneverket (1999), Slik fungerer jernbanen, Oslo.
- Jones-Lee, M.W. (1989). *The economics of safety and physical risk*. First Blackwell, Oxford.
- Kahneman, D., Slovic, P. & Tversky, A. (Eds.) (1982). *Judgement under uncertainty: Heuristics and biases*. New York: Cambridge University Press.
- Kaplan, S. and Garrick, B.J. (1981). "On the quantitative definition of risk". *Risk Analysis* **1**, 1-27.

- Keeney, R. and Raiffa, H. (1993). *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Keeney, R. and Winterfeldt, D. v. (2001). "Appraising the precautionary principle - a decision analysis perspective." *Journal of Risk Research*, **4**(2): 191-202.
- Klinke, A. and Renn, O. (2001). "Precautionary principle and discursive strategies: classifying and managing risks." *Journal of risk research*, **4**(2): 159-173.
- Kolluru, R. m.fl. (eds.) (1996). *Risk Assessment and Management Handbook*. McGraw-Hill, N.Y.
- Krimsky, S. and Golding, D. (eds.), (1992). *Social Theories of Risk*. Praeger, London.
- Kørte, J., Aven, T. og Rosness, R. (2002). "On the use of risk analysis in different decision settings". Paper presented at ESREL 2002, Lyon.
- Kørte, J. (2003). "Contributions to accident risk decision making". *Ph.D. thesis*. Høgskolen i Stavanger.
- Kågeson, P. (1999). "Economic instruments for reducing emissions from sea transport". *Air pollution and Climate Series No. 11, T&E Report 99/7*. Williamssons Offset, Solna, Sverige.
- Lind, N. (2002). "Social and economic criteria of acceptable risk". *Reliability Engineering & System Safety*, **78**, 21-25.
- Lindley, D. V. (1985). *Making Decisions*. London: John Wiley & Sons Ltd.
- Lindley, D.V. (2000). "The philosophy of statistics". *The Statistician*, **49**, 293-337.
- Lindøe, P. og Karlsen, J. E. (1997). "Leros Strength forliset: En organisert ulykke?" *Rapport RF-97/154*, RF-Rogalandforskning, Stavanger.
- Lovdata (2002). *Vegtrafikklovgivningen 2002*. Cappelen Akademisk forlag.
- Lowrance, W. W. (1976). *Of Acceptable Risk*. William Kaufmann, Inc, Los Altos.
- Marszal, E. (2001). "Tolerable risk guidelines". *ISA Transactions*. **40**, 391-399.
- Martin, J-L. (2002). "Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways". *Accident Analysis and Prevention*, **34**, 619-629.
- Mayo, D. og Hollander, R. (eds.) (1991). *Acceptable Risk*. Oxford University Press, Oxford.
- Melchers, R. E. (2001). "On the ALARP approach to risk management". *Reliab Engr. Syst Safety*, **71**: 201-208.
- Midtgaard, A. K., Hansen, A. B. B., Longva, E., Hansen, J. R. og Engebretsen, A. (2002). "System for styring av sikkerheten i vegtrafikken. Forslag fra arbeidsgruppe". *Rapport TTS-11-2002*, Transport- og trafikksikkerhetsavdelingen, Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo
- Modarres, M. (1993). *What every engineer should know about Reliability and Risk Analysis*. Marcel Dekker, N.Y.
- NBR (2000). "Veiledning til NS3901 – Risikoanalyser av brann i vegtunneler". Norges Byggstandardiseringsråd, Oslo
- NBR (2001). "Veiledning til NS3901 – Risikoanalyser av tunneler og underjordiske anlegg for T-bane og jernbane". Norges Byggstandardiseringsråd, Oslo

- Neumann, J. V. og Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behaviour*. Princeton: Princeton University Press.
- Newstead, S. V., Cameron, M. H. and Legett, M. W. (2001). "The crash reduction effectiveness of a network-wide traffic police deployment system". *Accident Analysis and Prevention*, **33**, 393-406.
- NHD (1999). "Forskrift om risikoanalyse for roro passasjerskip i innenriks fart". *FOR 1999-11-05 nr. 1167*. Nærings- og handelsdepartementet.
<http://www.lovdata.no/for/sf/nh/xh-19991105-1167.html>
- Njå, O. (1998). "Approach for Assessing the Performance of Emergency Response Arrangements". Ph.D.- thesis. Stavanger University College, Norway.
- Njå, O., Aven, T., Sandve, K., Olsen, K. H. og Boyesen, M. (2003). *Samfunnssikkerhet. Risiko- og sårbarhetsanalyser. Beredskapsmessige hensyn i planlegging*. Universitetsforlaget. Vil bli utgitt i løpet av 2003, Oslo.
- Norddal, T. (2002). "Risikoberegninger for innenriks ferjetrafikk 2001". Rapport utarbeidet av Scandiaconsult AS for Ferjetrafikkutvalget.
- NORSOK (2001). Standard Z-013. Risk and Emergency Preparedness Analysis.
- NOU (1998). Nytte-kostnadsanalyser. 16. Statens forvaltningstjeneste.
- NOU (2000). "Hurtigbåten MS Sleipners forlis 26. november 1999". *NOU 2000:31*, Justis- og politidepartementet.
- Okrent, D. and Pidgeon, N. (eds.) (1998). *Reliability Engineering and System Safety*, special issue on Risk perception versus risk analysis. 59.
- Olsen, Leif N., Soma, Tor I. og Vigen, Torstein, (2000). *Utrykningskjøring*. Autoriserte Trafikkskolers Landsforbund.
- Pachl, Jörn (1997), *Sicherheit im Eisenbahnverkehr*, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrsicherung der TU Braunschweig, Schriftenreihe Heft 58, Braunschweig.
- Pachl, Jörn (red., 2001), *Moderne Sicherheitsanalysen – Theorie und Praxis*, Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrsicherung der TU Braunschweig, Schriftenreihe Heft 64, Braunschweig.
- Pape, R. P. (1997). "Developments in the tolerability of risk and the application of ALARP." *Nuclear energy*, **36**(6): 457-463.
- Perrow, C. (1984). *Normal Accidents: Living with high- risk technologies*. New York, Basic Books.
- Pidgeon, N.F. and Beattie, J. (1998). "The psychology of risk and uncertainty". In *Handbook of Environmental Risk Assessment and Management*, P. Calow (ed.), Blackwell Science, London, pp. 289-318.
- Pino, E. G. (1999). "PHOENIX: Identification & Quantification of Variables & Parameters that Aid in Evaluating Fire Risk on Board Ships". *Final report No. WA-97-SC.2201*, CETEMAR, S.L., Spania.
http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/phoenix.pdf
- Pålsson, I. og Torstensson, H. (1998). "Sealoc – Safer Maritime Transport of Dangerous Goods. Safety Analysis and Assessment". SSPA Research Report No. 107. SSPA Maritime Consulting, Göteborg, Sverige.
http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/sealoc.pdf

- Rasmussen, J. (1997). "Risk management in a dynamic society: a modelling problem." *Safety Science*, **27**(2/3): 183-213.
- Rausand, M. (1991). "Risikoanalyse". Veiledning norsk Standard NS 5814.
- Reid, S. (1999). "Perception and communication of risk, and the importance of dependability". *Structural Safety*, **21**, 373-384.
- Renn, O. (1992). "Concepts of risk: a classification". In: *Social Theories of Risk*, Krimsky, S. and Golding, D. (eds.), Praeger, London, 53-82.
- Renn, O. and Klinke, A. (2002). "A new approach to risk evaluation and management: Risk-based, precaution based and discourse-based strategies." *Risk Analysis*.
- Robinson, D. L. (1996). "Head Injuries and Bicycle Helmet Laws". *Accident Analysis and Prevention*, **28**, 463-475.
- Rodal, G. H. (2002). "Systembeskrivelse av norsk luftfart". *FFI-rapport nr. 2002/01362*. Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller.
- Rodal, S. K. (2002a). "Systembeskrivelse av den norske jernbanen". *FFI-rapport nr. 2002/00808*. Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller.
- Rodal, S. K. (2002b). "Systembeskrivelse av norsk vegtransport". *FFI-rapport nr. 2002/00807*. Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller.
- Rogers, G. O. (1998). "Siting potentially hazardous facilities: what factors impact perceived and acceptable risk?" *Landscape and Urban Planning*, **39**, 265-281.
- Rutledal, F. (2002). "Systembeskrivelse av norsk sjøtransport". *FFI-rapport nr. 2002/01363*. Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller.
- Samferdselsdepartementet (1993), *Jernbaneloven m/tilhørende forskrifter*, Oslo.
- Samferdselsdepartementet (1993), *Lov om luftfart m/tilhørende forskrifter*, Oslo.
- Samferdselsdepartementet (2000), *St.meld. nr. 46 Nasjonal transportplan 2002 – 2011*, Oslo
- Samferdselsdepartementet (2001), *St.prop. nr. 60 Om ein del saker på Samferdselsdepartementets område*, Oslo.
- Samferdselsdepartementet (2001), *Helikoptersikkerheten å norsk kontinentalsokkel*, Norges offentlige utredninger 2001:21, Oslo.
- Samferdselsdepartementet (2002), *Helikoptersikkerheten å norsk kontinentalsokkel*, Norges offentlige utredninger 2002:17, Oslo.
- Sandin, P., M. Peterson, et al. (2002). "Five charges against the precautionary principle." *Journal of Risk Research*, **5**(4): 287-299.
- SCC (2002). "Brukerveiledning F-RISK, Versjon 3.3, desember 2002". Scandiaconsult, Trondheim.
- Schofield, S. (1998). "Offshore QRA and the ALARP principle". *Reliab Engn Syst Safety*, **61**: 31-37.
- SD (1997). *Nødprosedyrer for skip som fører farlig last. Fareskjemaer (EmS) ordnet etter stoff- eller varegruppe*. Sjøfartsdirektoratet. Elanders Forlag.
- Shrader-Frechette, K.S. (1992). *Risk and Rationality*. University of California Press, Berkeley.

- Simmons, P. and Walker, G. (1999). "Tolerating risk: policy principles and public perceptions". *Risk decision and policy*, **4**, 179-190.
- Singpurwalla, N.D. (1988). "Foundational issues in reliability and risk analysis". *Society for Industrial and Applied Mathematics*, **30**, 264-281.
- Skjong, R. og Ekenes, M.L. (2001). 'Economic activity and societal risk acceptance'. ESREL 2001, September 16-20 2001, Torino, Italia.
- Slovic, P. (1987). "Perception of risk". *Science*, **236**, 280-285.
- Slovic, P. (2000). *The Perception of Risk*. Earthscan, London.
- SSB (2001). "NOS C 628 Samferdselsstatistikk 1999", Norges Offisielle Statistikk. Statistisk sentralbyrå
- Stallen, P., Geerts, R. and Vrijling, H. K. (1996). "Three conceptions of quantified societal risk". *Risk analysis*, **16**, 635-644.
- Statens Vegvesen (1992). "Vegtunneler". *Statens Vegvesen Håndbok 021*, Oslo.
- Statens Vegvesen (1995). "Konsekvensanalyser". *Statens Vegvesen Håndbok 140*, Oslo.
- Statens Vegvesen (2000). "Oversiktsplanlegging. Veg- og transportplanlegging etter plan- og bygningsloven". *Statens Vegvesen Håndbok 054*, Oslo.
- Statens Vegvesen (2001). "Kjøre- og hviletider". *Statens Vegvesen Håndbok 228*, Oslo.
- Sugden, R and Williams, A. (1978). *The Principles of Practical Cost-Benefit Analysis*. Oxford: Oxford University Press.
- SWOV (2002). "SAFESTAR: Safety Standards for Road Design and Redesign". Final Report, No. RO-96-SC.203, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, Nederland.
http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/road/Safestar_rep.pdf
- Taylor, S. P. (1997). "Accuracy of recall of the legal number plate testing distance by U.K. drivers". *Ophthalm. Physiol. Opt.*, **17**(6), 473-477.
- UKOOA. (1999). "A framework for risk related decision support - Industry guidelines". UK Offshore Operators Association, pp. 31.
- Ulleberg, P. (2002). "Personality subtypes of young drivers. Relationship to risk-taking preferences, accident involvement, and response to a traffic safety campaign". *Transportation Research Part F*, **4**, 279-297.
- Vatn, J. (1998). "A discussion of the acceptable risk problem". *Reliability Engineering and System Safety*, **61**, 11-19.
- Vinnem, J. E., Tveit, O. J., Aven, T. og Ravnås, E. (2002). "Use of Risk Indicators to Monitor Trends in Major Hazard Risk on a National Level". ESREL-konferanse, mars 2002, Lyon, Frankrike.
- Vinnem, J.E., Aven, T. og Tveit, O. (2002a). "Krav til selskapenes rapportering av ytelse av barrierer". Rapport utarbeidet for Oljedirektoratet.
- Vinnem, J.E., Aven, T., Sørnum, M. og Øien, K. (2003). "Structured approach to risk indicators for major hazards". To appear in ESREL 2003 Proceedings.
- Vinnem, J.E., Aven, T., Hunseid, H., Vassmyr, K-A, Vollen, F. og Øien, K. (2003a). "Risk assessment for offshore installations in the operational phase". To appear in ESREL 2003 Proceedings.

- Vose, D. (2000). *Risk Analysis*. Wiley, New York.
- Vrijling, J.K., Hengel, W. Van and Houben, R.J. (1998). "Acceptable risk as a basis for design". *Reliability Engineering and System Safety*, **59**, 141-150.
- Walklate, S. (1999). "Is it possible to assess risk?" *Risk Management: An International Journal*. 45-53.
- Watson, S.R., Buede, D.M. (1987). *Decision Synthesis: The Principles and Practice of Decision Analysis*. New York: Cambridge University Press.
- Willis, D., Deegan, F. og Owens, M. J. (1994). "HAZOP of Procedural Operations". Second International Conference on HSE in Oil & Gas Exploration & Production, 25-27 January. *Society of Petroleum Engineers*, Jakarta, Indonesia.
- Winkler, R.L. (1996). "Uncertainty in probabilistic risk assessment". *Reliability Engineering and System Safety*, **54**, 127-132.
- WMU (1999). "MASSOP: Cost effective management". Final report no. WA-97-RS-2266. World Maritime University, Malmö, Sverige.
http://europa.eu.int/comm/transport/extra/final_reports/waterborne/phoenix.pdf
- Zey, M. (1998). *Rational choice theory and organizational theory: a critique*. Thousand Oaks, Calif., Sage.
- Øien, K., Rosness, R. (1998), *Methods for Safety analysis in Railway systems*, SINTEF-rapport SFT38A98426, Trondheim.

Vedlegg A Mer om risiko og risikoanalyse

Vi starter kapitlet med en kort gjennomgang av hva en risikoanalyse er og hvordan risiko kan uttrykkes kvantitativt (ved tall). For å oppnå akseptabel risiko, må vi utforme egnede barrierer og beredskapstiltak som kan hindre utvikling av et faresituasjon og begrense mulige skader og tap dersom faresituasjonen får utvikle seg til en ulykkesituasjon. I delkapittel A.4 diskuteres sammenhengene mellom ytelse av slike barrierer og beredskapstiltak, og risiko. Avslutningsvis gir vi en oversikt over noen vanlige former for risiko- og sårbarhetsanalyser.

A.1 Risikoanalyse

I risikoanalysen skal vi forsøke å “måle” risiko, for å gi beslutningsstøtte i forhold til valg av løsninger og tiltak. Men hva betyr det å “måle” risiko? Det er ikke fullt så enkelt som å “måle” størrelser som høyde, vekt og fart. Forskjellen er knyttet til graden av *usikkerhet*. Når vi skal måle vekten eller høyden til en person vil vi kunne gjøre dette slik at unøyaktigheten blir neglisjerbar for praktisk bruk. Men når det gjelder tap og skader som kan oppstå i fremtiden, er bildet langt mer komplisert. Her er usikkerheten betydelig større. Vi kan ikke forutsi med rimelig sikkerhet hva som vil skje, tekniske komponenter kan plutselig svikte, og mennesker kan gjøre ulike typer “feil”. Det er her risiko- og sårbarhetsanalysene kommer inn. Det er redskapet vi bruker for å kunne si noe om de usikre fremtidige størrelser. Våre beslutninger i dag vil påvirke hva som vil skje i fremtiden og gjennom analysene ønsker vi å få et bedre underlag for å treffe gode beslutninger i dag, slik at ulykker, skader og tap kan unngås og en prioriterer ressursene på den beste måte.

Ideen som ligger til grunn for risikoanalysene kan enkelt beskrives som følger.

En ønsker å si noe om risiko for en viss aktivitet eller et system, som for eksempel transport med tog. For å gjøre det utvikler en modeller av aktiviteten som beskriver hvordan funksjonering av systemet er knyttet til hendelser og funksjon eller feil i ulike deler av systemet. Ved så å bruke informasjon og kunnskap på delsystemnivå, ved hjelp av erfaringsdata og ekspertvurderinger, kan en ved hjelp av modellene si noen om hvordan hele systemet vil fungere. Modellene gjør det mulig å identifisere hva som er viktige bidragsyttere til risiko og hva som er effekt av ulike tiltak.

Med det tradisjonelle synet på risiko som omtalt ovenfor vil analysen ha som siktemål å best mulig beskrive reell risiko. Det gjøres i praksis med å komme fram til anslag for risikoen. Usikkerheten i anslaget angis sjeldent, da dette er vanskelig å få til på en tilfredsstillende måte. Dessuten, vil det lett gi et inntrykk av analysen er svært så beheftet med usikkerhet.

Med det kunnskapsbaserte og beslutningsorienterte perspektivet på risiko er hensikten med analysen å uttrykke usikkerhet om hvordan systemet vil fungere, med basis i den

kunnskap som finnes. Risiko estimeres ikke, men den uttrykkes, sett fra analysegruppens ståsted.

Uansett perspektiv, analysene skal gi underlag for å treffe beslutninger i forhold til valg av løsning er og tiltak. Analysen kan for eksempel gi beregnet risiko for en løsning (tiltak) er x og for en annen løsning (tiltak), y . Dette kan så sammenlignes. Analysene gir også hjelp til å identifisere hva som er viktige bidragsyttere til risiko, slik at en kan sette inn tiltakene der de er mest effektive. Dersom det er formulert hva som er akseptabel risiko (risikoakseptkriterier), kan en sammenligne resultatene med disse og dermed få et underlag for vurdering av behovet for tiltak. Vi vil diskutere denne problemstillingen grundig i kapittel 3.

Risikoanalyser er nærmere beskrevet i (Aven m.fl, 2003), (Aven, 1998, 2003), (Bedford and Cooke, 2001), (Henley and Kumamoto, 1981), Kaplan and Garrick (1981), (Modarres, 1993), (Rausand, 1991), Vinnem m.fl. (2003a) og Vose (2000). Disse arbeidene dekker også ulike måter å kvantifisere risiko, som gjennomgås i det påfølgende delkapitlet.

A.2 Kvantitative uttrykk for risiko

Kvantitativt uttrykker vi risiko ved sannsynlighet for at skade oppstår og alvorlighetsgraden av denne skaden, jfr. Figur A.1. Vi betrakter en aktivitet, for eksempel biltrafikk. Uønskede (ukontrollerte) hendelser kan oppstå og medføre skade på (tap av) mennesker, miljø og økonomiske verdier. Disse mulige skadene betegner vi med K_1, K_2 , osv. I de tilfeller der skadene er gitt en tallverdi, omtales skaden K som C . Eksempler på slike tapsverdier er antall skadde og antall drepte som følge av trafikken.

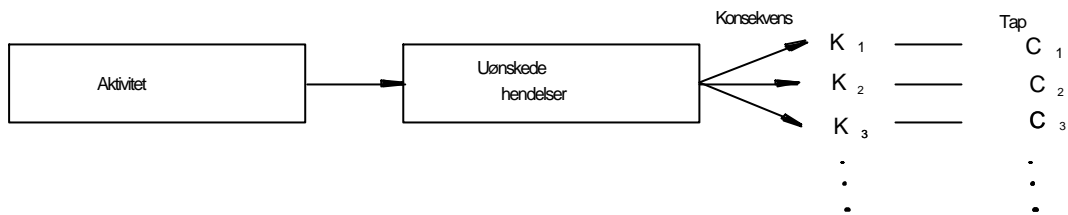
Risiko er her gitt ved de ulike skader K_i og tilhørende sannsynligheter. Hvis aktuell konsekvens er antall drepte, beskrives risiko ved å fastsette en sannsynlighetsfordeling over dette antallet, dvs. ved å uttrykke sannsynlighet for at minst 1 omkommer, minst to omkommer osv.

Spesiell interesse er ofte knyttet til den såkalte forventningsverdien, $E[C_i]$. Dersom C_i kan anta en av følgende verdier, c_{i1}, c_{i2} , osv. kan en finne denne verdien ved å multiplisere sammen verdi c_{i1} med tilhørende sannsynlighet P_{i1} ; tilvarende multiplisere verdi c_{i2} med sannsynlighet P_{i2} osv., og summere over alle aktuelle verdier, dvs.

$$\text{Statistisk forventet tap} = E[C_i] = c_{i1} \times P_{i1} + c_{i2} \times P_{i2} + \dots$$

Den viktigste fordel med denne måten å uttrykke risiko på, er at det inngår bare en verdi, slik at vurderinger og sammenligninger av risiko enkelt kan utføres. Dersom konsekvensen K_i angir et visst antall hendelser og dette antallet i praksis er enten null eller 1, blir den tilhørende sannsynlighet lik forventningsverdien. I anvendelser bruker en ofte betegnelsen frekvens for forventningsverdien i forhold til et antall hendelser. En

snakker om frekvensen av ulykker, og mener da egentlig forventningsverdien. En kan også se på frekvensen som et prediktert antall hendelser i løpet av et tidsrom.



Figur A.1. Generell risikomodell.

I situasjoner hvor risikoen er fokusert på tap av liv, brukes ofte FAR-verdien (FAR = Fatal Accidental Rate) for å beskrive risikonivået. FAR-verdien er definert som det statistisk forventede tap av liv pr. 100 millioner (10^8) eksponerte timer. Da FAR-begrepet i sin tid ble tatt i bruk, tok man utgangspunkt i 10^8 timer som den gang svarte til den tid 1000 personer oppholdt seg på sin arbeidsplass gjennom et helt livsløp. I dag må vi ha 1400 personer et helt yrkesaktivt liv for å nå opp i 100 millioner arbeidstimer. FAR-verdien relateres ofte til ulike kategorier av aktiviteter eller personell. Slike aktivitets- eller personellrelaterte FAR-verdier er vanligvis mer informative enn gjennomsnittsverdiene. Det statistisk forventede antall omkomne i løpet av et år betegnes ofte PLL (Potential Loss of Life).

Dersom en antar at det er n personer under risikoeksponering, t timer per år, blir sammenhengen mellom PLL og FAR som følger:

$$FAR = [PLL/nt]10^8.$$

Den gjennomsnittlige sannsynlighet for å omkomme i en ulykke for de n personene, omtalt som AIR (Average Individual Risk) kan skrives som

$$AIR = PLL/n.$$

I mange sammenhenger er det ikke bare antall timer og år som er de naturlige normaliseringsstørrelsene. I vegtrafikken er antall km veg mye brukt i tillegg. En kan definere et risikouttrykk ved forventet antall omkomne pr. km. pr. år. Denne størrelsen omtales som den forventede skadegradstettheten. Merk at i praksis beregnes en historisk verdi, ved å se på antall omkomne pr. km pr. år. Denne størrelsen er en observert skadegradstetthet, og kan der en har et stort datamateriale brukes også som forventet skadegradstetthet – som et mål på hvordan framtiden forventes å bli.

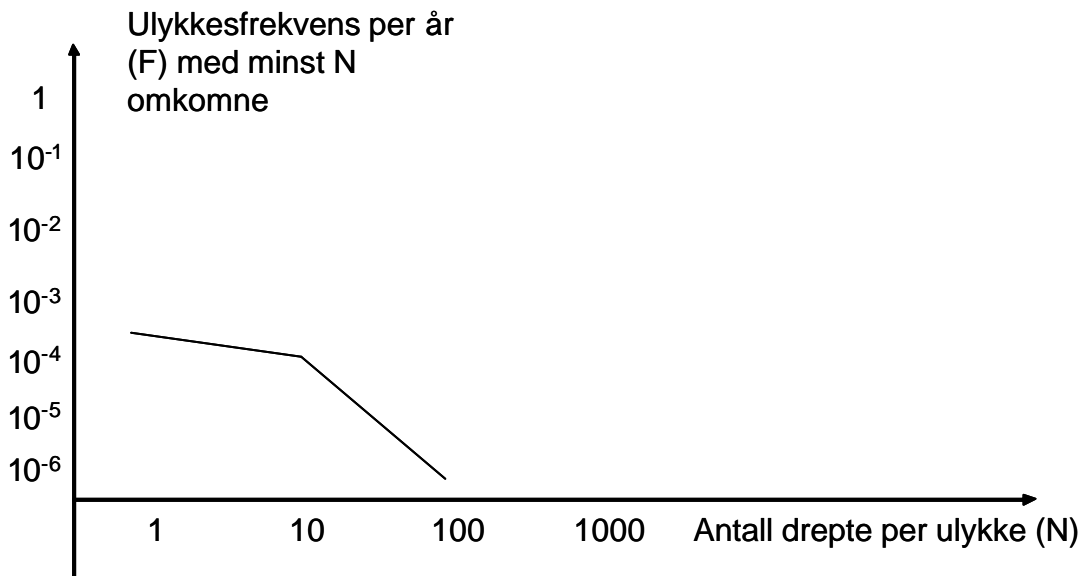
En annen form for risikobeskrivelse er knyttet til såkalte sikkerhetsfunksjoner. Eksempler på slike funksjoner er:

- For personell utenfor umiddelbar nærhet av ulykkesstedet skal minst en evakueringsvei være intakt inntil sikker rømning er gjennomført.
- Personell utenfor den umiddelbare nærhet av ulykkesstedet skal ikke skades
- Områder av betydning for bekjempelse av en ulykkeshendelse er operative inntil sikker evakuering kan regnes gjennomført.

Risikoen knyttet til tap av en sikkerhetsfunksjon uttrykkes ved sannsynligheten for eller frekvensen av ulykkeshendelser hvor denne sikkerhetsfunksjonen ikke er oppfylt (tapes/bortfaller). Denne form for risikobeskrivelse har sitt utspring fra analyser av offshore installasjoner og er spesielt nyttig i designutformingen av tekniske systemer.

En F-N kurve (Fatality – Number of fatalities) er en alternativ måte å fremstille risiko knyttet til tap av liv på, jfr. figur A.2. En F-N kurve viser frekvensen av ulykkeshendelser med minst N omkomne, hvor aksene normalt er logaritmiske.

Tilsvarende kan en definere ulykkesfrekvenser for personskader, miljøutslipp, tap av materielle verdier, osv.



Figur A.2. F-N kurve (Frequency – Number of fatalities)

Det er ikke alltid at en angir risikoen helt presist. I mange tilfeller vil en begrense seg til å angi relativt grove sannsynlighets- og konsekvenskategorier, se Figur 3.2.

A.3 Beredskap, barrierer og risiko

For å analyse og beskrive risiko må vi spesielt se på godheten av beredskapen og ulike barrierer som f.eks. brannbekjempelsessystemet. I dette delkapitlet vil vi se nærmere på hva som menes med disse begrepene og hvordan de henger sammen med risiko.

Vi definerer beredskap til å omfatte alle tekniske, operasjonelle og organisatoriske tiltak som hindrer at en inntrådt faresituasjon utvikler seg til en ulykkessituasjon, eller som hindrer eller reduserer skadevirkningene av inntrådte ulykkessituasjoner. I oljeindustrien er det vanlig å begrense beredskap til tiltak som planlegges implementert under ledelse av beredskapsorganisasjonen. På denne måten får en et skille mellom sikkerhetstiltak, som for eksempel et automatisk deteksjonssystem eller en brannvegg, og beredskapstiltak. Sikkerhetstiltakene inngår i risikoanalysene, mens beredskap vurderes særskilt i egne analyser. Vi taler også om beredskapsbarrierer eller bare barrierer.

Når vi i praksis har få storulykker, er det i betydelig grad fordi beredskapen (barrierene) griper inn i feilkjeden, og leder utviklingen til en tilstand som representerer et mindre tap enn alternativet. Effekten av en barriere kan ofte fremstilles i et hendelsestre, hvor barrierene representeres ved avgrensningene i treet. Slike trær inngår i risikoanalysen.

I risikostyringen er barrierene viktige styringsvariable: I prosjekteringsfasen hvor barrierene velges, dimensjoneres og bygges inn, og i driftsfasen hvor barrierene holdes ved like, videreutvikles og forbedres. Endringer i barrierenes ytelse endrer risikonivået, og slike endringer vil derfor være en viktig faktor i overvåkingen av sikkerheten.

Vi skiller mellom

- aktive barrierer (hvor det kreves en ekstern aktivering, manuell eller automatisk)
- passive barrierer (hvor barrieren er uavhengig av ekstern aktivering, hjelpekraft eller lignende).

Hvordan skal vi så uttrykke godheten av beredskapen (beredskapstiltakene, barrierene)? Som et overordnet begrep bruker vi **ytelse**. Dette begrepet deler vi så inn i

- Pålitelighet, - om beredskapen (barrieren) virker ved behov. Vi snakker her også om integritet.
- Effektiviteten (kapasitet, tid), – hvor god ytelsen av beredskapssystemet (barrieren) er, gitt at det (den) virker. Vi snakker her også om funksjonalitet
- Sårbarhet, – i hvilken grad beredskapssystemet (barrieren) går tapt eller svekkes av den aktuelle ulykkeshendelse.

Disse begreper omtales mer i detalj nedenfor. Vi bruker begrepet barriere og tenker da på et beredskapssystem eller tiltak.

Pålitelighet

Med pålitelighet mener vi evne en enhet har til å utføre en tiltenkt funksjon. I en driftssituasjon måles denne evnen ved å se på om barrieren virker eller ikke virker ved behov eller ved tester. Det relative antall ganger at barrieren virker gir et uttrykk for den observerte eller målte pålitelighet.

I en risikoanalyse (pålitelighetsanalyse) av barrieren uttrykkes pålitelighet kvantitativt ved sannsynlighet for at barrieren virker, som i praksis betyr estimert (prediktert) relativt antall ganger barrieren virker (for eksempel 95 av 100 tilfeller). En slik analyse utføres vanligvis i en planleggingsfase og som underlag for kvantifiseringen av pålitelighet brukes erfaringsdata fra lignende barrierer. I en driftssituasjon kan kvantifiseringen utnytte de tilgjengelige dataene for den aktuelle barriere, og dersom dette materialet er tilstrekkelig stort, vil analysens pålitelighetsverdi kunne sammenlignes med den målte verdi.

Ved vurdering av pålitelighet antar en at barrieren ikke er ødelagt som følge av ulykkessituasjonen.

Eksempler: Pålitelighet av deteksjonssystemet og det automatiske brannslukningssystemet.

Effektivitet (kapasitet, tid)

Effektivitet er et samlebegrep som uttrykker godheten (ytelsen) av barrieren gitt at den fungerer. Effektiviteten uttrykkes ved indikatorer som blant annet ulike kapasitetsstørrelser og tid, for eksempel;

- Tid til deteksjon
- Tid til brann er kontrollert
- Tid for å gjennomføre evakuering
- Kapasiteten av redningsapparatet.

Ved vurdering av effektivitet antar en at barrieren ikke er ødelagt som følge av ulykkessituasjonen i det den oppstår. Over tid vil barrieren kunne bli ødelagt. Noen av effektivitetsindikatorerne kan måles i en driftssituasjon, for eksempel kapasiteten av redningsapparatet. For de fleste indikatorerne er det imidlertid nødvendig med analyser. Disse analysene gir estimater og eventuelt usikkerhetsangivelser i form av sannsynligheter.

Kapasitet og tid (gjennomføringstid) er sentrale effektivitetsparametere. Kapasitet uttrykker styrke, antall, trykk, gjennomstrømningsrate o.l. Gjennomføringstid er den tiden som trengs for å utføre en beredskapsaktivitet. Gjennomføringstiden kan i visse situasjoner betraktes som et element av kapasiteten på linje med f.eks. styrke og trykk, men tidsfaktoren vurderes så viktig at vi har valgt å trekke den ut av kapasitetsbegrepet. Systemets kapasitet i forhold til å beskytte verdier (mennesker, miljø og økonomiske verdier) er et uttrykk for funksjonaliteten av beredskapen. Kapasiteten til brannpumpen

kan måles ved hjelp av maksimalt trykk i den aktuelle situasjonen. Kapasiteten til et medisinsk team er gitt ved blant annet antall pasienter som gis medisinsk hjelp. Vanligvis er gjennomføringstiden tiden fra situasjonen har oppstått til beredskapssystemet har fullført sin oppgave. Begrepet gjennomføringstid inkluderer alle aspekter av tidsforbruk for den aktuelle operasjon. For et brannscenario i et båt er et viktig tidsmoment tiden fra brannen oppstår (eller alarmen initieres) til at alle personer i båten er reddet ut eller funnet og brakt i sikkerhet.

I en effektivitetsanalyse av kapasitet og gjennomføringstid inngår ulike typer modeller som kan hjelpe en til å prediktere kapasiteten og tiden. Det er imidlertid alltid noe usikkerhet igjen, og da kommer sannsynlighetsbegrepet til anvendelse. For eksempel kan en uttrykke en sannsynlighetsfordeling over kapasiteten og tiden som vist i følgende eksempel. I tabell 2.1 angis sannsynligheten z for at minst x personer skal kunne møte på skadestedet y minutter etter alarm er gitt. Vi ser f.eks. av tabellen at det er en sannsynlighet på 0.4 for at det skal være minst 2 førstehjelpere til stede på skadestedet 8-10 minutter etter alarm.

Det faktum at effektivitetsbegrepet inneholder flere dimensjoner (kapasitet, tid og sannsynlighet) gjør det vanskelig å finne frem til gode beskrivelser. Heldigvis vil det i mange tilfeller være tilstrekkelig å fokusere på én effektivitetsdimensjon som for eksempel tid til førstehjelp/stabiliserende behandling kan utføres og sannsynligheten for at det automatiske deteksjonssystemet skal funksjonere.

I analysen fremkommer estimater (prediksjoner) av disse størrelser.

Kapasitet (ant. personer)	Tid (min.)				
	5-7	8-10	10-12	13-15	16-20
minst 3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
minst 2	0.2	0.4	0.4		
minst 1	0.9	0.1			

Tabell A.1: Eksempel på sannsynlighetsfordeling over kapasitet og tid for livbergende førstehjelp. Tid angir her mobiliseringstiden til min. 1, 2 eller 3 personer er på skadested.

Sårbarhet (robusthet)

Sårbarheten uttrykker kvalitativt faren for at barrieren helt eller delvis skal bli ødelagt som følge av den aktuelle ulykkeshendelsen. Kvantitativt kan sårbarheten uttrykkes som ovenfor ved pålitelighet (omtales ofte som tilgjengelighet i denne sammenheng) og effektivitet (kapasitet, tid) når en tar hensyn til at hendelsen helt eller delvis kan ha ødelagt barrieren. En mer generell definisjon er som følger: Et systems evne til å

oppretholde sin funksjon når det utsettes for påkjenninger. Inndelingen ovenfor er anvendbar for både aktive og passive barrierer.

Eksempel: Passiv brannbeskyttelse (Skjold, brannvegger, overflatebehandling osv.).

Pålitelighet: Passiv brannbeskyttelse er på plass (som da det var nytt).

Effektiviteten (kapasiteten): Brannbeskyttelsens kapasitet uttrykt ved en brannbelastning (f.eks. kW/m²)

Sårbarhet: Grad av ødeleggelse av passiv brannbeskyttelse som følge av eksplosjon (som gjerne etterfølges av en brann).

Krav til ytelse av beredskapen (barrierene)

Ovenfor ble ytelsesbegrepet delt inn i begrepene pålitelighet, effektivitet (kapasitet, tid) og sårbarhet, slik at kravformuleringer i forhold til ytelse kan knyttes til disse størrelsene. Ytelseskravene setter krav til ytelse av beredskapstiltakene som iverksettes for å møte de aktuelle fare- og ulykkessituasjoner. Kravene utgjør en referanse ved vurdering av behovet for tiltak, og vurdering og valg av løsning. I en ytelsesanalyse studeres ytelsen for de gitte løsninger (løsningsforslag/tiltak).

Ytelse, ytelseskrav og ytelsesanalyser er logisk knyttet sammen på samme måte som risiko, risikoakseptkriterier og risikoanalyser.

Det er ikke opplagt hvordan en skal utforme ytelseskravene i en gitt situasjon. Det faktum at ytelsesbegrepet inneholder flere dimensjoner (pålitelighet, kapasitet, tid, sårbarhet, sannsynlighet) gjør det vanskelig å finne frem til gode beskrivelser. Det enkleste tilfellet har vi når vi fokuserer på kun én dimensjon, slik at kravet kan formuleres i forhold til for eksempel kapasitet isolert. Mer komplisert blir situasjon hvis vi skal trekke inn flere dimensjoner. La oss igjen se på førstehjelpseksemplet som ble introdusert i delkapittel 2.5. Her kan vi tenke oss følgende formulering:

Ved en gitt operasjon skal minst x førstehjelpere kunne møte på ulykkesstedet i løpet av y minutter (med stor grad av sikkerhet, dvs. sannsynlighet nær 100%).

Sammenlignet med beskrivelsen ovenfor er denne formuleringen enklere i det sannsynlighetsdimensjonen er tatt bort.

For å få til et praktisk gjennomførbart system bør antall ytelseskrav begrenses til et minimum. Kravene bør være på et mest mulig overordnet nivå og knyttes opp mot målsettingene for beredskapssystemet. Nedenfor skisseres en metode som brukes for å finne frem til hensiktsmessige formuleringer av ytelseskrav, jf. Aven m.fl. (2003).

Utgangspunktet er en gitt fare- og ulykkessituasjon. For denne fare- og ulykkessituasjonen beskrives beredskapsbehovet knyttet til de relevante beredskapsfaser, som for eksempel, varsling og evakuering. Basert på disse behovene defineres ideelle mål. Kvantitative ytelseskrav utarbeides så med utgangspunkt i disse målene. For ulykkeshendelsen “brann” kan en f.eks. relatere behovene “varsle brann” og “evakuere personell”. Avledede ideelle mål kan formuleres som “brann varsles tidsnok” og “personellet bringes i sikkerhet”. Kvantitative ytelseskrav til beredskapstiltakene for dette eksemplet knyttes opp mot disse målene og kan f.eks. være formulert som følger:

- Sannsynligheten for at det automatiske deteksjonssystemet ikke skal fungere skal være neglisjerbar (mindre enn x %).
- Evakueringen fra anlegget skal kunne gjennomføres på en sikker og kontrollert måte i løpet av y minutter.

Ved å sammenligne ytelseskravene for alle relevante fare- og ulykkessituasjoner fremkommer så de “dimensjonerende ytelseskravene”, dvs. de strengeste kravene.

Hvordan gå frem for å fastsette kravnivået?

Som for risikoakseptkriterier må en når nivået skal bestemmes finne fram til en balanse mellom ønsket om å få til forbedringer (ambisjonsnivå) og de muligheter som finnes for å tilfredsstille kriteriene (realisme). Realisme sikres ved blant annet ved å ta utgangspunkt i målte eller beregnede verdier i sammenlignbar virksomhet. Dersom ønsket er å oppnå en kontinuerlig forbedringsprosess må en ikke se på kriteriene som faste, men *dynamiske*, i den forstand at de endres i lys av ny erfaring, ny kunnskap, eventuelle endringer i virksomheten og når den teknologiske utviklingen tilsier dette.

Utgangspunktet for å fastsette et nivå for ytelseskravene er ofte:

- “dagens nivå”
- etablerte standarder
- sammenligninger med tilsvarende virksomhet
- ønsket om å tilfredsstille risikoakseptkriteriene
- minimumskrav satt av myndigheter.

Men det er ikke nødvendigvis slik at dette “utgangsnivået” (“referansnivået”) er det “riktige” nivået. Spørsmålet er da hva som skal være styrende når det gjelder valget av kravnivå. Er det f.eks. kravet om å oppnå risikoaksept som det skal fokuseres på? Vel, det er ett av mange forhold som det må tas hensyn til. En samlet vurdering av kost/nytte faktorer er nødvendig for å sikre at det “riktige” nivået velges.

Diskusjon

I teorien kan vi klare oss med risikobegrepet og risikoanalyser for å “måle” størrelsen på de farer (trusler) som det gitte system utsettes for og systemets evne til å møte disse farer. Komplette risikoanalyser omfatter alle aspekter:

1. Analyser av årsaker til uønskede hendelser, og fastsettelse av sannsynligheter/frekvenser av disse.
2. Analyser av konsekvenser og tap som følge av uønskede hendelser, uttrykt ved tap av liv, skade på mennesker, miljøødeleggelse og økonomiske tap; og beregning av risiko (sannsynligheter og frekvenser for gitte konsekvenser og tap).

Risikoanalysen avdekker hvor sårbart (robust) systemet er, dvs. systemets evne til å fungere som tiltenkt når det utsettes for påkjenninger. Måleenhetene for å kunne uttrykke graden av sårbarhet er som i risikoanalysen; beskrivelser av konsekvenser, og sannsynligheter og frekvenser. I risikoanalysen inngår også analyser av ulike beredskapssystemer som settes inn for å hindre at en faresituasjon utvikler seg til en ulykkesituasjon og begrense skadeomfanget dersom en ulykkesituasjon har oppstått. Slike analyser kan være pålitelighetsanalyser av sikkerhetssystemer, kapasitetsanalyser av redningssystemer, osv. Generelt omtaler vi slike analyser som ytelsesanalyser av beredskapssystemer (barrierer).

Ytelsesanalysene av beredskapssystemene er således å oppfatte som analyser som er integrert i risikoanalysen, på samme måte som en analyse av frekvensen av en uønsket hendelse. Begrepene pålitelighet, effektivitet og sårbarhet av beredskapssystemer vil bli spesielt fokusert når dette er ønskelig ut fra målsettingen med analysen. Risiko kan med dette som utgangspunkt tolkes som et overordnet begrep i forhold til pålitelighet, beredskapseffektivitet og sårbarhet.

I praksis kan imidlertid en slik rangering av begrepene være problematisk. Grunnen til dette er først og fremst at risikoanalysen som metode har begrensninger og avgrensninger når det gjelder å beskrive ulike aspekter av risiko. Sårbarhetsanalyser inkluderer ofte et større spekter av farer (trusler) enn risikoanalysene, f.eks. er det ikke vanlig å inkludere “sabotasje” i risikoanalysene, men denne kategorien uønskede hendelser er mer vanlig i en sårbarhetsanalyse. Videre er det vanlig at sårbarhetsanalyser har en mer omfattende gjennomgang av konsekvensene av uønskede hendelser i forhold til bedriftens eller samfunnets ulike oppgaver og målsettinger, og ressursene som kreves for å få til en normalisering etter at en ulykke har inntruffet. Når det gjelder beredskap, så er det klart at valg av visse beredskapsløsninger og -tiltak også må ta hensyn til forhold som ikke fanges opp i risikoanalysene. Foruten risiko må beredskapsdimensjoneringen ta hensyn til hva som er aksepterte standarder og hvordan sikkerheten oppleves. Mindre hendelser, som f.eks. visse typer arbeidsulykker, vil ikke nødvendigvis gi signifikante bidrag til beregnet risiko, men normal praksis, psykologiske eller politiske aspekter, vil kunne rettferdiggjøre at beredskapen dimensjoneres for å kunne håndtere slike situasjoner.

Gjennomganger her er basert på Aven m.fl. (2003), Vinnem m.fl. (2003) og Vinnem m.fl. (2002a).

A.4 Hendelses- og risikoindikatorer

Hva som er akseptabel risiko, vil i mange tilfeller baseres på målinger og ulike former for indikatorer. I dette delkapitlet skal vi se på hendelses- og risikoindikatorer.

Analyse av uønskede hendelser og andre indikatorer som vurderes å påvirke risiko (i det følgende omtalt som risikoindikatorer) utgjør et viktig element i sikkerhetsarbeidet. Det er vanlig å trekke frem følgende grunner for å bruke slike indikatorer:

- Overvåke sikkerheten
- Identifisere risikofaktorer (farlige situasjoner og utstyr)
- Identifisere årsaker, direkte og mer bakenforliggende, til uønskede hendelser
- Vurdere effekten av tiltak
- Gi underlag for å prioritere mellom ulike innsatsområder og tiltak.

Statistikk over det totale antall ulykker for aktiviteten innenfor forskjellige konsekvenskategorier som tap av liv, personskader, materielle skader, m.m. gir et overordnet bilde av sikkerheten, og dermed et grunnlag for å vurdere om risikoen er akseptabel. Dersom statistikken relateres til tidsperioder, vil den også kunne identifisere utvikling over tid (trender). Mer detaljert informasjon kan en få ved å foreta en inndeling av dataene i undergrupper, knyttet f.eks. til type skade, årsak, osv. Muligheten for å kunne foreta en meningsfull inndeling i undergrupper vil avhenge av størrelsen på datamaterialet. Jo større datamaterialet en har, desto finere inndeling i grupper kan en foreta.

Dette er slik vi gjerne vil fremstille nytteverdien av statistikk og statistiske analyser (Aven 1998). I praksis er det imidlertid ikke alltid så enkelt å få til en effektiv bruk av slike data. Historiske tall sier noe om hva som faktisk har skjedd i et gitt tidsrom, og sier bare noe om risikonivået dersom vi antar at det er en sammenheng mellom det vi har observert og det som kan komme til å skje i fremtiden. I mange sammenhenger vil det være rimelig å anta at statistikken gir et godt bilde også i forhold til fremtiden, men det er på ingen måte opplagt:

1. Endringer kan ha skjedd som gjør at situasjonen som nå betraktes er helt forskjellig fra den tallene bygger på.
2. Datamaterialet kan være lite.

Det er naturlig å dele inn hendelser og andre risikoindikatorer i tre hovedkategorier (Aven m.fl. 2003):

1. Historiske tall over antall drepte, antall skadde, antall dager fravær på grunn av skader, antall ulykkeshendelser som fører til materielle skader av en viss alvorlighet, nedtid, osv. Vi omtaler dette som reelle hendelser.
2. Historiske tall over faresituasjoner, tilløp eller nestenulykker, og forholdet mellom tilløp/nestenulykker og reelle skader.
3. Historiske tall over størrelser som antall driftstimer for et fartøy, tiden det tar å evakuere et fartøy, osv. Dette er størrelser som er vurdert å influere betydelig på risiko og beredskapsytelse. Endring i risikobilde og beredskapsytelse forsøkes så uttrykt som funksjon av disse risikoindikatorene.

Slike tall har form av observasjoner X_1, X_2, \dots, X_n , i en driftssituasjon, og det vil åpenbart være et behov for å sortere nivået på disse slik at en blir varslet ved utslag av en viss størrelse og dermed kan få fokus på de områder som krever oppfølging og videre analyse. For eksempel, vil det være hensiktsmessig å kategorisere antall skadde (passende normalisert) i forhold til ulike områder og "alarmere" ved høye tall.

Med basis i slike observasjoner kan det etableres ulike former for risikoindikatorer og -indekser. Her vil vi se nærmere på etableringen av en samlet risikoindeks for en aktivitet, som for eksempel et transportgren, basert på registrering av et visst antall hendelser (faresituasjoner). Vi ønsker å fokusere på hendelser som har et potensiale i seg til å kunne utvikle seg til en stor ulykke. Hendelsene må ikke være for langt ute i hendelseskjeden – da får vi for få hendelser, og hendelsene må ikke være for tidlige i hendelseskjeden, da får vi problemer med måling av antallet. Risikoindeksen beregnes nå ved å multiplisere antallet slike hendelser av en viss type med en vektfaktor og så summere over alle hendelsestypene.

En slik risikoindeks er utviklet for oljevirkosomheten, i det såkalte RNNS-prosjektet (Risikonivå norsk sokkel) basert på blant annet hendelsene gasslekkasjer, brann/eksplosjon, skip på kollisjonskurs, m.m. (Vinnem m.fl., 2002). Vektene er fastsatt med utgangspunkt i en vurdering av forventet antall drepte gitt at hendelsen har inntruffet, framkommet i et sett av risikoanalyser som har vært utført for de aktuelle installasjoner. Antall hendelser og vektene er fastsatt for ulike typer installasjoner.

Tilsvarende kan et utvikle en risikoindeks for eksempel for transportgrenen, ved å registrere kritiske hendelser, som for eksempel antall kollisjonstilløp (passende definert). Avhengig av hva en vektlegger, sikkerhet for mennesker, miljø, økonomiske verdier, kan en finne fram til egnede vekt faktorer.

Det er klart at en risikoindekser som dette, i likhet med konsumprisindeksen og lignende har sine begrensninger. De får fram bare visse aspekter ved de fenomener som studeres. De kan likevel være nyttig – på en enkel måte kan en fange opp sider ved utviklingen, og få et grunnlag for vurdering av om risikoen er akseptabel. Det er imidlertid hele tiden nødvendig å se hva som ligger bakenfor de tall som indeksen gir. Eksperter er påkrevd for å kunne se hvorfor indeksen blir slik som den blir. Endringen i indeksen kan skyldes mange faktorer, som mer eller mindre er viktige for sikkerheten. Ett år registrerer 4 hendelser av en viss type, neste år registreres bare en, men den er

mer alvorlige enn de fire forrige år. Indeksen teller bare opp antallet, men tolkningen vil gi et mer helhetlig bilde.

Vi vil understreke at statistikken bare gir en viss informasjon. Noen personer, må i kraft av sin kompetanse og stilling, ha som oppgave å gi sin vurdering av taps- og skadebildet og hva som er årsakene til utviklingen. I dette arbeidet må de selvfølgelig basere seg på erfaringsdataene, og ta hensyn til usikkerheter og “tilfeldigheter”. En kan også dra nytte av informasjon som ligger tilgjengelig i ulike former for databanker når det gjelder årsaksforhold, men historiske data må ikke presenteres og brukes som noe annet enn bakgrunnsmateriale for dem som skal gi sin vurdering av situasjonen.

Det er behov for å ha litt statistisk kunnskap, men kanskje viktigere, innsikt i hva som kan føre til feil, hvordan faresituasjoner kan utvikle seg til en ulykkeshendelse, hvordan ulike tiltak kan redusere muligheten for at det oppstår en uønsket hendelse, og konsekvensene begrenses, osv. Etter å ha analysert de enkelte fare- og ulykkeshendelser, sett de i sammenheng med annen relevant informasjon og kunnskap, må en etter beste evne uttale seg om hva som ligger bak utviklingen.

En oversikt og diskusjon om bruk av risikoindikatorer finnes i Vinnem m.fl. (2003).

A.5 Eksempler på typer risikoanalyser

Nedenfor gis noen eksempler på ulike kategorier risiko- og sårbarhetsanalyser, knyttet til planlegging og drift av et system (operasjon) med potensial for ulykker med store konsekvenser (Aven 1998, Aven m.fl. 2003, Vinnem 2000). Vi kan tenke oss et fartøy, et veinett, en tunnel, osv. Systemet omtales nedenfor også som konseptet, som innebærer at systemet bare i grove trekk er utformet.

Planleggingsfase

Grovanalyse. Idéfase

Hensikten med analysen er å vurdere et stort antall konseptforslag med det formål å konkludere om:

- Konseptet er (eventuelt med mindre modifikasjoner) akseptabelt.
- Konseptene må modifiseres betydelig for å oppnå ønsket sikkerhet. Her inngår også identifikasjon av mulige risikoreducerende tiltak.
- Forskjeller mellom konsepter. Rangere konseptene.

Hovedhensikten med denne analysen er å gi underlag for å kunne vurdere økonomien i prosjektet, hva vil det koste å gjøre konseptet sikkerhetsmessig akseptabelt? Med det utgangspunkt at alle konseptene kan gjøres sikkerhetsmessige forsvarlige, legges det vekt på å identifisere de sikkerhetsmessige forholdene som kan ha utslagsgivende effekt

på økonomien til konseptet. De økonomiske konsekvensene av de sikkerhetsmessige betingelsene som må oppfylles for de ulike konseptene, danner grunnlaget for den endelige sammenligningen.

Analysen bør spesielt kartlegge i hvilken grad sannsynlighetsreducerende tiltak og passive konsekvensreducerende tiltak er prioritert, samt vurdere potensialet for ytterligere slike risikoreducerende tiltak.

Analysen kan ha en av følgende vinklinger,

- Identifikasjon av likheter/ulikheter i forhold til en gitt referanse. Risiko uttrykkes ved +/- i forhold til referansesystemet.
- Kategorisering av risiko i forhold til tap av/skade på mennesker, miljø og økonomiske verdier, basert på “ekspertvurderinger” og grovinndeling av sannsynligheter (frekvenser) av ulykkeshendelser med gitte konsekvenser for mennesker, miljø og økonomiske verdier.
- Grov Konseptrisiko- og sårbarhetsanalyse, med grovinndeling av frekvenser av ulykkeshendelser som ødelegger gitte sikkerhetsfunksjoner. Et eksempel på en sikkerhetsfunksjon er: “Ingen ulykkesspredning”.

Det fokuseres på ulykkeshendelser som kan føre til storulykker. Dersom risikoakseptkriterier brukes vil de kunne relateres til referansenivået eller sannsynligheter (frekvenser) av gitte ulykkeshendelser.

Rangeringen av konseptene baseres på overordnede, økonomiske betraktninger.

Beredskapens godhet (ytelse) beskrives på et overordnet nivå ved pålitelighet, effektivitet og sårbarhet når det gjelder for eksempel evakueringstiltak, beredskap mot akutt forurensning, osv. Visse situasjoner, f.eks. nærhet til miljøfølsomme områder, kan kreve spesielle tiltak for å begrense konsekvensene i forbindelse med en ulykkeshendelse. Det spesifiseres da krav til ytelsen av disse tiltakene. Ytelingskrav vil også formuleres med utgangspunkt i de forutsetninger og antagelser som gjøres i analysen.

Konseptrisiko- og sårbarhetsanalyse

Konseptrisiko- og sårbarhetsanalysen skal, som et ledd i den aktive rollen analysen skal ha i konseptfasen, resultere i en spesifisering av såkalte dimensjonerende ulykkeslaster. Denne spesifiseringen er relatert til risikoakseptkriteriene og fremkommer som de ulykkeslastene systemet (eller relevante deler av dette) skal kunne motstå, uten at konsekvensene av dem setter de gitte sikkerhetsfunksjoner i fare. Samtidig skal sannsynligheten for større ulykkeslaster enn de dimensjonerende være på et akseptabelt nivå. Risikoakseptkriteriene har form av gitte frekvenser av ulykkeshendelser som ødelegger de valgte sikkerhetsfunksjoner.

Hovedelementene i analysen er identifikasjon av faresituasjoner, årsaksanalyse (feiltreanalyse), konsekvensanalyse (hendelsestreakanalyse/grafisk feilutviklingsanalyse) og etablering av risikobildet. Risiko beskrives normalt ved sannsynligheter (frekvenser) av ulykkeshendelser som ødelegger gitte sikkerhetsfunksjoner.

Beredskapsytelse uttrykkes i forhold til sikkerhetssystemer (som for eksempel deteksjonssystemer), kommunikasjonssystemer, redningstiltak, evakueringstiltak, etc. Analysen resulterer i en rekke ytelseskrav i forhold til disse systemene, utover de som allerede er etablert i idefasen og de som er gitt gjennom forskrifter og annen styrende dokumentasjon.

Total risiko- og sårbarhetsanalyse

I totalrisiko- og sårbarhetsanalysen skal det fremskaffes et bilde av risiko og sårbarhet for systemet. Analysen utføres i prosjekteringsfasen og skal være i aktiv inngripen med denne ved å gi underlag for valg mellom løsninger og tiltak. Analysen oppdateres normalt i driftsfasen.

En totalrisiko- og sårbarhetsanalyse vil på mange måter være en forlengelse og en utvidelse av konseptrisikoen. Som følge av at prosjekteringen er kommet lenger, kan systemet analyseres i større detalj.

Hovedelementer i analysen er identifikasjon av faresituasjoner, årsaksanalyse (feiltreanalyse), konsekvensanalyse (hendelsestreakanalyse/grafisk feilutviklingsanalyse) og etablering av risikobildet. Ulike ytelsesanalyser av beredskapstiltak, f.eks. tilgjengelighetsanalyser av sikkerhetssystemer, inngår som en del av konsekvensanalysen.

Risiko beskrives ved sannsynligheter for (frekvenser av) ulykkeshendelser som fører til gitte konsekvenser for mennesker, miljø og økonomiske verdier, samt statistisk forventninger, f.eks. FAR-verdier, PLL, osv. Hvis risikoakseptkriterier er formulert, relateres de til disse risikostørrelser.

Hvis analysen er en grov totalrisiko- og sårbarhetsanalysen, brukes kun en risikomatrix for risikobeskrivelse og –vurdering.

I analysen inngår ytelsesbetraktninger av sikkerhets- og beredskapssystemer, som deteksjonssystemer, nødavstengningssystemer, kommunikasjonssystemer, redningstiltak, evakueringstiltak, normaliseringstiltak, beredskapsorganisasjonen, beredskap mot akutt forurensning, helsemessig beredskap, osv.

Risiko- og sårbarhetsanalyse i forbindelse med operasjoner

Hensikten med denne type analyser er å kartlegge risiko og sårbarhet i forbindelse med kritiske operasjoner, f.eks. en transportoperasjoner, byggingen av et anlegg, etc. Analysene vil kunne benyttes til å etablere en mest mulig sikker prosedyre for en operasjon.

Ulike analysemetoder kan være aktuelle, som for eksempel:

- Jobbsikkerhetsanalyse.
- Grovanalyse, “preliminary hazard analysis” (fareidentifikasjon, årsaksanalyse, konsekvensanalyse),
- Prosedyre-Hazop,
- Feiltreanalyse, hendelsestreanalyse, eller
- Analyser av menneskelige feilhandlinger.

For beskrivelser av disse metoder vises det til lærebøker i pålitelighets- og risikoanalyse (se for eksempel Aven (1998)). I disse analysene beskrives risiko gjennom en kartlegging av faresituasjoner, mulige årsaker og konsekvenser, og akseptkriterier formuleres gjennom en risikomatrix og gjennom anvendelse av prinsipper som at det alltid skal være minst to barrierer mot uønskede hendelser og at enkeltfeil ikke skal kunne føre til ulykker.

I tillegg brukes “kriterier” av formen: “risikoen anses å være akseptabel dersom dette er den overveiende oppfatning til en eller flere personer som representerer de nødvendige fagområder og som har den nødvendige kunnskap og erfaring til å foreta en velbegrunnet vurdering”.

Driftsfase

I en driftsfase kan det være aktuelt å gjennomføre en total risiko- og sårbarhetsanalyse, for eksempel som en følge av endringer som er gjennomført eller planlegges gjennomført. Det vises for øvrig til omtalen ovenfor for planleggingsfasen.

Omtalen for analyser av operasjoner gjelder også driftsfasen.

Vedlegg B Utdrag fra (Hokstad m.fl.,2003):

Nedenfor siteres litt fra arbeidet (Hokstad m.fl.,2003), for å synliggjøre noe av den tenkning som foregår innen oljevirkksomheten når det gjelder bruk av risikoakseptkriterier. Teksten må oppfattes som et innspill i en diskusjon. Diskusjonen er relevant også utover offshore-næringen. Utgangspunktet for diskusjonen her er et ønske om å opprettholde bruken av risikoakseptkriterier, i en eller annen form, i tråd med dagens regelverk innen denne næringen. Den videre forskningen innen dette feltet vil også se på løsninger som frigjør seg fra dagens regelverk, og se på tilnærminger der en ikke bruker risikoakseptkriterier på den form som en gjør i dag.

...

The use of RAC (Risk Acceptance Criteria)

...

More specifically, we could think of the RAC related to the overall risk analysis to be carried out prior acceptance of a new installation. This RAC is e.g. related to a FAR (Fatal Accident Rate) value.

The rationale behind the use of RAC in the process could be

1. Better risk control:
Contribute to undesired consequences of the planned activity being properly evaluated and controlled to a level that is acceptable to all affected parties.
2. Improved efficiency of decision process (reduce the workload of the decision making):
Contribute to the decision processes being carried out in a more efficient way. It may simply be an efficient way to structure the tasks of the decision process. Further, *to some extent* decisions are automated; it is not necessary to repeat all arguments every time; even if the RAC also may be tailored to the specific situation.

In the first point we indicate that use of RAC may contribute to more focus and involvement regarding safety issues for affected parties; but unfortunately this is not necessarily the case. The use of RAC could also lead to rather "automatic" decisions.

The second point should be a very relevant argument in many decision situations. For instance, at a "low level" of the system (e.g. Safe Job Analysis), risk matrices may be used to take decisions regarding the need for risk reducing measures.

One argument against using RAC at a "lower level" (e.g. for decisions on maintenance) is that they may lead to sub optimal solutions. I.e. resources may not be used in an optimal way to reduce overall risk

Further, it is noted that a successful implementation of RAC (without additional incentives) requires that these criteria should be difficult to meet, such that they represent a direction for improvement. Otherwise, the criteria become a way of justifying doing nothing, and risk analysis becomes a verification tool, with no important role to play in the system development. However, setting more ambitious RAC could also be difficult, as that could be too costly.

...

Principles for establishing RAC

...

In general the *Comparison Criteria* (the solution shall give at least as low risk as the present accepted practice/solution) seems most applicable, for instance when new installations shall be built, introduction of new technology, new operational philosophy and modifications. This principle should be used in combination with other principles such as:

- Principle of continuous risk reduction
- Principle of justice for all affected parties.

It is noted that the following are in general useful input, when an actual RAC limit shall be specified:

- Historical risk data" and acceptability of risk in similar activities; (i.e. utilise accumulated knowledge)
- Assessment of perceived risk and willingness to accept the risk by involved parties (and voluntariness, control)

It is also noted that RAC have to be calibrated. If we use risk analysis and RAC for the first time for a new type of system or activity we need to see what is a "normal" risk level for this system, before we can specify the RAC.

Further, the explicit RAC limit should always be specified relative to a given context of analysis methodology and input data. The risk analyst can not be free to choose this independent of the RAC being specified.

...

Requirements regarding the use of RAC in the decision process

...

We make the some requirements in order that an "RAC-approach" can be recommended:

- The group specifying the RAC ("internal stakeholders") should be broad (e.g. including both safety management and representatives of labour union), so that all affected parties are represented in the discussion. It should be a clear objective that these parties arrive at a consensus on the RAC. The ideal should be a "discursive process" (i.e. promoting participation and involvement of all, all with the same possibilities to promote their view, and with a common objective to arrive at consensus). Of course there must be a balance; decision on acceptance e.g. regarding modifications that are considered minor may be carried out in a smaller group.
- The group should decide whether the risk is such that a *risk informed* approach is appropriate (implying that a RAC shall be specified), or whether the situation requires a *precautionary* or *discursive* management strategy, cf. (Klinke and Renn, 2001). They should also evaluate other value issues, e.g. whether there are special (highly exposed) groups or operations requiring specific attention.
- There should be a clearly formulated ambition of risk reduction. The argument is that there may be several factors working towards a negative trend (minor unnoticed changes, increased complexity, "dullness",...), and accepting that status regarding safety is OK may in practice lead to degradation.
- The acceptance of a (risky) activity should be followed up (during operation) by formulating and following up goals that could be defined regarding trends of various risk performance measures ("conditional acceptance").

With this in mind, use of RAC should in several cases assist to make a more structured decision process.

...

Conclusions

Some preliminary recommendations, presented below, are based on some evaluation criteria; the decision process should:

- promote risk reduction
- promote cost-effectiveness in the choice of risk reducing measures
- secure a sufficient degree of involvement; i.e. the relevant parties are heard and should be satisfied with the result reached. So there should be an arena to ease/support free discussions to arrive at consensus on what is acceptable
- promote an efficient process to arrive at acceptance.

The overall recommendation is that the process should be guided by a *combined* use of RAC and some sort of cost/benefit analysis/considerations for choosing amongst solutions that are found acceptable. The RAC can provide a useful support in the decision process, but will not by itself give a sufficient drive to risk improvement.

- 1) The group of "internal stakeholders" shall perform normative discussions. This group needs to take a stand to the normative issues, and RAC are formulated based on a broad discussion including e.g.
 - risk perception
 - historical risk
 - need for risk reduction
 - justice to all (incl. highly exposed groups)

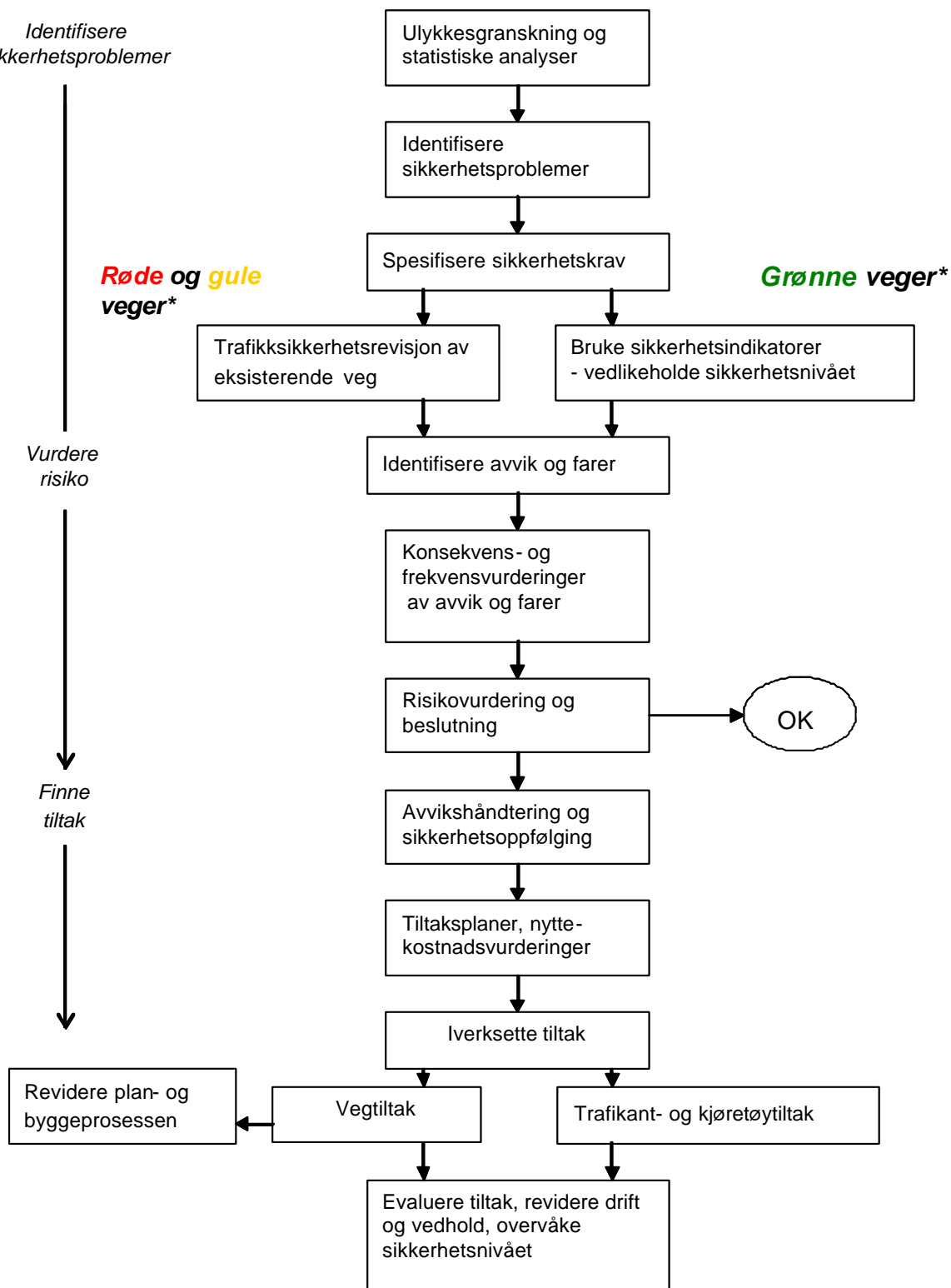
- 2) The evaluation of various options satisfying RAC (cf. the ALARP step) should be based on comparing costs/benefits, without necessarily performing a "strict cost/benefit analysis. For instance it should be "allowed" to use greater spending to save a statistical life, given the risk is high. Further, the options could be evaluated also considering for instance (qualitatively)
 - simplicity
 - robustness
 - flexibility

So there should be a drive to reduce risk below RAC, and thus also to explore concepts giving lower risk. However, it is not seen as imperative to require a full ALARP approach, e.g. also specifying the value of a statistical life. Cost/benefit values should be provided to assist decisions without having to be compared to a fixed "acceptable" value.

Finally, management commitment is of course required. If management do not want to obtain high safety, the approach allows it do so, by specifying non-ambitious risk acceptance criteria and using the further risk reduction (ALARP principle) with no enthusiasm and commitment. As risk analysis is no precise instrument for risk measurement – the level of arbitrariness is significant and the results can be made favourable for a certain direction by the assumptions made and the data and tools used.

Vedlegg C Styring av sikkerheten i vegtrafikken

Dette vedlegget viser strukturen på aktivitetene og noen av kravene som inngår i Statens vegvesens system for sikkerhetsstyring, (Midtgaard, m.fl., 2002).



* Definert gjennom verdier for forventet skadegradstetthet.

Krav til en sikker veg

Sikkerhetskravene bygger på den til enhver tid beste kunnskap om hva som skaper en sikker veg og revideres i takt med ny kunnskap. Sikkerhetskravene er funksjonskrav basert på menneskets forutsetninger i trafikken; vår mestringsevne og tåleevne for fysiske påkjenninger i en kollisjon. Enkeltfeil-prinsippet ligger til grunn: En menneskelig feilhandling i trafikken skal ikke føre til tap av liv eller varig skade. Sårbarhetsanalyser av vegsystemet²⁴ og ulykkesgransking er viktige kunnskapskilder for å utforme og utvikle sikkerhetskravene.

Definisjon av en sikker veg²⁵:

- Vegens utforming skal lede til sikker atferd gjennom å være logisk og lettlest.
- Vegen skal invitere til riktig fart og stimulere til våkenhet.
- For at vegen skal være sikker for alle, må de svakeste trafikantgruppens forutsetninger legges til grunn for løsningene; barn, unge, eldre og funksjonshemmede.
- Vegens sikkerhetsnivå og fartsgrense skal være tilpasset hverandre.
- Myke og harde trafikanter skal separeres og ikke komme i konflikt.
- På steder med utilstrekkelig separasjon mellom myke og harde trafikanter, skal kjøretøyenes fart ikke være høyere enn 30 km/t.
- På steder hvor kjøretøy kan sidekollidere skal farten ikke være høyere enn 50 km/t.
- På veger med stor fare for møteulykker skal farten ikke være høyere enn 70 km/t
- (ÅDT > 4000)
- Sideterrenget skal være mykt og vegutstyret ettergivende i vegens sikkerhetssone slik at en utforkjøring ikke fører til livstruende skader. Med harde hindre i sikkerhetssonen skal vegen ha siderekker. Vegens sikkerhetssone er 10% av fartsgrensen (70 km/t → 7 m).
- Andre farlige forhold ved vegen er avdekket gjennom analyser og risikoen er under kontroll

²⁴ Analyser av menneskelig pålitelighet og systemets robusthet mot feilhandlinger

²⁵ Begrepet "veg" omfatter også vegens sideområde, skilting, oppmerking osv.

Krav til en sikker trafikant (må utvikles)

En sikker trafikant følger systemets spilleregler:

- kjører rusfritt
- bruker bilbelte og annet beskyttelsesutstyr
- holder fartsgrensene
- kjører et sikkert kjøretøy
- er våken
- gjør sitt beste i trafikken

Krav til et sikkert kjøretøy (må utvikles)

Et sikkert kjøretøy

- er i teknisk god stand
- har en innebygd konstruksjonsmessig sikkerhet og sikkerhetsutstyr som gir tilstrekkelig beskyttelse ved sammenstøt i lovlige hastigheter
- har en teknologi som hjelper føreren til sikker atferd