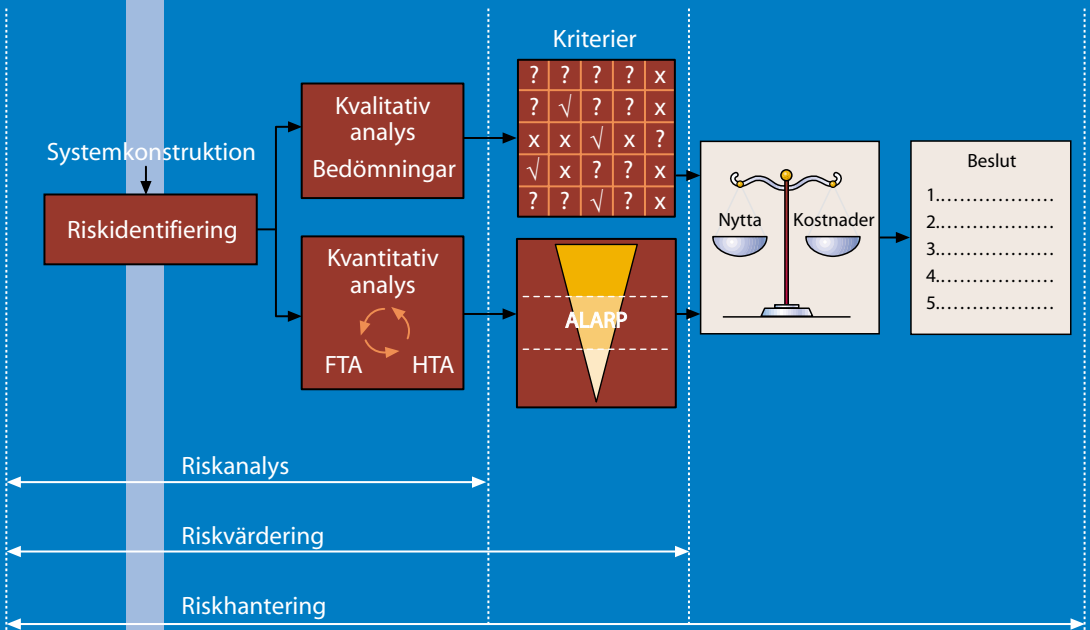


Handbok för riskanalys



Räddningsverket

Handbok för riskanalys

Räddningsverket

Att mångfalida innehållet i denna bok, helt eller delvis, utan medgivande av Räddningsverket är förbjudet enligt lagen (1060:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk. Förbudet gäller varje mångfaldigande genom tryckning, kopiering, bandinspelning etc.

Författare: Göran Davidsson, DNV
(huvudförfattare); Liane Haefler, DNV;
Bo Ljungman, DNV; Håkan Frantzich, LTH
Sakgranskning: Ulrika Postgård, Riskenheten,
Risk- och Miljöavdelningen, Räddningsverket
Redaktör: Anna-Lena Göransson
Illustrationer: Per Hardestam
Foto: fig.4.12, s. 138, J.Lundgren, SGI, 1997.
fig. 4.16, s. 144, Västerbottens museums arkiv.
Formgivning: Karin Rehman
Tryck: Elanders Tofters 7838
Utgivningsår: 2003
Beställningsnummer: U 30-626/02
ISBN 91-7253-178-9
©Räddningsverket 2003

Innehåll

1. Inledning 7

1.1 Avgränsningar och inriktning 8

1.1.1 *Avgränsningar avseende verksamheter och typ av risk* 8

1.1.2 *Avgränsningar avseende riskhanteringsprocessen* 9

1.2 Handbokens innehåll 9

1.3 Olika aktörers ansvar 10

1.3.1 *Centrala myndigheter* 10

1.3.2 *Kommunledningen* 10

1.3.3 *Räddningstjänsten* 10

1.3.4 *Teknisk försörjning* 11

1.3.5 *Miljö- och hälsoskydd* 11

1.3.6 *Fysisk planering m.m.* 11

1.3.7 *Länsstyrelsen* 11

1.3.8 *Företag* 12

1.3.9 *Samordning* 12

1.4 Kunskap som erfordras 14

1.4.1 *Riskinventering* 14

1.4.2 *Risikanalys* 15

1.5 Användningsområden 15

1.6 Säkerhetsmål 17

1.7 Referenser 20

2. Risk och säkerhet 21

2.1 Osäkerhet, fara och rädsla 21

2.1.1 *Olika typer av risker* 21

2.1.2 *Att mäta risk* 22

2.1.3 *Riskperception* 25

2.2 Risker inom olika områden 28

2.2.1 *Process och transport* 28

2.2.2 *Naturolyckor* 30

2.2.3 *Brand* 31

2.3 Behov av risikanalys 32

2.3.1 *Lagstiftning* 32

2.3.2 *Etiska överväganden* 38

2.3.3 *Tekniska överväganden* 38

2.3.4 *Ekonomiska överväganden* 39

2.3.5 *Politiska överväganden* 40

2.4 Orsaker till olyckor och tillbud 40

2.4.1 *Orsaker till olyckor* 40

2.5 Säkerhetsledningssystem 45

2.5.1 *Innehåll i ett säkerhetsledningssystem* 45

2.5.2 *Betydelsen för riskhantering* 49

2.6 **Strategier för riskhantering beroende på riskernas karaktär** 50

2.7 **Referenser** 52

3. Allmänt om riskanalys 53

3.1 **Riskanalys och -hantering; processen** 53

3.1.1 *Arbetsgång* 53

3.1.2 *Definition av mål och avgränsningar samt utarbetande av kriterier för riskvärdering* 55

3.1.3 *Inventering och identifiering av risker* 56

3.1.4 *Bedömning av sannolikheter* 57

3.1.5 *Bedömning av konsekvenser* 58

3.1.6 *Bedömning av risknivå* 59

3.1.7 *Värdering av risk* 63

3.1.8 *Åtgärdande av risker* 65

3.2 **Val av analysmetod** 67

3.2.1 *Grov eller detaljerad analys* 67

3.2.2 *Kvalitativa eller kvantitativa analyser* 67

3.2.3 *Deterministiska eller probabilistiska metoder* 68

3.2.4 *Induktiv eller deduktiv analys* 69

3.3 **Erfarenhetsåterföring** 69

3.4 **Hantering av osäkerheter** 71

3.5 **Riskkommunikation** 71

3.6 **Analysmetoder, en översikt** 72

3.6.1 *Metoder för analys av allmänna tekniska eller sociotekniska system* 75

3.6.2 *Metoder för analys av människa eller teknik eller organisation* 85

3.6.3 *Metoder för brandanalys* 88

3.7 **Metodanvändning** 90

3.8 **Referenser** 92

4. Genomförande av analys 93

4.1 **Förberedelser** 93

4.2 **Processtekniska anläggningar** 94

4.2.1 *Riskidentifiering* 95

4.2.2 *Orsakskartläggning och sannolikhetsbedömning* 98

4.2.3 *Konsekvensanalys* 102

4.2.4 *Riskbedömning och presentation av analysresultat* 107

4.2.5 *Riskvärdering* 109

4.2.6 *Riskreduktion* 112

4.3 **Farligt gods på järnväg** 114

4.3.1 *Riskidentifiering* 114

- 4.3.2 Orsakskartläggning och sannolikhetsbedömning 116
- 4.3.3 Konsekvensanalys 118
- 4.3.4 Riskbedömning och presentation av analysresultat 118
- 4.3.5 Riskvärdering 122
- 4.3.6 Riskreduktion 123

4.4 Brand 124

- 4.4.1 Riskidentifiering, orsaks och sannolikhetsbedömning 124
- 4.4.2 Konsekvensanalys 128
- 4.4.3 Osäkerheter och känslighetsanalys 134
- 4.4.4 Presentation av analysresultat 136
- 4.4.5 Riskvärdering 136
- 4.4.6 Riskreduktion 137

4.5 Ras och skred 138

- 4.5.1 Riskidentifiering och sannolikhetsbedömning 141
- 4.5.2 Konsekvensanalys 142
- 4.5.3 Riskbedömning, presentation av analysresultat samt riskvärdering 142
- 4.5.4 Riskreduktion 143

4.6 Översvämning 143

- 4.6.1 Riskidentifiering och sannolikhetsbedömning 145
- 4.6.2 Konsekvensanalys 149
- 4.6.3 Riskbedömning, presentation av analysresultat samt riskvärdering 150
- 4.6.4 Riskreduktion 150

4.7 Referenser 152

5. Riskanalysers kvalitet 155

5.1 Kvalitetsbegrepp 156

5.2 Krav (behov och förväntningar) 157

5.3 Krav avseende riskanalysens relevans 157

5.4 Krav avseende riskanalysens redovisning 158

- 5.4.1 Syfte, precision och omfattning 158
- 5.4.2 Anläggnings-, system- och omgivningsbeskrivning 159
- 5.4.3 Olycksidentifikation 159
- 5.4.4 Beräkning av sannolikheter och frekvenser 159
- 5.4.5 Beräkning av konsekvenser 159
- 5.4.6 Presentation av risker 160
- 5.4.7 Värdering av risker 160
- 5.4.8 Osäkerheter 160
- 5.4.9 Rekommendationer 160
- 5.4.10 Referenser 160
- 5.4.11 Transparens 161

5.5 Krav avseende riskanalysens osäkerhet 161

- 5.5.1 Osäkerhet i riskanalysprocessen 161
- 5.5.2 Typer av osäkerhet 163
- 5.5.3 Osäkerhetsbedömning 165

5.5.4 *Kommunikation av osäkerhet och beslutspåverkan* 166

5.6 Krav avseende granskning och verifikation av riskanalys 167

5.7 Kvalitetssäkring av riskanalys 168

5.7.1 *Standarder för riskanalys* 168

5.8 Referenser 169

6. Praktiska hjälpmedel 171

6.1 Metodmatris 171

6.2 Checklistor för riskinventering och identifiering 176

6.2.1 *Kommunal riskinventering* 176

6.2.2 *Riskidentifiering i processtekniska anläggningar* 182

6.3 Att beställa en riskanalys 184

6.4 Att granska en riskanalys 186

6.4.1 *Egenkontroll* 186

6.4.2 *Intern verifikation* 187

6.4.3 *Extern granskning* 187

6.5 Referenser 194

Bibliografi 195

Risk och riskhantering 195

Analysmetoder 197

Process 197

Järnväg/transport 198

Brand 198

Natur (ras/skred/översvämning) 199

Riskanalysen kvalitet/standard/osäkerhet 199

Index 200

Inledning

Redan 1989 tog Räddningsverket fram handboken *Att skydda och rädda liv – handbok i kommunal riskhantering*, som var en av de första skrifterna som på ett systematiskt och ändå lättillgängligt sätt beskrev och hanterade risker i kommunala sammanhang (Rosenberg et al, 1989). Den fyllde en viktig funktion och har utgjort en utgångspunkt för kommunernas arbete med riskfrågor. Emellertid kan man i efterhand konstatera att detta arbete i många fall lett fram till en inventering av risker, men att arbetet ofta varit begränsat när det gäller efterföljande analys av dessa risker. Boken har inte heller upplevts ge erforderligt stöd i detta arbete.

Handbok för riskanalys kan betraktas som en fristående fortsättning på *Att skydda och rädda liv*. Det är förhoppningen att *Handbok för riskanalys* ska inspirera till ett utvecklat analysarbete och utgöra ett stöd i detta arbete.

Boken är avsedd att användas som kursmaterial vid Räddningsverkets skolor under utbildningar som behandlar kommunal riskhantering. Den är också tänkt att ge underlag och vägledning för kommunernas och länsstyrelsernas riskhantlingsarbete och för att användas i deras interna utbildningsverksamhet.

Handboken syftar till att förmedla grundläggande kunskaper om riskanalys på ett strukturerat och lättillgängligt sätt. Det övergripande målet med handboken är att handläggare, bl.a. i kommunala förvaltningar, själva ska kunna genomföra enklare riskanalyser, men framför allt att de ska kunna ställa krav på analyser samt granska och kvalitetsvärdera genomförda analyser.

1.1 Avgränsningar och inriktning

1.1.1 Avgränsningar avseende verksamheter och typ av risk

Handboken begränsas till analys av risker inom verksamheter och system där konsekvenser av eventuella olyckor är av allmänt intresse och där det är ett samhällsansvar att olycksförbyggande och skadebegränsande åtgärder vidtas. Fokus har lagts på verksamheter och risker som är av betydelse i den fysiska planeringen. Detta innebär att analys av arbets säkerhet inte är ett prioriterat område i detta sammanhang.

Av praktiska skäl har arbetet begränsats till fredssituationer.

Vidare har en avgränsning gjorts till olycksrisker, vilket innebär att permanenta störningstillstånd eller långtidspåverkan ej tas upp. Till exempel berörs inte de risker som är förknippade med förekomst av radon i bostäder eller dricksvatten.

Tre huvudområden har definierats inom vilka analysmetoder presenteras: process- och transportrelaterade risker, naturrelaterade risker samt brandrelaterade risker.

Process- och transport. Detta innefattar t.ex. verksamheter inom kemisk-, petrokemisk-, papper och massa-, verkstadsindustri där oönskade händelser kan ge upphov till toxiska utsläpp, brand och explosion. Inom transportsidan beaktas primärt transporter av farligt gods på järnväg. Däremot behandlas ej kärnkraft och flygtransporter.

Natur. Detta innefattar översvämningar, inklusive risker med dammanläggningar samt ras och skred.

Brand. Detta innefattar brand i byggnader.

Ovanstående är verksamheter och typer av risker som kan ge upphov till påverkan på 3:e person eller yttre miljö och som kan vara av stor betydelse i den fysiska planeringen.

Någon exakt avgränsning är emellertid svår, och inte heller särskilt meningsfull, att göra. Så ryms t.ex. inte tekniska försörjningssystem inom ovanstående områden, men de arbetsmetoder som presenteras kan mycket väl tillämpas på sådana system.

1.1.2 Avgränsningar avseende riskhanteringsprocessen
Riskanalysen utgör en del av denna process med målsättningen att belysa var och hur olyckor, tillbud och störningar kan inträffa, hur ofta detta kan tänkas ske och vilka konsekvenser som kan uppstå. Dessa kunskaper utgör underlag för värdering av riskerna och beslut om eventuella riskreducerande åtgärder. Riskanalysen anses ofta omfatta följande delar:

- Definition av mål och avgränsningar.
- Identifiering av risker.
- Analys av risker innefattande bedömning av sannolikhet och konsekvens.

Handboken är primärt inriktad på de två senare av dessa, dvs. identifiering och analys av risker. Övriga delar av riskhanteringsprocessen berörs mer översiktligt.

1.2 Handbokens innehåll

Boken kan ses som bestående av tre delar. Den första delen, omfattande kapitel 1–3, är en introduktion till området riskanalys. Avsikten med denna del är att göra läsaren förtrogen med begrepp och problemställningar, sätta in riskanalysen (och handboken) i sitt sammanhang samt ge en översiktlig bild av relevanta analysmetoder.

Den andra delen omfattar kapitel 4–6. Här beskrivs genomförande av riskanalys, exemplifierat från områdena redovisade i avsnitt 1.1. Vidare diskuteras kvalitetskrav och vissa praktiska hjälpmedel vid genomförande och granskning av riskanalys redovisas.

Den sista delen omfattar en bibliografi och ett index över ord och begrepp använda inom riskanalys.

Kapitlen är numrerade i en följd genom boken med numrerade underkapitel i tre nivåer. Innehållsförteckningen kan i någon mån fungera som uppslagsdel för den som söker information i någon speciell fråga.

1.3 Olika aktörers ansvar

1.3.1 Centrala myndigheter

Centrala myndigheter som Räddningsverket, Boverket, Naturvårdsverket och Arbetsmiljöverket har till uppgift att mot bakgrund av gällande speciallagstiftning utarbeta allmänna råd och riktlinjer för kommunernas riskhantering, samt att initiera utvecklingsarbeten och genomföra utbildning i ämnet.

1.3.2 Kommunledningen

Det övergripande och samordnande ansvaret för kommunens riskhantering ligger på kommunledningen (kommunstyrelsen).

Att identifiera och värdera olika typer av risker fordrar god kunskap om vitt skilda sakområden. Det kräver ett aktivt samspel mellan ett flertal aktörer inom och utanför kommunens organisation. Kommunledningen har ansvaret för att en organisation skapas, som möjliggör att arbetet kan bedrivas i samverkan och på ett samordnat sätt.

Det huvudsakliga arbetet med den kommunala riskhanteringen sker inom kommunala förvaltningar och företag. Kommunstyrelsen ger berörda förvaltningar särskilda uppdrag samt anvisar nödvändiga resurser.

1.3.3 Räddningstjänsten

Räddningstjänstens ansvar och inriktning har successivt utvidgats till att omfatta mer av förebyggande arbete, bl.a. genom 1986 års räddningstjänstlag. Enligt denna ska varje kommun svara för att åtgärder vidtas inom kommunen, så att bränder och skador till följd av bränder förebyggs. Kommunen ska också verka för att annan olycksförebyggande och skadebegränsande verksamhet främjas. En av kommunfullmäktige antagen räddningstjänstplan ska finnas. Planen ska innehålla uppgifter om så kallade § 43-anläggningar, vattentäkter, hamnar och andra områden där en olyckshändelse kan medföra allvarliga skador på miljön.

Räddningstjänsten har även tillsynsansvar, vilket bl a innebär genomförande av brandsyn. I vilken utsträckning räddningstjänsten kan arbeta med förebyggande insatser beror på tillgängliga resurser, men också på kunskapen om förekommande risker med stöd av lokala riskanalyser.

1.3.4 Teknisk försörjning

Kommunen har ett övergripande ansvar för att den lokala försörjningen av el, värme, vatten samt avlopps- och avfallshanteringen fungerar på ett sätt som tillgodoser innevånarnas säkerhet, trygghet och välfärd (tillsynsansvar). I de fall man är huvudman för verksamheten i fråga, har kommunen även det tekniska och ekonomiska ansvaret för riskhantering och att förebyggande åtgärder kommer till stånd. I allt större omfattning bedrivs den kommunaltekniska försörjningen i aktiebolagsform med kommunala eller privata ägare (även internationella företag).

1.3.5 Miljö- och hälsoskydd

Miljö- och hälsoskyddsförvaltningen har en myndighetsroll vad gäller tillsyn och remisser i tillstånds- och planärenden. Nämnden har även som uppgift att biträda med sin sakkunskap inom miljö- och hälsoskyddsområdet i det förebyggande arbetet.

1.3.6 Fysisk planering m.m.

Genom den fysiska planeringen har kommunen möjligheter att påverka framtida markanvändning och bebyggelse. Det gäller såväl lokalisering i översiktsplaneringen som utformning i detaljplanering och bygglovsärenden. Enligt PBL och miljöbalken ska hälsa och säkerhet behandlas och riskhänsyn tas i såväl översikts- som detaljplaner. I miljökonsekvensbeskrivningar (MKB) ska även analys av risker ingå (Räddningsverket, 2001).

1.3.7 Länsstyrelsen

Länsstyrelserna har ett ansvar att verka för hälsa och säkerhet i olika sammanhang:

- Som serviceorgan för information till kommunerna om hotbilder, främst av regional betydelse, t.ex. kärnolyckor, översvämningar, ofredshot.
- Som samordningsansvarig för mellankommunala frågor.
- Som regional myndighet i plan- och tillståndsfrågor.
- Som tillsynsorgan över kommunal verksamhet.

1.3.8 Företag

Kommunala och enskilda företag har att bedriva den riskhantering som fordras för att trygga den egna verksamheten, men också att i samverkan med andra aktörer genomföra de analyser och de förebyggande åtgärder som behövs för att åstadkomma och vidmakthålla ett säkert samhälle. Ytterligare incitament för arbete med riskhantering är dess påverkan på företagets goodwill, på dess miljöprofil och dess nära koppling till kvalitetsförbättringsarbetet.

1.3.9 Samordning

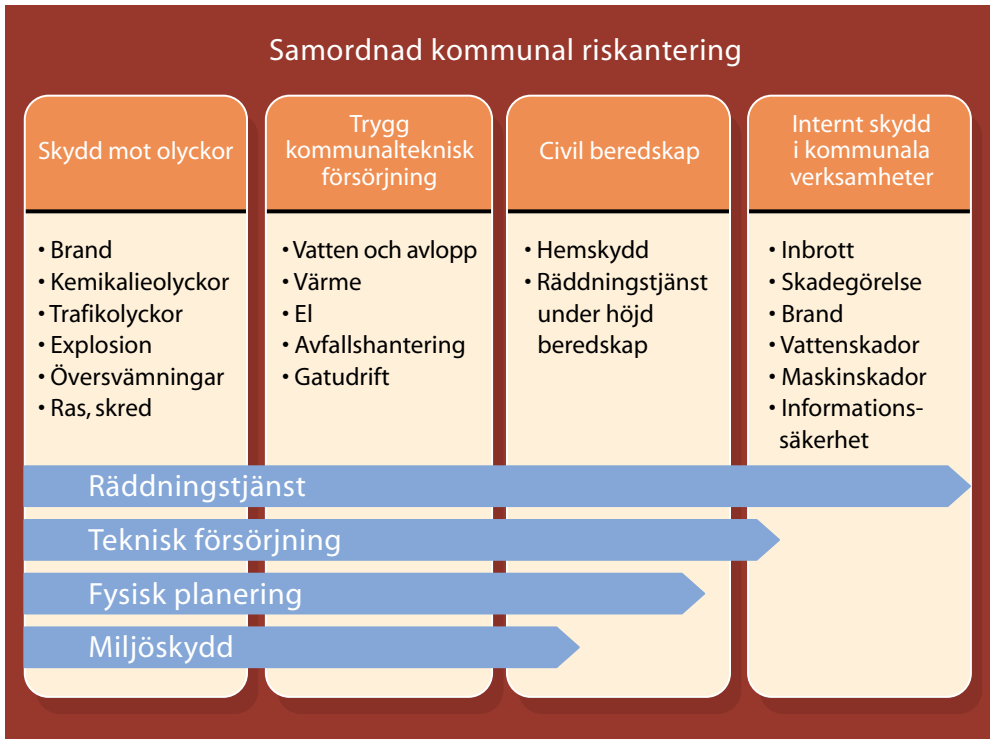
Kommunerna har det övergripande ansvaret för säkerheten inom kommunens gränser. Detta innebär att det behövs strategiska ställningstaganden till den helhet som består av risker för stora olyckor i samhället, risker för avbrott och störningar i teknisk försörjning samt risker som kan inträffa såväl i fred som i ofred. Det åligger också kommunen att väga samman kraven på säkerhet med andra (i vissa fall motstridiga) intressen, såsom arbetstillfällen och ekonomiskt utnyttjande av resurser.

Kommunen behöver således i sin samlade riskhantering och i sitt mål- och programarbete ha kunskap om och ta ställning till en rad olika risktyper och deras betydelse.

Riskhantering i ett kommunalt perspektiv kan omfatta flera delområden. En helhet bör eftersträvas. I riskhanteringen ska man genomföra och följa upp åtgärder som dels ökar medborgarnas trygghet och säkerhet, dels medför sänkta samhällskostnader för olyckor.

Samordnad kommunal riskhantering kan till exempel leda fram till följande konkreta delmoment:

- Risk- eller säkerhetspolicy.
- Samordning av kommunens riskhantering som innefattar kommunens interna skydd, skydd mot olyckor, tryggande av viktiga samhällsfunktioner (t.ex. teknisk försörjning) och civil beredskap.
- Ökad samverkan och ökade kunskaper om kommunens risker mellan kommunala förvaltningar samt mellan kommun, myndigheter, organisationer och näringsliv.
- Systematisk inventering och analys av kommunens



Figur 1.1 Exempel på delområden i kommunal riskhantering (Strömgren, 1997).

olycksrisker, framtagning av förslag till åtgärder, samt genomförande och uppföljning av dessa.

- Översyn av räddningstjänstens insatsplaner.
- Utvidgad brandsyn och miljötillsyn.
- Förbättrad riskhänsyn i fysisk planering. Riskfaktorer redovisas i översiktsplanen och risker behandlas kontinuerligt i detaljplaner.
- Rutiner för intern skade- och tillbudsrapportering inom kommunen.
- Förbättrad kommunal försäkringsplan med anpassad självrisknivå och riskspridning.
- Ökad riskmedvetenhet bland beslutsfattare och kommuninvånare.
- Risk- och säkerhetsfrågorna ingår i kommunens revision och system för kvalitetsstyrning.
- Förbättrad utbildning och information om risker till allmänhet och anställda.

1.4 Kunskap som erfordras

Riskhanteringsprocessen, dvs. det kontinuerliga arbetet med risker, är mycket viktig. Den förutsätter en organisation, kunskaper och mål för arbetet.

Resurser, förankring och kvalitet är också viktiga begrepp i riskhanteringsprocessen. Processen kretsar kring risker, intresset fokuseras på riskerna och möjligheten att minska dem, dvs. att öka säkerheten i samhället. Stommen i ett sådant arbete är riskinventeringen. I första skedet är det just detta – att åstadkomma en inventering – som är själva målet. Därefter vidtar den systematiska analysen av de identifierade riskerna. Tonvikten kan därefter läggas på att påverka vissa identifierade riskkällor och att hålla riskanalysen aktuell.

1.4.1 Riskinventering

En kommunal riskinventering är en sammanställning av kommunens riskbild. Riskinventeringen bör vara kommuntäckande och innehålla uppgifter om riskobjekt och skyddsobjekt. Exempel på riskobjekt kan vara industrianläggningar som hanterar stora energianhopningar, områden med risk för jordskred eller transportleder för farligt gods. Med skyddsobjekt avses här objekt som innehåller ett särskilt skyddsvärde t.ex. hög persontäthet, värdefull miljö eller egendom. Exempel på väsentliga skyddsobjekt är skolor, vårdanläggningar, vattentäkter, byggnader med stort kulturvärde och anläggningar för viktiga samhällsfunktioner. Begreppet riskinventering har här använts för att beteckna den övergripande kartläggningen av risk- och skyddsobjekt, medan den mer detaljerade kartläggningen av olycksrisker inom respektive objekt benämns riskidentifiering.

Riskinventeringen bör bygga på den samlade kunskap om olycksrisker som finns inom kommunen. Den kan redovisas med hjälp av kartor, tabeller och diagram samt förklarande och informerande text. Riskinventeringen utgör en kommunal kunskapskälla om olycksrisker och kan användas som underlag för bland annat fysiska planer, miljöplaner, Agenda 21-arbete, räddningstjänstplan, planering av landstingets medicinska beredskap, trafikplaner, beredskapsplaner etc. Riskinventeringen är ett inledande steg till riskanalysen.

1.4.2 Riskanalys

Riskanalys innebär en systematisk identifiering av olycksrisker samt bedömning av risknivåer. Riskanalysen bör normalt innehålla beräkningar eller uppskattningar av sannolikheter och konsekvenser samt belysa osäkerheter i analysen. Detta kan i en del fall ske med hjälp av olika beräkningsmodeller.

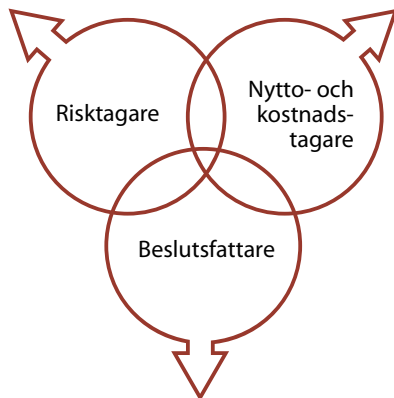
Det finns olika metoder för riskanalys, som används inom olika områden i samhällsplaneringen. En del riskanalysmetoder belyser olycksrisker, andra är särskilt ändamålsenliga när det gäller kommunalteknisk försörjning. Riskanalyser bör ibland genomföras som en del i planeringsprocessen. Resultat av riskanalyser bör då redovisas i plandokumentet. Riskanalyser kan visa på brister i säkerheten och utgöra underlag för riskreducerande åtgärder.

1.5 Användningsområden

En god kunskap om förekommande risker inom kommunen är grundläggande för en väl fungerande riskhantering. Riskbilden klarläggs genom riskanalyser, där riskerna identifieras och beräknas eller bedöms vad gäller sannolikhet och konsekvens.

Mot bakgrund av de risker som framkommit i riskanalysen formuleras målen för en ökad eller vidmakthållen säkerhetsnivå. Riskbilden förändras hela tiden, t.ex. genom beslut som fattas. Sådana beslut kan bland annat avse om- och tillbyggnad av anläggningar, nya processer eller trafiksystem. Man måste därför följa upp och försäkra sig om att en uppnådd nivå vidmakthålls. Detta kan ske bäst interaktivt genom att åtgärdsstrategier formuleras av berörda aktörer i samverkan och med de medel som varje aktör behärskar.

Varje aktör arbetar in resursbehoven i sitt årliga verksamhetsprogram och i sin budget. Detta i sin tur skapar resurser för att genomföra erforderliga förebyggande åtgärder, samt skadebegränsande insatser vid en inträffad olycka. När successivt olika åtgärder vidtas som ökar säkerheten, förändras också riskbilden, vilket i sin tur motiverar översyn av mål och åtgärdsstrategier. På så sätt kan en kontinuerlig förbättring av säkerheten ske.



Figur 1.2 Parter, som berörs i beslutsfattande avseende risker (Thedéen, 1998).

I de flesta verksamheter måste ständigt olika typer av beslut fattas. Flera former av beslutsanalyssystem har därför utvecklats. En beslutsanalys går ut på att skapa underlag för att välja det optimala av alla möjliga alternativ. Vilket som är det optimala beslutet beror dock på vad beslutsfattaren har för kriterium för sitt beslut (Mattson, 2000). Beslutsfattande i situationer, där något av handlingsalternativen kan innebära negativa konsekvenser för människors liv, hälsa eller miljö, tar oftast hänsyn till många aspekter, varav riskaspekten endast är en. Beslutssituationen kompliceras ofta av att de personer eller grupper i samhället som drar nytta av verksamheten inte alltid är de som utsätts för riskerna (se figur 1.2).

En genomförd riskanalys bör kunna utgöra underlag för information till och diskussioner med representanter för olika grupper, vars säkerhet direkt eller indirekt berörs av de beslut som kan komma att fattas. Detta ställer krav på att analysen presenteras på ett sådant sätt att den kan förstås även av ickeexperter. Förutom att utgöra ett underlag för sådan riskkommunikation gentemot berörda intressenter och andra beslutsfattare bör riskanalyser också kunna utgöra ett hjälpmedel när det gäller att förankra beslut inom den egna organisationen. Det kan vara mycket betydelsefullt att man inom olika delar av organisationen har en gemensam syn på de risker som är förknippade med verksamheten, inte minst när det gäller det praktiska genomförandet av fattade beslut.

All riskanalys innebär med nödvändighet en förenkling i

förhållande till verkligheten och den riskskattning man kommer fram till är ofta behäftad med stor osäkerhet. Riskanalysens användbarhet ligger därför kanske inte i första hand i dess möjlighet att självständigt ge mer eller mindre tillförlitliga svar på frågor om lokalisering eller skyddsåtgärder. I stället bör riskanalyser ses i ett större sammanhang, som innebär att man använder dem som hjälpmedel för att ta fram underlag för de beslut som rör hanteringen av de risker som är förknippade med en given verksamhet.

En av riskanalysens viktigaste funktioner är att fungera som ett hjälpmedel för att identifiera sådana riskkällor och riskfyllda situationer, som ännu inte lett till någon svår olycka, men som skulle kunna göra det med en icke försumbar sannolikhet. Därigenom görs det möjligt att sätta in behövliga åtgärder i tid för att förhindra olika typer av olyckor. Detta förutsätter dock att analysen görs på en tillräckligt detaljerad nivå och att all relevant information om möjliga olyckstyper och olycksorsaker tas till vara i analysarbetet. Den kanske främsta informationskällan i detta sammanhang utgörs av de »småolyckor«, tillbud och andra störningar eller avvikelser som förekommer i den dagliga verksamheten. Det är därför viktigt att registreringen av denna typ av händelser görs så fullständig som möjligt.

1.6 Säkerhetsmål

Denna handbok behandlar olycksrisker i samhället, vars hantering kan behöva samordning mellan flera aktörer. Det är här frågan om olyckor med sådana konsekvenser att det finns ett allmänt intresse för att förebyggande åtgärder kommer till stånd. Mot vilken säkerhetsnivå man ska inrikta det förebyggande riskhanteringsarbetet är således en fråga både för kommunala politiker/tjänstemän (samhällsintresset), näringslivets och andra aktörers intressen (företagsintresset).

I olika studier visar det sig att det oftast saknas praktiskt användbara mål att inrikta arbetet mot. De som finns är vanligen inte tillräckligt »operativa« eller samordnade mellan olika aktörer. De mål som oftast förekommer är av typen »åtgärds-mål« som säger att vid en viss tidpunkt ska vissa åtgärder vara genomförda i syfte att öka säkerheten. Däremot är det mer säl-

lan som målen är formulerade i termer av minskad risk eller ökad säkerhet som kan följas upp, så att effektiviteten i genomförda åtgärder kan bedömas.

Säkerhetsmålen ska uttrycka den ambition som kommunen eller verksamhetsansvarig har och mot vilken man avser inrikta de olycksförebyggande och skadebegränsande insatserna. Målen kan uttryckas på olika sätt. Det viktiga är att de är anpassade till den rådande situationen och uppfattas som motiverade och rimliga med tanke på vilka resurser som finns tillgängliga hos den ansvarige aktören.

Mål om säkerhet och riskhantering fattas på olika nivåer och hos olika organisationer med vitt skilda verksamhetsmål.

På regional nivå har länsstyrelsen ett ansvar för att kommunerna i sin planering samverkar över kommungränserna, beaktar hälsa och säkerhet samt riksintressen. Därtill kommer ett ledningsansvar vid mycket stora olyckor samt ansvar för att initiera övningsverksamhet och andra åtgärder i förebyggande syfte.

Samhällsägda och privata företag har givetvis ansvar för att den egna verksamheten drivs säkert, men också för att den inte medför risker för omgivningen.

Kommunen uppträder i ett flertal roller: kommunledning, lokal tillstånds- och tillsynsmyndighet, ansvarig för fysisk planering, räddningstjänst, teknisk försörjning, skola, omsorg m.m. Varje typ av verksamhet ställer sina krav på mål för minskade samhällsrisker.

För kommunledningen är det angeläget att finna ett system för målstyrning av risk- och säkerhetsfrågorna, som är anpassat till kommunens speciella förhållanden. Här finns inga färdiga modeller att luta sig mot, utan det är nödvändigt att våga sätta policymål och strategiska och operativa mål som så långt möjligt går att följa upp. Här fordras rutiner för uppföljning och rapportering som successivt måste finna sin form. Uppföljningen gäller både hur säkerhetsnivån förändras och vilka åtgärder som vidtagits samt hur organisation och samverkan mellan aktörer fungerar.

Kvalitetsmål gäller säkerhet och trygghet för människa, miljö, eller ekonomiska värden. De uttrycks i termer som beskriver nivån av säkerhet/minskad risk för skada. De anger

Exempel på policymål och strategiska mål

Uppfylla Räddningstjänstlagen (RäL) vad beträffar riskobjekt (§43-anläggningar).

Verka för att säkerhetsarbete i kommunen främjas genom samråd och information mellan olika myndigheter och innehavare och/eller ägare till anläggningar enligt §43 RäL.

Kommunen skall, oavsett i vilken form verksamheten bedrivs, aktivt och systematiskt förebygga risker, undanröja hot och genom en god säkerhetsplanering och ett väl avvägt försäkrings skydd minimera negativa konsekvenser för verksamhet, åtaganden och resurser.

Den olycksförebyggande och skadebegränsande verksamheten ska verka för minsta möjliga skada på människor, egendom och miljö.

Verksamheten ska kännetecknas av att den:

- förhindrar att människor skadas eller omkommer
- förhindrar olyckor och begränsar skador
- är lönsam
- har personal med bred fackkunskap och hög kompetens som är lättillgänglig.

Räddningstjänsten ska finnas nära kunderna, medborgarna, företag och organisationer.

Extern brandskyddsutbildning ska utökas för att höja riskmedvetandet.

Inriktningen är att åtgärder vidtas för att minska riskerna vid:

- brand i vårdanläggning
- brand i objekt med långa inträngningsvägar
- brand i publik lokal
- brand i Företaget AB
- brand i kulturbyggnad
- farligt-gods-olycka
- järnvägsolycka
- stor skogsbrand.

Exempel på operativa mål

Brandpersonal svarar för brandsyneverksamhet med fyra år som frist.

Bostadsbränderna ska minska med 50% till år 20XX.

Brandsyn utförs varje år för objekt enligt särskild förteckning.

Antalet insatser för brand i byggnad ska minskas med 10% till år 20XX.

Heltidspersonal i utryckningstjänst ska utföra olycks- och skadeförebyggande arbete i genomsnitt 4 timmar per vecka senast från och med år 20XX.

Alla 6-åringar och elever i årskurs 7 ska erbjudas brandskyddsinformation.

Allmänheten ska årligen informeras angående varning vid allvarliga olyckor.

den lägsta säkerhetsnivå eller högsta risknivå som kan accepteras för en verksamhet eller för en plats/miljö (vid en viss tidpunkt).

Belastningsmål gäller den händelse och de följdhändelser som (eventuellt) kan orsaka en skada. De uttrycks i termer som beskriver vilken belastning i form av hot, utsläpp, skaderisk etc., som händelsen eller händelsekedjan skapar. De anger den omfattning och sannolikhet som högst kan accepteras för verksamheten i fråga (vid en viss tidpunkt).

Åtgärds mål gäller de åtgärder som kan minska/eliminera sannolikheten för och/eller konsekvens av skada. De uttrycks i termer som beskriver när och med vilken ambition som olika förebyggande åtgärder ska vara genomförda. Effektiva åtgärds mål förutsätter att man även tagit ställning till en åtgärdsstrategi som anger ansvarighet för och samverkan mellan olika åtgärder som leder till effektivaste riskminskning. Åtgärds målen redovisas vanligen samlade i ett handlings-/åtgärdsprogram som är beslutat av de aktörer som är ansvariga för att åtgärderna i fråga genomförs.

Målsättande och acceptans av risker inom olika områden diskuteras vidare i kapitel 4.

1.7 Referenser

- Mattson, B. 2000. *Riskhantering vid skydd mot olyckor – problemlösning och beslutsfattande*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. 1989. *Att skydda och rädda liv – Handbok i kommunal riskhantering*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. 1997. *Riskhantering i ett samhällsperspektiv – Processen*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. 2001. *Olycksrisker och MKB*. Karlstad: Räddningsverket.
- Strömgren, M. 1997. *Riskhantering och fysisk planering*. Karlstad: Räddningsverket.
- Thedeen, T. 1998. *Risker i tekniska system – Riskanalys*. Utbildningsradion.

Risk och säkerhet

2.1 Osäkerhet, fara och rädsla

Risk handlar dels om att hantera osäkerhet vad gäller oönskade händelser i framtiden, dels om fara och rädsla. Ibland sammanfaller dessa två aspekter, ibland drar de åt olika håll. Hur riskbegreppet används skiftar över tid, mellan olika vetenskapliga discipliner och mellan olika sociala och kulturella sammanhang.

Industrisamhället och den tekniska utvecklingen har skapat nya typer av risker och riskmedvetande, vilket också påverkat riskbegreppet. Man kan utgå från begreppet »fara« (Douglas, 1992) och hävda att varje samhälle, varje kultur på något sätt måste hantera begreppet fara och göra det någorlunda konkret för att upprätthålla auktoritet och solidaritet.

Denna utveckling, där riskbegreppet kommit att omfatta människors upplevelse av fara, rädsla och oro, har även påverkat samhällsvetenskapen och tagit sig uttryck i omfattande kritik av tekniska, matematiska och ekonomiska riskbegrepp. Man har i denna kritik betonat att riskupplevelsen är subjektiv och att risker är socialt och kulturellt konstruerade.

2.1.1 Olika typer av risker

Risker kan indelas utifrån ett stort antal olika utgångspunkter. Vi ska här kort beröra några av dessa.

En enkel indelning kan göras utifrån riskens karaktär eller ursprung (Schyllander, 1998) t.ex:

- *Teknologiska risker* (t.ex. industrianläggningar och transportsystem).
- *Naturrisker* (t.ex. ras, skred, översvämningar).
- *Sociala risker* (t.ex. sabotage, missbruk).

Många av de olika definitioner, som används för begreppet risk, hänger också ihop med typen av risk eller graden av slumpmässighet eller osäkerhet. Risker kan därför schematiskt delas in i följande typer (Thedéen, 1998):

Deterministiska risker. Ett exempel på sådana risker ges av trafikolyckorna, där ett möjligt mått är antalet trafikdöda under ett år. Under stabila villkor visar det sig i många fall att det totala antalet »små« olyckor, sammantaget för riket, ligger ungefär på samma nivå år efter år. Viss slumpvariation förekommer men den är ofta begränsad.

Slumpmässiga risker med relativt stora variationer. Många gånger är även stora konsekvenser möjliga vid enstaka tillfällen och då kan slumpvariationerna vara stora i förhållande till medelvärdet. Som exempel kan man ta antalet trafikdöda i en kommun. Här kan en större variation förväntas på grund av slumpen. Till skillnad från fallet ovan, deterministiska risker, är både sannolikheter och konsekvenser av intresse i detta fall.

Katastrofer. Med katastrof menas en mycket omfattande olycka, som inträffar med liten sannolikhet. För den typen av händelse är både konsekvens och sannolikhet av intresse. Då det är mycket svårt att uppskatta och tolka mycket små sannolikheter, är det vanligt att riskbegreppets konsekvensdel fokuseras.

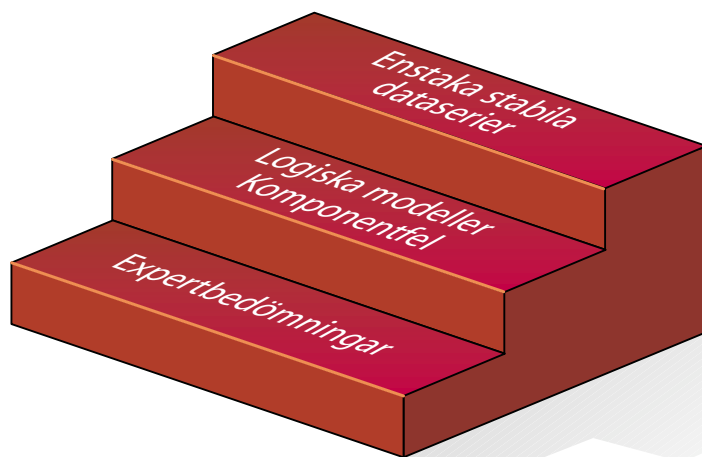
Det finns härutöver flera olika parametrar som är av betydelse för vår uppfattning av risk. Detta diskuteras vidare i avsnitt *2.1.3 Riskperception*.

2.1.2 Att mäta risk

Traditionell riskbedömning inom riskanalys utgår i regel från definitioner av risk, som innebär en kombination av sannolikhet och konsekvens. Avsikten med bedömningen är vanligtvis att på ett systematiskt sätt utgå från identifierade risker, mäta dessa och rekommendera det handlingsalternativ som ger den mest ändamålsenliga kombinationen av risk och nytta.

Ansatsen bygger på att såväl sannolikheter som konsekvenser kan kvantifieras. Man kan, för system och verksamheter

Figur 2.1 Tre källor till information vid skattning av sannolikheter. Det översta trappsteget representerar den ur statistisk synpunkt ideala situationen (Riskkollegiet 1998).



som är aktuella i detta sammanhang, skilja mellan tre olika sätt att bedöma sannolikheter (Mattson, 2000, se även figur 2.1):

Empiriska skattningar. Sannolikheten bedöms direkt utifrån tidigare inträffade händelser. Detta förutsätter att ett omfattande observationsmaterial finns tillgängligt, t.ex. antal olyckor vid olika typer av väg-järnvägs korsningar.

Logiska system. Det aktuella systemet (exempelvis ett trafikstyrningssystem för järnväg eller ett processtekniskt system) modelleras med hjälp av felträdsanalys eller annan metod. Kombinationer av tekniska och mänskliga fel som leder till den aktuella händelsen undersöks och sannolikheten för händelsen beräknas med hjälp av empiriska data för sådana fel.

Expertbedömningar. Sannolikheten uppskattas här utifrån subjektiva skattningar av personer med (mer eller mindre) god kännedom om aktuella förhållanden. Expertbedömningar ingår ofta (eller nästan alltid) som en del av »logiska system« ovan.

Vilken av dessa möjligheter som står till buds har förstås stor betydelse för kvaliteten på sannolikhetsbedömningen.

Händelsers konsekvenser kan beräknas i antal förlorade människoliv, skadetotal och dylikt. Dessa tal kan ibland också

Synsättet att risker är objektiva och mätbara företeelser möts av kritik från många håll. Några av de synpunkter som framförs är följande:

Det går inte att mäta sannolikheter

Det är omöjligt att i en riskanalys ta hänsyn till alla faktorer, alla möjliga händelseförlopp, alla orsakssamband etc. i komplexa system. Modeller för riskanalys bygger också på att människor uppfattas som rationella och kalkylerande. Dessutom förutsätts människorna i ett system följa de regler och instruktioner som finns, trots att erfarenheter från större olyckor tyder på att så inte alls är fallet. En riskanalys kan därför, i många fall, förmodas underskatta sannolikheten för olyckor. Ett annat problem är, att sannolikheten vid många typer av risker påverkas av människors handlande. Människors handlande påverkas av deras (subjektiva) uppfattning om riskerna, som i sin tur kan påverkas av att t.ex. massmedia eller forskare uppmärksammar riskerna.

Det går inte att mäta alla konsekvenser i pengar

Det är inte meningsfullt och definitivt inte »objektivt« att använda ekonomiska mått för människoliv och mänskligt lidande. En annan aspekt är att olika risker värderas olika av olika människor, i olika sociala och kulturella sammanhang. Vidare är risker ofta ojämnt fördelade mellan individer, grupper, mellan geografiska områden och i tid. Det finns inget givet sätt att värdera sådana skillnader. Ett ytterligare mätningrelaterat problem är att även risker som aldrig »utlöses« kan antas medföra negativa konsekvenser. Det kostar på att leva med risk.

omräknas till ekonomiska förluster. I de fall det är meningsfullt att åsätta konsekvenserna monetära värden är det möjligt att genomföra formella kostnads/nytta-analyser.

Kvantifieringar av såväl sannolikheter som konsekvenser innehåller alltså subjektiva bedömningar och värderingar. Det är inte heller säkert att sådana kvantifieringar är särskilt meningsfulla för folk i allmänhet. Flera undersökningar visar att människor har svårt att bedöma så små sannolikheter som det ofta är fråga om och att matematiskt beräknade förväntade värden av olika utfall inte överensstämmer med människors egna bedömningar av dessa utfall.

Frågan om risker går att mäta hänger nära samman med frågan om riskers natur. Mätbarhet förutsätter att risker har någon form av objektiv existens, oberoende av de människor som studerar eller upplever riskerna. Alternativa synsätt hävdar att risker inte »finns«; att det enda som kan studeras är sociala och kulturella konstruktioner av risk och/eller människors subjektiva riskupplevelser. Detta är en kärnfråga i diskussionen om objektiv eller subjektiv risk.

2.1.3 Riskperception

Riskperception handlar om hur människor upplever, känner till, värderar och i någon mån hanterar olika typer av risker. Detta kan studeras, till exempel genom att i enkäter låta människor bedöma hur allvarliga olika risker är. Man försöker sedan urskilja vilka upplevda egenskaper hos riskerna det är som gör att de bedöms som mer eller mindre allvarliga. Resultatet blir olika dimensioner som antas påverka människors riskupplevelser. I tabell 2.1 återges en modell, där ett antal riskdimensioner från empiriska undersökningar redovisas.

De olika dimensionerna kan ses som skalor, som kan användas vid bedömning av riskupplevelse. Skalorna går från negativa till positiva värden, dvs. som exempel från en upplevelse av »gammalt och välbekant« till upplevelsen av »helt nytt och obekant, en total överraskning«.

De flesta människor tycks påverkas mest av sannolikhetsaspekten när de bedömer risk. Ber man om bedömningar avseende hur viktigt det är att skydda sig mot en risk eller minska den är det inte sannolikheten utan konsekvensen som spelar störst roll. Detta brukar även beskrivas som att upplevd risk är starkt kopplad till sannolikheten för en negativ händelse, medan den negativa händelsens konsekvenser främst påverkar kravet på riskreducerande åtgärder.

I skriften *Upplevd risk-Information från riskkollegiet* (Riskkollegiet, 1993) identifieras tre kategorier av faktorer som påverkar riskbedömningen: A. Faktorer som hänförs till riskens uppkomstmekanismer, B. Faktorer som hänförs till typen av konsekvenser och C. Faktorer som har att göra med möjligheterna att bemästra konsekvenserna.

De olika riskdimensionerna i tabell 2.1 torde kunna inordnas i dessa kategorier.

A. Faktorer som hänförs till riskens uppkomstmekanismer

Två mycket viktiga faktorer som är kopplade till riskens uppkomst är graden av kännedom om riskkällan och graden av frivillighet. Generellt sett är acceptansen högre för risker med stor grad av kännedom och stor grad av frivillighet än för de risker där det motsatta förhållandet föreligger. Kopplat till dessa faktorer kan också vara graden av personlig erfarenhet.

Ett antal risk-dimensioner

Ny och obekant för de berörda.
Svår att förstå för dem som kan drabbas.
Dåligt känd även av forskarna.
Ofrivillig.
Svår att undvika för den som kan drabbas.
Kan ha omedelbara konsekvenser.
Kan ha effekter som inte kan undanröjas om de väl inträffat.
Väcker ångest och fasa.
Kan skada barn och framtida generationer.
Är orättvis och omoralisk.
Är ett uttryck för mänskligt övermod.
Kan inte uppfattas av våra sinnen.
Är säkert dödlig om den väl inträffar.
Kan leda till stora katastrofer.
Skadar växtlivet.
Skadar djurlivet.
Är en varning om att mycket värre skador kan komma att inträffa.
Ökar med tiden.
Leder till cancer.
Dödar omedelbart den som utsätts för den.
Kommer av en verksamhet som strider mot naturen.

Tabell 2.1 Faktorer som kan påverka hur människor upplever risk (Sjöberg, 1995).

Områden där man har personlig erfarenhet tenderar att upplevas som mindre riskfyllda.

En annan faktor som är viktig är att mänskliga riskbedömningar påverkas av vad som faktiskt har hänt. Detta gäller även om en enstaka olycka inte i sig behöver påverka en tidigare statistiskt bedömd sannolikhet för händelsen. Estoniaolyckan kan kanske vara ett exempel på att en och samma risk upplevs som allvarligare efter det att en olycka inträffat än innan. Samma effekt skulle förmodligen göra sig märkbar t.ex. efter en olycka med farligt gods med stora konsekvenser.

B. Faktorer som hänförs till typen av konsekvenser

Generellt sett brukar riskkällor som kan leda till mycket stora konsekvenser betraktas som mer riskfyllda än riskkällor där konsekvenserna realiseras i fler olyckor med mindre konsekvenser. Detta gäller även om en objektiv bedömning av risken, t.ex. i antal statistiska dödsfall, skulle visa att riskerna är likvärdiga. Detta uttrycks ofta som att det föreligger en »aversion« mot stora olyckor.

C. Faktorer som har att göra med möjligheterna att bemästra konsekvenserna

En upplevd (verklig eller ej) hög grad av kontroll av aktiviteten och tekniken innebär att riskerna bedöms som lägre än vid motsatta förhållanden. Vidare är förtroendet för ansvariga organisationer betydelsefullt för riskbedömningen.

Livsstilar, livsformer, risker. Våra sätt att leva kan grovt beskrivas med hjälp ett begränsat antal »kulturer« eller livsstilar. En relativt fullständig modell rymmer fem möjliga livsstilar: hierarkisk, individualistisk, egalitär-sekteristisk, fatalistisk och eremitisk/autonom. Varje livsstil antas motsvara en distinkt världsbild (naturesyn, människosyn etc.).

Uppdelningen i olika livsstilar har bland annat använts för att beskriva olika förhållningssätt till risker. Dessa beskrivningar koncentrerar sig ofta på de tre första livsstilarna. Människor med hierarkisk livsstil antas bekymra sig för hot mot lag och ordning. Däremot har de stark tilltro till vetenskapsmäns och experters förmåga att hantera miljörisker och högteknologiska risker. Individualister ser däremot risker i första hand som möjligheter. De oroar sig inte i onödan för miljöhot, men kan möjligen uppleva inskränkningar i ekonomisk frihet som ett hot. Den livsstil som kallas egalitär-sekteristisk omfattas av miljöaktivister, kärnkraftmotståndare och andra som känner stark oro för det moderna samhällets oöverskådliga risker. I den mån fatalister tas med i analysen, beskrivs de som passiva. De utsätts för risker men har inga resurser eller ambitioner att göra något åt sin situation.

Dessa riskuppfattningar tycks vara invävda i människors kultur – deras livsstil och världsbild. Detta förklarar varför olika människor uppfattar risker på olika sätt. Människor, grupper och kulturer »väljer« risker som passar in i och upprätthåller deras respektive världsbilder. I stor utsträckning är det just kulturella och andra institutioner som gör detta urval av risker.

Könsskillnader. I en forskningsöversikt (Gustafson, 1997) har området kön, risk och olyckor studerats. Där redovisas bland annat att flera jämförande studier har gett vid handen, att kvinnor genomgående tycks uppleva risker som allvarigare

än vad män gör. Kvinnor framstår som försiktigare, medan män beskrivs som mer risktagande. Mer djupgående studier visar även att kvinnor och män upplever och hanterar olika risker och att de även ger en och samma risk olika innebörd.

2.2 Risker inom olika områden

I detta sammanhang begränsar vi betydelsen av »vår riskmiljö« till att omfatta de risker vi utsätts för genom olyckor av olika slag.

Internationellt sett är naturolyckor en betydande olycksrisk sett till antalet omkomna personer. Bara inom EU inträffade under åren 1975–2000 över 350 naturolyckor med 10 eller fler dödade. Totalt över 10 000 personer. I förhållande till övriga världen är EU väl förskonat från naturolyckor. Sverige och Finland är de länder inom EU som är minst utsatta för naturolyckor. Andra internationellt sett stora olyckskategorier är trafikolyckor (väg och järnväg), flygolyckor, bränder, vattenburen trafik, byggnadsras och gruvolyckor.

När det gäller kostnaderna för olyckor är det svårt att göra exakta beräkningar. I rapporten *Samhällets kostnader för olyckor* (Sund, 1997) bedöms samhällets kostnader för olycksfall under ett år (1995) till 37 mdr kr (eller, med hänsyn till osäkerheter, mellan 29 och 44 mdr kr baserat på ett konfidensintervall med 95% säkerhet). Av dessa kostnader svarar områdena transport och arbete för 32% respektive 12% vilket sammanlagt motsvarar drygt 16 mdr kr.

Industrigren samt
antal omkomna per
100 milj arbetstimmar:

Kemisk industri	1,6
Stålindustri	4,3
Jordbruk	10,0
Massa- och pappersindustri	4,3

Tabell 2.2 Risknivå
inom olika verksamheter
(Arbetarskydds-
styrelsen, 1992).

2.2.1 Process och transport

Industriell verksamhet. Alla industriella verksamheter är förenade med vissa risker. Karaktären av dessa varierar. Vissa industrier kännetecknas av »låg sannolikhet och hög konsekvens – risker«, t.ex. kärnkraftsindustrin. Det motsatta förhållandet dvs. »hög sannolikhet och låg konsekvens« kan anses gälla för t.ex. byggnadsindustrin. En viss indikation över risknivån inom olika verksamheter ges i tabell 2.2.

Industriell verksamhet innebär ofta miljöstörande verksamhet i form av buller, utsläpp till luft, mark och vatten, men också risker för människor i form av kemikalieutsläpp, bränder

och explosioner. Vid nyetableringar av industrier ska därför alltid skyddsavstånd till boende beaktas. Lämpliga skyddsavstånd tillsammans med andra säkerhetshöjande åtgärder utgör grunden för en hög säkerhetsnivå vid industrietableringar. Många befintliga industrier ligger sedan länge inne i samhällen och städer, vilket ställer höga krav på säkerheten. Sådana krav ställs också på grund av att bostadsområden har en tendens att förläggas i närheten av befintliga industrier. Dessa frågor behandlas bl.a. i *Bättre plats för arbete* (Boverket, 1995).

Offentlig verksamhet. Gränsdragningen mellan industriell verksamhet och offentlig verksamhet är inte skarp. I många fall för sig liknande verksamhet, inte minst vad gäller konstruktion och byggande av anläggningar. Här förekommer vidare politiska hänsyn, som kan påverka beslutsfattande och risktagande.

Avbrott i teknisk försörjning har blivit ett allt större problem i samband med att det moderna samhället byggts ut. Även teleförsörjning kan räknas in i området, då teleavbrott i dagens informationssamhälle kan ha stora konsekvenser. Denna typ av risker behandlas dock inte explicit i denna handbok.

Transport. Det är allmänt känt att vägtrafiken innebär stora risker. Av olika anledningar är dessa risker »mer accepterade« i samhället (även om ansträngningar görs för att reducera antalet olyckor). Det finns flera anledningar till detta:

- Nyttan värderas högre än risken.
- Var och en anser sig (åtminstone i viss utsträckning) kunna kontrollera risken (flertalet förare anser sig vara bättre än genomsnittet).
- Samhället har gradvis vant sig vid olyckstypen.
- Olyckstypen och dess konsekvens är väl känd.

Årlig risk att omkomma till följd av olycka i vägtrafiken anges ofta till ca en på tiotusen (1×10^{-4}) personer. För Sverige med ca 8 miljoner invånare skulle detta innebära att ca 800 människor per år omkommer i vägtrafiken. Detta var under lång tid fallet. Under en följd av år har dock antalet omkomna varit lägre än denna siffra.

Räknat per passagerar-km är riskerna med tåg, flyg och

fartyg lägre än för vägtrafiken. Olyckorna är emellertid av en annan karaktär med mycket allvarliga konsekvenser i en del fall. Man kan också komma till olika resultat vid riskjämförelser mellan olika transportslag beroende på vilka förutsättningar som ligger till grund för jämförelsen.

Av speciellt intresse i industriella risksammanhang är transporter med farligt gods. Även här kan man komma till olika slutsatser vid jämförelser mellan alternativa transportsätt (väg/järnväg) beroende på vilka förutsättningar som ligger till grund för jämförelsen. Traditionellt har järnvägstransporter ansetts som säkrare än vägtransporter.

Terminaler, hamnar m.m. kan utgöra risker främst med avseende på kemikalieutsläpp, brand och explosioner i närhet av terminalen. Transportvägarna till och från terminalen medför också en ökad risk i övriga samhället.

2.2.2 *Naturolyckor*

Vi är i vårt land i stort sett förskonade från många av de allvarligaste typerna av naturolyckor. Sannolikheten för att i Sverige omkomma till följd av naturolycka är låg, ca 1×10^{-6} per år.

De naturrisker som man främst brukar nämna är ras och skred samt översvämningar. Andra naturrisker är jordbävningar, samt större oväder. Störningar på samhället relaterade till naturrisker har uppmärksammats i samband med de snöstormar och översvämningar som drabbat landet under senare år.

Ras och skred. Ett *ras* är massa av sand, grus, sten och/eller block eller en del av en bergslänt, som kommer i rörelse. De enskilda delarna rör sig fritt i förhållande till varandra. Sand och grus är exempel på material där rasrisker kan vara betydande.

Jordskred är en jordmassa som kommer i rörelse och som under rörelsen till en början är sammanhängande. Jordskred förekommer i finkorniga silt- och lerjordar, så kallade kohe-sionsjordar, men även i andra jordar med inslag av ler och silt, exempelvis finkornig morän.

I Sverige inträffar i genomsnitt ett katastrofiskred (mer än 10 ha) vart 10:e år och ett stort skred (mer än 1 ha) vart annat år. Vissa av dessa har resulterat i dödsfall. Frågan om risk för skred bör behandlas i all samhälls- och industriplanering.

Smärre skred förekommer relativt ofta, inte minst i samband med byggnation och ombyggnation.

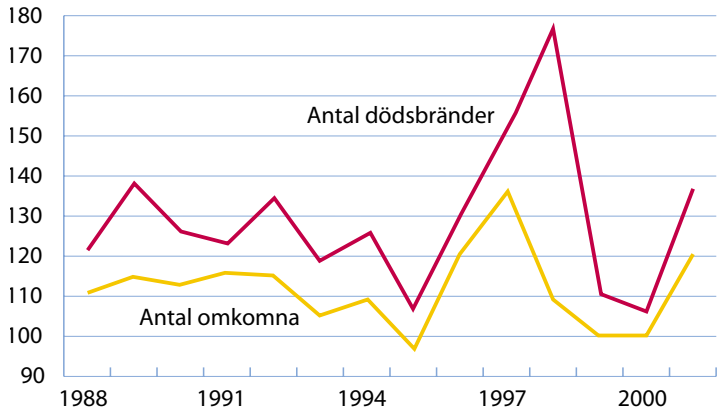
Översvämningar. Riskkällor när det gäller översvämningar är älvar och vattendrag samt dammanläggningar. Översvämningar utmed älvar är en relativt vanlig företeelse. När det gäller dammar så har endast enstaka allvarliga olyckor inträffat. Det finns dock ca 6 000 dammanläggningar i Sverige och de blir allt äldre. Dödsfall direkt orsakade av översvämningar är sällsynta i Sverige.

Jordbävningar. Sverige är ett ur seismisk synpunkt stabilt område med ytliga skalv som sällan har en magnitud över 4 på Richterskalan. Som jämförelse kan nämnas att de katastrofala skalven har en magnitud av 7–9 (ca 5×10^5 ggr större energi). Seismiskt aktiva områden i Sverige finns i Västergötland, Värmland och utefter Norrlandskusten.

2.2.3 Brand

Varje år omkommer mellan 100 och 150 personer till följd av brand. Antalet dödsbränder är något färre vilket innebär att det vid några tillfällen omkommer mer än en person (figur 2.2). Det totala antalet omkomna som redovisas kan variera något mellan olika källor. Räddningsverkets och Svenska Brandförsvarsförbundet anger något olika siffror främst beroende på att de använder olika underlag. Till statistiken över dödsbränderna ska också informationen om antalet ska-

Figur 2.2 Dödsbränder och antal omkomna till följd av brand (Räddningsverket, 2001b).



Figur 2.3 Exempel på myndigheter som kan ställa krav på att utredning av risker förenade med en viss verksamhet ska göras.



dade läggas. Överslagsmässigt blir det drygt 10 skadade på ett dödsoffer (Räddningsverket, 2001a). Med skadad avses här att en person bedöms som svårt eller lindrigt skadad.

Det finns naturligtvis andra aspekter som också bör beaktas, till exempel de egendomsskador som drabbar ett företag, eller produktionsbortfall som uppkommer efter en brand. Det totala antalet räddningsinsatser gällande brand i byggnad är cirka 11 000 per år (Räddningsverket, 2001a).

2.3 Behov av riskanalys

2.3.1 Lagstiftning

Olika myndigheter har under de senare åren i ökande omfattning ställt krav på analys av risker. Myndigheternas krav inom detta område är fastlagda i lagar, förordningar och föreskrifter. Syftet med de analyser som ska genomföras kan vara att ge underlag i samband med:

- Tillståndsgivning.
- Bedömning av om vidtagna säkerhetsåtgärder är tillfyllest.
- Bedömning av behov för beredskapsresurser och insatsplanläggning.
- Utredning av inträffade incidenter och olyckor.

Beroende på verksamhetens art kan krav på analys av risker återfinnas inom många olika områden, t.ex. planfrågor, yttre miljö, arbetsmiljö, räddningstjänst, produktkontroll och maskinsäkerhet.

Detta innebär att antalet myndigheter som utfärdar regler om riskbedömning och riskanalys eller utför granskning i samband

med tillståndsärenden etc. i vissa fall kan bli många. Kraven ställs utifrån olika lagstiftningar och skilda ansvarsområden.

Lagstiftning inom området säkerhet, hälsa och miljö i samband med kemikaliehantering finns samlad i t.ex. Kemikontorets *laghandbok* och Arbetsmiljönämndens *regelbank för arbete och miljö*. En kort redovisning av några lagar, förordningar och föreskrifter¹ med relativt brett tillämpningsområde ges nedan. Redovisningen är begränsad till de aspekter av lagstiftningen som berör riskanalyser.

Seveso II-direktivet

Under 1999 införde Sverige Rådets Direktiv 96/82/EG av den 9 december 1996 om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga olyckshändelser där farliga ämnen ingår, det s.k. Seveso II-direktivet, tillsammans med konventionen om gränsöverskridande effekter av industriolyckor och ILO-konventionen om förebyggande av storolyckor, till svenska regler. Detta har skett dels genom lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor (sevesolagen) med tillhörande förordning (1999:382) och Räddningsverkets föreskrifter (SRVFS 1999: 5), dels genom räddningstjänstlagen (1986:1102) och räddningstjänstförordningen (1986:1107) dels genom Arbetsmarknadsstyrelsens² föreskrifter (AFS 1999:5) om förebyggande av allvarliga kemikalieolyckor samt avsnitt 4.5 och bilagorna 1 och 2 i Sprängämnesinspektionens³ föreskrifter (SÄIFS 2000: 2) om hantering av brandfarliga vätskor.

Lagen, förordningen och Statens räddningsverks föreskrifter om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor

Lagen, förordningen och Statens räddningsverks föreskrifter om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor är, som nämns ovan, ett resultat av att Seveso II-direktivet infördes i svensk lagstiftning den 1 juli

1. Lagar, förordningar och föreskrifter förändras kontinuerligt.

För aktuella utgåvor hänvisas till Rixlex.

2. Numera Arbetsmiljöverket.

3. Numera Räddningsverket.

1999. Operativ tillsynsmyndighet är främst länsstyrelsen. Kommunen kan, på kommunens begäran, överta tillsynen för de verksamheter som omfattas av lagstiftningens lägre kravnivå. Räddningsverket är central tillsynsmyndighet.

Lagstiftningen gäller verksamheter som hanterar farliga kemikalier i särskilda mängder. Vilka kemikalier det gäller och gränsmängderna för dessa finns föreskrivet i sevesoförordningen (1999:382) samt i Arbetarskyddsstyrelsens föreskrift (1999: 5) förebyggande av allvarliga kemikalieolyckor (se nedan).

I lagstiftningen finns krav på att risker för allvarliga olyckor inom verksamheten ska identifieras och analyseras. Om farliga kemikalier hanteras i sådan omfattning att en verksamhet omfattas av lagstiftningens högre kravnivå är verksamhetsutövaren skyldig att lämna in en säkerhetsrapport till tillsynsmyndigheten. Säkerhetsrapporten ska bland annat innehålla:

- En identifiering och analys av olycksrisker för allvarliga kemikalieolyckor genom att verksamhetsutövaren utför en riskanalys, dvs. en systematisk identifiering och uppskattning av de risker för allvarlig kemikalieolyckor som finns i samband med verksamheten.
- Vilka åtgärder som ska vidtas för att förebygga sådana olyckor och begränsa deras konsekvenser.

Lagen och förordningen om brandfarliga och explosiva varor (LBE och FBE)

Enligt lagen om brandfarliga och explosiva varor (LBE) är byggnadsnämnden tillståndsmyndighet när det gäller hantering av brandfarliga varor. Regler om handläggning av tillståndsärenden finns i förordningen om brandfarliga och explosiva varor (FBE).

I beslut om tillstånd för viss verksamhet ska byggnadsnämnden meddela de villkor som ska uppfyllas för att förebygga skada. Enligt FBE ska Byggnadsnämnden samråda med Räddningsnämnden, Räddningsverket och andra kommunala eller statliga myndigheter, vilkas verksamheter berörs av ärendet. Konkret sägs i LBE: »Den som bedriver verksamhet, i vilken ingår yrkesmässig hantering av brandfarliga eller explosiva varor, ska se till att det finns tillfredsställande utredning om

riskerna för brand eller explosion i verksamheten och om de skador som därvid kan uppkomma.«

Föreskrifter och allmänna råd kopplade till LBE och LFE utfärdas av Räddningsverket (SRV) som är central tillsynsmyndighet. För anläggningar där det finns täckande föreskrifter och anläggningen utförs enligt dessa föreskrifter, krävs normalt inte att riskanalys genomförs (med stöd av LBE).

Räddningsverket har inte gett ut några särskilda regler om riskanalyser. Olika modeller för hur risker redovisas och analyseras förekommer och accepteras. Analysen ska visa att anläggningen uppfyller tillfredsställande säkerhet samt redovisa riskavstånd och förslag till skyddsavstånd baserat på dimensionerande skadefall.

Arbetsmiljölagen och arbetsmiljöförordningen

Med stöd i arbetsmiljölagen har Arbetsmiljöverket utfärdat föreskrifter (AFS 1999:5) om förebyggande av allvarliga kemikalieolyckor vilket är ett resultat av att Seveso II-direktivet infördes i svensk lagstiftning. Föreskriften är i stort sett identisk med sevesolagstiftningen och gäller verksamheter som hanterar t.ex. brandfarliga, explosiva eller giftiga ämnen i sådana mängder att de omfattas av bestämmelserna. Här gäller som för sevesolagen, att om en verksamhet hanterar kemikalier i sådan omfattning att den omfattas av lagstiftningens högre kravnivå, är verksamhetsutövaren skyldig att lämna in en säkerhetsrapport till tillsynsmyndigheten där bl.a. analys av risker ska ingå.

I föreskriftens bilaga 3 anges det att handlingsprogrammet (som ingår i säkerhetsrapporten) ska baseras på en riskbedömning som inkluderar systematisk riskanalys. För den systematiska analysen ska i första hand vedertagna metoder användas. Andra metoder får användas under förutsättning att de är systematiska och att det finns metodbeskrivning som är dokumenterad. Vidare ska det i säkerhetsrapporten bl.a. redovisas åtgärder som vidtagits för att hindra, kontrollera eller minimera konsekvenserna av en allvarlig kemikalieolycka.

Med stöd i arbetsmiljölagen har Arbetsmiljöverket även utfärdat föreskrifter (2001:1) beträffande systematiskt arbetsmiljöarbete. Bestämmelserna gäller alla slag av verksamhet

inom såväl den enskilda som den offentliga sektorn. Krav på att utreda risker ställs i 8–9 §§:

- »Arbetsgivaren ska regelbundet undersöka arbetsförhållandena och bedöma riskerna för att någon kan komma att drabbas av ohälsa eller olycksfall i arbetet.«
- »Om någon arbetstagare råkar ut för ohälsa eller olycksfall i arbetet och om något allvarligt tillbud inträffar i arbetet, ska arbetsgivaren utreda orsakerna så att riskerna för ohälsa och olycksfall kan förebyggas i fortsättningen. Arbetsgivaren ska varje år göra en skriftlig sammanställning av ohälsa, olycksfall och allvarliga tillbud som inträffat i arbetet.«

De krav som ställs i föreskriften omfattar alla typer av risker både fysiska och psykiska samt risker orsakade såväl av den normala arbetsituationen som av risker förenade med olyckshändelser. I föreskriftens allmänna råd ges viss information om, och exempel på, faktorer som bör beaktas vid utredning av verksamheten.

Allmän information om vilka moment som bör ingå i en riskanalys redovisas bl.a. i skriften *Seveso II – Myndighetsgemensam vägledning*. Av Arbetarskyddsstyrelsen har även utgivits *Checklista för kvalitetskontroll av risk- och säkerhetsanalysrapporter* (Rapport 1994:4).

Räddningstjänstlagen (RäL) och -förordningen (RäF)

I räddningstjänstlagen ges bland annat stöd för riskhantering enligt följande:

- Kommunen ska planera och organisera en effektiv räddningstjänst i samverkan med andra intressenter i samhället.
- Kommunen ska verka för att olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder vidtas.
- Enskilda och verksamhetsansvariga har ett stort ansvar för att förhindra olyckor och begränsa skador.
- Verksamhetsansvariga för vissa extra riskfyllda verksamheter åläggs ett särskilt ansvar för att minska riskerna.

I 43 § räddningstjänstlagen står: »Vid en anläggning, där verksamheten innebär fara för att en olyckshändelse ska orsaka allvarliga skador på människor eller i miljön, är anläggningens ägare eller innehavare skyldig att i skäligen omfattning hålla eller bekosta beredskap med personal och egendom och i övrigt vidta erforderliga åtgärder för att förhindra eller begränsa sådana skador«.

Krav på analys av risker för anläggningar som avses i 43§ Räl finns i 68§ RåF. Analysen kan ge underlag för att:

- Vidta olycksförebyggande åtgärder.
- Vidta skadebegränsande åtgärder.
- Besluta om omfattningen av beredskapen.
- Upprätta planer för räddningsinsatser.
- Ge relevant information till myndigheter, anställda och allmänheten.

När det gäller vilka åtgärder som ska vidtagas för att förhindra eller begränsa skador sägs i de allmänna råden (SRV 1994:2) att dessa ska avgöras med hänsyn till vilka konsekvenser en olycka åsamkar människor inom eller utanför anläggningen, eller på omgivande miljö. Beslut om skadeförebyggande åtgärder baseras ofta på »dimensionerande olyckshändelser«. Sådana bör bestämmas i samråd med kommunen. Tillsynen över tillämpningen av 43§ Räl ankommer på räddningsnämnden i kommunen, på länsstyrelsen i länet och centralt av Räddningsverket.

Plan och Bygglagen (PBL)

Risker för hälsa och säkerhet ska beaktas i kommunala planer och beslut enligt Plan och Bygglagen (PBL). I samband med tillståndsprövning enligt PBL om bygglov och marklov kan det bli aktuellt att identifiera och bedöma risker för omgivningen. Speciellt viktigt är detta när riskområdet går in på angränsande fastigheter. I dessa fall måste skyddsområdet med restriktioner för markanvändning införas i kommunens detaljplan. Normalt kan prövning enligt PBL samordnas med annan tillståndsprövning, t.ex. enligt LBE. Mer att läsa om hänsynstagande till hälsa och säkerhet i kommunala planer och beslut finns i *Bättre plats för arbete* (Boverket, 1995).

Myndighetssamverkan

Som framgår av den korta genomgången ovan finns det flera områden där olika myndigheter har gemensamma intressen.

År 2001 tog AV, NV, SRV och SÄI fram en gemensam handbok, *Seveso II – Myndighetsgemensam vägledning*, som behandlar svenska regler rörande allvarliga kemikalieolyckor samt vägledning för tillämpning av dessa regler. Informationen ligger på internet och ska vara åtkomlig från de berörda myndigheternas hemsidor.

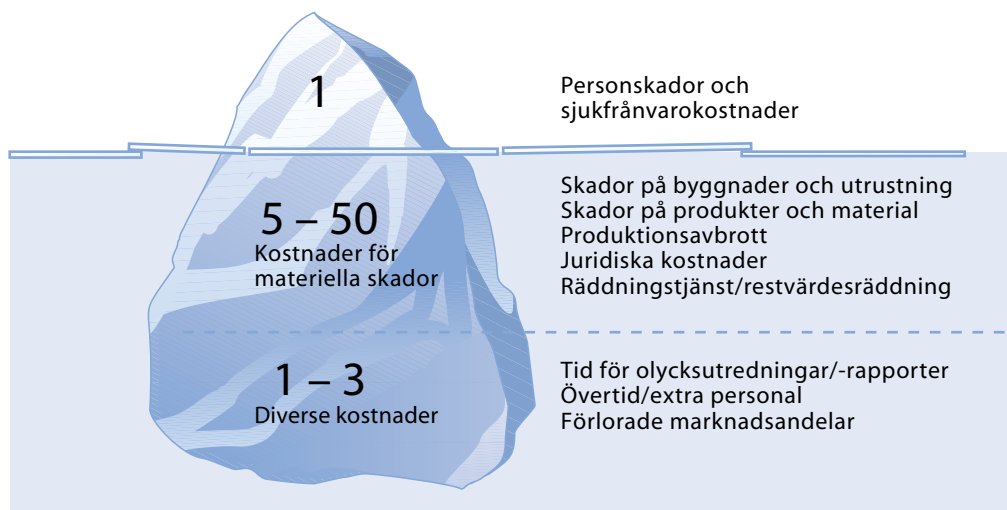
2.3.2 Etiska överväganden

Säkerhet är en naturlig del av det vidare kvalitetsbegreppet. Trygghet och säkerhet tas i vårt samhälle för givet. Som medborgare ska man inte behöva känna oro för att den kommun man vistas i inte hanterar riskfrågor på ett professionellt sätt. Även om vi som medborgare själva utsätter oss för risker, bör riktmärket vara att inte utsätta någon annan för nya risker eller förhöjd risknivå.

2.3.3 Tekniska överväganden

Olika typer av industriella verksamheter är exponerade för olika risker. Typ av händelser samt sannolikhet och konsekvens för dessa skiljer sig åt. Behovet av riskanalys varierar och måste värderas individuellt. Faktorer som motiverar genomförandet av riskanalyser kan vara knutna till tillverkningspro-

Figur 2.4 Kostnadsisberget (Bird & Germain, 1996).



cessen, företagets lokalisering och dess omgivning eller relationer till omvärlden.

Exempel på speciella faktorer i tillverkningsprocessen som motiverar genomförandet av riskanalyser är:

- Införande av ny teknik eller ny tillämpning av känd teknik.
- Bruk av nya kemikalier eller nya konstruktionsmaterial.
- Hantering av »farliga« (reaktionsbenägna, toxiska) ämnen.
- Hantering av ämnen under hög temperatur eller högt tryck.
- Störningskänslighet.

Andra faktorer kan vara knutna till anläggningens lokalisering:

- Lokalisering intill bostadsområden.
- Lokalisering intill annan riskbetonad industri.
- Lokalisering där omgivningspåverkan på anläggningen eller produktionsprocessen kan uppstå (luft, vatten, skred, etc.).
- Lokalisering som kräver transport genom tätbebyggda områden.

Relationer till omvärlden (kunder, allmänhet):

- Känslighet för leveransavbrott.
- Känslighet för avvikelser i produktkvalitet.
- Känslighet för miljöstörningar utanför anläggningen.

2.3.4 Ekonomiska överväganden

Resultatet av en olycka (eller störning) i verksamheten mäts i olika typer av förluster. Dessa förluster kan vara knutna till skador på person, egendom, miljö eller produktionsbortfall. Dessa förluster påverkar alla det ekonomiska resultatet för verksamheten och medför minskad vinst.

I den undersökning av samhällets kostnader för olyckor som diskuterades tidigare (Sund, 1997) uppskattades samhällets kostnader till 37 mdr kr under ett år (härav utgjordes 46% av medicinska kostnader och kostnader för rehabilitering). Det är viktigt att notera att denna uppskattning inte beaktar samtliga de kostnader som drabbar en verksamhet i samband med olyckor. Oavsett om olyckor leder till personskador eller inte så kostar de pengar – mycket pengar. Personskador och sjukdomar utgör för de flesta verksamheter en förhållandevis liten del av dessa kostnader. Detta åskådliggörs av förhållandet mel-

lan det som ligger under och det som ligger över vattenytan i figur 2.4.

Detta innebär att det finns ett betydande ekonomiskt incitament att med hjälp av bl.a. riskanalyser reducera antal och omfattning av olyckor och störningar i verksamheten. En förutsättning för att detta ska vara uppenbart för var och en är givetvis att de verkliga kostnaderna för olyckor och störningar är kända, vilket ofta inte är fallet.

2.3.5 Politiska överväganden

Om man som politiker har tillåtit en farlig verksamhet som drabbas av en olyckshändelse så har man försatts i en besvärlig situation. Risken finns att man får stå till svars och utsättas för kraftiga angrepp, eventuellt med krav på att man ska frånträda sin befattning. Det kan alltid vara klokt att identifiera de värsta olycksscenarierna och sätta sig in i vilka frågor som vore troliga att man ställs inför vid en presskonferens efter en eventuell olycka.

2.4 Orsaker till olyckor och tillbud

I detta avsnitt ges definitioner på olyckor och tillbud. Översiktligt beskrivs vidare händelsekedjan fram till en olycka eller ett tillbud samt hur man kan förhindra, eller avbryta ett sådant händelseförlopp.

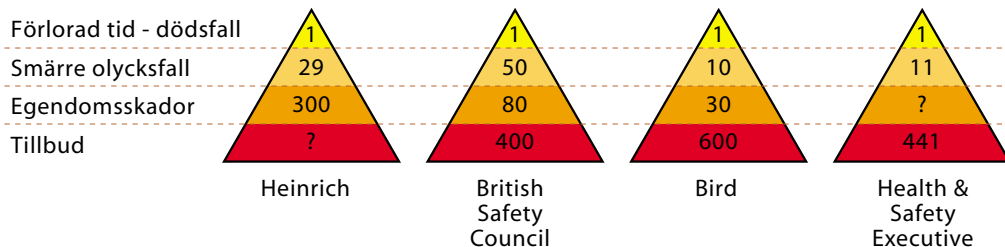
Säkerhet. Att ha kontroll över sådana oönskade händelser som kan leda till förluster.

Olycka. En oönskad händelse som leder till förluster (skada på, eller förlust av, människa, maskin, material, produktion, affärsmöjlighet, anseende m.m.)

Tillbud. En oönskad händelse som, under andra omständigheter, kunnat leda till förluster.

2.4.1 Orsaker till olyckor

För att skapa förståelse för betydelsen av säkerhetsstyrning redovisas nedan översiktligt det händelseförlopp som leder fram till olyckor och andra förluster.



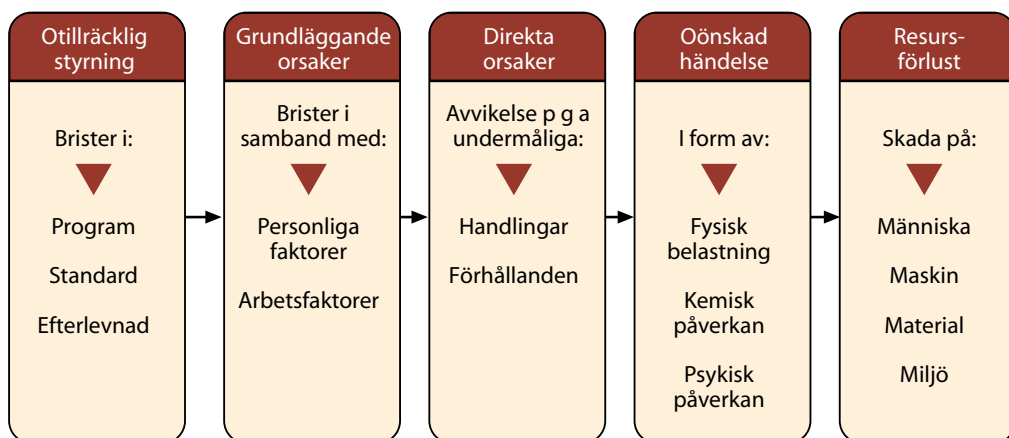
Figur 2.5 Fyra statistiska undersökningar som beskriver relationerna mellan olika olyckstyper (Bird & Germain, 1996).

Modell för olycksorsaker. Det finns många modeller för kartläggning av skadeorsaker och orsakssammanhang. Ett flertal av dessa modeller är komplexa och därför svåra att förstå och komma ihåg. Den modell för förlustorsaker som visas i figur 2.6 är enkel och innehåller viktiga nyckelpunkter.

Resursförluster orsakade av olyckor. Resultatet av en olycka mäts i olika typer av förluster. Dessa kan vara knutna till skador på person, egendom eller miljö eller produktionsbortfall. Dessa förluster påverkar det ekonomiska resultatet för verksamheten och medför minskad vinst. När en olyckssekvens startat kan utfallet vara en fråga om slumpen. Effekten av olyckan kan vara allt från obetydlig till katastrofal; från en skräma till flera omkomna, från en enkel störning till en total-skada på anläggningen.

Figur 2.6 Modell för förlustorsaker (Bird & Germain, 1996).

Skadan/förlusten är oftast resultatet av kontakt med ett ämne eller ett energislåg (kemisk, termisk, akustisk, mekanisk, elektrisk, etc.) som överstiger kroppens eller strukturens håll-



fasthet. För människor kan det innebära skär-, bränn-, skrubb-, frakturskador m.m. eller förändring och påverkan av kropps-funktioner (cancer, asbestos eller drunksning). För egendom kan det innebära brand-, ras- eller strukturella skador.

När en händelse resulterar enbart i skador på maskiner eller förlust av produktion är det fortfarande en olycka. Ibland orsakar en olycka skador på både människor, miljö och egendom, men som framgår av pyramiderna i figur 2.5 förekommer det många fler skador på egendom än på människor.

Säkerhetsprogram som inte utreder eller drar erfarenheter av olyckor som orsakar egendomsskador, missar mer information om olyckor än vad de analyserar och därigenom också många av möjligheterna att reducera förlusterna.

Oönskad händelse/olycka. Detta är den händelse som leder till förlusten – den kontakt som orsakar skadan. Om möjligheten till kontakt tillåts existera är vägen alltid öppen för skada på kropp eller föremål och en energiutväxling som överskrider vad dessa tål utan att skadas. Så till exempel innehåller en kropp som är i rörelse en viss energimängd som överförs till den kropp eller det föremål den träffar. Om energimängden som överförs är för stor orsakas skada på kroppen eller föremålet. Detta gäller inte bara rörelseenergi utan även elektrisk energi, ljudenergi, värmeenergi, strålningsenergi och kemisk energi.

Direkta orsaker. De direkta orsakerna till olyckor eller tillbud är de förhållanden som existerar precis före händelsen. Dessa kan delas upp i undermåliga handlingar eller praxis (handlingar eller praxis som kan medverka till att en olycka sker) och undermåliga förhållanden (förhållanden som kan tillåta en olyckshändelse). För att ge dessa begrepp en mera konkret innebörd ges några exempel i tabell 2.3.

Undermålig praxis och undermåliga förhållanden är symptom på svagheter i säkerhetsstyrningen och ska behandlas som sådana. Om man bara behandlar symptomen kommer man inte åt roten till det onda och problemen kommer att återupprepas. I den vidare identifieringen av problemorsakerna måste därför följande frågor besvaras:

- Varför har en undermålig praxis uppstått eller utvecklats?

Undermåliga handlingar (eller praxis)	Sätta säkerhetsutrustning ur funktion. Felaktig användning av maskiner och utrustning. Underlåtenhet att använda personlig skyddsutrustning. Påverkan av alkohol och/eller andra droger.
Undermåliga förhållanden	Otillräckliga varningssystem. Otillräcklig eller felaktig skydds-/säkerhetsutrustning. Brand- och explosionsrisker. Farlig miljö: gaser, damm, rök, ångor. Exponering för extrema temperaturer.

Tabell 2.3 Exempel på uppdelning av direkta orsaker.

- Varför tillåts undermåliga förhållanden existera?
- Vilka svagheter i styrsystemet finns som tillåter denna praxis, eller detta förhållande, att existera och få fortgå?

För att hitta bestående lösningar måste man nå de grundläggande orsakerna.

Grundläggande orsaker. Grundläggande orsaker är detsamma som de verkliga orsaker som ligger bakom symptomen; orsaker till att undermålig praxis eller undermåliga förhållanden får uppstå eller fortgå. Identifiering av dessa faktorer är en nödvändighet för att kunna skapa en meningsfull och effektiv styrning. De direkta orsakerna är ofta uppenbara på en skadep plats eller i en olycksutredning, medan det krävs en större insats för att identifiera de grundläggande orsakerna och för att få kontroll över dem.

På samma sätt som det är till hjälp att dela in »direkta orsaker« i två kategorier kan man dela in »grundläggande orsaker« i *Personliga faktorer* och *Arbetsfaktorer*: Se tabell 2.4.

I de grundläggande orsakerna ligger förklaringen till varför folk använder sig av undermåliga arbetsmetoder. Det säger sig självt att en person inte är motiverad att följa en procedur som han/hon aldrig fått lära sig följa/förstå. På liknande sätt kommer en arbetare, som handhar en maskin som kräver ett noggrant och skickligt handlag, inte att kunna sköta utrustningen på ett effektivt och säkert sätt utan att ha fått handledd träning. Dessutom behövs upprepad träning för bevarad

Personliga faktorer	Otillräcklig kapacitet.
	– Fysisk/Fysiologisk.
	– Mental/Psykologisk.
	Otillräckliga kunskaper.
	Stress.
	– Fysisk/Fysiologisk.
	– Mental/Psykologisk.
	Dålig eller fel motivation.
Arbetsfaktorer	Dålig utformning av arbetsplatsen.
	Dåligt underhåll.
	Dålig utrustning, material och verktyg.
	Undermåliga normer för arbetsutförande.
	Förslitning.
	Dåligt ledarskap och/eller vägledning.

Tabell 2.4 Exempel på uppdelning av grundläggande orsaker.

skicklighet. De grundläggande orsakerna förklarar också varför undermåliga förhållanden existerar. Utrustning och material som handlas in kommer att vara av undermålig kvalitet om det inte finns tillräckligt goda normer eller om man inte följer normerna. Fabriker kommer att byggas med otillförlitliga konstruktioner och processlösningar om det inte finns ordentliga konstruktions- och byggnormer. Utrustning kommer att bli utsliten och orsaka skador om det inte finns riktiga kriterier för urval, användning eller underhåll.

Otillräcklig styrning. Forskning inom kvalitetssäkringsområdet visar att upp till 80% av de fel som görs har sin uppkomst i förhållanden som bara ledningen kan påverka. Detta bör motivera företagsledningen att tänka igenom hur organisationen (ledningsmetoderna) i ett företag kan påverka de anställdas beteende. Oavsett ställning – administration, marknadsföring, produktion, kvalitetssäkring, konstruktion, inköp eller säkerhet – måste en arbetsledare eller chef eller företagsledare styra verksamheten genom att planera, organisera, leda och följa upp arbetet på ett effektivt sätt. Utan styrning ligger vägen öppen för ett händelseförlopp som, om det inte kan bringas under kontroll i tid, kommer att resultera i förlust av en eller annan sort. Det finns tre vanliga orsaker till brist i styrningen:

- Otillräckligt program (programmet ej anpassat till verksamheten eller viktiga moment saknas).
- Otillräcklig standard (kraven är otillräckliga eller ospecifika).
- Dålig efterlevnad av standard (befintliga krav uppfylls ej).

2.5 Säkerhetsledningssystem

Man kan när det gäller säkerhetsarbetet i industriella anläggningar urskilja tre steg i utvecklingen: 1. *Inriktning på tekniska problem*, 2. *Inriktning på operatörsfel* och 3. *Inriktning på organisations- och ledningsfaktorer*.

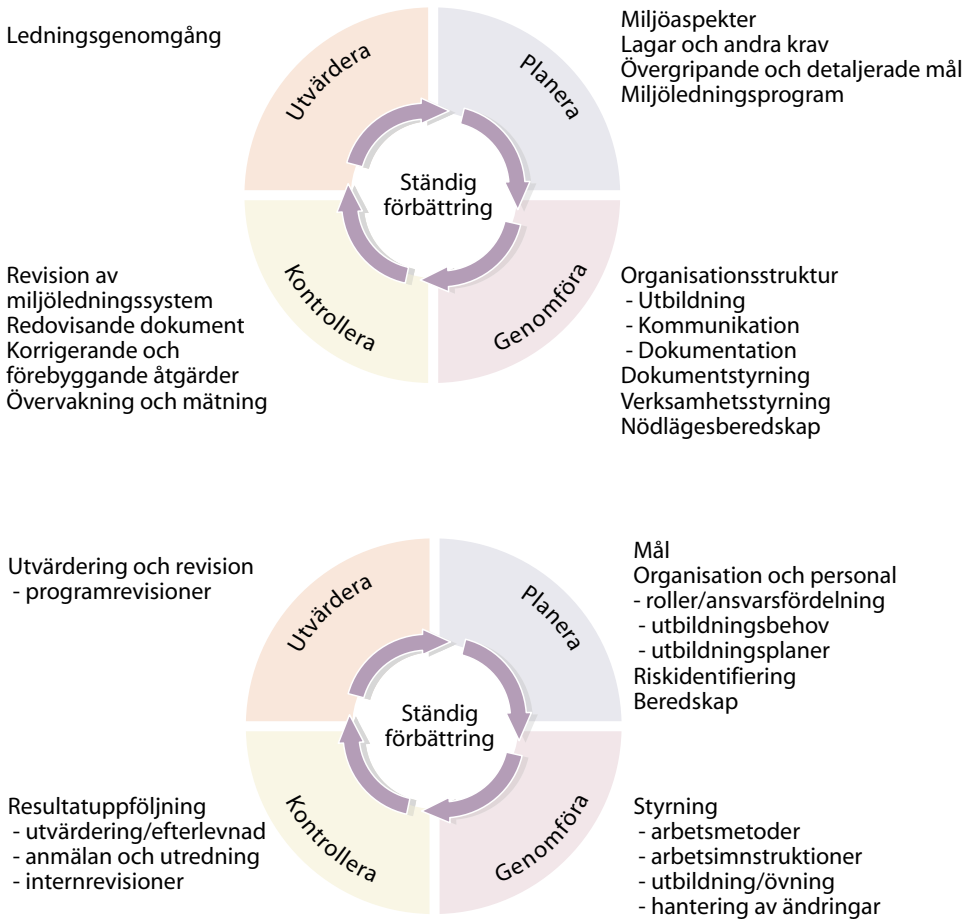
Det är idag en etablerad sanning att lednings- och organisationsfaktorer har en avgörande betydelse för säkerheten. Detta har medfört ett ökande intresse för organisations- och ledningsfaktorer som också återspeglas i offentliga regelverk. Riktlinjer och hjälpmedel har också givits ut av myndigheter och branschorgan, t.ex. *Riskhantering 1. Administrativ SHM (Säkerhets, Hälsa och Miljö)-revision* (Kemikontoret, 1996).

Att skapa ett säkerhetsledningssystem innebär att en organisation dokumenterar sina ledningsprocedurer för att säkra att förhållanden, aktiviteter och arbetsuppgifter som kan påverka hälsan och säkerheten för medarbetare eller närboende är planerade, organiserade, verkställda och kontrollerade i enlighet med lagstadgade krav och organisationens interna regler. Många av de faktorer som skapar ett framgångsrikt arbete med säkerhetsledning är desamma som skapar framgångsrik företagsledning generellt och som återfinns i kvalitetsstandarden ISO 9001 eller miljöstandarden ISO 14001. Som framgår av PDCA-cirklarna (Plan-Do-Check-Act) i figur 2.7 kan likartade synsätt tillämpas inom såväl säkerhets- som miljöledningssystem.

2.5.1 Innehåll i ett säkerhetsledningssystem

I tabell 2.5 redovisas exempel på aktivitetsområden som kan ingå i ett säkerhetsledningssystem.

Vikten och relevansen av dessa områden varierar beroende på anläggningens komplexitet, risknivå m.m. Nedan ges en kort beskrivning av några områden som ofta är av stor vikt.



Figur 2.7 Exempel på PDCA-cirklar inom miljö- och säkerhetsledningssystem.

Planerade inspektioner och underhåll

Syftet med underhåll och planerade inspektioner är att förebygga haverier, identifiera farliga förhållanden och att vidta åtgärder innan en punkt nås där en olycka inträffar. Förutom planerat och förebyggande underhåll samt inspektion av utrustning som är en nödvändig del av verksamheten bör anläggningar och arbetsplatser regelbundet genomgå:

- Allmänna internkontrollinspektioner i syfte att upptäcka avvikelser från uppsatta normer och för att säkerställa god ordning.
- Intern och extern inspektion av kritisk utrustning/kritiska delar som skulle kunna ge upphov till speciellt farofyllda situationer om de skulle fel.

Exempel på element i program för styrning av säkerhet och hälsa

Ledarskap och administration.
Planerade inspektioner och underhåll.
Analys och procedurer för kritiska arbetsuppgifter.
Utredning och analys av olyckor och tillbud.
Arbetsobservation.
Beredskap.
Säkerhetsregler och tillstånd för arbeten/Personalutbildning.
Personlig skyddsutrustning.
Styrning av hälsa och hygien.
Styrning av konstruktion och förändring.
Intern/extern kommunikation.
Rekrytering och placering.
Styrning av varor och tjänster.
Systemutvärdering (interna revisioner).

Tabell 2.5

Alla inspektioner, oavsett typ, ska ske med regelbundna, planerade, intervall som fastställts med hänsyn till lokala förutsättningar. Normerna för inspektionerna ska ange vem som ska göra dem, hur de ska göras, hur ofta de ska göras, hur de ska dokumenteras samt hur verkställigheten ska följas upp.

Säkerhetsregler och arbetstillstånd

Allmänna säkerhetsregler är sådana som gäller alla (både egen personal, entreprenörer och besökare) som vistas på en arbetsplats. Dessa regler, som bör vara få, enkla och lättfattliga, ska vara tillgängliga t.ex. i broschyrer i fickformat och på anslagstavlor. Särskilda säkerhetsregler är sådana som är tillämpliga för specifika arbetsuppgifter och förutsätter att någon typ av kartläggning gjorts så att de arbetsuppgifter med störst behov av särskilda regler har kunnat identifieras. System med skriftliga tillstånd för arbeten, t.ex. för Heta Arbeten, är ytterligare ett sätt att styra aktiviteter så att olyckor eller andra förluster undviks.

Styrning av konstruktion och förändring

Ett effektivt säkerhetsarbete måste med nödvändighet omfatta både goda säkerhetsarbetsrutiner och detaljerad säkerhetsteknik. Användandet av effektiva regler för säkerhetsgranskning av projekt bidrar till att eliminera eller begränsa faror tidigt i ett projekt – innan processer utvecklas, anläggningar planeras

och byggnader konstrueras. Hantering av faror på detta sätt är långt mer kostnadseffektivt än att omkonstruera eller byta ut utrustning eller faciliteter när de väl är på plats. Därför bör nya anläggningar, ny utrustning eller förändringar i befintliga anläggningar granskas under hela projektets gång fram till driftstart. Granskningar ska göras både av konstruktionsförändringar och av processförändringar (t.ex. ändring av driftparametrar). Omfattningen av granskning är avhängig av projektets storlek men det viktiga är att alla förändringar granskas med systematik.

Personalutbildning

En viktig uppgift för ledningen är att se till att medarbetarna har de kunskaper som behövs för att de ska kunna utföra sina arbetsuppgifter i enlighet med de krav som är nödvändiga för att uppnå en god säkerhet. Därför måste programmet säkerställa att:

- Utbildningskraven för varje befattning inom organisationen fastställs.
- Utbildningsprogram som fyller dessa krav upprättas.
- Utbildningens effektivitet kontrolleras.

Utredning av olyckor och tillbud

Om en olycka, trots alla vidtagna försiktighetsåtgärder inträffar, ska dess omständigheter och orsaker utredas. En sådan utredning, väl genomförd, ger information som är användbar när det gäller att förhindra en upprepning. Utredningen kan vidare peka på brister i rutiner, brister i efterlevnad, behov av utbildning, m.m. På samma sätt bör så mycket lärdom som möjligt inhämtas om orsakerna till tillbud eftersom de ger tidig varning om brister i säkerheten.

Ett tillbud är mycket lättare att förbise, eller kanske till och med mörklägga, än en olycka. Medarbetarna bör därför uppmuntras att rapportera även till synes triviala tillbud lika samvetsgrant som allvarliga olyckor. Om färre tillbud än olyckor rapporteras är det uppenbart att systemet inte klarar att hämta in tillgänglig användbar information.

En utredning ska alltid innefatta en analys av orsakerna. Detta inbegriper att fastställa både de direkta och de grundlägg-

gande orsakerna för att utifrån dessa kunna klarlägga de brister i styrningen av säkerhetsarbetet som ligger bakom utvecklingen till en olycka.

Beredskap

Inom alla organisationer bör det finnas planer för att bemästra och begränsa olyckor som kan uppkomma. Planerna bör ha sin bakgrund i en riskidentifieringsprocess så att de är strukturerade på ett sådant sätt att de faktiskt kan hantera de risker som organisationen exponeras för. Planeringen innebär att alla medarbetare inom organisationen ska veta vilka uppgifter de har att utföra vid en olycka. Alla som ingår i beredskapsplanerna ska ges utbildning och instruktioner för de nödsituationer som bedöms kunna inträffa. Det är också viktigt att planerna provas regelbundet och uppdateras vid förändringar i organisation och produktion.

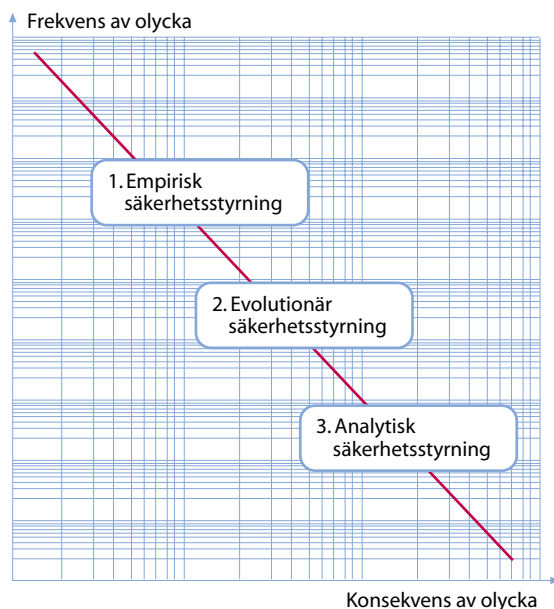
2.5.2 Betydelsen för riskhantering

Som konstaterat ovan så har organisations- och ledningsfrågor en avgörande inverkan på riskerna i verksamheten. Trots detta används i riskanalyser oftast generiska feldata vilka kan vara överdrivet optimistiska eller pessimistiska när de tillämpas på en enskild verksamhet. Uppfattningarna skiljer sig åt när det gäller hur stor variation i risk som kan orsakas av organisations- och ledningsfaktorer. Enighet råder dock om att skillnaderna är betydande, faktorer på 10–100 nämns i olika sammanhang.

Inom maritim verksamhet är det stor skillnad i olycksstatistiken för fartyg från olika flaggstater. International Maritime Organisation (IMO) har beräknat att sannolikheten att ett fartyg ska bli inblandat i en olycka var över hundra gånger större för fartyg från flaggstater med den sämsta statistiken än för fartyg från flaggstater med den bästa statistiken. Åtminstone en del av denna stora skillnad kan direkt hänföras till skillnader i flaggstaternas standarder för säkerhetsledning.

Vilka de kvantitativa effekterna än är på risknivåerna är det klart att en riskanalys som negligerar det säkerhetslednings-system som finns i organisationen inte kommer att ge en rättvisande helhetsbild av anläggningens säkerhet. Organisations-

1. Relativt frekventa olyckor med begränsade konsekvenser.
Exempel: Arbetsolyckor, trafikolyckor
2. Olyckor med låg frekvens och stor konsekvens.
Exempel: Flyg- och järnvägsolyckor
3. Olyckor med mycket låg frekvens och katastrofala konsekvenser.
Exempel: Kärnkraftsolyckor



Figur 2.8 En illustration av grundläggande karakteristika för olika typer av olyckskällor som har medfört tre urskiljbara och principiellt olika strategier för riskhantering (Svedung & Rasmussen, 1997).

och ledningsfaktorer måste beaktas. Detta är särskilt viktigt när man ska utveckla en strategi för förbättring av säkerheten. Om en riskanalys bara beaktar anläggningens »hårdvara« och snävt tekniska frågor kommer varje rekommendation från riskanalysen att enbart vara fokuserad på tekniska hårdvarufrågor. I många fall kommer kostnaderna för sådana installationer att vara avskräckande höga och svåra att motivera ur ett kostnads-nytt-perspektiv.

Emellertid kan förändringar i ledningssystemen bidra med mycket större förbättringar i den övergripande säkerheten för proportionellt mycket lägre investering. Det betyder inte nödvändigtvis att sådana investeringar är billiga. Förbättringar av utbildning, skapande av bättre procedurer etc. kan kräva avsevärda ansträngningar och mycket tid.

2.6 Strategier för riskhantering beroende på riskernas karaktär

Olika system baserade på olika teknologier och aktiviteter innebär olika typer av risker. Det har medfört att olika metoder har utvecklats för att kontrollera riskförhållandena. Figur

2.8 visar hur tre principiellt olika metoder för riskhantering kan kopplas till frekvenser och möjliga konsekvenser av individuella olyckor i samband med olika olyckskällor.

Empirisk säkerhetsstyrning. Som exempel kan tas arbets-säkerhet, som fokuserar på relativt frekventa småskaliga olyckor. Riskförhållandena är kopplade till ett mycket stort antal arbetsprocesser och säkerhetsnivån kan mätas direkt genom antalet rapporterade olyckor (olyckor som medför frånvaro från arbetsplatsen, LTIs, Lost Time Injuries) och antalet för-olyckade. Det innebär att för olika aktivitetslag kan den allmänna säkerhetsnivån kontrolleras empiriskt genom statistiska studier av inträffade olyckor.

Evolutionär säkerhetsstyrning. Här är fokus på olyckor med låg frekvens och medelstora konsekvenser. Inom denna kategori utvecklas säkrare system, exempelvis genom konstruktionsförbättringar, baserade på analys av individuella större olyckor. Som exempel kan nämnas hotellbränder, flyg- och järnvägsolyckor. Säkerhetsarbetet fokuseras på kontrollen av enskilda identifierade olycksförlopp. De kan gälla händelser och tillstånd såväl före som efter möjliga kritiska händelser. Normalt har flera barriärer etablerats genom en fortgående utveckling mot förbättrad säkerhet. I sådana fall fokuseras riskhanteringen på att kontrollera och underhålla barriärer mot skilda olycksförlopp.

Analytisk säkerhetsstyrning. Fokus är på skydd mot mycket sällsynta och ej accepterbara olyckor. Då den teknologiska utvecklingstakten är hög är en fortgående evolution av lågrisk-system, enligt 2 ovan, inte längre en möjlig väg. I stället måste riskerna i samband med nya industriella installationer förutsägas. Härvid utgår man från modeller av de processer som används och de riskförhållanden som gäller i samband med dessa. För detta ändamål har kvantitativa riskanalyser (QRA) utvecklats. Systemutformningen baseras på en uppskattning av sannolikheten för en fullskalig olycka, utgående från en uppskattning av sannolikheten för att samtliga skyddssystem är satta ur spel samtidigt. Om den tolererbara risknivån är

given liksom tillförlitligheten (med hänsyn till underhållet) hos olika skyddssystemen (vilka kan vara kända genom statistiska bestämmningar) så kan antalet funktionellt oberoende skyddssystem som behövs uppskattas.

2.7 Referenser

- Arbetsarkyddsstyrelsen, 1992. *Yrkesrisker 1990–1991*. Stockholm: Statistiska Centralbyrån.
- Bird, F.E. & Germain, G.L. 1996. *Practical Loss Control Leadership*. Det Norske Veritas (USA).
- Boverket. 1995. *Bättre plats för arbete. Allmänna råd 1995:5*. Karlskrona: Boverket.
- Douglas, M. 1992. *Risk and blame. Essays in cultural theory*. London: Routledge.
- Gustafson, P. 1997. *Kön, risk och olyckor En forskningsöversikt*. Karlstad: Räddningsverket.
- Kemikontoret. 1996. *Administrativ SHM revision. Riskhantering 1*. Kemikontoret.
- Mattson, B. 2000. *Riskhantering vid skydd mot olyckor – problemlösning och beslutsfattande*. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskkollegiet. 1993. *Upplevd risk – Information från riskkollegiet*. Riskkollegiet.
- Riskkollegiet. 1998. *Beslut under säkerhet – Information från riskkollegiet*. Riskkollegiet.
- Räddningsverket. 2001a. *Räddningstjänst i siffror 2000*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. 2001b. *Dödsbränder 2001*. Karlstad: Räddningsverket.
- Schyllander, J. 1998. *Ett ramprogram för forskning och utveckling inom riskhanteringsområdet*. Karlstad: Räddningsverket.
- Sjöberg, L. 1995. *Diffusa risker. Oro och riskuppfattning*. Forskningsrådsnämnden.
- Sund, B. 1997. *Samhällets kostnader för olyckor*. Karlstad: Räddningsverket.
- Svedung, I. & Rasmussen, J. 1997. *Riskhantering i ett systemperspektiv*. Karlstad: Räddningsverket.
- Thedeen, T. 1998. *Risker i tekniska system – Riskanalys*. Utbildningsradion.

Allmänt om riskanalys

I detta kapitel ges en övergripande beskrivning av principerna för genomförande av riskanalys. Ett antal analysmetoder beskrivs kortfattat och kriterier för val av metod diskuteras. För mer konkreta råd om genomförande av riskanalyser inom några olika områden hänvisas till kapitel 4, *Genomförande av analys*.

3.1 Riskanalys och -hantering; processen

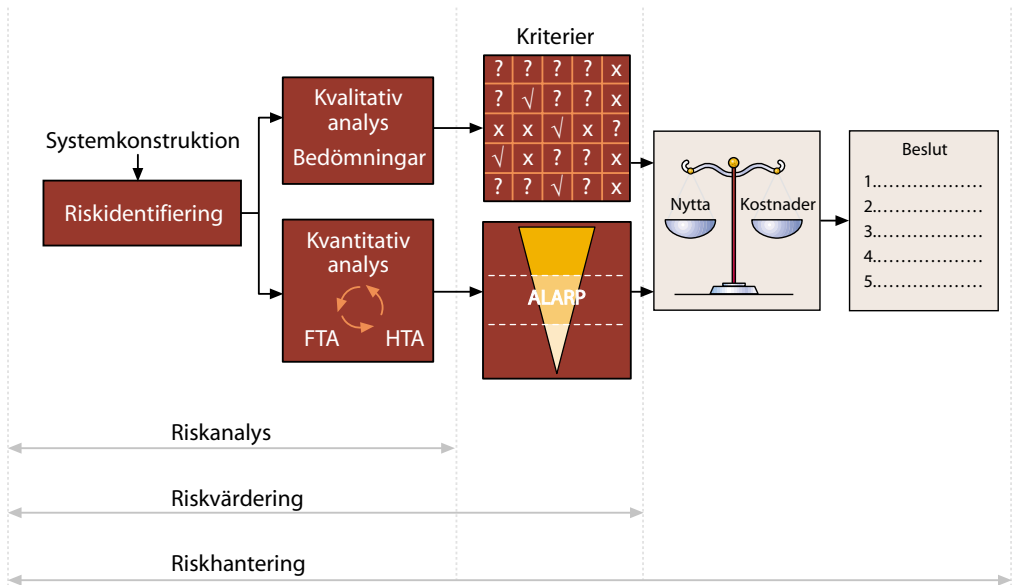
3.1.1 Arbetsgång

Målet för riskanalyser är att belysa var och hur olyckor, tillbud och störningar kan inträffa, hur ofta de kan tänkas ske och vilka konsekvenser som kan uppstå. Dessa kunskaper utgör underlag för värdering av riskerna och beslut om riskreducerande åtgärder. Riskanalysen är en del av den mer omfattande riskhanteringsprocessen (figur 3.1).

Riskhanteringsprocessen kan också beskrivas med hjälp av figur 3.2. Riskanalysen utgör en del av denna process och anses ofta omfatta följande delar (SS-EN 1050, 1996):

- Definiera mål och avgränsningar.
- Inventera och identifiera risker.
- Analysera risker, innefattande bedömning av sannolikhet och konsekvens.

Även om handboken i första hand behandlar riskanalys, är det på sin plats att här kort diskutera riskhantering mer allmänt. Riskhantering kan utföras på flera sätt. Den bör dock alltid ske i form av en strukturerad och systematisk process under ständig utveckling. Riskhantering innefattar hela kedjan, från defi-



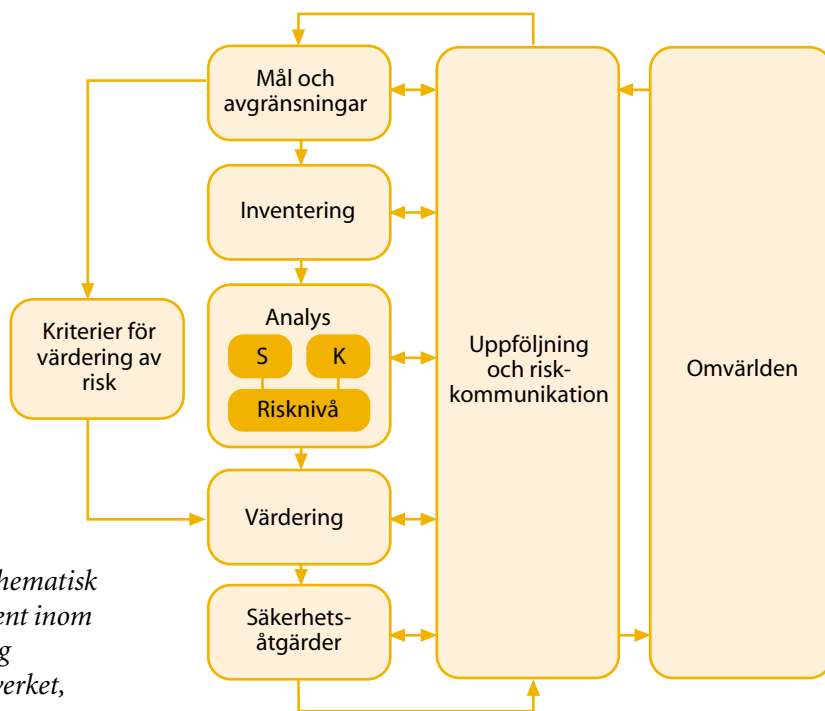
Figur 3.1 Riskhanteringsprocessen.

inition av mål och avgränsningar, via riskidentifiering och analys av risker till värdering av risk, genomförande av riskreducerande åtgärder samt uppföljning och erfarenhetsåterföring.

Riskhantering enligt ovan kan användas som arbetsmetod på olika nivåer, alltifrån behandling av övergripande frågor rörande en kommun eller ett företags trygghet och säkerhet till hantering av enskilda riskkällor. Den kan också tillämpas på enskilda verksamhetsområden, t.ex. teknisk försörjning, fysisk planering, skola och omsorg.

Beroende på vilken nivå man befinner sig varierar de ingående momenten med avseende på grad av konkretisering och detaljeringsnivå. För att undvika att den fortsatta beskrivningen av de i riskhanteringen ingående momenten blir alltför vidlyftig och svåröverskådlig utgår vi fortsättningsvis från att riskanalysen och riskhanteringen omfattar en specifik verksamhet (t.ex. transport av farligt gods på järnväg inom en kommun) eller ett specifikt företag.

Nedan ges en kort beskrivning av de olika momenten i riskhanteringsprocessen så som den är beskriven i figur 3.2. I texten används begreppen *kvantitativ* respektive *kvalitativ* riskanalys. I den kvantitativa analysen beräknas frekvenser för identifierade olyckshändelser och konsekvenser av dessa. Frekven-



Figur 3.2 Schematisk bild av element inom riskhantering (Räddningsverket, 2001).

ser och konsekvenser uttrycks i tal, t.ex. förväntat antal händelser och förväntat antal skadade personer under en viss tidsperiod. I den kvalitativa analysen görs erfarenhetsbaserade bedömningar. Frekvens och konsekvens uttrycks här ofta i relativa termer som hög-låg-mycket låg, etc. (se vidare avsnittet *Kvalitativa eller kvantitativa analyser* nedan).

Beskrivningarna av de olika momenten är medvetet kortfattat hållna. Detta i syfte att skapa en överblick över processen riskanalys och riskhantering. Fördjupade beskrivningar av de olika momenten ges i kapitel 4, *Genomförande av analys*.

Det är värt att notera att begreppen *riskanalys*, *riskvärdering*, *riskuppskattning*, *riskbedömning* och *riskberäkning* används i många sammanhang och ofta med olika betydelse. Andra tolkningar än de som här ges uttryck för förekommer.

3.1.2 Definition av mål och avgränsningar samt utarbetande av kriterier för riskvärdering

Utifrån övergripande mål och policies ska konkreta mål för den aktuella analysen etableras. Det är viktigt att formulera tydliga mål för att analysarbetet ska kunna bedrivas effektivt

samt för att arbetet ska kunna utvärderas. Målbeskrivningen ligger till grund för närmare definition av:

- Syfte med arbetet:
Vad ska arbetet leda fram till?
Vilka beslut ska arbetet ligga till grund för?
- Erforderlig detaljeringsgrad.
- Avgränsningar t.ex. med avseende på:
Fysiska gränser och gränssnitt gentemot användare och anslutande system.
Vilka risker som ska beaktas (person, miljö, ekonomi).
Tidsgränser – Vilken tidshorisont arbetar vi med?
Vilka faser av verksamhetens livstid ska beaktas (byggnation, drift, avställning)?

Avgränsning av arbetet måste ske utifrån de uppsatta målen och med hänsyn tagen till tillgängliga resurser.

Det är också viktigt att i ett tidigt skede fundera över vilka kriterier identifierade och bedömda risker ska värderas efter. Detaljeringsgrad, metod och avgränsningar måste väljas så att analysresultatet kan relateras till valda kriterier.

3.1.3 Inventering och identifiering av risker

Identifiering av risker (eller mer korrekt skadehändelser) är ett av de viktigaste momenten vid genomförande av en riskanalys eftersom man här, i realiteten, bestämmer analysens innehåll. Risker som inte är identifierade blir inte heller analyserade. Detta i sin tur innebär att riskerna med den aktuella verksamheten och behovet av säkerhetskörande åtgärder underskattas. Eventuellt kan viktiga säkerhetsåtgärder helt förbises.

Målsättningar med riskidentifieringen kan beskrivas av följande punkter.

Primära målsättningar

- Fullständighet: Alla risker ska identifieras.
- Kunskapsbaserad: Tidigare erfarenheter (olyckor eller incidenter eller analyser) ska beaktas.
- Multi – disciplinär: Erfarenheter från olika områden ska tagas tillvara.

Identifiering av skadehändelser:

Utgångspunkter

- Ritningar, beskrivningar, instruktioner.
- Kartläggning av ämnen/energier.
- Checklistor.
- Erfarenheter, egna och andras.

Exempel på analysmetoder:

- Grovanalys
- SWIFT
- HAZOP
- FMEA

Några olika typer av olyckshändelser och motsvarande målsättning med riskidentifieringen kan beskrivas enligt följande:

Dessa typer av händelser ska identifieras under riskidentifieringen

1. Händelser som har inträffat inom egen eller annan liknande verksamhet.
2. Uppenbara händelser med tanke på verksamhetens karaktär.
3. Händelser som kan härledas utgående från punkt 1 och 2 ovan.
4. Enkla kombinationer av separata händelser.

Dessa typer av händelser bör identifieras under riskidentifieringen

5. Komplexa kombinationer av händelser som tidigare ej inträffat.
6. Identifierade händelser som förhindras av system, operationella rutiner eller underhåll.
7. Potentiella händelser, identifierade genom systematiskt ifrågasättande av systemets användning och funktionskrav.

Sekundära målsättningar

- Granskningsbar: Processen ska kunna följas, vara väl dokumenterad.
- Strukturerad: Processen ska vara strukturerad (för att ge fullständighet).
- Effektiv: Processen ska fokusera på viktiga problem.

3.1.4 Bedömning av sannolikheter

Riskidentifieringen resulterar i en lista över händelser som ska studeras vidare. Frågan som ställs är då: Hur ofta kan händelserna tänkas inträffa? Denna frekvens, eller sannolikhet (se faktaruta), kan beräknas eller uppskattas efter några olika alternativa huvudprinciper (jfr. avsnitt 2.1.2).

Empiriska skattningar. Vi kan inhämta statistik som direkt ger information om frekvensen för skadehändelser av det slag vi är intresserade av. Användbar olycksstatistik finns framförallt för frekventa olyckskategorier, exempelvis kollisioner inom transportsektorn och bränder i industri och samhälle. Med hjälp av jämförelser mellan den population som ligger till grund för statistiken och den egna verksamheten kan vi uppskatta den förväntade frekvensen.

Logiska system. En annan möjlighet är att vi kartlägger de orsaker som tillsammans eller var för sig kan leda till händelsen, och sedan beräknar sannolikheten för skadehändelsen

med hjälp av sannolikhetsdata för var och en av de ingående delhändelserna. Detta kan ofta ske med stöd av någon analysmetod t.ex. felträdsanalys.

Expertbedömningar. I många fall måste expertbedömningar användas, antingen som komplement till andra sannolikhetsbestämningar eller som enda relevanta underlag. I kvalitativa analyser används huvudsakligen erfarenhetsbaserade expertbedömningar, varvid sannolikheterna klassas, t.ex. enligt någon 5-gradig (eller annan) skala.

Då man skattar sannolikheten empiriskt (första principen) beaktas »alla« orsaker som leder fram till den aktuella sluthändelsen (t.ex. brand i en industri). Detta kan innefatta såväl tekniska fel som mänsklig felhandling och kombinationer av dessa.

Vid tillämpande av den andra principen, logiska system, tar man som regel utgångspunkt i den utrustning som används och de fel som kan uppträda med denna utrustning och dess handhavande. Felfrekvenser modelleras ofta som funktion av:

- Tid som utrustning är i drift.
- Antal operationer och varaktighet av de operationer där utrustningen används.
- Eventuellt annan exponeringstid.

3.1.5 *Bedömning av konsekvenser*

Konsekvensbedömning innefattar att man förutsäger vilka direkta effekter som kan uppstå om en viss olycka inträffar, t.ex:

- Vilken värmestrålning uppstår vid en viss brand?
- Vilka gaskoncentrationer uppstår vid ett visst kemikalieutsläpp?
- Vilken skada uppstår på en konstruktion vid en viss belastning?

Därefter bedömer man de skador som kan uppstå i omgivningen. Beroende på analysens inriktning kan detta arbete omfatta bedömningar av skada på människa eller miljö eller ekonomi.

Vid konsekvensbedömningen används ofta teoretiskt och/eller empiriskt framtagna beräkningsmodeller, t.ex. för bedömning av brandbelastning, explosionstryck, gas eller rök-

Grad av trolighet för att en viss händelse ska inträffa kan uttryckas på två sätt – sannolikhet och frekvens.

Sannolikhet sannolikheten att en viss händelse inträffar under givna förutsättningar, t.ex. under en viss tidsperiod eller givet att en viss tidigare händelse har inträffat.

Frekvens antal gånger som händelsen förväntas inträffa under en viss tidsperiod, ofta ett år men ibland under en timma eller en anläggnings livstid.

I riskanalytiska sammanhang är frekvensen per år för de händelser man studerar ofta mycket låg och den numeriska skillnaden mellan sannolikhet och frekvens kan vara försumbar. Den väsentliga skillnaden är dock att sannolikheten är ett dimensionslöst tal mellan 0 och 1 (0=händelsen kan inte inträffa, 1= händelsen kommer att inträffa) medan frekvensen har en dimension (t.ex. antal gånger per år) och kan anta högre värden. I många sammanhang, t.ex. felträdsanalys är denna skillnad av stor principiell betydelse och begreppen måste särskiljas.

spridning. I vissa fall är dessa baserade på en grundlig teoretisk bas. I andra fall kan den teoretiska förståelsen, eller möjligheten att modellera förloppen, vara mer begränsade.

I en kvantitativ analys beräknas och uttrycks konsekvensen i absoluta tal, t.ex. förväntat antal omkomna / skadade personer eller förväntad ekonomisk skada. I många fall måste ett stort antal scenarier, med hänsyn till populationsvariationer, atmosfäriska förhållanden, etc. beaktas. I en kvalitativ analys görs ofta en erfarenhetsbaserad bedömning, ibland klassad i en 5-gradig (eller annan) skala.

3.1.6 Bedömning av risknivå

Efter genomförd riskidentifiering (eller mer korrekt skadehändelseidentifiering), sannolikhetsbedömning och konsekvensbedömning har vi skaffat oss kunskap om vad som kan inträffa, hur ofta detta kan tänkas ske och vilka konsekvenser som kan uppstå. Innan vi kan ta ställning till om den analyserade situationen kan accepteras sådan som den är eller om riskreducerande åtgärder krävs, återstår tre närliggande (och ibland sammanfallande) frågor:

- Hur ska risknivån bedömas?
- Hur ska resultatet presenteras?
- Hur ska risken värderas?

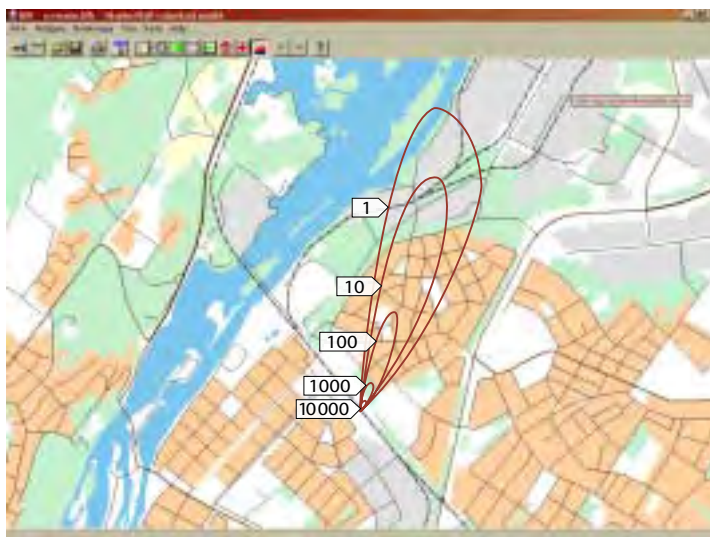
De två första frågorna handlar om hur sannolikhets- och konsekvensbedömningarna ska sammanfogas och hur detta resultat presenteras.

Den tredje frågan är vidare och innefattar upplevelse av den aktuella risken, riskens karaktär, nyttan av verksamheten, m.m. Det bör i detta sammanhang påpekas att de aspekter avseende upplevd risk som redovisades i avsnitt 2.1 och hur dessa påverkar beslutssituationen inte behandlas vidare i detta avsnitt. Här, och senare i kapitel 4, diskuteras enbart hur den »reella risknivån« kan presenteras och värderas.

Två huvudprinciper för resultatpresentation kan särskiljas:

Konsekvensorienterad resultatpresentation. Här fokuseras på vilka konsekvenser som förväntas uppstå om vissa definierade olyckor inträffar, se figur 3.3. Olyckor som beaktas kan vara av typ *värsta tänkbara skadehändelse* eller *dimensionerande skadehändelse*. *Värsta tänkbara skadehändelse* är ett relativt självbeskrivande begrepp medan *dimensionerande skadehändelse* är ett begrepp med mera otydlig innebörd. Med dimensionerande skadehändelse avses ofta den händelse som har den största omfattning som bedöms möjlig med hänsyn till de riskreducerande åtgärder (tekniska och operativa) som genomförts. De dimensionerande skadehändelserna ligger ofta till grund för planering och dimensionering av skadebegränsande åtgärder.

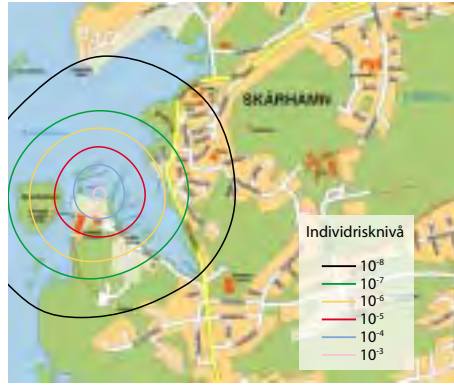
Figur 3.3 Spridningsbild – exempel på konsekvensorienterad resultatpresentation.



	Sannolikhet				
> 1 gång per år					
1 gång per 1-10 år					
1 gång per 10-100 år					
1 gång per 100-1000 år					
< 1 gång per 1000 år					
Hälsa	Övergående lindriga obehag	Enstaka skadade, varaktiga obehag	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	Enstaka döda och flera svårt skadade	Flera döda och tiotals svårt skadade
Miljö	Ingen sanering, liten utbredning	Enkel sanering, liten utbredning	Enkel sanering, stor utbredning	Svår sanering, liten utbredning	Svår sanering, stor utbredning
Egendom	<0,1 milj kr	0,1-1 milj kr	1-5 milj kr	5-20 milj kr	>20 milj kr

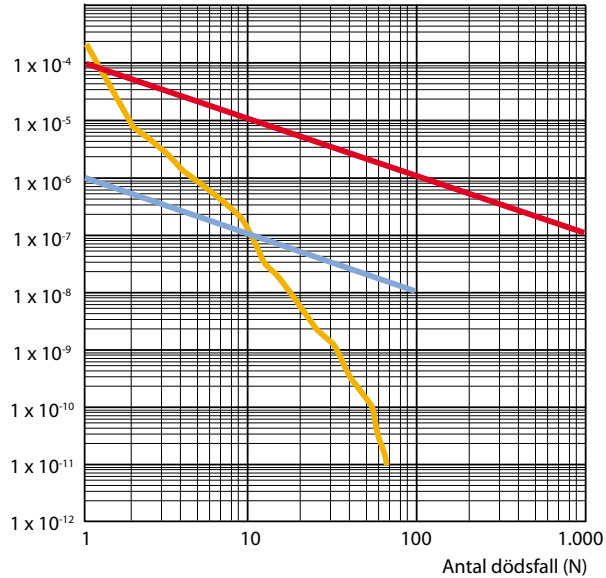
Figur 3.4 Riskmatris (Räddningsverket, 1989).

Figur 3.5 Exempel på individriskkonturer.



Frekvens av N eller fler dödsfall per år (F)

- FN-kurva
- Max riskkriterium
- Min riskkriterium



Figur 3.6 Exempel på FN kurva.

Riskorienterad resultatpresentation. För att ge en mer informativ presentation av risksituationen krävs att såväl sannolikhet som konsekvens av möjliga olyckor beaktas. Ett enkelt sätt att förmedla denna information är att sannolikheter och konsekvenser för olyckshändelser uppskattas i olika kategorier och att dessa redovisas i en »riskmatris«. Exempel på en sådan riskmatris finns i figur 3.4 (Räddningsverket, 1989). Detta är i många sammanhang ett vanligt sätt att presentera resultat.

Den analys som ligger bakom de resultat som redovisas i en sådan matris kan vara allt ifrån enkla uppskattningar till mer detaljerade sannolikhets- och konsekvensberäkningar.

Riskmatrisen gör det möjligt att grovt rangordna de olika

skadehändelsernas risknivåer. De skadehändelser som finns i matrisens övre högra hörn, dvs. de händelser som har hög sannolikhet och allvarliga konsekvenser, utgör stora risker som bör reduceras omedelbart. De skadehändelser som återfinns i matrisens nedre vänstra hörn utgör mindre allvarliga eller obetydliga risker som troligen inte behöver åtgärdas. Nivån på de risker som accepteras bör naturligtvis stämma överens med myndigheters och företagets eller organisationens övergripande nivå för acceptabla risker (om sådana finns formulerade). Om riskanalysen ska jämföras med analyser av andra objekt är det viktigt att samma klassindelning av sannolikhet och konsekvens har använts. Även i dessa fall är jämförelser mellan olika objekt, där olika analysgrupper varit verksamma, ofta svåra att göra.

Ett mer detaljerat sätt att presentera risknivån är att beräkna och redovisa *individ- och samhällsrisk*. Med *individrisk* avses oftast risken för en specifik individ att omkomma och denna uttrycks vanligen som »risk per år«. Individrisknivåer kan presenteras med hjälp av riskkonturer på en karta (se exempel figur 3.5). Individrisken ger ett mått på hur stor risken är för en enskild individ att t.ex. bo i närheten av en processteknisk anläggning. Däremot säger detta mått ingenting om hur stor risken är, ur samhällets synpunkt att någon (vem som helst) ska drabbas av en olycka och framförallt ges ingen information om hur allvarliga konsekvenserna kan bli (hur många personer kan omkomma i värsta fall?). Begreppet *samhällsrisk* syftar till att belysa dessa frågor. Samhällsrisk kan uttryckas i form av:

- FN-kurvor (som visar sambandet mellan skadehändelserns frekvens och antal omkomna). Se exempel figur 3.6.
- Antal omkomna per år (ofta benämnt PLL-tal, Potential Loss of Life).

3.1.7 Värdering av risk

Genom riskanalys identifieras de risker som en viss verksamhet ger upphov till och sannolikheter och konsekvenser uppskattas. Dessa resultat sammanställs och presenteras på något sätt, så som diskuterats ovan. Härigenom skapas ett mått på den risk som den aktuella verksamheten medför. För att sedan

utifrån detta resultat kunna fatta beslut måste en värdering av riskerna kunna göras. Fram till detta steg är riskanalysen i många fall en relativt ingenjörsmässig betraktelse, även om många mjuka frågor (säkerhetsledningens betydelse, mänskligt beteende etc.) också måste beaktas. I samband med värderingen av riskernas betydelse väcks däremot en mängd nya frågor. Detta innefattar t.ex.:

- Enskilda individers och samhällsrepresentanters upplevelse av den aktuella risken.
- Nyttan av den verksamhet som ger upphov till risken. Detta kan vara en verklig eller upplevd nytta.
- Riskens karaktär.

Värdering av risker kan ske på individ-, organisations- och på samhällsnivå.

Konkret kan detta innebära att riskkriterier används för att omvandla numeriska riskuppskattningar, beräknade genom kvantitativa riskanalyser (t.ex. 5 omkomna med en sannolikhet av 1×10^{-7} per år) till värdebedömningar (t.ex. låg risk). Dessa kan sedan vägas mot andra värdebedömningar i en beslutsprocess (t.ex. önskvärda arbetstillfällen). Beslut baserade på risknivåer är oftast komplicerade på grund av den mångdimensionella karaktären av riskerna, t.ex. kan osannolika olyckor med allvarliga konsekvenser behöva värderas mot mer sannolika olyckor med mindre konsekvenser. Riskkriterier kan i sådana fall ge *vägledning* för denna värdering.

Riskkriterier har en stor betydelse när det gäller att *kommunicera* resultat från riskanalyser till beslutsfattare och allmänhet. För att kriterierna ska fylla denna uppgift är det väsentligt att det finns en gemensam syn hos politiker, myndigheter m.fl. beträffande dessa kriteriers utformning och tillämpning.

Några principer eller allmänna utgångspunkter för utformning av riskkriterier kan vara:

Rimlighetsprincipen. En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas eller minskas. Detta innebär att risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid ska åtgärdas (oavsett risknivå).

Proportionalitetsprincipen. De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora i förhållande till nyttan (intäkter, produkter, tjänster etc.) som verksamheten medför.

Fördelningsprincipen. Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.

Principen om undvikande av katastrofer. Riskerna bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser, som kan hanteras av samhällets tillgängliga räddningsresurser, än i stora katastrofer.

I Sverige finns för närvarande inga vedertagna riskkriterier som anger vad som kan anses acceptabelt. Detta kanske är helt i sin ordning. Man bör kanske inte formulera frågan som »Vilken risk är acceptabel?« utan hellre som »Vilket beslutsalternativ är det bästa?«

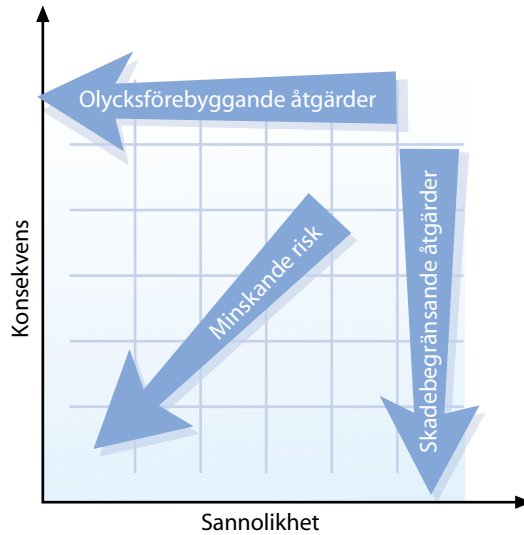
3.1.8 Åtgärdande av risker

Utgångspunkten för riskreduktion är att vi antingen kan eliminera risken (ta bort riskkällan helt) eller reducera risken. Reduktion av risken kan vi åstadkomma genom att reducera sannolikheten för händelsen (olyckan) eller genom att reducera konsekvensen av olyckan (se figur 3.7). Givetvis kan en kombination av dessa också vara aktuellt.

I riskanalysen har vi identifierat förutsättningar för olyckor och värderat de förhållanden som påverkar sannolikhet och konsekvens, dvs. »risken«. Det är därför naturligt att ta riskanalysen som utgångspunkt när vi ska bestämma vilka riskreducerande åtgärder som bör vidtas.

För att eventuella riskreducerande åtgärder ska ha önskvärd effekt är det viktigt att de påverkar orsaker till väsentliga skadehändelser. En systematisk orsakskartläggning, som fokuserar på skadehändelsen, är här nödvändig. De exempel på möjliga orsaker, som ofta noteras i ytliga riskanalyser, kan här

Figur 3.7 Riskreduktion.
(Kemikontoret, 1989)



Riskhanteringen är till sin natur en iterativ process där återföring, uppföljning och information är ständigt återkommande moment på kort och lång sikt och på flera olika nivåer. Exempel:

Värdera effekten av föreslagna riskreducerande åtgärder

Undanröjer åtgärden risken, påverkas *identifiering* av risk?
Påverkas sannolikhet eller konsekvens, påverkas *bedömning* av risk?
Är påverkan tillräckligt stor för att risken ska kunna tolereras, påverkas *värdering* av risk?
Krävs ytterligare åtgärder?

Värdera analysen

Har analysen genomförts med erforderlig detaljeringsgrad eller behöver vissa delar av verksamheten analyseras noggrannare?

Långsiktig uppföljning och tillsyn

Har vidtagna åtgärder haft avsedd effekt?
Har nya risker tillkommit?
Har förhållanden inom eller utom verksamheten förändrats så att bedömningen av risken påverkas?
Finns det anledning att ompröva de kriterier som använts för att värdera riskerna?

Kommunicera resultat

av genomförda riskanalyser och de beslut man fattat:

- internt, till anställda i den egna organisationen,
- externt, till allmänheten,
- externt, till myndigheter.

göra mer skada än nytta. Det är viktigt, att orsakskartläggningen genomförs förutsättningslöst och systematiskt.

3.2 Val av analysmetod

3.2.1 *Grov eller detaljerad analys*

För en del frågeställningar kan det vara fullt tillräckligt att arbeta med en tämligen grov riskidentifiering och bedömning. I andra fall kan det krävas betydligt mer detaljerade analyser, som exempelvis går in på komponentnivå i tekniska system eller på arbetsuppgiftsnivå vad gäller människa-maskin-system. Detaljeringsgraden bestäms främst av:

Var i riskhanteringsprocessen man befinner sig. I ett inledande skede är det bäst att börja med en grövre metodik för att skapa överblick och underlag för prioritering av fortsatt arbete.

I vilken fas verksamheten som ska analyseras befinner sig. I ett tidigt skede av ett projekt eller ett planläggningsarbete är som regel endast översiktlig information tillgänglig och analysarbetet anpassas då efter detta. Allteftersom arbetet fortskrider kan detaljeringsgraden successivt höjas.

Syftet med analysen. Kraven på noggrannhet och fullständighet i riskidentifiering, orsaks- och konsekvensbedömning är beroende av vad resultatet ska användas till.

Tillgängliga resurser. Resurserna är ofta begränsade och det kan i många fall vara bättre att översiktligt täcka in helheten än att detaljstudera vissa delar och helt missa andra.

3.2.2 *Kvalitativa eller kvantitativa analyser*

Alla riskanalyser innehåller betydande kvalitativa inslag när det gäller avgränsning av analysobjektet, identifikation av riskkällor och specifikation av riskmodell. Om syftet med analysen är begränsat till att identifiera riskkällor och/eller riskfyllda situationer kan en renodlat kvalitativ analys vara tillräcklig. Om däremot en numerisk skattning av riskens storlek krävs, så behövs även en kvantifiering av sannolikheter och konsekven-

ser. För kvantitativa analysmetoder används ofta förkortningarna PRA (Probabilistic Risk Analysis) eller QRA (Quantitative Risk Analysis). I många sammanhang är den kvalitativa ansatsen den enda framkomliga på grund av avsaknad av relevant data.

3.2.3 *Deterministiska eller probabilistiska metoder*

Deterministiska (konsekvensbaserade) metoder utgår ifrån vilka olyckshändelser som fysiskt sett anses kunna inträffa och vilka konsekvenser dessa får. Som diskuterat ovan under »presentation av resultat« kan dessa händelser vara av karaktären »värsta tänkbara skadehändelse« eller »dimensionerande skadehändelse«.

Den stora fördelen med den deterministiska utgångspunkten är att analysen kan vara relativt enkel att genomföra och att resultatet av analysen är enkelt att kommunicera. I de fall ett rent deterministiskt synsätt (dvs. utgående från konsekvenser av värsta tänkbara skadefall) kan tillämpas, utan att allvarliga konflikter uppstår med andra intressen, kan detta synsätt vara en rimlig utgångspunkt.

Svagheten i den deterministiska ansatsen är att:

- Det rent deterministiska synsättet, (dvs. att utgå från värsta tänkbara skadehändelse) leder i många fall till att orimligt stora resurser måste satsas på att förhindra att mycket osannolika olyckor inträffar, alternativt undvika att dessa olyckor får allvarliga konsekvenser. I praktiken torde detta synsätt endast vara tillämpligt i undantagsfall.
- När utgångspunkten är »dimensionerande skadehändelse« har man lämnat det rent deterministiska synsättet och den probabilistiska ansatsen är som regel tämligen odefinierad. Detta innebär i praktiken att det är mycket osäkert vilka risker som egentligen accepteras.

Probabilistiska (riskbaserade) metoder utgår ifrån att såväl sannolikheter för att olyckshändelser ska inträffa, som de konsekvenser dessa ger upphov till, är av betydelse för bedömning av risknivån. Resultat av dessa analyser kan presenteras enligt några av de principer som redovisats i avsnittet *Riskorienterad resultatpresentation* ovan. Ett probabilistiskt synsätt har förut-

sättningar för att ge en god beskrivning av riskerna och ett gott beslutsunderlag. Problemen med den probabilistiska ansatsen kan vara relaterade till:

- Resurskrav. En noggrant genomförd analys kan kräva omfattande resurser som kanske inte är tillgängliga.
- Osäkerhet. Samtliga moment i en riskanalys är förenade med osäkerheter. Dock är kanske sannolikhetssuppskattningen ofta det moment som väcker de största frågorna.

3.2.4 Induktiv eller deduktiv analys

I vissa fall skiljer man på *induktiv* och *deduktiv* analys. Principiellt sett gäller följande:

- Deduktivt resonemang betecknar processen att dra slutsatsen att något måste vara sant, eftersom det är ett specialfall av en allmän princip som man vet är sann. Den är logiskt helt korrekt och är t.ex. det sätt på vilket man bevisar matematiska satser.
- Induktivt resonemang betecknar processen att dra slutsatsen att en allmän princip måste vara sann, eftersom de specialfall man ser råkar vara sanna. Den går i motsatt riktning från deduktivt resonemang.

De flesta riskanalysmetoder innehåller såväl induktiva som deduktiva inslag. De mål, som har uppställts för den aktuella analysen, får avgöra vilka krav som ska ställas på logisk strängens. Ett exempel på en riskanalysmetod som kan betecknas som en deduktiv metod är felträdsanalys (se vidare avsnitt 3.6).

3.3 Erfarenhetsåterföring

Att aktivt ta tillvara egna och andras erfarenheter från inträffade olyckor och tillbud är en av de viktigaste delarna i ett framgångsrikt riskhanteringsprogram. Egna erfarenheter kan finnas sammanställda i olycks- och tillbudsrapporter. Erfarenheter från andra organisationer och länder finns, med varierande kvalitet, sammanställda i olycksdatabaser (Hannah et.al, 1999).

I avsnittet 2.6 *Strategier för riskhantering beroende på riskernas karaktär* beskrevs tre olika kategorier av säkerhetsstyrning baserat på karaktären av verksamhetens risk.

Nedan ges några exempel från Svedung & Rasmusen (1997) på bruk av erfarenhetsdatabaser inom de kategorier för säkerhetsstyrning som beskrivs i avsnitt 2.6.

Kategori 1 Empirisk säkerhetsstyrning

Exempel Arbets säkerhet.

Kännetecken Komplex uppsättning olyckskällor, många olika typer av olyckor från olika aktiviteter med varierande, delvis svåröversäglbara, olycksförlopp. Konsekvenser av olycka som regel av begränsad natur.

Exempel på bruk av erfarenhetsdatabaser Mäta eller verifiera säkerhetsnivån genom att mäta antal inträffade olyckor, analys av trender. Identifiera olyckskällor. Mäta eller verifiera effektivitet av olika åtgärder när det gäller att reducera frekvens och/eller konsekvens av olyckor.

Kategori 2 Evolutionär säkerhetsstyrning

Exempel Säkerhet hos transportsystem och processtekniska system.

Kännetecken Olycksfrekvensen är låg, men stora konsekvenser kan uppstå. Olyckskällorna är ofta väl kända. Kontroll av olycksrisk kan innefatta bruk av barriärer för att förhindra att olyckor inträffar och/eller för att kontrollera olycksförlopp efter inträffad olycka. Risker av denna karaktär är ofta föremål för kvantitativa riskanalyser. Erfarenheter från inträffade olyckor är en viktig drivkraft i det olycksförebyggande arbetet.

Exempel på bruk av erfarenhetsdatabaser Identifiera olyckskällor och orsakskedjor. Bedöma sannolikhet för att viss typ av olycka ska inträffa. Stöd vid bedömning av möjliga konsekvenser av en viss olycka. Stöd vid bedömning av effektivitet av skadeförebyggande och skadebegränsande åtgärder.

Kategori 3 Analytisk säkerhetsstyrning

Exempel Säkerhet hos kärnkraftsanläggningar och speciella delar av transportsystem och processtekniska system.

Kännetecken Olycksfrekvensen måste hållas på en mycket låg nivå eftersom ytterst allvarliga konsekvenser kan uppstå. Olyckskällorna är väl kända. Erfarenheter av inträffade olyckor är få. Kontroll av olycksrisk bygger i hög utsträckning på barriärer för att förhindra att olyckor inträffar och/eller för att kontrollera olycksförlopp efter inträffad olycka. Kontroll av dessa barriärers tillförlitlighet och effektivitet är en central del i det olycksförebyggande arbetet. Probabilistiska säkerhetsanalyser används ofta för att analysera och verifiera systemets säkerhet.

Exempel på bruk av erfarenhetsdatabaser Analys av sannolikhet för »inledande händelser« t.ex. rörbrott, axelbrott, etc. Analys av tillförlitlighet hos i barriärer ingående delar. Detta kan innefatta komponenter, system och operatörer.

3.4 Hantering av osäkerheter

En relativt utförlig diskussion om riskanalysers kvalitet, osäkerheter i riskanalyser och hantering av osäkerheter återfinns i kapitel 5. I detta skede nöjer vi oss med att konstatera att alla riskanalyser, oavsett metodik, är förenade med osäkerheter och att dessa osäkerheter kan vara av olika slag. I många fall kan osäkerheterna vara betydande. Av vikt är att:

- skaffa en god uppfattning om inom vilka moment osäkerheter uppkommer,
- göra en realistisk bedömning av karaktären och storheten av dessa osäkerheter.

Samt viktigast av allt, men ofta försummat:

- *redovisa hur osäkerheterna påverkar beslutssituationen!*

3.5 Riskkommunikation

Riskkommunikation omfattar en mängd aktiviteter, som syftar till att öka allmänhetens kunskap om riskfrågor och medverkan och delaktighet i riskhanteringen. Det kan röra sig om varningsetiketter som informerar om existerande risker (jfr. orange skyltarna på farligt-gods-transporter), upprättande av allmänt tillgängliga databaser där farliga omständigheter karakteriseras eller beskrivs eller tydliggörs, samt allmänna »hearings« om riskhanteringsfrågor.

Riskkommunikation började förekomma som ett uppmärksammat inslag i riskhantering under tidigt 1980-tal när man insåg att en stor del av allmänheten inte var van vid begreppet risk, men att riskhanteringsbeslut inte endast kunde tas av tekniska experter och myndighetsutövare för att sedan pådyvlas allmänheten. Idag ses riskkommunikation som en dialog mellan intresserade parter; riskexperter, policyskapare och allmänheten. Det föreligger dock vissa svårigheter när det gäller kommunikation av riskanalyser (Persson, 1998):

- Dagens riskanalyser anses av många som ensidigt tekniskt inriktade. En fokusering på kvantitativ/matematisk hantering av riskfrågor anses göra analyserna svår-förståeliga.
- Det statistiska underlaget anses ofta som bristfälligt vilket ger osäkra underlag. Svårt att förmedla betydelsen av detta.

- Betydande svårigheter att åskådliggöra risker på ett bra sätt för beslutsfattare föreligger. Det anses bland annat svårt att förmedla låga sannolikhetsbegrepp.
- En mer tvärvetenskaplig sammansättning av de grupper som arbetar med riskanalyser än dagens »ingenjörsmässiga« hantering efterlyses.
- Brist på accepterade metoder och ingångsvärden för riskanalyser gör att olika analytiker kommer till olika resultat. Detta skapar givetvis osäkerhet och tvekan hos såväl allmänhet som beslutsfattare.
- Kvaliteten på de genomförda riskanalyserna är av skiftande grad. Det är svårt att bedöma om genomförda riskanalyser är av godtagbar kvalitet. Kompetens att bedöma kvalitet av genomförda riskanalyser saknas.

3.6 Analysmetoder, en översikt

I begreppet »metod« innefattas vilken information som behövs och hur man samlar in den, hur man behandlar den insamlade informationen, dvs. beskrivning av olika tillvägagångssätt och tekniker och vilken typ och utformning resultatet ska ha.

Olika metoder kan vara mer eller mindre användbara i olika situationer, utan att för den skull vara varken idealiska eller olämpliga. En metod, som i en viss situation kanske verkar mindre lämplig, kan efter en mindre modifiering eller generalisering vara fullt användbar. Sådana modifieringar görs ofta i samband med en speciell analys. Inte sällan ges den modifierade metoden ett eget namn, utan att den principiellt skiljer sig från den ursprungliga. Detta kan leda till många missförstånd. Missförstånd kan även uppstå, när ett och samma namn används för många varianter av samma arbetssätt.

Förutom skillnader beträffande fokusering på frekvenser av inträffade händelser, respektive orsaker till dessa händelser, kan olika riskanalyser även anlägga olika perspektiv på vad som utgör relevanta förklaringar till inträffade händelser. För att genomföra en riskanalys av ett analysobjekt där säkerheten är beroende av ett fungerande samspel mellan människan och ett tekniskt system, krävs i princip expertkunskaper om risk-



Figur 3.8 Floran av analysmetoder och deras beteckningar är ofta förvillande.

analysmetoder, det tekniska systemet samt människans förmåga att handha det tekniska systemet (beteendevetenskaplig eller psykologisk kunskap).

Dessa kunskaper finns knappast hos en och samma person, vilket gör att analysen ofta får en slagsida åt antingen den tekniska eller den beteendevetenskapliga sidan. Detta kan ha betydelse för bedömning av:

- Orsaker till olyckan – bristande förståelse för ett av områdena kan leda till att orsaker anges som »tekniskt fel« eller »mänskliga faktorn«, vilka båda kan vara lika meningslösa.
- Lämpliga riskreducerande åtgärder – termer som »bättre teknisk tillförlitlighet« eller »bättre operatörsutbildning« kan spegla okunskap om ett av områdena och vara alltför oprecisa.

Sammanfattningsvis kan sägas att metodvalet är viktigt men att valet av kompetens till analysgruppen är minst lika viktigt!

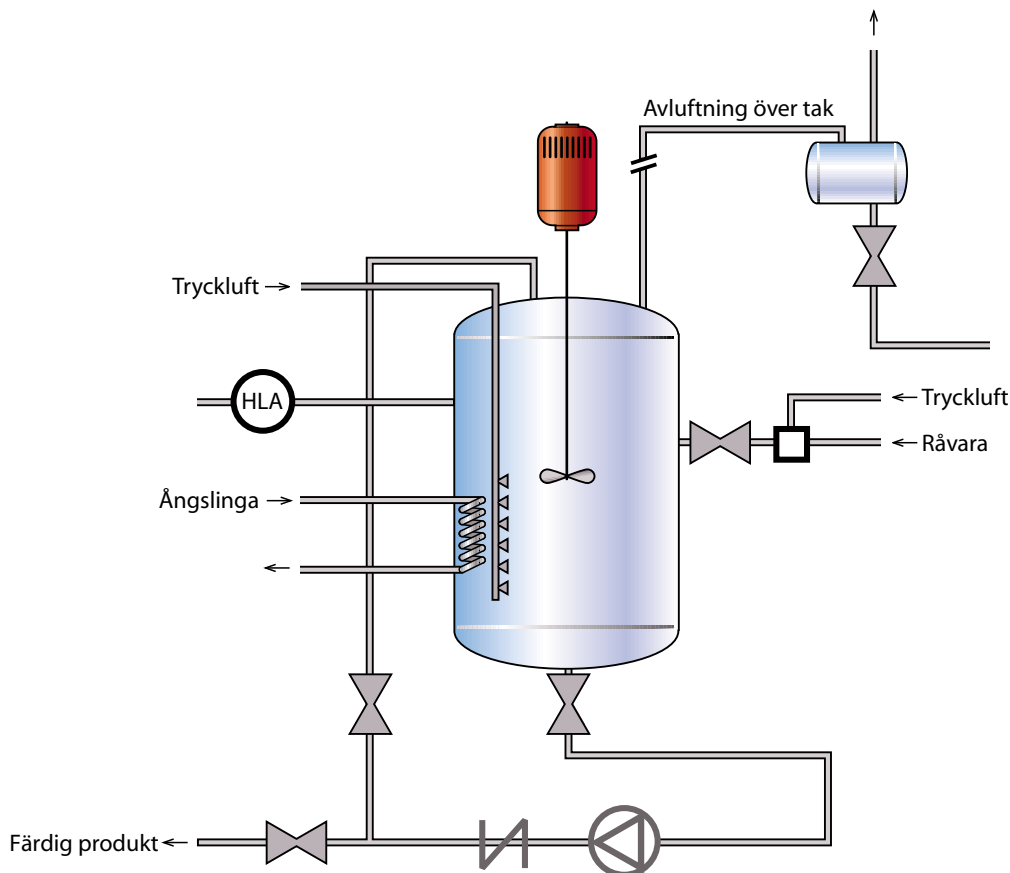
En översiktlig identifiering och gruppering av ett antal analysmetoder som visat sig användbara i många fall redovisas i tabell 3.1. Redan upprättandet av en sådan lista bjuder emellertid på ett antal problem, t ex:

- Vad är en riskanalysmetod?
- Hur kan de angivna metoderna definieras/indelas?
Den i tabellen använda indelningen är långt ifrån invändningsfri.
- Flera av de angivna metoderna, kanske särskilt de kvalitativa identifieringsmetoderna, har stora likheter med varandra.

Tabell 3.1 Översikt över analysmetoder.

Analysobjekt/Metod	Kort beskrivning av syfte/princip
Allmänna tekniska- eller sociotekniska system	
Konfliktanalys	Systematisk kartläggning av motstående intressen i planarbete.
Checklistor	Kontroll av standardbetonade system gentemot förutbestämd lista. Stöd vid riskidentifiering.
Indexmetoder	Identifiering och klassificering av riskkällor inom processindustrin.
Grovanalys eller preliminär riskanalys	Metod för översiktlig identifiering och bedömning av riskkällor. <i>fortsättning nästa sida →</i>

Förväntad skadekostnadsanalys	Metod för uppskattning av förväntade skadekostnader.
SBA metoden (SBA = Sårbarhetsanalys)	Metod för identifiering och bedömning av scenario.
Energianalys	Systematisk analys av energiformer, hur dessa kan frigöras och konsekvenser av detta.
Avvikelseanalys	Metod för identifiering och analys av vilka avvikelser som kan uppkomma och risker med detta (snarlik Vad-händer-om-analys nedan).
Vad-händer-om (What-if)	Jfr. Avvikelse analys. Eventuellt med hjälp av ledordslista.
HAZOP (HAZard and OPerability study)	Analys av möjliga risker/störningar i process (och andra) anläggningar med hjälp av systematiska ledord.
Feleffektsanalys (FMEA/FMECA*)	Analys av riskabla komponentfel, dess orsaker och konsekvenser.
Felträdsanalys (Fault Tree Analysis, FTA)	Trädmetod – Analys av orsaker till en given händelse.
Händelseträdsanalys (Event Tree Analysis, ETA)	Trädmetod – Analys av alternativa konsekvenser av en given händelse.
CCA (Cause Consequence Analysis)	Trädmetod – likartad händelsetråd.
Människa – Teknik – Organisation	
Analys av mänsklig tillförlitlighet**	Samlingsnamn för en hel grupp av analysmetoder som används för att uppskatta människans grad av tillförlitlighet i en given situation.
AEA (Action Error Analysis)	Metod för identifiering av möjliga operatörsfel med hjälp av systematiska ledord.
MTO (Människa /Teknik/ Organisation)	Analys av samspel Människa – Teknik – Organisation.
MORT, SMORT***	Metod för analys av olyckor och utvärdering av säkerhetsprogram.
Administrativ SHM-Revision	Organisationskrav jämförs med aktuell organisation, poängsättning av olika delar av säkerhetsorganisationen.
Brand	
Graderingsmetoder: • Gretenermetoden • BSV-vård • NFPA-scheman****	Metoder för rangordning av olika alternativ eller byggnaders verksamheter. Identifiering av viktiga faktorer ur brandskyddssynpunkt.
Kvantitativa metoder: • Scenarioanalys • Händelsetråd	Metoder för t.ex. verifikation av att utrymning kan företas innan kritiska förhållanden uppstår eller analys av sannolikhet för detta.
* Failure Modes and Effects Analysis ** (Human Reliability Analysis, HRA): APJ, THERP, HEART, m.fl.	*** (Management Oversight and Risk Tree) **** NFPA = National Fire Protection Association – US



Figur 3.9 Blandningskärn med kringutrustning.

3.6.1 Metoder för analys av allmänna tekniska eller sociotekniska system

Vissa av de metoder som redovisas nedan åskådliggörs med hjälp av ett exempel, kärn för oljeblandning. Bakgrunden till detta exempel redovisas nedan. Exemplet bygger på en verklig händelse där en övertryckning av ett kärn resulterade i ett kärnhaveri. Figur 3.9 är en schematisk skiss av kärn med kringutrustning.

Vid ett tillfälle avbröts inte inpumpningen av råvara till kärnet i tid samtidigt som högnivåalarmet (HLA) var ur funktion. Vätskenivån i kärnet blev så hög att vätska nådde upp till avluftningsledningen och fyllde delar av denna. Senare skulle råvaruledningen mellan kärnet och lagertanken rengöras, vilket gjordes med en s.k. pig som pressas igenom ledningen med tryckluft. Efter rengöringen avluftades ledningen genom att kvarstående luft släpptes till blandningskärnet. Avluftningsledningen, som då var delvis vätskefylld, klarade inte att avlasta trycket utan kärnet sprängdes.

Konfliktanalys. Konfliktanalysen kan utgöra ett första steg i ett planarbete. I konfliktanalysen identifieras konflikter mellan olika intresseområden (friluftsliv, mineralbrytning, hälsa och säkerhet, trafik, naturvård, försvar m.fl.). Syftet är att systematiskt identifiera och bearbeta problem och att underlätta planarbetet. Det handlar om att på ett tidigt stadium bli medveten om konflikter som kan orsaka hinder under det fortsatta planarbetet. Om konfliktanalysen avslöjar en tidig oenighet i säkerhetsbedömningen av planområdet finns det fog för att beakta detta i riskanalysen.

Analysen behöver inte endast omfatta konflikter i riskfrågor utan kan ha en tvärsektorieell karaktär. Konfliktanalysen kan även resultera i utvecklandet av en samsyn avseende problemen i vissa frågor och på ett positivt sätt lösa konflikter (Persson, 1998).

Checklistor används framför allt vid jämförande analys för att identifiera kända typer av riskkällor och kontrollera att vedertagna standardförfaranden tillämpas. Analysen resulterar i en lista med noteringar huruvida angivna specifikationer och/eller rutiner är uppfyllda eller inte. Noggrann kontroll av stora och komplexa system fordrar detaljerade checklistor som utarbetats och anpassats till aktuell anläggningstyp eller process. För översiktlig kontroll av riskerna i olika system eller objekt går det att använda mer allmänt formulerade checklistor.

Checklistor används även som stöd vid genomförande av riskanalyser, t.ex. i samband med riskidentifiering.

Indexmetoder. Inom bl.a. processindustrin finns vissa indexmetoder utvecklade. De mest kända är *Dow – Fire and Explosion index* och *ICI – The Mond Index*.

Med hjälp av dessa metoder kan riskkällor i samband med industriell kemikaliehantering identifieras och klassificeras. Det beräknade indextalet påverkas negativt (ökande index) av ökande mängder brandfarliga och toxiska kemikalier och utrustning eller operationer som innebär ökad risk. Indextalet påverkas positivt (minskande index) av olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder.

Skadehändelse	Orsak	Konsekvens	Befintligt skydd	K	S	Rekommendation
Stort utsläpp av oljeprodukter	Haveri av kärll eller rör. Överfyllnad av tank.	Ev. spridning utanför fabriksområde, och till dagvattensystem. Allvarlig påverkan på yttre miljö.	–	P2 M3 E2	3	Genomför detaljerad riskanalys av aktuellt processsystem. Baserat på resultat: Värdera behov av begränsningsåtgärder.
Brand	Utsläpp av oljeprod. vid onormalt hög temp.* samt antändning	Skadad/förstörd utrustn. Spridning av brand till andra delar inom prod.-lokalen möjlig. Risk för spridning av förorenat släckvatten till dagvattensystem.	Normalt ska temp. vara under flampunkt.	P2 M3 E3	1	Genomför detaljerad riskanalys av aktuellt processsystem. Baserat på resultat: Värdera behov av begränsningsåtgärder.

* t.ex. varmgång i pump.

Tabell 3.2. Protokoll för grovanalys av blandningskärll (K/S – klassning av konsekvens respektiver sannolikhet i femgradig eller annan skala (jfr. riskmatris figur 3.4).

Grovanalys eller preliminär riskanalys. En översiktlig s.k. grovanalys eller preliminär riskanalys görs tidigt i ett projekts planeringsstadium, eller vid en översiktlig inledande granskning av en existerande verksamhet. Metoden går ut på att granska verksamheten eller systemet i stora drag, identifiera riskkällor och möjliga skadehändelser. Checklistor används ofta för att underlätta en systematisk genomgång av typiska riskfaktorer. En grov uppskattning av sannolikheter och konsekvenser bör göras för att underlätta en systematisk värdering av riskerna.

Förslag till möjliga åtgärder för att eliminera eller reducera riskerna noteras och eventuella krav på fördjupade analyser ställs. I tabell 3.2 ges ett exempel på en blankett för dokumentation av analysresultatet. Ett liknande format används även för övriga kvalitativa metoder.

Förväntad skadekostnadsanalys är en riskanalysmetod som ger kvantitativ, dvs. mätbar uppskattning av frekvensen för olika hot. Inträffar hotet en gång per år eller en gång på 50 år? Förväntad skadekostnadsanalys tar även hänsyn till sårbarhetsfaktorer för varje analyserat objekt samt kalkylerar skadepotentialen för objektet (se figur 3.10). Metoden räknar fram årliga förväntade skadekostnader för de hot som används i

Figur 3.10 Formel för beräkning av årligen förväntade skadekostnader.

Frekvensen \times konsekvensen \times sårbarhetsfaktorn = årligen förväntade skadekostnader.

analysen samt beräknar största enskilda skada för varje hot och objekt.

Metoden leder fram till ett direkt val av säkerhetsåtgärd med optimering av kostnader för denna, vare sig det avser en direktinvestering eller katastrofplanläggning. Metoden kräver av analytikern att han måste dela in eller modellera objektet som ska analyseras för att kunna definiera hot, tillgångar och processer. Om uppdelningen av objektet är felaktig eller ofullständig blir också resultatet felaktigt.

SBA-metoden. SBA står för sårbarhetsanalys. Metoden togs fram av en av staten tillsatt utredning, den s.k. Sårbarhetsutredningen, för att analysera riskerna med datoriserade informationssystem. SBA-metoden består av ett antal metoddelar av vilka scenarioanalys är den viktigaste i detta sammanhang. Scenarioanalys har visat sig vara väl användbar även inom andra sammanhang som exempelvis inom produktansvarsområdet. SBA-scenario bygger på ett scenarieförfarande i sex steg. De visas i nedanstående exempel anpassade till produktansvarsområdet.

- Beskrivning av utvalda tänkbara händelser som kan ge negativa konsekvenser för verksamheten. Dessa händelser utlöser övriga aktiviteter.
- Beskrivning av hur ansvariga för marknadsföring, produktion etc. drabbas av dessa händelser i sin verksamhet.
- Beskrivning av brister och svagheter, bl.a. i kontrollrutiner som kan ge upphov till en skada.
- Beskrivning av de konsekvenser som de olika händelserna får.
- Bedömning av sannolikheten för att de beskrivna händelserna kommer att inträffa. Bedömning av skadornas kostnad och den årliga skadekostnaden.
- Rekommendationer för att avhjälpa de brister som scenariot uppvisat.

SBA-Scenario är tidskrävande och förutsätter att berörda befattningshavare deltar hela tiden. Den är djuplodande och metodens olika delar har efterhand utvecklats för datorstödd analys. De är mycket användbara för företag av olika slag.

Energianalys. Energianalysen bygger på tanken att en olycka inträffar när någon form av energi frigörs på ett okontrollerat sätt. Analysmetoden kan t.ex. användas för att analysera riskerna vid en arbetsplats. Frågeställningar som beaktas är:

- Vad är det som kan skadas?
- Vilka energier finns tillgängliga i systemet. Hur kan dessa åstadkomma skadan?
- Vilka barriärer finns?

Analysmetoden leder ofta till ett fokus på den tekniska utformningen av systemet, se tabell 3.3.

Tabell 3.3 Exempel på begrepp som kan relateras till energier m.m. och som kan ge skador på människor, miljö och egendom.

Avvikelseanalys. Olyckor och störningar uppstår, som regel, på grund av att någon del av systemet avviker från den planerade situationen. Det kan handla om en teknisk felfunktion (teknik), en operatör som inte följer en given instruktion (människa) eller underhåll som inte utförts (organisation) som påverkar verksamheten eller systemet.

1. Gravitation, höjd

Personal på höjd
Föremål på höjd
Kollaps av struktur

2. Linjär rörelse

Rörlig maskindel
Flygande föremål
Sprut
Fordon

3. Roterande rörelse

Maskindel
Kraftöverföring
Valsar

4. Lagrat tryck

Gas
Vätska
Fjädrar
Materialanspänning

5. Elektriskt

Spänning
Ström
Kondensator
Batteri

6. Värme och kyla

Föremål
Vätskor och smältor
Ånga och gas
Kemisk reaktion

7. Brand och explosion

Brännbara material och
vätskor
Explosiva material, damm, gas
Kemisk reaktion

8. Kemisk påverkan

Giftigt
Frätande
Kvävande
Annan påverkan

9. Strålning

Akustisk
Elektromagnetisk
Ljus
Joniserande

Genom att dela in verksamheten eller systemet i olika avsnitt eller aktiviteter och för varje analysdel identifiera vilka avvikelser som kan uppträda och vilka risker detta kan medföra skapas ett underlag för att föreslå lämpliga säkerhetshöjande åtgärder. Metoden är snarlik den inom processindustrin ofta tillämpade »vad-händer-om-metoden« (se nedan).

What-if-metoden. »Vad-händer-om metoden« är en analys av de konsekvenser som avvikelser från normalläget kan medföra. De ställda frågorna indelas efter förekommande riskorsaker som exempelvis avbrottsrisker, risker för personal och miljö. Frågorna kan låta som följer för risker inom en processteknisk anläggning:

Tabell 3.4 Protokoll för What-if-analys av blandningskärl (K/S – klassning av konsekvens respektive sannolikhet i femgradig eller annan skala (jfr. riskmatris figur 3.4).

- Vad händer om vi får en förorening i råvaran?
- Vad händer om ventil B öppnas i stället för ventil C?
- Vad blir konsekvensen om bandtransportören D stannar eller fattar eld?
- Följdfrågor kan här vara
 - Hur lång tid kräver en reparation i så fall?
 - Vad blir intäktsbortfallet?

Skadehändelse	Orsak	Konsekvens	Befintligt skydd	K	S	Rekommendation
Överfyllnad av tank	Ett av nedanstående alt.: – fel volym – kärl ej tömt – pumpning till fel kärl samt höglarm felar eller operatör negligerar larm.	Utsläpp av produkt via ventilationsledning över tak. Händelsen kommer att detekteras manuellt. Liten risk för spridning till dagvattensystem.	Högnivå-larm	P1 M2 E1	4 4 4	Inför separat höglarm som ger automatiskt pumpstopp
Kärllaveri	Yttre påverkan. T.ex. påkörning av truck, övertryckning av kärl eller korrosion.	Stort utsläpp som kan spridas utanför fabriksområdet och till dagvattensystemet. Allvarlig påverkan på yttre miljö.	–	P2 M3 E2	1 3 3	Detaljerad utredning av risk för övertryckning av kärl ledande till kärllaveri.

Metoden är enkel men förutsätter fantasi och god kunskap om förekommande problem. Det är lätt att förbise något väsentligt problem och metoden bör därför användas i form av successiva delanalyser av den totala riskmiljön. Den är mer detaljerad, och kräver mer detaljerade kunskaper om anläggningar och drifrutiner, än exempelvis en grovanalys. Jämfört med Grovanalys är What-if-metoden mer inriktad på att finna potentiella skadehändelser, med utgångspunkt från mindre dramatiska avvikelser eller störningar.

Granskningen genomförs som en strukturerad »brainstorming« av en grupp erfarna personer med god teoretisk och praktisk kunskap om aktuella system och operationer. Arbetet leds och dokumenteras av en ordförande och en sekreterare. Arbetet kan dokumenteras enligt tabell 3.4.

HAZOP. Namnet står för Hazard and operability studies och metoden har framtagits inom processindustrin. En HAZOP-studie är en mycket systematisk och detaljerad genomgång av schematiska ritningar över systemet (rör- och instrumentdiagram för en processanläggning). Ritningarna går igenom »linje-för-linje« av en grupp (6–8 personer) med bred erfarenhet av systemet i fråga. Metoden baseras på strukturerat kreativt tänkande och diskussioner kring möjliga skadehändelser, miljöpåverkan, driftsstörningar etc. Speciella »ledord« används för att i tur och ordning beakta olika typiska avvikelser från normal funktion. Typiska avvikelser för systemet ifråga bestäms innan studien börjar genom att viktiga funktioner

Tabell 3.5 Exempel på ledord och deras betydelse.

Ledord	Betydelse	Exempel: Avvikelser från avsett flöde i rör
Nej, inget	Avsedd funktion uteblir helt	Inget flöde
Mindre, lägre	Kvantitativ minskning	Lågt flöde
Mer, högre	Kvantitativ ökning	Högt flöde
Delvis, del av	Endast en del av avsedd funktion inträffar	Låg koncentration av viss komponent
Dessutom, såväl som	Något utöver avsedd funktion inträffar	Flödet innehåller ytterligare en komponent
Motsatt	Motsatsen till avsedd funktion	Backflöde
Istället, annat än	Något annat inträffar istället	Gas istället för vätska

Avvikelse	Orsak	Konsekvens	Befintliga skydd	Rekommendation
Högt tryck	Avluftning blockerad och samtidigt in-flöde till kärlet eller uppvärmning av detta. Överfyllnad av kärlet ger övertryck.*	Kärlet ej dimensionerat för övertryck. Kärlet kan brista, detta resulterar i utsläpp av oljeprodukter. Om hela innehållet släpps ut finns ev. risk för spridning utanför fabriksområdet och till dagvattensystemet. En kärlsprängning kan ge upphov till mekanisk skada på personal.	»Tråg« för omhändertagande av mindre spill. Högnivåalarm för att hindra överfyllning.	1. Utred alla orsaker till övertryckning av kärlet. 2. Baserat på resultat: värdera separat höghög-larm och automatiskt pumpstopp. 3. Upprätta instruktion angående dränering av ventilationstank på tak.

*statiskt samt tryckfall i ventilationsledning.

Tabell 3.6 Protokoll för HAZOP analys av blandningskärlet.

och parametrar (t.ex. flöde, tryck, temperatur etc.) kombineras med de generella ledorden enligt tabell 3.6.

För varje del av det studerade systemet (t.ex. en viss rörsektion) prövas de typiska avvikelserna i tur och ordning. Om gruppen kan identifiera någon möjlig skadehändelse, miljöpåverkan, driftsstörning eller annat problem så noteras detta i protokollet för uppföljning under projekteringen. Syftet med studien är alltså inte primärt att lösa eventuella problem, utan att fokusera på identifiering av möjliga problem.

Tabell 3.7 Förenklad FMEA analys av blandningskärlet.

FMEA/FMECA. Feleffektsanalys (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis) är en teknik, som används för att identifiera och förhoppningsvis eliminera kända eller möjliga fel, störningar etc.,

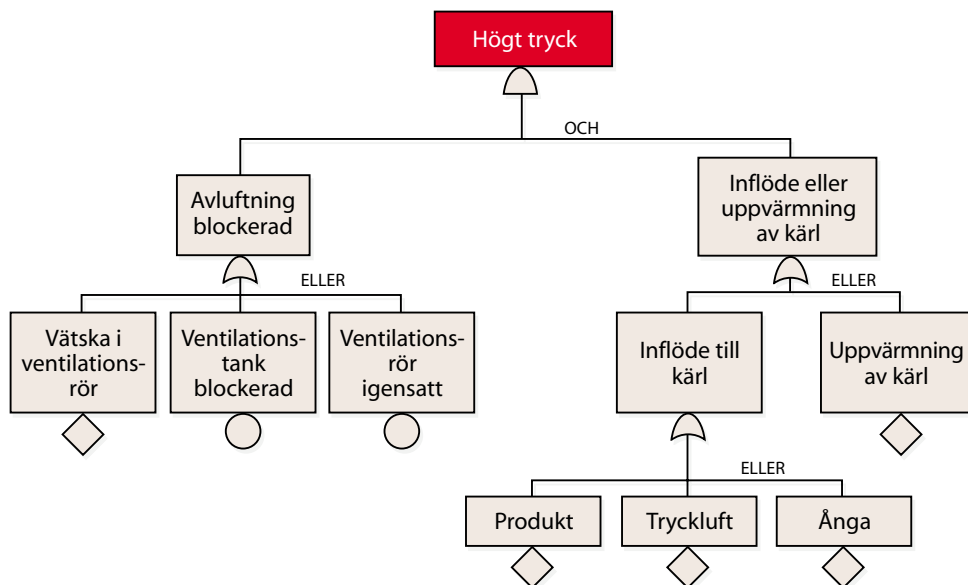
Enhet: omrörare inklusive motor.

Datum: 00 00 2002

Utfärdare: NN

Funktion	Fel-funktion	Felorsak	Feleffekt aktuellt/överordnat system	F	A	U	R	Rekommenderade åtgärder
Omrörning och blandning av oljeprodukter och tillsatser till homogen färdig produkt.	Ingen eller otillräcklig omrörning.	Motor går ej. Impeller lossnat från axel.	Homogenisering blir ofullständig. Felaktig produkt till färdiglager. Upptäcks vid lab-test av produkt.	5	5	2	50	Indikation på att motor går bör finnas på kontrollpanel. Värdera belastningsmätare.

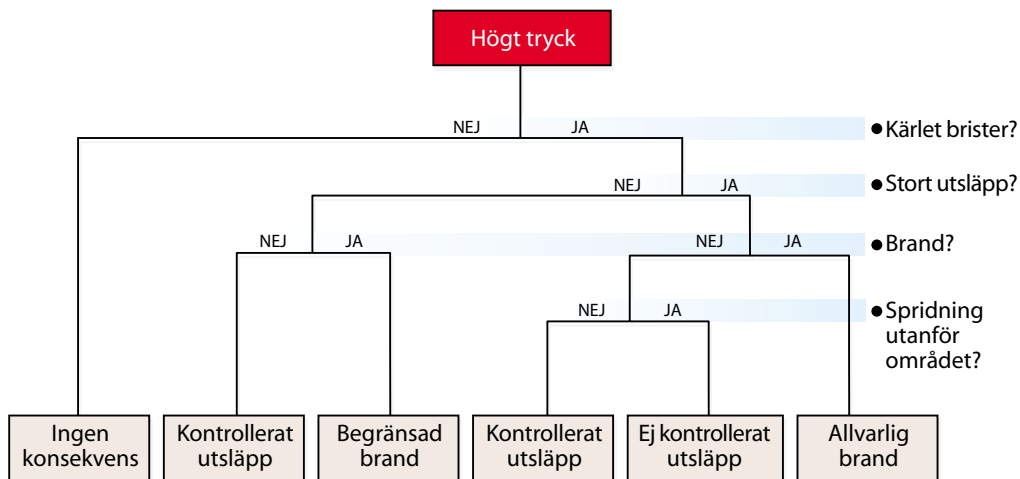
F – motsvarar felfrekvens. A – motsvarar allvarighet av fel. U – sannolikhet för upptäckt. R – produkten: F×A×U.



Figur 3.11 Felträdsanalys av blandningskärlet med topphändelsen »Högt tryck«.

så att de ej ska förorsaka problem. I första hand är det en teknik som används i samband med utformning av ett tekniskt system. Det handlar om att systematiskt undersöka alla de sätt, på vilka fel eller störningar kan inträffa. För varje sådant fel eller störning görs en bedömning av vad det har för effekt på det totala systemet, hur allvarlig denna effekt är samt hur ofta felet eller störningen kan tänkas uppstå. Vidare klarläggs vilka möjligheter som ges att eliminera felet eller lindra effekten.

Felträdsanalys. Felträdsanalys kan beskrivas som en top-down-metod, som utgår från en oönskad händelse, en s.k. topphändelse, som vanligen utgörs av en olycka eller en allvarlig incident. Utifrån denna försöker man finna kedjor av bakomliggande händelser och orsaker som kan leda fram till händelsen i fråga. Resultatet av analysen redovisas i form av ett träd-diagram, ett så kallat felträd, där »grenarna« utgörs av de olika bakomliggande händelser som man kunnat identifiera, se figur 3.11. Diagrammet har en klar logisk struktur som representeras av villkorssatser där olika grenar i trädet löper samman. Dessa villkor är vanligen av typen *och* (flera olika orsaker måste föreligga samtidigt för att händelseförloppet ska fortsätta) eller *eller* (en av flera möjliga orsaker är tillräcklig för att förloppet ska fortsätta) men även andra typer av logiska vill-



Figur 3.12 Händelse-trädsanalys av blandningskärl med starthändelsen »Högt tryck«.

kor kan förekomma. Felträdsanalys kan användas såväl kvalitativt som kvantitativt, det senare naturligtvis under förutsättning av att man på ett eller annat sätt kan ansätta sannolikheter för de olika bakomliggande händelserna eller orsakerna. Metoden underlättar en jämförande granskning av alternativa skyddsåtgärder. Dess styrka ligger i dess överskådlighet vid studiet av möjliga kombinationer av delhändelser som tillsammans skulle kunna leda till en topphändelse.

Händelseträdsanalys. Händelseträdsanalys utgår liksom felträdsanalys från en oönskad händelse, men i stället för att följa händelseförloppet bakåt för att titta på hur händelsen uppstått försöker man följa förloppet framåt för att finna möjliga konsekvenser av händelsen. Denna typ av analys brukar därför beskrivas som en »bottom-up«-metod. Ett händelseträd har ofta en enklare logisk struktur än ett felträd – antingen inträffar en viss konsekvens (som i sin tur kan ha olika följdkonsekvenser) eller också inträffar den inte utan händelseförloppet avbryts, se figur 3.12. En annan skillnad är att det ofta finns en tydligare tidsdimension i ett händelseträd än i ett felträd (kedjan av konsekvenser inträffar alltid i en bestämd tidsföljd medan olika samverkande orsaker till en händelse ibland inträffar i olika ordningsföljd). Liksom felträdsanalys kan händelseträdsanalys användas antingen kvalitativt eller kvantitativt beroende på syftet med analysen. Eftersom felträds- och hän-

delseträdsanalys omfattar olika delar av det förlopp som leder fram till negativa konsekvenser kan båda metoderna mycket väl användas i en och samma riskanalys.

3.6.2 *Metoder för analys av människa eller teknik eller organisation*

Analys av mänsklig tillförlitlighet. HRA (Human Reliability Analysis) är ett samlingsnamn för ett antal metoder som används för att försöka uppskatta människans grad av tillförlitlighet i olika typer av arbetsuppgifter. Exempel på metoder är:

APJ	Absolute Probability Judgement.
HCR	Human Cognitive Reliability Method.
HEART	Human Error Assessment and Reduction Technique.
IDA	Influence Diagram Analysis.
PC	Paired Comparisons.
SLIM	Success Likelihood Index Method.
TESEO	Tecnica Empirica Stima Operatori.
THERP	Technique for Human Error Rate Prediction.

Metoden THERP, som är en av de mer använda metoderna för att numeriskt uppskatta mänsklig funktionssannolikhet, kan delas in i ett antal steg:

1. Beskrivning av analysobjektet och den verksamhet som är förenad med objektet. Beskrivningen omfattar såväl målsättningar som funktionssätt.
2. Studium av eventuella tidigare riskanalyser av samma eller liknande analysobjekt för att finna topphändelser där »den mänskliga faktorn« kan vara en viktig bidragande orsak.
3. En arbets- eller uppgiftsanalys för att dela in verksamheten i små väldefinierade deluppgifter. I detta steg specificeras även vilken utrustning och vilka arbetsmoment som ingår i de olika deluppgifterna.
4. Möjliga eller troliga operatörsfel i varje deluppgift identifieras. Härvid bortser man från sådana typer av fel som inte har några betydelsefulla konsekvenser.
5. För varje deluppgift konstrueras ett händelseträd där varje förgrening representerar korrekt respektive felaktigt beteende.

6. Sannolikheter anges för varje gren i händelseträden.
7. Effekterna av olika prestationspåverkande faktorer (stress, vana, utbildning etc.) uppskattas och används för att modifiera de ursprungliga sannolikheterna.
8. Beroenden mellan olika arbetsmoment (t.ex. att ett fel i ett moment påverkar sannolikheten för ett fel även i nästa moment) uppskattas och används när den totala felsannolikheten beräknas.
9. Sannolikheten för felfri och felaktig prestation beräknas.
10. Sannolikheten för att fel upptäckts i tid och hinner korrigeras innan de lett till några betydelsefulla konsekvenser uppskattas och används för att modifiera sannolikheterna i föregående steg.
11. En känslighetsanalys genomförs om den bedöms vara befogad.
12. Resultatet från analysen används som ingångsvärden i t.ex. felträdsanalys.

AEA, Action Error Analysis motsvarar HAZOP-analys men fokuserar på mänskligt felhandlande vid genomförande av olika operationer. En lista upprättas över de aktiviteter som ska genomföras. Varje aktivitet granskas med hjälp av ledord, t.ex.:

- Ingen handling. *Vad händer om aktiviteten ej utförs? Hoppas över?*
- Fel handling, rätt objekt. *Vilka felhandlingar kan utföras? Vad kan hända?*
- Rätt handling, fel objekt. *Kan operatören t.ex. välja att stänga fel ventil?*
- För tidigt, för sent. *Kan aktiviteten utföras för tidigt eller för sent?*
- Fel sekvens. *Vad händer om aktiviteterna utförs i en annan sekvens än den avsedda?*

MTO – Analys av samspelet människa-teknik-organisation är en metod som används bl.a. för att analysera incidenter vid svenska kärnkraftverk. Metoden har även använts för att analysera tågolyckan i Sköldinge 1990. Denna analysmetod består av fyra delar:

Händelseanalys. Ett händelseförlopp (en incident eller

olycka, tänkt eller verklig) delas upp i olika kritiska delhändelser där samspelet mellan människan och tekniken inte fungerat (eller kan förväntas ha svårt att fungera) på det sätt som är avsett i »normalfallet«. Endast delhändelser som bedöms ha betydelse för utgången av det totala händelseförloppet tas med.

Orsaksanalys. För de olika delhändelserna anges bakomliggande orsaker. Både faktiskt konstaterade orsaker och orsaker som bedöms möjliga utifrån teknisk, organisatorisk och psykologisk sakkunskap anges.

Avvikelseanalys. Identifiering av de förhållanden (tekniska, mänskliga och/eller organisatoriska) som varit annorlunda vid den analyserade händelsen jämfört med det »normala« (vanligaste) fallet när ingen kritisk händelse inträffar.

Barriäranalys. Denna analys syftar till att granska de skyddsbarriärer (mänskliga, tekniska och organisatoriska) som finns i systemet när händelsen inträffar samt att identifiera ytterligare barriärer som, om de hade funnits, skulle ha kunnat förhindra händelsen.

MORT, Management Oversight and Risk Tree, är en metod för analys av olyckor och utvärdering av säkerhetsprogram. Konceptet bygger på att:

- En olycka inträffar på grund av förbiseende eller fel, eller på grund av att en kvarstående risk har utlösts.
- En kvarstående risk är en risk som är identifierad, kvantifierad och accepterad.
- Alla förbiseenden och fel är ett resultat av brister i såväl konkreta som administrativa kontrollfunktioner.

En MORT-analys dokumenteras i en form liknande felträdsanalysen där olika delar av verksamhetens säkerhetsprogram bryts ner i allt mer detaljerade delar för att analysera var de brister som lett fram till olyckan har förelegat.

Administrativ SHM-Revision. En verksamhets säkerhetsorganisation granskas utifrån ett »frågebatteri« som täcker olika delar av ledningssystemet. Svaren på frågorna inhämtas genom intervjuer på olika nivåer inom verksamheten och genom dokumentstudier (protokoll, procedurer, policies m.m.).

Resultatet ger ett mått på starka och svaga sidor och kan användas för vidareutveckling av ledningssystemet (Kemikontoret 1996).

3.6.3 Metoder för brandanalys

Brandtekniska riskanalyser kan genomföras med metoder som är olika vad avser detaljeringsnivåer. Det finns enklare så kallade graderingsmetoder som kan användas för att rangordna olika alternativ eller byggnaders verksamheter. De vanligaste graderingsmetoderna är

- Gretenermetoden
- BSV-vård
- NFPA-scheman

Gretenermetoden är utvecklad i Schweiz och baseras på underlag från försäkringsbolag. Risken bestäms utifrån tre huvudfaktorer; riskfaktorn, skyddsfaktorn och aktivitetsfaktorn. Den första anger vilka konsekvenser som kan uppstå i form av en skada. Den andra anger hur denna skada kan reduceras och den tredje faktorn är kopplad till brandfrekvensen. Det leder fram till att risken uttrycks som en kombination av konsekvens och frekvens. Var och en av de tre huvudfaktorerna bestäms genom en gradering av ett stort antal underparametrar. Gretenermetoden är främst användbar för att värdera egendomsrisk men har också använts för personriskbedömning. Gretenermetoden kan användas för bland annat industrianläggningar, hotell, varuhus och utställningshallar.

BSV-vård är en riskanalysmetod för att värdera brandsäkerhet på en vårdavdelning på ett sjukhus (Frantzich, 2000). Eftersom den är mer specialiserad mot en verksamhet jämfört med Gretenermetoden är också antalet parametrar som ska bedömas lägre. BSV-vård är speciellt anpassad efter svenska förhållanden och är egentligen mest inriktad mot personsäkerhet även om egendomsskydd också beaktas.

NFPA – scheman (National Fire Protection Association). I USA har det tagits fram några olika graderingsmetoder genom NFPA:s försorg (Pettersson, 1990). Det finns olika scheman för

olika verksamheter exempelvis vårdanläggningar, fängelser och äldreboenden. En nackdel med dessa scheman är att de är anpassade efter nordamerikansk byggtradition, vilket återspeglas i de resultat som erhålls. De är dock användbara som checklistor då de beaktar de faktorer som är viktiga för en verksamhets brandskydd.

För en mer kvantitativ riskanalys finns metoder liknande dem som används inom andra ingenjörscienciner. Det är ofta frågan om händelseträdbaserade metoder. Om kvantitativa riskanalysmetoder används kan dessa också kopplas till mer eller mindre komplexa system för känslighetsanalys och osäkerhetsanalys. Redan att dela upp problemet med ett händelse-träd innebär att osäkerheter beaktas.

De kvantitativa metoderna baseras ofta på den *scenario-analys* som görs vid riskidentifieringen. När det är person-säkerhet som studeras är det ofta utrymning av byggnaden vid brand som avses. Men det kan också handla om att studera risken för räddningspersonalen vid insatsen. Om utrymnings-säkerheten ska analyseras beskrivs den normalt i form av tidsmarginalen för utrymning där tiden till kritiska förhållanden jämförs med utrymningstiden.

Kvantitativa metoder – Scenarioanalys. Som riskanalysmetod används vanligen en enkel scenarioanalys eller en mer detaljerad händelseträdbaserad metod. Den enkla scenarioanalysen beskriver hur utrymningsförloppet kan se ut när alla tekniska och organisatoriska system fungerar som avsett. Det är då en jämförelse mellan tillgänglig tid för utrymning och utrymningstiden. Resultatet blir en verifiering av att tiden till kritiska förhållanden är större än utrymningstiden. Däremot vet man inget om hur troligt scenariot är eller hur stor risken är.

Som känslighetsanalys (behandlas mer i detalj i avsnitt 4.4) kan några scenarier studeras där något eller några tekniska system inte fungerar. Det problematiska är då att avgöra om säkerheten är tillfredsställande för dessa situationer. Denna nackdel har lett fram till att det blivit mer vanligt att strukturera säkerhetsproblemet med hjälp av händelseträdsteknik. På det sättet finns möjlighet att få en tydligare beskrivning av de olika händelser som kan inträffa.

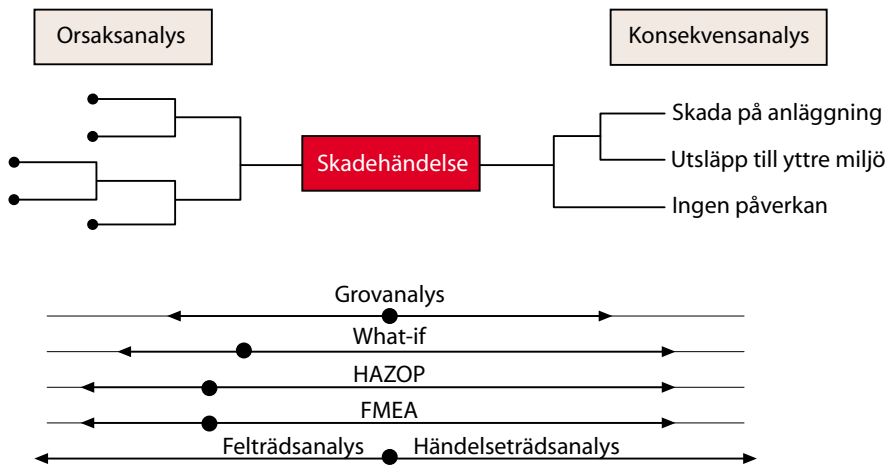
Händelseträdsmetod. Med händelseträdsteknik kan de brandscenarier som identifieras delas upp så att analysen kan beakta utebliven funktion av exempelvis ett utrymningslarm. Utrymningslarmet kan vara en förutsättning för att lokalen ska kunna utrymmas innan de kritiska förhållandena inträffar. Om larmet inte fungerar betyder det i sin tur att några personer i lokalen inte kan utrymma på ett säkert sätt. På liknande sätt undersöks övriga utfall i händelseträdet och resultatet är en uppsättning utfall som beskrivs med en sannolikhet eller frekvens samt ett mått på konsekvensen. Konsekvensen kan i detta fall vara kopplad till antal personer som inte hinner utrymma innan kritiska förhållanden. (Jfr. även händelseträd i avsnitt 3.6.1 ovan.) Händelseträdsanalys inom brandområdet diskuteras vidare under avsnitt 4.4, *Brand*.

3.7 Metodanvändning

Vissa av de metoder som nu beskrivits kan används tillsammans i olika delar av en riskanalys och i olika tidskeenden. Vid en första genomgång kan det vara svårt att se sambandet mellan metoderna. I figur 3.13 visas schematiskt hur några olika metoder kan användas i en riskanalys.

Grovanalys, What-if, HAZOP och FMEA kan beskrivas som identifikationsmetoder som primärt syftar till att identifiera möjliga skadehändelser, dock varierar utgångspunkten mellan metoderna. I Grovanalysen ligger ofta fokus på att direkt, utifrån tillgänglig erfarenhet, identifiera möjliga skadehändelser (t.ex. toxiskt utsläpp, brand för en processanläggning). I metoder som What-if, HAZOP och FMEA ligger fokus ofta på att identifiera avvikelser tidigare i händelsekedjan (tekniska och mänskliga fel) som, var för sig eller i kombination, kan leda till att skadehändelser uppstår. Detta indikeras av punkterna på respektive linje (endast indikation – ett betydande överlapp förekommer). I samtliga dessa metoder värderas, till en viss gräns, även de konsekvenser som kan uppstå.

Felträds- och händelseträdsanalyserna tar utgångspunkt i en definierad händelse. I felträdsanalysen kartläggs orsakssammanhang och i händelseträdsanalysen kartläggs möjliga



Figur 3.13 Samband mellan några analysmetoder.

händelseutvecklingar och de konsekvenser dessa kan leda till. Med hjälp av dessa metoder kan en detaljerad kartläggning av orsakssammanhang och möjliga händelseutvecklingar göras. Startpunkten för dessa analyser kan dock läggas i olika skeden i händelsekedjan.

Ett antal av de vanligast förekommande metoderna för tekniska och sociotekniska system presenteras i matrisform i kapitel 6.

3.8 Referenser

- Frantzich, H. 2000. *Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar, ett riskanalysverktyg*. Rapport P21-347/00. Karlstad: Räddningsverket.
- Hannah, J. et al. 1999. *Databaser om olyckor och risker*. Karlstad: Räddningsverket.
- Harms-Ringdahl, L. 1998. *Avvikelseanalys*. Sveriges Verkstadsindustrier. VI.
- Harms-Ringdahl, L. 1998. *Energianalys*. Sveriges Verkstadsindustrier. VI.
- Kaplan, S. 1997. *The words of risk analysis*. *Risk analysis* 17, (407–417).
- Kemikontoret. 1989. *Risker för storolyckor, Riskhantering 4*. Kemikontoret.
- Kemikontoret. 1996. *Administrativ SHM-revision, Riskhantering 1*. Kemikontoret.
- Kemikontoret. 2001. *Tekniska riskanalysmetoder, Riskhantering 3*. Kemikontoret.
- Lees, F.P. 1996. *Loss Prevention in Process Industries*. Butterworth Heinemann.
- Pettersson, O. 1990. *Några system för riskanalys av en byggnads totala brandförsvär*. Rapport 3115. Lund: Brandteknik, Lunds Universitet.
- Persson, K. 1998. *Riskhänsyn i fysisk planering*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. 2001. *Olycksrisker och MKB*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. 1997. *Riskhantering i ett samhällsperspektiv – Processen*. Karlstad: Räddningsverket.
- SS-EN 1050, 1996. *Maskinsäkerhet – Principer för riskbedömning*.
- Svedung I. & Rasmusen J. 1997. *Riskhantering i ett systemperspektiv*. Karlstad: Räddningsverket.

Genomförande av analys

I detta kapitel behandlas genomförande av riskanalyser mer i detalj. Eftersom det praktiska genomförandet och lämpliga metoder skiljer sig åt mellan olika områden har en uppdelning i handbokens huvudområden gjorts. Inom varje delområde följer framställningen i huvudsak den riskhanteringsprocess som redovisats i avsnitt 3.

Graden av konkretisering varierar mellan de olika avsnitten beroende på områdenas karaktär. Så är det t.ex. när det gäller farligt-gods-transporter på järnväg möjligt att ge en mer konkret framställning eftersom grundläggande förhållanden avseende järnvägstrafik och farligt-gods-vagnar är kända och generellt giltiga i hela landet medan t.ex. processtekniska anläggningar är unika. Inom vissa områden är stegen i riskhanteringsprocessen snarlika eller identiska, i sådana fall hänvisas som regel till föregående avsnitt. Detta till trots föreligger det ett visst överlapp mellan de olika områdena och även med den generiska beskrivningen av riskhanteringsprocessen i kapitel 3.

4.1 Förberedelser

Oavsett inom vilket område en riskanalys ska genomföras är förberedelserna av stor vikt. Dessa kan innefatta:

Mål och avgränsningar. Syftet med analysen ska definieras och klargöras för alla inblandade parter. Här bör diskussioner föras med de beslutsfattare som ska använda resultatet av riskanalysen. Det är viktigt att formulera tydliga mål för att analysarbetet ska kunna bedrivas effektivt samt för att arbetet ska

kunna utvärderas. Målbeskrivningen ligger till grund för närmare definition av bl.a. syfte, detaljeringsgrad och avgränsningar (jfr. även avsnitt 3.1).

Acceptanskriterier. I samband med att syftet med analysen och beslutssituationen definieras ska de acceptanskriterier som kommer att vara aktuella definieras.

Dokumentationen avseende det aktuella analysobjektet ska göras tillgänglig. I dokumentationen ska ingå beskrivning av objektet och, i mån av relevans, aktuella säkerhetssystem samt procedurer och liknande. Dessutom ska erforderlig information om omgivningen insamlas. Detta kan omfatta population, typ av bebyggelse, atmosfäriska förhållanden, geologiska och hydrologiska förhållanden, kringliggande verksamheter, naturintressen, framtida planer m.m.

Tidigare erfarenheter och statistikunderlag. Det är av stor hjälp att i ett tidigt skede sammanställa tillgängligt material beträffande tidigare olyckor, tidigare genomförda riskanalyser, tillgängligt statistiskt underlag etc. Information om nyttan av erfarenhetsinsamling och tillgängliga olycksdatabaser finns sammanställda i rapporten *Databaser om olyckor och olycksrisker* (Hannah et.al., 1999).

Erforderlig kompetens och resurs. Innan analysarbetet startar ska erforderlig kompetens identifieras. Detta omfattar i första hand medlemmar av analysgruppen, men det är ofta av stor hjälp att dessutom etablera en referensgrupp som följer och ger stöd under arbetets gång. Analysgruppens sammansättning och storlek är beroende av objektets art och ofta också av vilken detaljeringsnivå arbetet befinner sig på.

4.2 Processtekniska anläggningar

I detta avsnitt ges en generell beskrivning av möjliga tillvägagångssätt vid genomförande av riskanalyser för processtekniska anläggningar och system (Haeffler, 2000).

En mycket god beskrivning av genomförande av riskanaly-

ser och relevanta analysmetoder för processtekniska anläggningar ges av Kemikontoret (2001).

4.2.1 Riskidentifiering

Ett av de första stegen i en riskanalys av en processanläggning är identifieringen av potentiella olyckshändelser. Detta åstadkommes genom en systematisk genomgång av alla anläggningsdelar och operationer. Identifieringen av riskkällorna är ett centralt moment oavsett val av analysmetod (jfr kapitel 3). Risker som inte är identifierade är (ofta) inte kontrollerade. Därför är det mycket viktigt att beakta alla tänkbara händelser, även de som inledningsvis kan kännas mycket osannolika eller av ringa betydelse.

Grad av detaljeringsnivå och metodval är avhängigt av syftet med analysen. Graden av detaljeringsnivå ska väljas så att analysen stödjer ett rationellt beslutsfattande. Detta innebär att det är stor skillnad på detaljnivå mellan en studie som ska ge underlag för bedömning av lämplig lokalisering av en processanläggning och en studie som ska användas för att optimera layout, instrumentering eller procedurer.

En för lågt vald detaljnivå innebär att ett stort antal möjliga olyckshändelser kommer att förbises medan ett för detaljerat angreppssätt kan leda till att:

- Viktiga frågor drunknar i detaljer.
- Svårigheter att ge en samlad bild av vilka risker anläggningen medför för omgivningen.
- Analysgruppen tröttnar, riskerar att missa viktiga frågor.
- Oeffektivt resursutnyttjande.

Vanliga analysmetoder inom processindustrin är

- Grovanalys.
- Vad-händer-om analys.
- HAZOP analys.

Dessa metoder har flera gemensamma drag:

- De utförs av en grupp av personer med bred erfarenhet.
- De är kvalitativa metoder.
- Det primära syftet är identifiering av möjliga olyckshändelser samt orsaker och konsekvenser, men arbetet

innefattar ofta även, mer eller mindre formellt, bedömning av risknivå och värdering av behov för riskreducerande åtgärder.

- Arbetet stöds av checklistor eller ledord.

Däremot är skillnaden i detaljeringsnivå betydande. För metodbeskrivningar hänvisas till kapitel 3 och 6.

Vid identifieringen ska hänsyn bl.a. tas till:

- Förhållanden under normal drift.
- Specifika förhållanden vid service och underhåll samt uppstart och nedstängning.
- Tekniska fel som kan uppträda på systemet eller dess kringutrustning.
- Operatörsfel, avvikelser från instruktioner.

Potentiella olyckshändelser i processanläggningar kan i allmänhet delas in i två kategorier:

- Fel som är associerade med mekaniska komponenter (kärl, ventiler, rörledningar, pumpar, kompressorer etc.). Dessa är *generiska* fel och kan orsakas av sådana mekanismer som korrosion, vibration eller extern påverkan. En liten händelse (som ett litet läckage) kan eskalera till en större händelse och därmed orsaka en större olycka.
- Fel som orsakas av *specifika* driftförhållanden. Det främsta exemplet på detta är mänskliga fel, dock kan detta även inkludera andra olyckshändelser, t.ex. okontrollerbara reaktioner, antändning av gaser i samband med hetarbeten, fel i samband med reparations- och underhållsarbeten.

Som konstaterat ovan är detaljeringsnivån avhängig av syftet med analysen. I en översiktlig analys (t.ex. Grovanalys) definieras skadefallen ofta i termer som »stort utsläpp«, »explosion« etc. (exempel på checklista för identifiering av skadehändelser i en Grovanalys, se tabell 4.1). I en mer detaljerad analys (t.ex. HAZOP analys) beskrivs i detalj vilka tekniska och operativa fel som bedömts kunna inträffa, t.ex. »tubläckage i VVX-354«, dräneringsventil V-655 lämnad öppen« etc.

Tabell 4.1 Exempel på checklista för identifiering av skadehändelser i grovanalys.

Skadehändelser	Stödord
Brand	Utanför utrustning Inne i utrustning
Explosion	Inne i utrustning Begränsade, i byggnader/strukturer Obegränsade, gasmoln/BLEVE etc.
Toxiska utsläpp	Akuta skadliga/irriterande Kroniska skadliga/irriterande
Förorening	Luft Mark Vatten
Okontrollerbart frigörande av energi	Elektrisk Mekanisk Kemisk
Buller	–
Visuella intryck	Utspridning av material
Produktionsbortfall	Otillgänglighet

Båda analysmetoderna ovan avser kvalitativa analyser (se avsnitt 3.2.2) där de identifierade skadefallen bedöms var för sig. Den kvalitativa ansatsen är oftast tillräcklig för att ge en god bild av risknivån i en processteknisk anläggning.

I en kvantitativ analys ska sannolikheten för alla signifikanta händelser beräknas. Detta ställer stora krav på systematik och fullständighet vid riskidentifieringen. Detta kräver inledningsvis en fullständig identifiering av varje viktig mekanisk komponent som kan fela samt dess fysikaliska och processtekniska driftvillkor. Skalan av möjliga utsläpp för en given komponent täcker ett brett spektrum, från ett litet läckage till ett rörledningsbrott eller ett totalhaveri av t.ex. ett kärl. Till exempel kan följande feltyper beaktas för kärl och rörledningar:

- Litet läckage – 5 mm ekvivalent läckagediameter.
- Medelstort läckage – 25 mm ekvivalent läckagediameter.
- Stort läckage – 100 mm ekvivalent läckagediameter.
- Totalhaveri.

Fel på andra komponenter än kärl och ledningar kan behandlas på liknande sätt om utsläppet är en representativ olyckshändelse.

För att reducera antalet skadefall kan anläggningen delas upp i ett antal representativa delsystem. I varje delsystem ska samma fysikaliska och processtekniska villkor gälla (ämne, tryck, temperatur) för alla komponenter. Därmed har alla skadehändelser, som kan uppträda vid de enskilda komponenterna i varje delsystem, samma utsläppsvillkor och leder på så sätt till samma konsekvenser för liknande utsläppstyper. Till exempel kan följande indelning göras för en kyl- eller frysanläggning med ammoniak:

- I kyl- och frysanläggningar finns ammoniak i olika fysikaliska tillstånd. Man kan skilja mellan system som kan ge upphov till vätske-, gas- eller 2-fas-utsläpp. 2-fas utsläpp kan ofta förenklat betraktas som vätskeutsläpp.
- Hänsyn bör tas till olika tryckförhållanden genom att skilja mellan hög- och lågtryckssystem.
- Platsbyggda kyl- och frysanläggningar har i regel ammoniakbärande utrustning både inom- och utomhus. Med tanke på spridningsförloppet och omgivningens påverkan är det viktigt att skilja mellan inom- och utomhussystem.

En viktig parameter vid definition av representativa skadefall är att undersöka hur stora mängder kemikalier som kan släppas ut vid de olika skadefallen. Här beaktas sammanhängande system, avstängningsventiler, tid och sannolikhet att dessa fungerar som avsett.

4.2.2 Orsakskartläggning och sannolikhetsbedömning

För att kunna värdera risker måste vi uppskatta sannolikheten för de oönskade händelserna. I de flesta fall kan detta göras genom erfarenhetsbaserade bedömningar i samband med någon av de kvalitativa analysmetoderna som diskuterats ovan (klassning av sannolikhet görs då ofta enligt riskmatrisen avsnitt 3.1.6), men för allvarliga skador eller komplicerade orsakssammanhang kan en mer rigorös analys vara nödvändig.

Sannolikheter kan analyseras efter två alternativa huvudprinciper. Vi kan inhämta statistik som direkt ger information om frekvensen för skadehändelser av det slag vi är intresserade

av. Användbar olycksstatistik finns framförallt för frekventa olyckskategorier, exempelvis kollisioner inom transportsektorn och bränder i industri och samhälle. Med hjälp av jämförelser mellan den population som ligger till grund för statistiken och den egna verksamheten kan vi uppskatta den förväntade frekvensen.

Alternativet är att kartlägga de orsaker som tillsammans eller var för sig kan leda till händelsen, och sedan beräkna sannolikheten för skadehändelsen med hjälp av sannolikhetsdata för var och en av de ingående delhändelserna. Detta kan göras med hjälp av felträdsanalys. Data består av två huvudgrupper, dels felfrekvenser för utrustning och komponenter, dels sannolikheter för mänsklig felhandling. Många skadehändelser kan också resultera i olika konsekvenser beroende på mer eller mindre slumpartade omständigheter. Exempelvis kan ett utflöde av brandfarlig gas spridas på olika sätt beroende på väder och vind, förekomsten av antändningskällor kan variera och vid en eventuell brand eller explosion kan personer befinna sig i mer eller mindre utsatta lägen. Här kan händelsetråd användas för att åskådliggöra och beräkna sannolikheter för de olika konsekvenserna.

Gemensamt för all sannolikhetsanalys är att resultat i form av insikter om orsakssammanhang är minst lika viktiga som de slutliga beräkningsresultaten. Vid kvantifiering måste man beakta osäkerheten i data och resultat.

Statistik. I kvantitativa riskanalyser antar man oftast att felintensiteten är konstant, för att underlätta beräkningarna. Detta är inte orimligt, eftersom de generiska data som används är baserade på driftstatistik, där många av de fel som rapporterats kan antas ha skett under inkörnings- och utslitningsfaserna. Haverier och fel till följd av inkörningsproblem och utslitning måste naturligtvis beaktas mycket noga i en riskanalys, men detta görs oftast kvalitativt. Förebyggande åtgärder är i första hand inriktade på procedurer för kontroller, besiktningar, provning och underhåll. Många fel som orsakats av felaktigt handhavande eller överbelastning under drift finns också ofta med i underlag för generiska data, vilket kan vara ytterligare en källa till osäkerhet. Ett annat problem med generiska data kan



Figur 4.1 Osäkerhet i sannolikhetsanalys.

Felfrekvensklasser	Typ av skadehändelser
1 gång per 1–10 år >10 ⁻¹	–
1 gång per 10–100 år >10 ⁻² –10 ⁻¹	Litet/stort läckage på lossningsslang (per m slang) Litet läckage i kolvkompressor
1 gång per 100–1 000 år >10 ⁻³ –10 ⁻²	Brott på lossningsslang (per m slang) Litet/stort läckage eller haveri i kolvpump Stort läckage/haveri i kolvkompressor Litet läckage i skruvkompressor Litet läckage i värmväxlare (shell & tub, platt)
1 gång per 1 000– 10 000 år >10 ⁻⁴ –10 ⁻³	Litet/stort läckage i tryckkärl Litet/stort läckage i magnet-/reglerventil Litet/stort läckage i synglas Litet pumpläckage Litet läckage i filter Stort läckage/haveri i skruvkompressor Stort läckage/haveri i värmväxlare (shell & tub, platt)
1 gång per 10 000– 100 000 år >10 ⁻⁵ –10 ⁻⁴	Litet/stort läckage eller brott i rörledning (per m ledning) Haveri av tryckkärl Litet/stort läckage eller haveri i avstängningsventil Litet/stort läckage eller haveri i backventil Stort pumpläckage Stort läckage i filter
1 gång per 100 000– 1 000 000 år >10 ⁻⁶ –10 ⁻⁵	Brott på stor rörledning (per m ledning) Litet/stort läckage eller haveri i fläns Haveri i filter
<1 gång per 1 000 000 år <10 ⁻⁶	–

Tabell 4.2 Exempel på gruppering av olika skadehändelsetyper i frekvensklasser per komponent (Haeffler, 2000).

vara att statistiken är inhämtad från användningsområden och miljöer som är väsentligt skilda från det aktuella fallet. Generiska felfrekvenser måste alltså användas med försiktighet och alltid jämföras med en erfarenhetsbaserad skattning eller korrigeras med hänsyn till lokala förhållanden. Vidare bör de generiska orsakerna och sannolikheterna kompletteras med exempelvis felträdsanalys för särskilda fall av felaktigt handhavande eller överbelastning som innebär väsentliga risker.

Exempel på generiska data avseende läckage av processkomponenter redovisas i tabell 4.2.

Sannolikheten för antändning och explosion. För att kvantifiera risken för brand eller gasmolnsexplosion behöver vi data

som anger sannolikheten för antändning av ett utsläpp av brandfarlig gas eller vätska, och för uppkomst av explosion. Sannolikheten för antändning är naturligtvis mycket beroende av en rad faktorer, främst förekomsten av specifika antändningskällor i det aktuella fallet. Exempel på antändningskällor i industrin är:

- Öppen flamma, t.ex. i ugnar och pannor.
- Heta ytor.
- Friktionsvärme.
- Elektrisk energi, överslag, gnistbildning.
- Heta partiklar, t.ex. i rökgaser.
- Statisk elektricitet.
- Rökning.
- Hetarbeten, t.ex. svetsning, slipning etc.
- Självantändning.

Exempel på generiska sannolikheter för antändning av utsläpp av brandfarlig gas eller vätska i processindustrin ges i tabell 4.3 och 4.4. Dessa data kan användas i riskanalyser i situationer där man har kontroll över antändningskällor i enlighet med god praxis, exempelvis genom klassning för val av föreskriftsenlig elektrisk utrustning, rökförbud, kontroll över hetarbeten etc. Som alltid med generiska data måste man komplettera med en erfarenhetsbaserad bedömning av den aktuella situationen, och om möjligt inhämta kompletterande data.

När det gäller explosioner är sannolikheten beroende av en mängd lokala faktorer, såsom blandningsförhållanden med luft, materialets reaktivitet, antändningskällans styrka samt eventuell inneslutning av gasmolnet eller andra begränsningar i geometrin. Även här måste alltså data användas med stor försiktighet.

Tabell 4.3 Sannolikhet för antändning (Cox, Lees & Ang, 1990).

Läckagets storlek	Sannolikhet för antändning	
	Gas	Vätska
Litet (<1 kg/s)	0.01	0.01
Stort (1–50 kg/s)	0.07	0.03
Mycket stort (>50 kg/s)	0.3	0.08

Läckagets storlek	Sannolikhet för antändning	Sannolikhet för explosion efter antändning	Sannolikhet för explosion efter läckage
Litet (<1 kg/s)	0.01	0.04	0.0004
Stort (1–50 kg/s)	0.07	0.12	0.008
Mycket stort (>50 kg/s)	0.3	0.3	0.09

Tabell 4.4 Sannolikhet för gasmolnsexplosion (Cox, Lees & Ang, 1990).

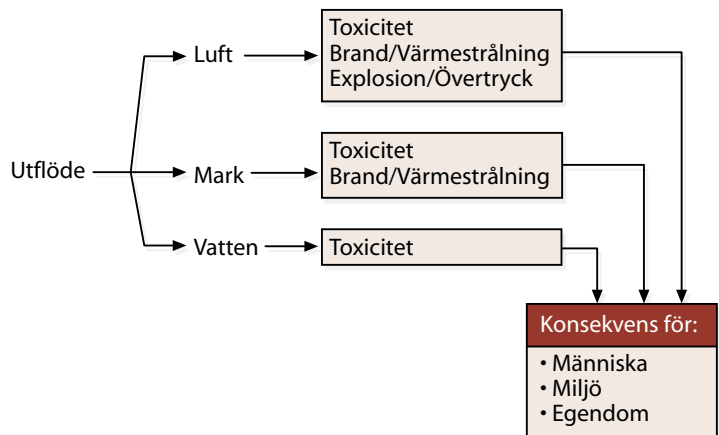
4.2.3 Konsekvensanalys

I samband med genomförande av kvalitativa riskanalyser görs ofta grova uppskattningar av konsekvenser av potentiella skadehändelser utifrån tillgänglig erfarenhet. För allvarliga skadehändelser som brand, explosion eller större utsläpp av toxiska ämnen kan det emellertid många gånger vara nödvändigt med mer ingående analyser.

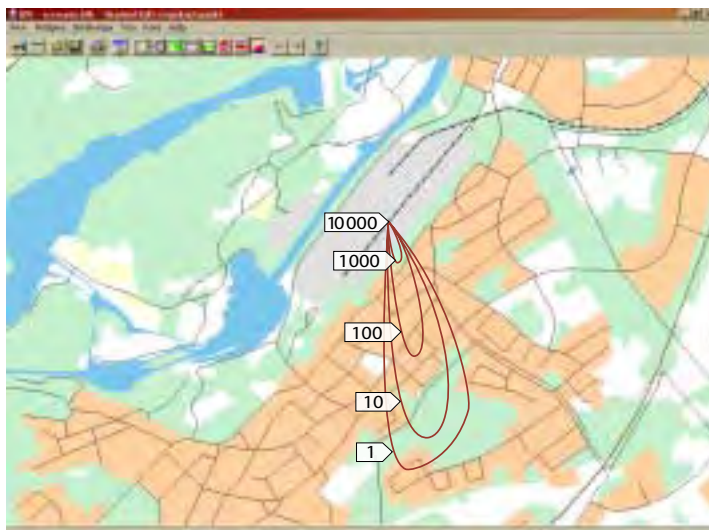
För en viss identifierad möjlig skadehändelse som innebär utsläpp av brandfarligt, explosivt eller toxiskt material beaktas i konsekvensanalysen:

- Vad blir utflödes hastigheten och hur mycket material kan strömma ut?
- Vilka koncentrationer uppnås i omgivningen (även beroende av väder och vind, topografi etc.)?
- Vilka värmestrålningsintensiteter eller explosionsövertryck kan uppnås om materialet antänds?
- Vad blir konsekvenserna för människor, miljö och egendom av skadliga koncentrationer, värmestrålning respektive övertryck?

Figur 4.2 Möjliga konsekvenser av utsläpp.



Figur 4.3 Beräkning av koncentration på marknivå vid utsläpp av svaveldioxid från ett 50 mm hål. Väder: Pasquills stabilitetsklass D, vindhastighet 5,0 m/s.



Matematiska modeller av varierande komplexitet har utvecklats för att kvantifiera konsekvenser på olika sätt, se figur 4.4. De mer avancerade modellerna ingår i datorprogram för riskanalys, men även enklare matematiska samband för handberäkningar finns.

Utsläpps- och spridningsberäkningar. Storlek och varaktighet av ett utsläpp bestäms av ett antal parametrar såsom; tillgänglig mängd, tryck, hålstorlek och form, rörlängd från kärl, ämnets egenskaper (gas, vätska m.m.). Den vidare spridningen bestäms sedan av omgivande parametrar – täta ytor och invallningar när det gäller vätskeutsläpp och, när det gäller gasutsläpp – gasens egenskaper, topografi samt atmosfäriska förhållanden. Mer information om utsläpps- och spridningsberäkningar finns bl.a. i rapporten *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (Fischer et al, 1997).

Brand. Konsekvensanalyser omfattar ofta effekterna av bränder och explosioner. Vanligtvis beräknas värmestrålningen som uppstår vid exempelvis en poolbrand, jetbrand eller ett eldklot. Genom att beräkna avstånd till olika strålningsnivåer går det att göra en bedömning av skadeomfattning på människor eller byggnader och utrustning. Skadan som orsakas av värmestrålning varierar med strålningsintensitet och exponeringstid (se tabell 4.5) och normalt har endast poolbränder

Strålningsnivå [kW/m ²]	Skada på utrustning	Skada på person
35–40	Stora materiella skador på processutrustning, antändning av byggnader.	Stor sannolikhet för dödsfall och allvarliga brännskador.
12–15	Minsta intensitet för antändning av trä.	Smärta efter någon sekunds exponering och andra gradens brännskador efter ca 20 s, viss sannolikhet för dödsfall.
4	Inga.	Smärta efter ca 20 s. exponering.

Tabell 4.5. Några riktvärden för värme-strålning och dess effekter (sammanställt från Lees, 1996).

och jetbränder tillräcklig varaktighet för att ge skador på utrustning eller byggnader. Eldklot eller gasmolnsexplosioner har ofta en kort varaktighet men kan ge tillräckligt värmeflöde för att skada människor.

Förutom värmestrålning är brandrök en potentiell skadeeffekt. Ur beräkningssynpunkt är det svårt att förutse omfattningen och spridningen av brandrök. Svårigheterna beror på en rad faktorer och ett av de största problemen ligger i att förutsäga vilka typer av produkter som bildas under brandförloppet, och därmed att bestämma utflödet av de skadliga material som är intressanta.

Explosioner är ett omfattande begrepp som beskriver processer där en tryckvåg bildas genom en snabb, kortvarig utströmning av material från ett begränsat område. Explosioner kan vara orsakade av antingen fysikaliska eller kemiska processer. En explosion genom fysikaliska processer kan exemplifieras med en expanderande gas i ett tryckkärl som sedan brister eller exploderar. Kemiska processer är snabba oxidationer av brännbart material, och ett typiskt exempel utgör en antändning och explosion av ett gasmoln.

Ordet explosion omfattar vanligen både detonation och deflagration. En detonation är en explosion med en förbränningshastighet som överskrider ljudhastigheten och en deflagration är en explosion med en förbränningshastighet lägre än ljudhastigheten. De olika typerna av explosioner ger upphov till olika typer av övertryck. En detonation ger ett kortvarigt, ofta mycket högt, övertryck medan en deflagration ger upphov till

Övertryck [bar]	Skadeeffekt på byggnader och utrustning
0.7	Total ödeläggelse av byggnader, även tunga maskiner flyttas eller skadas allvarligt.
0.21	Allvarlig ödeläggelse av byggnader och omfattande skador på utrustning.
0.14	Delvis ödeläggelse av byggnader och endast mindre skador på utrustning.
0.021	Endast mindre skador och gräns för krossning av fönster.

Tabell 4.6. Explosionsövertryck och dess skadeeffekter (Clancey, 1972).

ett lägre övertryck med en längre varaktighet. Övertrycket avtar snabbt med avståndet från explosionens centrum och varaktigheten uppgår normalt till sekunder eller bråkdelar av sekunder. Människan tål exponering för övertryck långt bättre än byggnader och utrustning, och övertrycket i sig är sällan orsaken till personskador vid en explosion. Personer skadas istället av att befinna sig i byggnader som raderas, av kringflygande projektiler och av att de slås omkull av tryckvågen. Som en jämförelse till tabell 4.6 brukar följande siffror för fysiologiska skador av övertryck anges:

- Dödsfall på grund av övertryck vid ca 5 bar övertryck.
- Lungskador vid ca 1 bar övertryck.
- Skador på trumhinnan vid ca 0,35 bar övertryck.

Personer som befinner sig inne i en explosion omkommer som regel direkt på grund av att de andas in heta rökgaser eller på grund av omfattande brännskador. I tabell 4.6 anges olika nivåer av explosionsövertryck och dess skadeeffekter.

BLEVE, Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, är en speciell, mycket sällsynt, typ av kraftig explosion där vätskan i en tank (t.ex. en gasoltank) upphettas till kokning. Om en BLEVE inträffar är det nästan alltid som en följd av något annat olycksscenario eftersom den upphettning som leder till BLEVE sannolikt beror på värmestrålning från andra närliggande bränder. Vid en eventuell explosion ger gasmolnet upphov till ett kraftigt eldklot och delar av tanken kan slungas iväg hundratals meter.

Dammexplosioner kan uppstå när ett moln av fast brännbart och finfördelat material antänds. Vidare måste materialet vara oxiderbart och vanligtvis krävs också en relativt hög

molndensitet. Vid bedömning av effekten av en dammexplosion är det endast begränsade explosioner, exempelvis i utrustning eller lagerlokaler etc., som är intressanta.

Toxiska effekter. Utsläpp av ämnen med toxiska effekter, särskilt tryckkondenserade gaser (klor, ammoniak, svaveldioxid), kan ge upphov till allvarliga konsekvenser över mycket stora områden. Effekten på människor som exponeras för ett utsläpp är beroende av:

- Ämnets toxiska, fysikaliska och kemiska egenskaper.
- Exponeringsätt.
- Erhållen dos (beroende av koncentration och tid vid inandning).

Ett ämnes toxiska egenskaper kan beskrivas på olika sätt. Dödliga doser, eller koncentrationer kan anges genom LD₅₀ eller LC₅₀-värden (Lethal Dose/Concentration för 50% av den aktuella populationen). Ett mer användbart mått i vissa sammanhang är IDLH-värden (Immediately Dangerous to Life and Health) (NIOSH, 2001). Dessa anger den högsta koncentration som en frisk arbetstagare kan exponeras för under 30 minuter och ändå kunna fly, utan att få några bestående men. I kvantitativa analyser kan sannolikheten för dödsfall till följd av exponering av ett toxiskt ämne bestämmas genom en »Probitfunktion«. Erforderlig indata är koncentration, exponeringstid, samt materialkonstanter.

Miljökonsekvenser. Vid bedömning av de miljökonsekvenser som kan uppstå till följd av en olycka måste hänsyn tas inte bara till utsläppets omfattning och typ av kemikalie utan också till omgivningens sårbarhet och värde ur miljösynpunkt. Detta innebär att antalet parametrar blir mycket stort. I den riskmatris som redovisats i kapitel 3 bedömdes miljökonsekvenser utifrån utsläppets storlek och möjligheter för sanering. Detta är som regel helt otillräckligt. Förslag på parametrar som kan vara aktuella att bedöma är:

- Påverkad naturresurs.
- Påverkat områdes storlek.
- Tid för återhämtning.

- Överföring till andra delar av ekosystemet.
- Överskridande av tillåtna gränsvärden.
- Andel påverkat ekosystem.
- Möjlighet till sanering.

Osäkerheter. Gemensamt för alla beräkningsmodeller är att det kan finnas stora osäkerheter i resultaten, varför dessa måste användas med försiktighet. Utförda och utvärderade på rätt sätt är dock kvantitativa konsekvensanalyser viktigt beslutsunderlag för olycksförebyggande och skadebegränsande åtgärder, t.ex. säkerhetsavstånd, utrymningsplaner etc.

4.2.4 Riskbedömning och presentation av analysresultat

De principer för resultatpresentation som redovisats i avsnitt 3.1.6 är tillämpliga för processtekniska anläggningar. I avsnitt 3.1.6 diskuterades följande principer:

Konsekvensorienterad resultatpresentation. Beskrivning av vilka konsekvenser som uppstår i händelse av »dimensionerande skadehändelse« eller »värsta tänkbara skadehändelse«.

Riskorienterad resultatpresentation. Redovisning i form av riskmatris eller individriskkonturer och FN-kurvor.

Den vanligaste formen av resultatpresentation för processtekniska anläggningar torde vara en riskmatris. Som underlag för konsekvensbedömningen av skadehändelserna har ofta spridningsberäkningar eller andra konsekvensanalyser utförts och redovisats. Ett exempel på en resultatpresentation för en ammoniakkyllanläggning i form av en riskmatris redovisas i tabell 4.7 och 4.8. Notera att:

- Endast vissa av de i riskanalysen identifierade händelserna redovisas.
- Matrisen redovisar sannolikheter för att de identifierade skadehändelserna ska inträffa *med angiven konsekvens som följd*. Konsekvenser avser personskada.

Presentation av risker och värdering av resultat med hjälp av riskmatris enligt ovan är i många fall ett bra angreppssätt. Resultatet är relativt lätt att kommunicera och ger i många fall

Tabell 4.7 Riskmatris för ammoniakkyllanläggning (endast några exempel på identifierade händelser). Identifierade händelser som redovisas i matrisen framgår av tabell 4.8 nedan.

Riskmatris	Sannolikhetsklass				
	1 Mycket osannolikt	2	3	4	5 Mycket sannolikt
5 Katastrofala konsekvenser	1.3				
4			1.1, 1.2		
3		3.1		2.3	
2		3.1 Tredje person			
1 Små konsekvenser				1.2	

Händelse	Beskrivning
1.1	Utläckage av större mängd ammoniak på grund av sprickbildning i äldre svets skarvar vilket kan leda till rörbrott.
1.2	Utläckage av mindre mängd ammoniak i lagerlokal från t.ex. ventilspindlar.
1.3	Brand eller explosion som kan ge stor skada på personal. Möjlighet för dominoeffekter som t.ex. utsläpp av ammoniak eller spridning av brand. Stor fara för 3:e person.
2.2	Utläckage av stor mängd ammoniak. Sönderrostade ledningar i framförallt golvgenomföringar. Produktionsbortfall på grund av kylbortfall.
2.3	Vid dränering av oljesamlaren kan man misslyckas att stänga dräneringsventil, vilket kan ge förgiftning eller svåra obehag. Under vissa omständigheter, t.ex. misslyckad evakuering från utsläppsplatsen på grund av trångt utrymme, kan händelsen leda till dödsfall.
3.1	Stort läckage av ammoniak utomhus orsakat av t.ex. genomrostade rör kan medföra att ammoniak dras in i den egna ventilationen eller ger påverkan på 3:e person.

Tabell 4.8

ett bra underlag för prioritering av riskreducerande åtgärder. Matrisen var när den först presenterades ett av de första försöken att inom ett bredare sammanhang få till stånd egentliga riskvärderingar med ett strukturerat hanterande av sannolikhets- och konsekvensbegreppen. Dock är bakgrunden till de angivna gränserna ganska oklar och problemet med olyckshändelser med »mycket låga sannolikheter – mycket stora konsekvenser« beaktas inte på något strukturerat sätt. Ett annat problem är att varje identifierad olyckshändelse beaktas isolerat, den totala risk som anläggningen utgör för omgivningen beaktas ej. I vissa fall kan det vara väsentligt att belysa dessa frågor. Risknivåer kan då beräknas och presenteras i form av indi-

vidriskkonturer och FN-kurvor (se avsnitt 3.1.6). Beräkning och presentation av individ- och samhällsrisk i form av riskkonturer och FN-kurvor har i Sverige fått en ökande omfattning under senare år.

4.2.5 Riskvärdering

Värdering av risker och beslut utifrån dessa värderingar görs på många olika nivåer. Exempel:

- I en detaljerad HAZOP analys fattas beslut om införande av en extra larmnivå eftersom risken förenad med överfyllning av en tank bedöms som allvarlig.
- Vid utformning av en översiktsplan fattas beslut om att ett visst markområde i närheten av en processanläggning inte är lämpligt som bostadsområde eftersom risknivån för framtida boende bedöms som för hög.

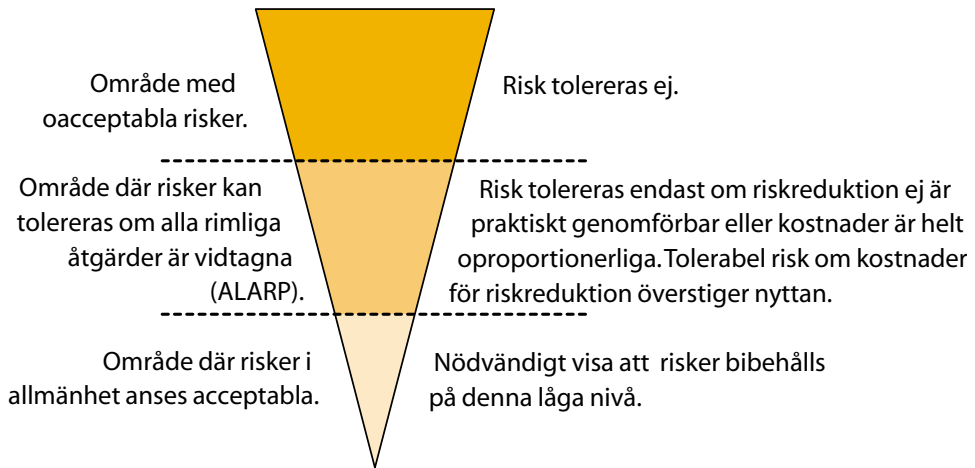
Den första typen av värderingar görs ofta direkt i analysgruppen och baseras som regel på gruppens erfarenheter. Andra bevekelsegrunder i detta sammanhang kan vara:

- Bruk av bästa möjliga teknik.
- Minst samma säkerhetsnivå som i andra delar av anläggningen.
- »State of the art« inom branschen som helhet.
- Uppfyllande av rekommenderad branschstandard.

Den andra typen av värderingar är betydligt mer komplicerade och kräver en annan typ av beslutsunderlag. Bedömningar av detta slag görs ofta utifrån ett underlag bestående av en riskmatris kombinerad med konsekvensberäkningar för vissa skadefall. Dessa fall kan vara definierade i samråd mellan verksamhetsutövaren och t.ex. räddningstjänsten eller annan myndighet.

I vissa fall kan ett mer detaljerat beslutsunderlag efterfrågas. I rapporten *Värdering av risk* (Davidsson et al, 1997) diskuteras kriterier avseende tolerabla individ och samhällsrisker, internationella regler och några exempel på tillämpningar i Sverige redovisas.

I flera internationella kriterier arbetar man med två nivåer för såväl individ- som samhällsriskkriterier. En övre nivå över



Figur 4.4 Exempel på uppbyggnad av kriterium för värdering av risk (Davidsson et al, 1997).

vilken riskerna kan anses så stora att de ej bör accepteras samt en undre nivå under vilken riskerna kan anses små. Detta är en indelning som i princip motsvarar HSE (Health and Safety Executive, UK). Denna indelning innebär att det skapas tre riskområden, vilket illustreras i figur 4.4.

Diskussion avseende tolkning av dessa områden. Tillämpning och tolkning av områdena i figur 4.4 skiljer sig åt mellan olika länder. En sammanfattande diskussion ges nedan.

Område med oacceptabla risker. Generellt sett gäller att risker i denna nivå ej accepteras för nya anläggningar. För befintliga anläggningar föreslås i många fall en mer flexibel tillämpning. Praktiskt möjliga åtgärder för att reducera risken bör vidtagas och åtgärdsprogram bör utarbetas för att förbättra situationen.

Område där risker kan tolereras om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Detta är det område som bl.a. i Storbritannien refereras till som »ALARP (As Low As Reasonable Possible)-regionen«. Inom detta område kan riskerna anses vara av sådan storlek att de noga måste beaktas och rimliga åtgärder för riskreduktion ska vidtagas.

Område där risker kan anses små. Detta är det område som bl.a. i Storbritannien benämns »negligible risks« (försumbara risker). Termen antyder att riskerna är så låga att riskreducerande åtgärder ej behöver beaktas.

Detta synsätt kan leda till två problem:

- Riskanalysen fokuseras på att visa att riskerna ligger i detta område, snarare än att visa på möjliga risk-reducerande åtgärder.
- Om riskerna med en viss verksamhet benämnes »försumbara« kan detta möjligen leda till att minskad vikt läggs vid den fortsatta riskhanteringen. Detta kan leda till en degradering av säkerheten och till att den beräknade risknivån därmed inte längre är relevant.

Bland annat dessa problem har lett till att man i Holland har slopat den undre gränsen och endast arbetar med en övre gräns, mellan »ALARP« – område och oacceptabelt område.

Kriterier för värdering av individrisk

När det gäller individrisker är det vanligt att skilja mellan risker för anställda kontra tredje person (allmänheten) och risker vid nya kontra existerande anläggningar.

En vanlig princip i de länder där kvantitativa kriterier tillämpas är att kriterier för anställda är en faktor 10 högre än för tredje person.

Några exempel på kriterier för individrisk:

- Övre gräns för område där risker kan tolereras:
 1×10^{-5} per år (UK; nya bostadsområden intill existerande anläggningar. Holland; existerande anläggningar).
 1×10^{-6} per år (Holland; nya anläggningar).
- Övre gräns för område där risker kan anses små:
 1×10^{-6} per år (UK, tillämpas ej i Holland).

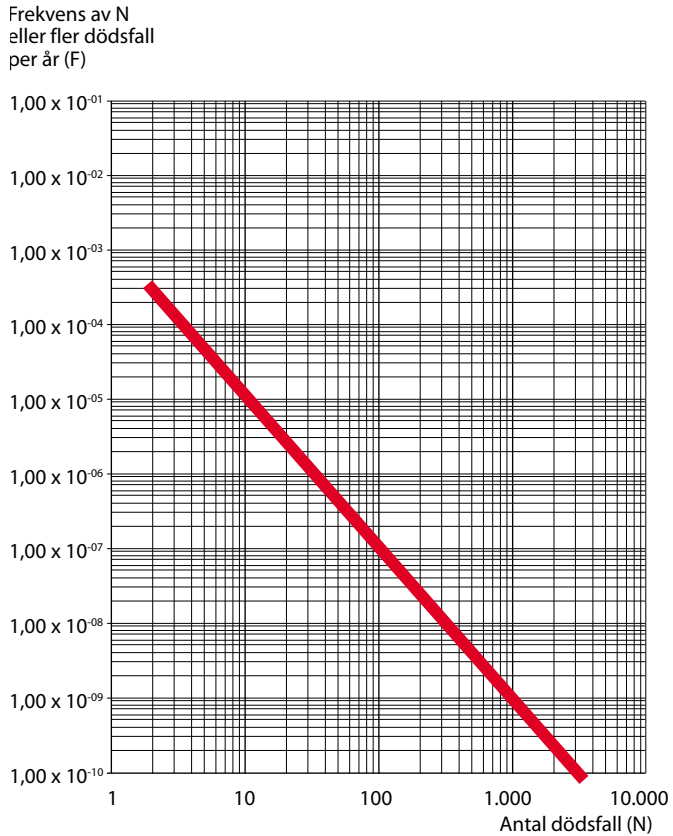
Kriterier för värdering av samhällsrisk

Följande kriterier för samhällsrisk i form av FN-kurvor tillämpas i Holland:

- Övre gräns för område där risker kan tolereras: $F=1 \times 10^{-3}$ per år för $N=1$ (tillämpas dock för $N>1$).
- Lutning på FN-kurva: -2 .
- Övre gränsvärde för möjliga konsekvenser: Inget.
- Undre gränsvärde för tillämpning av kriterier: $N=2$.

Det holländska kriteriet för samhällsrisk är illustrerat i figur 4.5. Någon strikt övre gräns (när det gäller konsekvenser) för

Figur 4.5 Ett exempel på kriterier för samhällsrisk hämtat från Holland.



tillämpning av kriteriet har ej föreslagits. Dock är det så att de aktuella frekvenserna i den övre delen av konsekvensaxeln (dvs. där antalet omkomna (N) är i storleksordningen 1 000 eller större) är så låga att relevansen av analysen i många fall måste ifrågasättas. Kriterier som tillämpas i andra länder skiljer sig åt både beträffande startpunkt (frekvens för N=1) och lutning. I t.ex. UK har man en högre startpunkt och en lutning av »-1«, dvs. en flackare linje.

4.2.6 Riskreduktion

Ett av målen med genomförandet av riskanalyser är att ge underlag för förslag på riskreducerande åtgärder och prioritering av dessa. Riskreducerande åtgärder kan omfatta:

- Anläggningsspecifika (tekniska) lösningar.
- Säkerhetsledningssystem (utbildning, organisation etc.).
- Omgivningstekniska lösningar.

Identifikation av principerna för riskreducerande åtgärder utgår från definitionen av »risk« som en samlad bedömning av sannolikheten för, och konsekvensen av, olyckor (se figur 3.7).

Några principer för riskreducerande åtgärder är:

Inbyggd (inherent) säkerhet. Principen om inbyggd säkerhet innebär att risker reduceras genom att potentiella riskkällor eller riskbidragande faktorer avlägsnas eller reduceras. Detta kan t.ex. ske genom:

- Substitution – utbyte till mindre farliga ämnen.
- Intensifiering eller sektionering – reduktion av volymer eller mängd.
- Försvagning eller ej fullt utnyttjande – t.ex. lägre tryck eller temperatur.
- Förenkling – färre tekniska eller mänskliga fel.

En utförlig genomgång av begreppet inbyggd säkerhet ges i rapporten *Inherent safety* (Jakobsson, 2001).

Olycksförebyggande åtgärder syftar till att reducera sannolikheten för att en viss skadehändelse ska inträffa, t.ex. genom att:

- Förbättra tillförlitligheten hos ingående komponenter.
- Införa övervakande eller ingripande system (förreglingar, snabbstopp).
- Förbättra instruktioner, utbildning etc.

Preventiva skadebegränsande åtgärder är sådana åtgärder som vidtages innan en olycka har inträffat och syftar till att reducera konsekvensen av inträffade olyckor. Exempel på preventiva skadebegränsande åtgärder är:

- Invallningar.
- Inneslutning.
- Säkerhetsavstånd.
- Personlig skyddsutrustning.
- Aktiva eller passiva brandskyddssystem etc.

Akuta skadebegränsande åtgärder syftar också till att reducera konsekvensen av möjliga olyckor men avser, till skillnad från de preventiva skadebegränsande åtgärderna, de åtgärder

som ska sättas in då en olycka har inträffat. Detta är åtgärder som kan vara beskrivna i ett företags beredskapsplaner och kan inkludera:

- Larmrutiner.
- Utrymning.
- Andra räddnings- och bekämpningsinsatser.

Prioritering mellan åtgärder som påverkar möjliga olyckors sannolikhet respektive konsekvens och värdering av dessa åtgärders betydelse kan vara ett område för konflikter mellan t.ex. anläggningsägaren, myndigheter med tillsynsansvar, länsstyrelser och kommunala räddningstjänster.

4.3 Farligt gods på järnväg

4.3.1 Riskidentifiering

Grundläggande olyckstyper inom järnvägstrafik som under drift, direkt eller indirekt, kan ge upphov till påverkan på 3:e person eller yttre miljö är:

- Plankorsningsolyckor.
- Sabotage.
- Brand.
- Urspåring.
- Sammanstötning.
- ... samt kombinationer av dessa.

Av dessa är *plankorsningsolyckor*, historiskt sett, dominanta. Ett antal sådana olyckor inträffar varje år. Konsekvensen efter en sådan olycka är som regel någon eller några omkomna och/eller skadade. Med *sabotage* syftas i detta sammanhang på direkt åverkan på farligt-gods-behållare, t.ex. öppning av ventiler eller sprängning av cistern. Händelser av denna art har hittills ej registrerats i Sverige (eventuellt Krylbo 1941, se nedan). Däremot inträffar årligen ett stort antal andra typer av sabotage, t.ex. föremål på spår. *Brand* som påverkar omgivningen kan uppkomma till följd av t.ex. »tjuvbroms«. Detta kan medföra att heta partiklar slungas ut och antänder vegetation i närhet av spåret. Sannolikheten för att detta ska ge upphov till dödsfall bland 3:e person är dock ytterst låg. Brand till

följd av utsläpp av farligt gods behandlas vidare nedan.

Urspåringar och sammanstötningar kan ge upphov till påverkan på 3:e person på olika sätt:

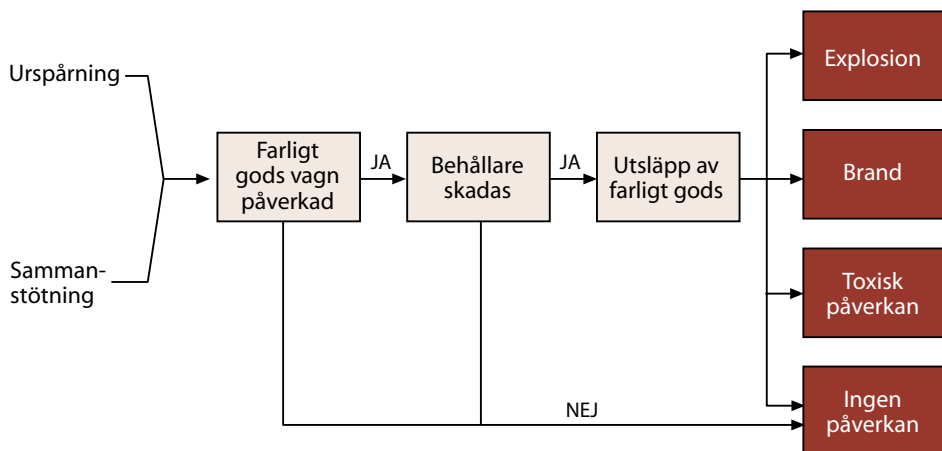
- »Mekanisk« påverkan genom att fordon lämnar spårområdet och skadar byggnader eller personer i omedelbar närhet av spåret.
- Påverkan genom utsläpp av farligt gods.

Risk för mekanisk påverkan föreligger i princip endast i omedelbar närhet av spåret, vid ca 80–85 % av inträffade urspåringar stannar vagnarna inom 5m från spåret (Fredén 2001). Som största påverkansområde brukar ofta anges ett avstånd av 25–30 m, hänsyn bör dock tas till topografiska förhållanden.

Utsläpp av farligt gods kan uppkomma om behållare skadas i samband med urspåring eller sammanstötning. Detta kan i sin tur ge upphov till betydande påverkan genom bl.a. brand, explosion och toxiska effekter. Utsläpp av farligt gods kan även uppkomma utan föregående olycka, t.ex. genom läckage i flänsar och ventiler. Denna typ av läckage är relativt vanligt förekommande, men ger som regel ingen påverkan på omgivningen. Däremot kan insats från Räddningstjänst, t.ex. tätning av fläns eller tömning av läckande tank, erfordras. Läckaget upptäcks vanligtvis inte under transport utan i samband med inspektion av vagnar vid t.ex. rangering. Även om det initiella utsläppet är av liten omfattning kan denna typ av händelser innebära en risk för en förvärrad situation t.ex. vid missgrepp eller komponentfel i samband med läktring.

Sammanfattningsvis kan sägas att de viktigaste händelserna som bedöms kunna ge upphov till allvarliga konsekvenser för 3:e person eller yttre miljö är urspåring och sammanstötning som ger upphov till skada på behållare med farligt gods. Även om konsekvenserna av sådana olyckor kan bli mycket allvarliga, och ett antal tillbud har inträffat under senare år, så bör det framhållas att sannolikheten för dödsfall är låg. I Sverige har hittills endast en olycka med farligt gods vid järnvägs transporter resulterat i dödsfall. (Krylboolyckan 1941 då en ammunitionsvagn exploderade eller sprängdes.)

Det är vanligt att riskanalyser beaktar det »dynamiska förloppet« i en olycka, i detta sammanhang t.ex. utsläpp av kemi-



Figur 4.6 Förenklad schematisk bild av möjliga händelseförlopp vid farligt-gods-olycka.

kalier från en skadad järnvägsvagn. Emellertid bör också »statiska« situationer beaktas, t.ex. en urspårad järnvägsvagn där läckage ej uppstått, men där behov av en komplicerad bärgningsoperation kan föreligga.

4.3.2 Orsakskartläggning och sannolikhetsbedömning

Metodik och indata till detta avsnitt är i stor utsträckning baserade på *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (Fredén, 2001).

En schematisk bild av möjliga händelseförlopp vid en olycka med farligt gods redovisas i figur 4.6.

För att en farligt-gods-olycka ska inträffa krävs således att:

1. Sammanstötning eller urspåring inträffar.
2. Tåget innehåller vagnar med farligt gods.
3. En eller flera av dessa vagnar påverkas av händelsen.
4. Behållare med farligt gods påverkas tillräckligt kraftigt för att läckage ska uppstå.

Exempel på orsaker till *urspåring* kan vara rälsbrott, solkurva, spårlägesfel, växel (sliten eller trasig, ur funktion), fordonsfel, lastförskjutning, operatörsfel, sabotage, snö/is, skred/ras.

Dominerande orsaker till *sammanstötningar* är olika typer av mänskligt felhandlande hos förare, tågledning, bangårdspersonal m.fl., men även tekniska fel kan förekomma, t.ex. bromsfel.

Arbetssteg	Data/Resultat
1. Definition av trafikförutsättningar	
1a. Antal tåg/år	7200 st
1b. Antal vagnar/tåg	29 st = 208 800 vagnar/år (Fredén, 1994)
1c. Antal farligt-gods-vagnar/år	2668 st (1,3 % av alla vagnar)
1d. Antal vagnar innehållande klass 2 giftig gas av totala antalet farligt-gods-vagnar	18%
2. Definition av basdata utifrån tillgänglig olycksstatistik	
2a. Frekvens för sammanstötning (händelser/tågkm)	$1,06 \times 10^{-7}$
2b. Frekvens för urspårning (händelser/tågkm)	$5,2 \times 10^{-7}$. På grund av solkurva: $1,0 \times 10^{-5}$
2c. Andel av totala antalet vagnar som påverkas i händelse av olycka	5 vid sammanstötning 3,5 vid urspårning
2d. Sannolikhet att farligt-gods-vagn skadas (dvs. läckage inträffar) om den påverkas vid olycka. Stor respektive liten skada beaktas.	0,01 för såväl »punktering« som »stort hål«, dvs. totalt 0,02.
3. Beräkning	
3a. Frekvens sammanstötning	$7200 \times 5,2 \times 10^{-7} - 7,6 \times 10^{-4}$
3b. Frekvens urspårning	$7200 \times 5,2 \times 10^{-7} + 1 \times 1,0^{-5} = 3,8 \times 10^{-3}$
3c. Sannolikhet att farligt-gods-vagn påverkas givet att sammanstötning inträffar*	$1 - (1 - 0,013)^5 = 0,063$
3d. Sannolikhet att farligt-gods-vagn påverkas givet att urspårning inträffar *	$1 - (1 - 0,013)^{3,5} = 0,045$
3e. Frekvens för skada på klass 2 vagn (händelser/år/km). Avser alla kategorier av utsläpp.	$(7,6 \times 10^{-4} \times 0,063 + 3,8 \times 10^{-3} \times 0,045) \times 0,18 \times 0,02 = 7,9 \times 10^{-7}$ eller ca 1 händelse/1 000 000 år och km.

* Beräknat som komplement till att ingen vagn är en farligtgodsvagn.

Tabell 4.9 Arbetsgång för bedömning av frekvens av olycka ledande till utsläpp av giftig gas.

Med avseende på farligt gods och omgivningsrisker är det framförallt två kategorier av sammanstötningar som är intressanta:

- Sammanstötning mellan två tåg varav minst det ena innehåller farligt gods.
- Växlingsolyckor med vagnar med farligt gods.

Den första kategorin, sammanstötning mellan två tåg, är mycket sällsynt i dagsläget, bl.a. beroende på utbyggnaden av ATC-

systemet. De sammanstötningar som förekommer med tåg gäller till största delen kollisioner med t.ex. arbetsfordon och vagnuttagningar.

Sammanstötning under växling är däremot relativt frekvent förekommande. Dessa sker i låg hastighet med som regel små skador som följd. Skador som leder till utsläpp kan i första hand uppkomma på tunnväggiga tankar, men kan inte uteslutas för tjockväggiga tankar.

Följande exempel är baserat på den riskanalys av farligt gods-transporter genom Umeå och Örnsköldsvik som genomförts inom ramen för projekt Botniabanan (Davidsson & Swensson, 2000). I tabell 4.9 har frågeställningen renodlats till att behandla sannolikhet för utsläpp av klass 2 giftig gas.

4.3.3 *Konsekvensanalys*

Konsekvenser av olyckor med farligt gods behandlas i princip på samma sätt som redovisats för processtekniska anläggningar ovan. Särskilda aspekter att beakta är ofta relaterade till:

- Närhet till tätbebyggda områden.
- Annan trafik (väg och järnväg) som kan påverkas av en olycka med farligt gods.
- Närhet till vattentäkter eller andra naturintressen.
- Osäkerheter avseende vilka kombinationer av gods som finns i ett tågsätt.
- Slutna utrymmen, t.ex. tunnlar.
- Svårigheter att organisera räddningsinsatser med tanke på åtkomst och tillgänglighet av utrustning.

I tabell 4.10 redovisas relevanta typer av farligt gods och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beaktats från 3:e persons synpunkt. Aspekter relaterade till olyckseffekter i tunnlar eller räddningsinsatser har ej beaktats specifikt, inte heller aspekter relaterade till påverkan på yttre miljö eller ekonomiska värden.

4.3.4 *Riskbedömning och presentation av analysresultat*

De vägledande dokumenten vid de riskanalyser avseende farligt gods på järnväg som genomförts under senare år har varit

Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
1. Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada /rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor.	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotal upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2. Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet. ⁴
	Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand	Små effekter utanför gasmolnet, mkt. allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet.
	Gasmolnsexplosion	Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och raserade byggnader.
	BLEVE	Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, »missiler« kan ge effekter på längre avstånd.
Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi.
3. Brandfarliga vätskor	Poolbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarligare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning m.m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet.
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet.
	Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen.	I händelse av explosion kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6. Giftiga ämnen m.m.	Toxiska effekter	Risker begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8. Frätande ämnen	Frätskada	Risker begränsade till närområdet.
9. Övrigt		Risker begränsade till närområdet.

Tabell 4.10 Relevanta typer av farligt gods och möjliga olyckskonsekvenser.

4. Närområde är inte ett entydigt definierat begrepp men avser i detta sammanhang några tiotal meter (t.ex. i samband med poolbrand) eller direkt exponering (t.ex. i samband med utsläpp av frätande ämnen).

Figur 4.7 Utsläpp svaveldioxid 50 mm håll. ©Lantmäteriverket, ur Lantmätarens GSD, Dnr 507-99-227.



Figur 4.8 Utsläpp svaveldioxid 5 mm håll. ©Lantmäteriverket, ur Lantmätarens GSD, Dnr 507-99-227.



VTI rapporterna *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods* (Fredén, 1994) och *Konsekvensanalys av olika olycks-scenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg* (Helmersson, 1994). En senare sammanställning och analys av tillgänglig data avseende sannolikhet för olyckor finns i rapporten *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (Fredén, 2001).

Utgående från VTI projektet kan risker avseende människa, miljö och ekonomi uppskattas. Risker avseende människa

För att exemplifiera möjliga konsekvenser av allvarliga farligt-gods-olyckor har spridningsberäkningar med följande förutsättningar genomförts:

Plats	Centrala Umeå.
Ämne	Svaveldioxid.
Hålstorlek	Motsvarande 50 mm respektive 5 mm hål (figur 4.7 resp. figur 4.8).
Väder	Atmosfärisk stabilitet – klass D, vindstyrka 5 m/s.

I spridningsbilderna redovisas två koncentrationsnivåer:

100 ppm	= IDLH (Immediate Danger to Life and Health). IDLH motsvarar en koncentration som man normalt kan vistas i upp till 30 minuter utan att ta allvarlig skada.
630 ppm	= LC50–30 minuter. LC50–30 minuter är den koncentration som medför att 50 % av en exponerad population kan omkomma efter 30 minuters exponering.

Inverkan av eventuella höjdskillnader beaktas ej i redovisad spridningsbild och inte heller har hänsyn till påverkan från byggnader tagits.

Antal omkomna per år i olycka med farligt gods:

Alternativ A	4×10^{-4}
Alternativ B	8×10^{-5}
Alternativ C	4×10^{-5}

Tabell 4.11 Exempel från utredning avseende alternativa bansträckningar vid Falkenberg.

beräknas enligt dessa metoder i form av ett PLL-tal (Potential Loss of Life). Med detta avses statistiskt förväntat antal omkomna under en viss tid. Med detta som utgångspunkt kan t.ex. alternativa järnvägssträckningar jämföras med avseende på risknivå (se tabell 4.11).

Ett antal riskanalyser av transporter med farligt gods på järnväg med denna presentationsform har genomförts under senare år.

Nackdelen med detta är framförallt att ingen information ges avseende eventuella olyckors omfattning. Inte heller finns någon form av kriterier tillgängliga för att bedöma huruvida de beräknade risknivåerna bör anses som höga eller ej.

Med hjälp av FN-kurvor (avsnitt 3.1.6) kan man värdera inte bara medeltalet av antal omkomna, utan också risken förbunden med händelser där många personer omkommer. Man kan därmed ta hänsyn till samhällets önskemål om att undvika katastrofer. Detta innebär också att en FN-kurva ger en betydligt fullständigare information om riskens karaktär än vad ett tal (t.ex. förväntat antal omkomna under ett år) ger.

Riskenivån för enskilda individer utmed en järnvägssträckning kan presenteras i form av individriskkonturer (avsnitt 3.1.6).

4.3.5 Riskvärdering

Den traditionella ansatsen när det gäller acceptans av järnvägstrafik med farligt gods har varit att en acceptabel säkerhetsnivå uppnås genom att gällande lagar, förordningar och instruktioner uppfylls. Under senare år har denna ansats alltmer ifrågasatts, speciellt i samband med nyprojektering och transport av farligt gods genom tätorter. I rapporten *Värdering av risk* (Davidson, G. et.al. 1997) redovisas ett antal projekt där olika principer för värdering av risk kommit till uttryck. Någon enhetlig ansats, eller enhetligt kriterium, finns för närvarande ej i Sverige. Några ansatser som tillämpats är:

Jämförelser med andra risker. Beräknade PLL-tal för järnvägstrafik med farligt gods har i vissa fall jämförts med PLL-tal för andra risker i samhället, t.ex. antal omkomna i bostadsbrand, trafik, eller annat. Denna typ av jämförelser lider ofta av vissa svagheter:

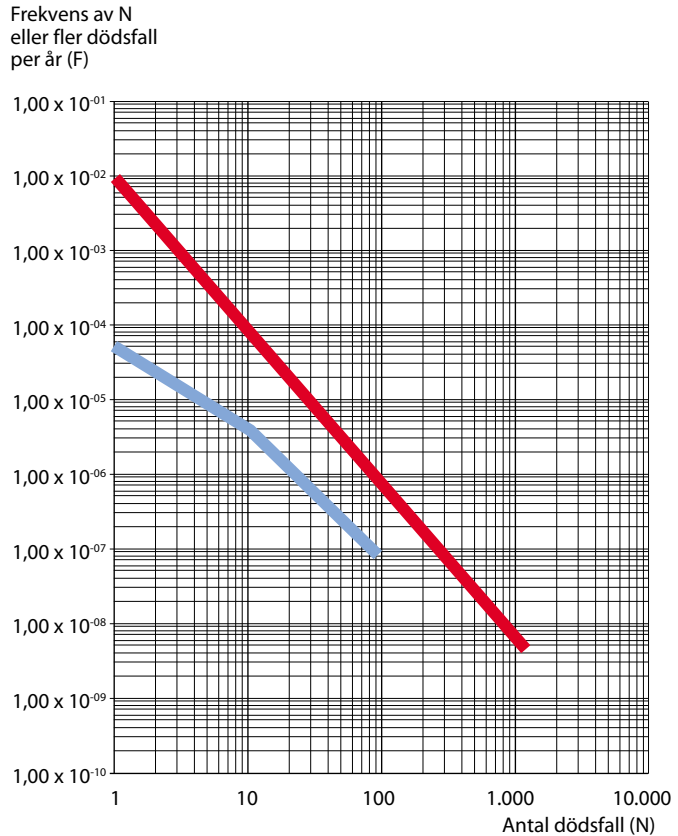
- Järnvägstrafiken exponerar en liten del av samhället, de personer som bor närmast spåret. Andra risker, såsom trafik, exponerar alla invånare i samhället.
- Nyttan av olika verksamheter och kostnader för att åstadkomma en riskreduktion är väsentliga faktorer att beakta om olika verksamheter jämförs med varandra. Dessa faktorer berörs ofta ej i de jämförelser som görs.
- Olyckor med farligt gods kännetecknas av ytterst låg sannolikhet men potentiellt allvarliga konsekvenser. Detta beaktas ej när man jämför med verksamheter som har en annan karakteristik.

Kostnads-Nytta-värderingar. Utifrån beräknade PLL-tal kan kostnaden per statistiskt sparat människoliv för t.ex. en alternativ järnvägssträckning eller vägvalsstyrning av farligt gods beräknas. Denna kostnad kan sedan ställas emot det kostnads-nytta-kriterium som tillämpas för andra beslut inom väg- och järnvägssektorn, t.ex. ombyggnad av plankorsningar. Kostnads-nytta-värderingar ger ofta en god indikation på rimligheten i att kräva ytterligare säkerhetskänsliga åtgärder. När man utgår från beräknade PLL-tal bortser man dock ifrån problemet med mycket allvarliga konsekvenser och att sam-

Figur 4.9 Exempel på kriterier för samhälls-risk avseende transport av farligt gods på järnväg.

Holland (1 km)
(VROM, 1996)

Göteborgs kommun
(bostäder, 2 km)
(Stadsbyggnads-
kontoret i Göteborg,
1997)



hället kanske är berett att satsa större resurser på att förhindra denna typ av olyckor.

FN-kurvor. Ett antal ansatser med acceptanskritrium i form av FN-kurvor har gjorts. I figur 4.9 redovisas två av dessa. Inget av dessa kriterier har dock tillämpats i Sverige i tillräcklig omfattning för att några säkra slutsatser om deras lämplighet kan dras.

4.3.6 Riskreduktion

Behov och möjligheter för riskreducerande åtgärder måste värderas utifrån lokala förhållanden. Åtgärder listade i tabell 4.12, nästa sida, kan i viss mån tjäna som checklista över möjliga åtgärdsområden. Tabellen är till stor del baserad på rapporten *Ökad säkerhet för farligt gods på järnväg* (BV-SRV, 2000).

Bana	Spårkonstruktion. Spårunderhåll. Urspåringsräler. Detektion – hjulplatta, varmgång, lastprofil, urspårning. Växellägen. Lokala förhållanden avseende t.ex. skred, ras, snö, is.
Fordon	Automatisk övervakning av vagnar, bromsteknik (telematik). Vagnkonstruktion. Vagnsyning.
Trafik	Vägvalsstyrning. Tidsstyrning. Hastghetsnedsättning. Hastighetsövervakning. ATC-utbyggnad på bangårdar. Spärr ATC-kvittering. Rutiner för rangering, växling och transporter till/från lokala industrier.
Omgivning	Utformning av närområde runt spåret. – Avlägsna aggressiva objekt. – Skyddsmurar/vallar. – Tätskikt, dränering, brunnar m.m. Åtgärder avseende närliggande bebyggelse, såväl nuläge som framtida planer. – Inlösen av fastigheter. – Planering av framtida bebyggelse. Byggnadstekniska åtgärder: – Nödavstängning av ventilation. – Förstärkta fasader och fönster. Åtkomst till spårrområde i händelse av olycka med farligt gods. Skydd mot sabotage.
Administrativt	Drogtester. Särskild utbildning. Information allmänhet. Beredskap. Informationsplattform. Tillbudsrapportering. Bättre informationsunderlag och beslutstöd för räddningstjänsten. Permanent arbetsgrupp i riskfrågor inom järnvägssystemet.

Tabell 4.12 Risk-reducerande åtgärder.

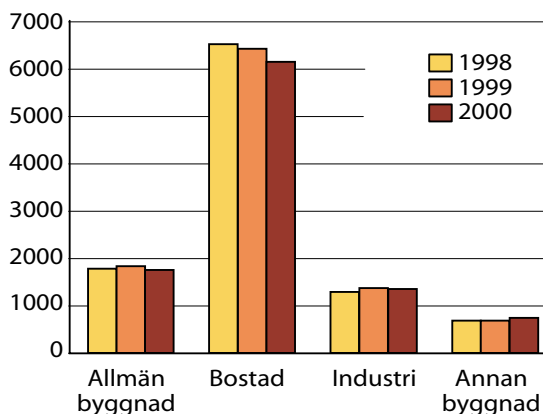
4.4 Brand

4.4.1 Riskidentifiering, orsaks och sannolikhetsbedömning

Brandplats. Bränder inträffar oftast i bostäder följt av allmän byggnad och industri. (Se figur 4.10)

Från Räddningsverkets insatsstatistik finns det också infor-

Figur 4.10 Räddningsinsats, brand i byggnad 1998–2000, Räddningsverket, 2001.



- Åldringvård
- Åldringvård, vårdavdelning
- Sjukhus
- Psykiatrisk vård
- Övriga vårdbyggnader
- Kriminalvård
- Flerbostadshus
- Villa
- Radhus
- Fritidshus
- Fritidsgård
- Skola
- Förskola
- Elevhem, studenthem
- Kommunikationsbyggnad
- Försvarsbyggnad
- Förvaltningsbyggnad/Kontor
- Kyrka/Motsvarande
- Idrottsanläggning
- Hotell/Pensionat
- Restaurang/Danslokal
- Teater/Biograf/Museum
- Handel

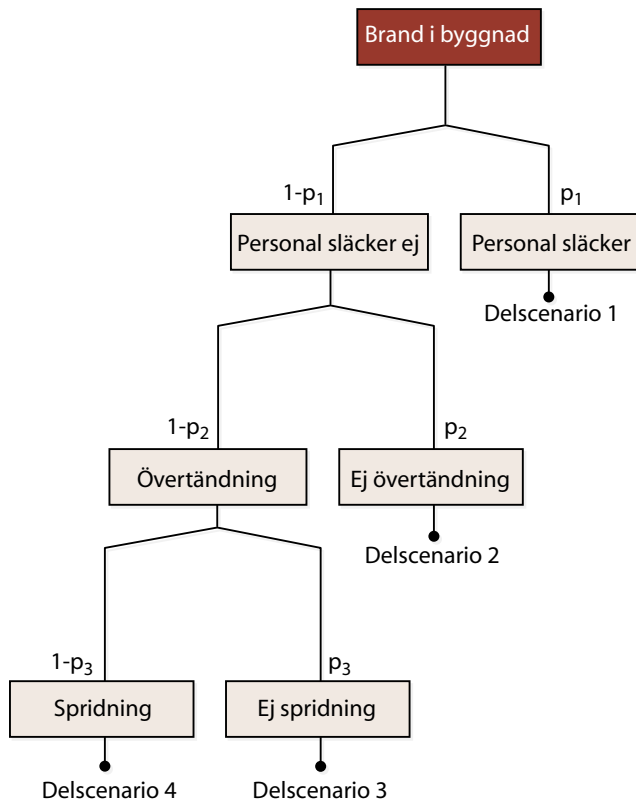
Tabell 4.13 Byggnads-kategorier i Räddnings-
verkets insatsdatabas.

mation om var branden startat och hur den spridit sig i byggnaden. Denna senare information kan också sättas i relation till räddningsinsatsens effektivitet. Från insatsstatistiken kan också slutsatser dras avseende vissa typbränder. Typbränderna kan grupperas utifrån det förväntade brandförloppet och spridningen i byggnaden. Metoden utgår från ett enkelt händelse-träd, figur 4.11, som innehåller delhändelserna personalens släckinsats, övertänd brand och brandspridning utanför primär brandcell. I begreppet personalens släckinsats ingår fler händelser som till exempel att branden slocknar av bränslebrist eller någon besökare släcker branden. Men det vanligaste är att någon av personalen släcker.

Informationen från insatsrapporterna kan då användas till att bestämma sannolikheten och frekvensen för de fyra delscenarierna. I takt med att mer information samlas in kan säkerheten i skattningen förbättras. I Johansson (1999) finns resultat redovisade för flertalet delscenarier och verksamheter. De verksamheter som är aktuella visas i tabell 4.13. Eftersom dataunderlaget ännu så länge är begränsat är vissa av sannolikheterna p_1 – p_3 i figur 4.11 något osäkra.

Denna form av dataunderlag kan sedan utgöra indata till de kvantitativa riskanalysmetoderna som kan användas för verifiering av säkerhet. Några av dessa beskrivs senare i avsnittet.

De objekt som kan vara aktuella att genomföra en riskanalys på är exempelvis publika samlingslokaler, kontorslokaler, hotell och vårdanläggningar. Det är alltså lokaler där det inte brinner så ofta, men där en brand kan få stora konsekvenser. Riskanalyser för bostadsområden är inte vanliga när det gäller



Figur 4.11 Metod för att beskriva brandförlopp och spridning i byggnad. (Johansson, 1999).

brand, även om det är där det oftast brinner. Analysen avgränsas därför ofta till ett specifikt objekt och de personer som vistas där. Risken uppkommer för personerna i byggnaden och endast i undantagsfall för personer utanför byggnaden. I vissa fall kan man behöva ta hänsyn till brandspridning till andra fastigheter.

Brandfrekvens. För att kvantitativt kunna analysera riskerna med brand i byggnad måste man veta något om hur vanligt det är med bränder. I de flesta fall är det dock så att analyser som utförs är av jämförande karaktär. Det betyder att den inledande händelsen, det vill säga att brand uppstår, betraktas som lika mellan de olika alternativen. Då kan det värdet uteslutas och analysen begränsas till att studera skillnadernas inverkan på risken. Denna teknik är än så länge den vanligaste när kvantitativa riskanalysmetoder används för brandteknisk dimensionering av exempelvis utrymningssäkerheten i en byggnad.

Den främsta orsaken till att detta angreppssätt är så vanligt

Antal räddningsinsatser, brand i industri, dividerat med antal industrifastigheter per objektstyp, riket, 1996–2000.						
Industriobjektstyp	Antal		Antal bränder dividerat med antal fastigheter			
	fastigheter	2000	1996	1997	1998	1999
Industrihotell	1 148	0,05	0,04	0,05	0,04	0,05
Kemisk industri	648	0,17	0,17	0,16	0,17	0,17
Livsmedelsindustri	1 456	0,04	0,06	0,06	0,05	0,07
Metall/maskin	6 569	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06
Textil/beklädnad	631	0,03	0,04	0,04	0,04	0,02
Trävaruindustri	3 728	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06
Annan tillverkning	9 850	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Reparationsverkstad	6 023	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Lager	10 396	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01

Tabell 4.14 Underlag för bedömning av brandfrekvens. (Räddningsverket, 2001).

är att det saknas tillförlitlig information om brandfrekvens. Den information som är tillgänglig är ofta ganska generell och det kan antas att brandfrekvensen är förenad med stor osäkerhet.

Inom vissa industrier finns tillförlitlig information om brandfrekvenser. För övriga verksamheter kan en grov skattning vara det enda alternativet. En första approximation kan erhållas från Räddningsverkets insatsdatabas, tabell 4.14, eller från en sammanfattning i Johansson (1999). Denna senare referens innehåller också en jämförelse med internationell statistik.

Riskidentifieringen baseras i de flesta fall på en bedömning som görs för det aktuella objektet. Det finns normalt inga standardiserade metoder för att identifiera vilka delar av en byggnad som är förenade med hög risk. Eftersom brand är den primära faran vid en brandriskanalys ingår det i identifieringen att utifrån några nyckelord försöka få en bild av hur ett troligt brandscenario kan se ut. Mycket av de fortsatta analyserna baseras på scenarier. Utifrån nedanstående frågor kan den information som är väsentlig för utgången och beskrivningen av scenariot tas fram:

- Vilken verksamhet bedrivs i byggnaden eller lokalen?
- Hur många personer vistas i byggnaden eller lokalen?
- Förekommer det sovande personer eller personer som vårdas och behöver hjälp?
- Finns det utbildad personal?

- Finns det ansamling av material som leder till ett snabbt brandförlopp?
- Finns det ansamling av material som innebär hög brandbelastning?
- Vilka troliga brandförlopp kan identifieras?
- Vilka tekniska system finns för brands upptäckt, information till personer och begränsning eller släckning av brand?
- Hur är byggnaden uppdelad i brandceller och brandsektioner?
- Vilka utrymningsmöjligheter finns och kvaliteten på dessa?
- Hur fungerar kontroll och underhållsrutiner?

4.4.2 Konsekvensanalys

Scenarioanalys. I avsnitt 3.6.3 beskrevs kortfattat begreppet scenarioanalys. Denna används t.ex. för att studera utrymning av byggnad vid brand eller risken för räddningspersonal vid insats.

Den enkla scenarioanalysen beskriver hur utrymningsförloppet kan se ut när alla tekniska och organisatoriska system fungerar som avsett. Som konstaterat i avsnitt 3.6.3 lider den enklare scenarioanalysen av vissa svagheter, t.ex. att belysa vad som händer om vissa tekniska system inte fungerar, hur troligt detta är och om säkerheten är tillfredsställande för dessa situationer. För att råda bot på dessa svagheter kan problemet studeras med hjälp av händelseträdsteknik. På det sättet finns möjligheten att få en tydligare beskrivning av vilka olika händelser som kan inträffa.

De händelser som studeras har normalt med de tekniska systemens funktion att göra. Det kan vara funktionen för sprinklersystem, automatiskt brandlarm, utrymningslarm, dörrstängare eller täthet i brandcellsgränser. Men de kan också behandla organisatoriska åtgärder som t.ex. sannolikheten att en brand släcks av personal på platsen eller att personal kan starta ett manuellt utrymningslarm. Även händelsen att en brand blockerar en eller flera utrymningsvägar kan ingå i analysen om det är ett aktuellt problem. Vilka händelser som ska ingå i analysen bör bestämmas utifrån den riskidentifiering som inledningsvis görs.

Ett av de stora problemen med händelseträdstekniken på brandområdet är att hitta tillförlitliga data för till exempel ett tekniskt systems funktionssannolikhet vid behov. Källor kan ange data som är omgärdade av så många specifika förutsättningar att tillförlitligheten är i det närmaste 100 %. Sådana data är inte användbara.

Data som kan användas bör därför spegla de aktuella förhållandena så väl som möjligt och uttrycka tillförlitligheten att systemet kan utföra den förväntade uppgiften. Det kan vara ett sprinklersystems förmåga att begränsa ett brandförlopp utifrån de förutsättningar som gäller för rådande vattentillgång i gatan och kontroll och underhållsprogram. Att bara ange sprinklersystemets tillförlitlighet utan att beakta exempelvis vattentillgången är mindre lämpligt. Vid en praktisk tillämpning kan dock de önskade värdena på tillgängligheten helt saknas och en subjektiv bedömning får komplettera de data som finns. Generell information angående tekniska systems tillförlitlighet anges i tabell 4.15. Det ska noteras att de exempel som anges i tabellen kan variera både uppåt och nedåt.

Data rörande tillförlitlighet att personal ska agera korrekt saknas till stor del på brandområdet. Bedömning får därför göras från fall till fall och resultatet kan därför variera. Även informationen från insatsrapporteringen som Räddningsverket sammanställer kan användas för att beskriva det tänkta scenariot. Den information som avses är den som inledningsvis beskrev sannolikheterna för brandspridning i en byggnad, figur 4.11.

De resultat man kan få från den kvantitativa riskanalysen som beskrivs med händelseträd är exempelvis en riskprofil.

Tabell 4.15 Exempel på tillförlitlighet för tekniska system. (Johansson, 1999 och BSI, 1997).

System	Tillförlitlighet	Statistiken avser
Sprinklersystem	0,95-0,99	Sverige
Automatiskt brandlarm (rök- & värmedetektorer)	0,90	Storbritannien
Branddörr täthet	0,70	Storbritannien
Dörrstängare	0,90	Storbritannien
Vägg brandcells-gräns täthet	0,95	Storbritannien

Riskprofilen utgör ett sätt att presentera risken på och innehåller de frekvens- och konsekvensresultat som beräknats med hjälp av händelseträdet. Ett alternativt sätt att presentera risken på är att beräkna det förväntade antalet personer per år som inte hinner utrymma byggnaden vid brand, dvs. med ett siffervärde. Riskerna är densamma men sättet att presentera dem på är lite annorlunda.

Konsekvenser av brand. Vanligen krävs någon form av matematisk modell för att beräkna de konsekvenser som ska undersökas. De modeller som är aktuella beräknar brandgasens spridning och egenskaper, personernas förflyttning i byggnaden samt någon form av detektionsberäkning. Dessa senare beräkningar kan göras för att bestämma tid för detektion om automatiska detektorer finns installerade. Detektionstiden kan också bestämmas utifrån de resultat som spridningsberäkningen ger.

Utrymningstiden beskrivs ofta som en summa av tre deltider (Frantzich, 2001):

- Varseblivningstid.
- Beslut- och reaktionstid.
- Förflyttningstid.

Av dessa är den tredje delen, beräkning av förflyttningstid, den som är mest utvecklad och studerad. Det finns flera modeller som beskriver hur lång tid det tar att utrymma en byggnad. Flera av modellerna är utvecklade för att kunna användas på en vanlig PC även om det också finns handberäkningsmetoder. De flesta datorbaserade utrymningsmodeller innehåller inte några delar som behandlar hur personer i byggnaden beter sig eller hur lång tid det tar innan utrymningen kommer igång från det att branden upptäcks. De program som beaktar det mänskliga beteendet styrs i sådana fall av beslutsregler som till viss del ska kunna förutsäga hur personer förväntas bete sig. I övrigt beräknar modellerna förflyttningstider i byggnader och visar var flaskhalsar uppstår vid trånga passager och dörrar. Det mänskliga beteendet behandlas i dessa modeller på ett enkelt sätt genom att individerna som simuleras förses med en

fördröjningstid. Denna tid kan vara gemensamt eller individuellt specificerad för de simulerade personerna. Detta beror främst på kapaciteten i modellen. Fördelen med att betrakta mänskligt beteende som en fördröjningstid är att det redovisas öppet hur detta gjorts. Nackdelen är att varje användare själv måste göra de nödvändiga antagandena, vilket leder till osäkerhet i resultatet orsakad av vem som utför analysen. Förflyttningstiden kan ta några minuter i anspråk. I riktigt stora eller höga byggnader kan förflyttningen behöva pågå i flera 10-tals minuter och uppåt.

Varseblivningstiden kan i vissa fall beräknas utifrån information om hur brandgas sprids i byggnaden. När en viss mängd gas spridits till ett rum kan det antas att personerna i rummet varslats. I det fall byggnaden är försedd med ett automatiskt brandlarm kan detta också ge information om att brand brutit ut. Detektionstiden för detektorer i ett brandlarm kan beräknas. Varseblivningstiden kan variera från några sekunder till flera minuter.

En stor svårighet vid beräkning av utrymningstiden är att uppskatta beslut- och reaktionstiden. Tiden ska innefatta tidsåtgången för personen eller gruppen av personer att fatta beslut om att utrymma. Men detta beslut behöver inte vara det enda och vanliga. Andra aktiviteter är exempelvis att undersöka vad som hänt, försöka rädda värdeföremål och ringa efter räddningstjänsten. Alla aktiviteter som inte innebär förflyttning tar tid i anspråk som tillsammans utgör besluts- och reaktionstiden. Tiden kan inte beräknas utan måste uppskattas utifrån genomförda försök och erfarenheter efter inträffade bränder. Vid en riskanalys bör tiden inte understiga en minut och längre tider är vanliga. Informativa utrymningslarm kan förkorta besluts- och reaktionstiden.

Tid till kritiska förhållanden. En brand producerar en mängd brandgas och värme. Dessa produkter transporteras genom öppningar i byggnaden drivna av termisk stigitkraft och yttre tryckförhållanden. Allt eftersom branden fortgår kommer mer och mer brandgas och värme att ackumuleras i varje rum i en byggnad.

Efter en viss tid är nivåerna av giftiga produkter i brandga-

sen och värmeansamlingen så stor att personer i rummet inte längre kan befinna sig där. Man säger att kritiska förhållanden för utrymning har inträffat. När detta sker efter brandens start beror på en mängd fysiska faktorer. De främsta av dessa är brandeffektutvecklingen (mäts i kW), rummets storlek och förbindelser mellan dessa, brandkällans materialsammansättning, brandspridningspotentialen och yttre faktorer som vindpåverkan.

De modeller som används för att beskriva brandgasspridningen och för att i nästa steg kunna bestämma tid till kritiska förhållanden kan delas in i tre kategorier:

- Handräkningsmodeller.
- Zonmodeller.
- Fältmodeller eller CFD-modeller (Computational Fluid Dynamics).

Handräkningsmodellerna kan användas för enklare beräkningar där t.ex. endast ett rum är aktuellt att studera. Modellerna används mest för att dimensionera rökluckor och brandgasfläktar i enkla situationer. De följande två modelltyperna kräver datorkapacitet för beräkningen. I de flesta fall kan zonmodellerna användas och det finns ett flertal både kommersiella och gratisprogram tillgängliga. Det mest spridda programmet är CFAST vilket utvecklas vid NIST, National Institute of Standards and Technology, i USA. Zonmodeller delar upp varje rum i en varm övre del och en kall nedre del. All transport av massa och energi mellan de två zonerna sker genom en brandplym som bildas ovanför branden och som fungerar som en pump för massa och energi. Brandgas som strömmar från ett rum till ett annat överför massa och energi genom en ny brandplym i varje dörröppning. På det viset kan modellen beräkna brandgasspridning mellan flera rum.

Det har dock visat sig att tillförlitligheten i de resultat som produceras med zonmodeller kan avvika ganska mycket från ett verkligt förlopp. Detta gäller speciellt för bränder som inträffar i ytmässigt stora lokaler och där takhöjden är låg eller i byggnader där brandgasspridning sker genom flera rum eller vertikalt mellan rum. Även spridning i korridorer och schakt modelleras mindre bra med en zonmodell. Trots dessa nack-

delar används zonmodeller flitigt men med ibland tvivelaktiga resultat.

För att kunna göra några mer tillförlitliga analyser i de fall då zonmodellerna inte är tillämpliga kan den tredje modellkategorin, CFD-modeller, användas. Dessa är mer förfinade modeller och delar upp varje rum i ett stort antal, ofta flera tusen, mindre kontrollvolymmer. I dessa kontrollvolymmer löses de fundamentala värme- och massbalansekvationerna, vilket leder till en mycket trovärdig beskrivning av förhållandena i respektive rum.

På senare år har det utvecklats både kommersiella och icke-kommersiella CFD-program. Några av dessa är dessutom anpassade för att kunna simulera brandförlopp där brandens effektutveckling kan anges. Annars behandlar CFD-modellerna vanligen branden genom att se brandgas som utströmmande varmluft. Nackdelen med CFD-modeller är att de är förhållandevis datorkrävande och dessutom kräver väldigt mycket expertkunskap av användaren. Av den anledningen är det bara ett fåtal personer som klarar av att genomföra en CFD-simulering. Men utvecklingen går mot mer lättanvända program, vilket gör att denna typ av modell på sikt kommer att ersätta zonmodeller.

Val av kritiska förhållanden. Vid riskanalys måste sluthändelsen på något sätt beskrivas dvs. att kritiska förhållanden inträffar vid utrymning. Men det är inte väldefinierat vad som avses med kritiska förhållanden. I Boverkets byggregler (Boverket, 1994) anges några råd som kan användas vid dimensionering (se tabell 4.16). Reglerna är satta så att om en person utsätts för den kritiska exponeringen är det stor sannolikhet att personen klarar sig utan alltför stort obehag. Nivån är alltså ganska lågt angiven och väl på säkra sidan. Men vid riskanalyser i allmänhet vill man kunna bestämma personrisken i form av antalet omkomna till följd av en viss verksamhet. Detta angreppssätt används då normalt inte vid byggnadsteknisk dimensionering av utrymningssäkerheten, men kan användas för riskanalys av befintlig verksamhet. Fördelen med att använda detta senare gränstillstånd vid analysen är att risken till följd av brand lättare kan jämföras med risken till följd av

Kriterium	Nivå	Källa
Brandgasskiktetsnivå från golv	lägst 1,6+0,1 × rumshöjden	BBR
Värmedos	max 60 kJ/m ² utöver energin från en strålningsnivå på 1 kW/m ²	BBR
Temperatur	max 80°C	BBR
Värmestrålning	max 2,5 kW/m ²	Purser (1995)
Toxicitet	Fractional Effective Dose* <1,0	Purser (1995)

* Anger sammanlagd effekt till följd av exponering mot giftiga gaser vanligen CO, CO₂, HCN och underskott av O₂.

Tabell 4.16 Kritiska förhållanden vid brandteknisk dimensionering av utrymningssäkerhet (Boverket 1994, Purser 1995).

andra händelser t.ex. ras och skred eller risker till följd av en nyetablering av en processindustri. I det sammanhanget måste man dock beakta faktorer som har att göra med riskacceptans och att det finns olika värderingsgrunder för risk.

Valet av dödliga kritiska förhållanden är heller inte oproblemiskt, eftersom olika personer är olika känsliga för påverkan av brandexponering. Äldre personer och personer med vissa handikapp är vanligen mer känsliga för påverkan. Valet av de kritiska förhållandena bör därför väljas så de hamnar på säkra sidan också för riskanalys med dödliga förhållanden som gränskriterium.

Den osäkerhet som finns i toleransen av exponeringen kan ingå i analysen om en så kallad osäkerhetsanalys genomförs. Då kan också populationen i den aktuella verksamheten anges som en osäker variabel och man får då normalt en bättre skattning av den aktuella risken. Svårigheten i det fallet är att en osäkerhetsanalys är mer omfattande att genomföra och kunskapen om de osäkra variablerna kan vara bristfällig eller saknas helt. Därför väljs kriterierna vanligen som punktvärden och sedan kompletteras analysen med en känslighetsanalys. (Se följande avsnitt.)

4.4.3 Osäkerheter och känslighetsanalys

I alla variabler som ingår i en riskanalys förekommer det osäkerhet om vilket värde variabeln har. Detta kan bero på att variabelns värde varierar till följd av naturlig variation t.ex. utomhustemperaturen. Men variationen kan också bero på att man är osäker på vilket värde som är det riktiga på grund av att man saknar tillräckliga kunskaper om variabeln t.ex. spridningshastigheten för brandgasen i rummet eller modellosä-

kerhet. I de flesta fall finns det inte så mycket kunskap att det ens går att fastställa ett exakt värde utan man får nöja sig med att försöka se till att variationen är liten eller att i alla fall vara medveten om att det finns en variation.

I en riskanalys måste det framgå vilka osäkerheter som finns i analysresultaten, hur stora de är, på vilket sätt de påverkar resultatet och hur de har beaktats. Det kan verka som en upprepning att genomföra en osäkerhetsanalys eftersom en riskanalys i sig är ett sätt att ta hänsyn till vissa osäkerheter. Resultatet av en riskanalys kan presenteras som ett probabilistiskt mått t.ex. i form av en FN-kurva. Men den ytterligare information som en osäkerhetsanalys ger är att man ska kunna säga något om hur säker man är på att den risk som beräknats är riktig.

De osäkerheter som vanligen är svåra att kontrollera är de som man inte vet så mycket om. Det ligger lite i sakens natur, men det gör det än mer svårt att beskriva den osäkerhet som råder. De variabler som i en brandriskanalys vanligen bör beaktas i en osäkerhetsanalys är brandfrekvens, brandförloppsbeskrivning, beslut- och reaktionstid för personer i byggnaden, persontätheten i byggnaden, eventuell inverkan av personal samt effekten av tekniska system. Funktionen av tekniska system och organisatoriska åtgärder återfinns vanligen som scenarier som undersöks i den ordinarie riskanalysen t.ex. i form av grenar i ett händelsetråd. Det gäller för det fall då ett sådant angreppssätt för riskanalysen väljs. Om riskanalysen utgörs av en scenarioanalys bör omfattningen av osäkerhetsanalysen vara större.

Ett alternativ till en fullständig osäkerhetsanalys är att genomföra en känslighetsanalys. Det innebär att man undersöker känsligheten i förändringar i de ingående variablerna, vanligen de som är de mest osäkra. Syftet är att på ett kvantitativt sätt identifiera de variabler som har störst påverkan på resultatet, dvs. de som med en liten förändring kan ge ett stort utslag i resultatet. Dessa variabler är känsliga och måste kunna kontrolleras så de inte kan variera alltför mycket. Vad som kan vara »mycket« måste bedömas utifrån den aktuella situationen. En känslighetsanalys är ett minimikrav i samband med riskanalys.

4.4.4 *Presentation av analysresultat*

En brandriskanalys kan vara aktuell i minst tre fall:

- I samband med nybyggnation.
- Som en isolerad analys av brandskyddet i en befintlig byggnad.
- Som en integrerad del i en mer omfattande analys av en befintlig verksamhet.

I det första fallet är det naturligt att riskanalysen ingår i den brandskyddsdocumentation som ska finnas till varje ny byggnad eller till byggnad där s.k. ändring av byggnad skett. Det är i vissa fall nödvändigt att brandskyddsdocumentationen innehåller en riskanalys som utgör en verifikation av att de grundkrav som ställs i BVL (byggnadsverkslagen) är uppfyllda. Det är aktuellt, särskilt när en så kallad alternativ utformning av brandskyddet görs, vilket innebär att kraven i byggföreskrifterna, BBR, ej efterföljs och att säkerheten istället ska verifieras gentemot förordningstexten. I övriga fall utgör riskanalysen ett eget eller ett integrerat dokument.

Det som ska presenteras i en riskanalys är främst vilka åtgärder som vidtagits för att reducera risken och hur riskanalysarbetet kontrollerats och dokumenterats. Resultatet av analysen bör också på något sätt kopplas till en värdering av risken satt i sitt sammanhang, dvs. i jämförelse med liknande verksamheter. Risken presenteras vanligen i form av riskprofiler där en FN-kurva utgör ett exempel på en sådan. Andra tänkbara mått på risken som används i brandsammanhang är samhällsrisk uttryckt som ett medelvärde eller den förväntade konsekvensen per år. Ytterligare riskbegrepp som används är individrisk (sannolikhet att omkomma i verksamheten per år) det s.k. FAR-värdet (Fatal Accident Rate) som anger det förväntade antalet omkomna i en verksamhet per 1×10^8 exponeringstimmar. För övrigt sätter den valda riskanalysmetoden ofta gräns för vad som är möjligt att presentera. En graderingsmetod kan exempelvis enbart redovisa relativa risker.

4.4.5 *Riskvärdering*

Vilken risk är man som ägare, innehavare eller hyresgäst villig att acceptera när det gäller brand? Det finns idag inga allmänt

accepterade nivåer för det man kan kalla dimensionerande brandrisker. Byggnadstraditionen i landet har lett fram till en nationell risknivå som förmodligen är acceptabel. Men att därifrån kunna härleda en nivå som ska kunna användas för dimensionering eller värdering på lokal nivå har inte gjorts. Arbete med att definiera dimensionerande eller tolerabla risker pågår såväl nationellt som internationellt inom bl.a. ISO.

I avvaktan på att dessa nivåer finns definierade kan riskanalysmetodik användas för att jämföra olika alternativ utan att den absoluta risken behöver anges. Det blir då skillnaderna mellan olika alternativ som kommer att studeras och utgöra resultat i form av t.ex. riskprofiler. I vissa sammanhang t.ex. vid projektering av större infrastrukturella byggnationer har traditionella acceptanskriterier använts, ibland något modifierade, även för att värdera brandrisker. Men för byggnadsbränder har inte något liknande gjorts.

4.4.6 Riskreduktion

Det vanligaste sättet att reducera risker till följd av brand är att installera någon form av tekniskt system. Vid nyproduktion är det dessutom det enda alternativet eftersom risken enligt plan och bygglagen (PBL, 1987:10) och lagen om tekniska egen-skapskrav på byggnadsverk m.m. (BVL, 1994:847), endast får reduceras med komponenter som tillhör byggnaden. Ett annat alternativ är att istället begränsa användningen av en byggnad, men den är ofta inte aktuell. Det som bör observeras vid införandet av tekniska system är att de måste åtföljas av kontroll och underhållsrutiner för att funktionen ska kunna garanteras.

I befintliga verksamheter är det andra lagar exempelvis räddningstjänstlagen (RäL, 1986:1102) som bestämmer utformningen av riskreducerande åtgärder. Då kan även organisatoriska åtgärder som exempelvis utbildning vara aktuella. Även här måste åtgärderna följas av kontroll och uppföljningsrutiner.

Alla inblandade tjänar på att verksamheten bedrivs på ett sätt som minskar sannolikheten att brand överhuvudtaget uppstår, dvs. är frekvensreducerande. Den brand som aldrig uppstår utgör inget hot mot verksamheten. Verksamheten är samtidigt skyldig att vidta konsekvensreducerande åtgärder.



Figur 4.12. Skredet i Vagnhärad, 1997.

4.5 Ras och skred

Ett antal större skred och ras har inträffat i Sverige, såväl under de senaste decennierna som längre tillbaka. Några exempel är:

- Vagnhärad maj 1997. Ca 1,5 ha, ett antal villor underminerades, inga människor skadades.
- Tuve november 1977. Ca 27 ha, 65 bostäder förstördes och nio personer omkom.
- Getå oktober 1918. Skredet omfattade järnväg och landsväg. Efter skredet åker ett tåg med ca 300 passagerare ner i skredgropen, minst 41 personer omkommer.
- Intagan (Göta älv) 1648. Utglidande lermassor dämde upp älven, vattenytan uppströms höjdes ca 10 m och 85 människor omkom.

Traditionellt har risker relaterade till skred hanterats genom stabilitetsutredningar. En sådan utredning resulterar bl.a. i en säkerhetsfaktor mot brott (F). Formellt sett är en slänt stabil om F är större än 1 och instabil om F är mindre än 1, dock finns det osäkerheter i alla beräkningar och F har därmed en

Ras och skred – ett led i den geologiska utvecklingen

(Svenska Kommunförbundet, 1998)

Det pågår en ständig förändring av landskapet. Naturkrafterna strävar efter att utjämna branter och slänter till jämnvikt. Allteftersom landhöjningen fortgår gräver sig älvar och bäckar allt djupare ner i jorden. Slänterna mot vattendragen blir högre och brantare. När påfrestningen i jorden blir för stor inträffar ett ras eller skred och slänten jämnas ut. Säker mark kan därför med tiden bli osäker.

Människan kan påskynda eller fördröja förloppet t.ex. genom att belasta marken, schakta bort jord, ändra på ett vattendrags flöde eller läge eller på grundvattenytans nivå. Små förändringar kan påverka jämnvikten och utlösa ras eller skred.

I de flesta fall ökar belastningen på jorden när man bygger hus eller vägar. Utfyllnader med jordmassor är tunga - en meter grus väger två ton per m², det motsvarar belastningen från ett tvåvåningshus.

Om vattennivån i ett vattendrag sjunker minskar mothållet. Det ger samma effekt som om belastningen på marken ökar.

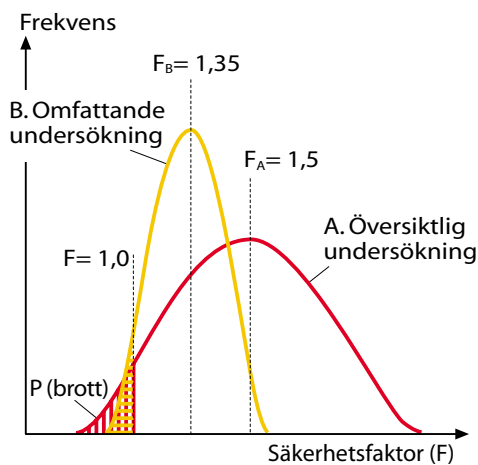
Om vattentrycket i marken (portrycket) ökar försämras jordens hållfasthet. Hållfastheten kan också försämrav av vibrationer och skakningar från tung trafik, sprängning eller pålning.

Skred eller ras inträffar ofta vid snösmältning och tjällossning och under perioder då det regnar mycket. Stora kalhyggen medför att markvatten rinner undan istället för att sugas upp, vilket resulterar i kraftigare erosion på sluttningar och i dalgångar.

viss statistisk spridning. Denna spridning är beroende av undersökningarnas detaljeringsgrad. I en översiktlig studie krävs att F är betydligt större än 1 för att en slänt ska anses stabil. Vid mer detaljerad utredning kan tillfredsställande stabilitet anses vara uppfyllt vid lägre värden på F . Detta åskådliggörs i figur 4.13.

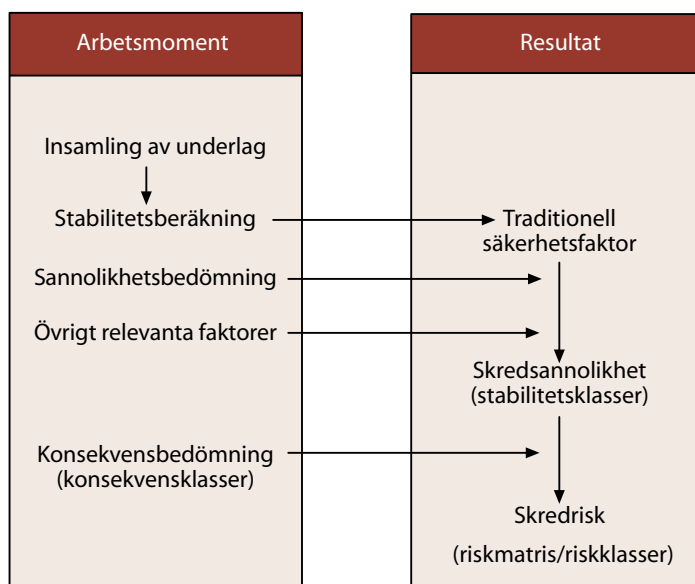
Arbets- och beräkningsgång vid stabilitetsutredningar och beräkning av säkerhetsfaktorer redovisas i *Anvisningar för släntstabilitetsutredningar* (Skredkommisionen 1995).

Begreppet »riskanalys« (i den betydelse av begreppet som läggs i denna handbok) är relativt nytt inom ras- och skredområdet. Under senare år har det skett en utveckling mot traditionell riskanalys med bedömning av sannolikheter och konsekvenser och utifrån detta en samlad värdering av risk. Detta är på många sätt en önskvärd utveckling som (på sikt) bör göra det möjligt att bedöma skredrisker utifrån ett likartat underlag som för andra risker i samhället. I figur 4.13 beskrivs huvudprinciperna för en riskanalys avseende skredrisker. Beskrivningen är i allt väsentligt baserad på SGI-rapporten;



Figur 4.13 (Skredkommissionen 1996).

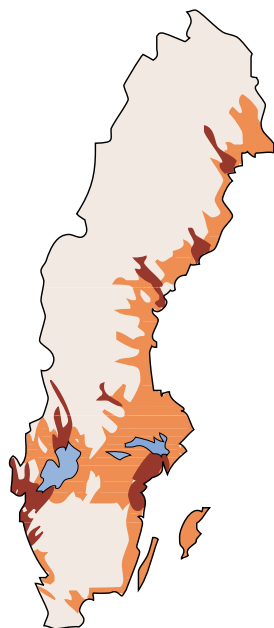
$F_A > F_B$ men $P(\text{brott})^A = P(\text{brott})^B$



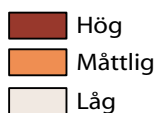
Figur 4.14 Schematiskt flödesschema vid skredriskanalys (Alén et al, 2000).

Skredriskanalys i Göta älvdalen – Metodbeskrivning (Alén et al, 2000). Arbetsmetoden kan schematiskt åskådliggöras enligt figur 4.14.

I det följande materialet redovisas översiktligt huvudprinciperna för genomförande av riskanalysen. Beräkning av säkerhetsfaktorer eller detaljerat underlag för sannolikhets- och konsekvensbedömningar redovisas däremot ej.



Frekvens av skredarr
och raviner



Figur 4.15 Kartering utförs kommun för kommun och pågår kontinuerligt. Hittills har drygt 100 kommuner karterats i de delar av landet som är mest skredkänsliga. Vilka kommuner som står på tur att karteras avgörs av Räddningsverket i samråd med SGIs myndighetsfunktion (Räddningsverket 2002).

4.5.1 Riskidentifiering och sannolikhetsbedömning

Förutsättningar för skred föreligger framförallt vid *lutande lerområden* (lutning $> 1:10$) och *branta slänter i silt och sandområden* (Skredkommissionen, 1995).

Exempel på riskfaktorer som bör beaktas vid en inledande besiktning av ett område där grundläggande förutsättningar för skred föreligger är enligt Skredkommissionen (1995):

- Indikationer på rörelser i området som t.ex. sprickor i ytliga marklager eller i byggnader.
- Erosionsförhållanden i vattendrag.
- Yttre laster som trafik, byggnader, snö, permanenta eller tillfälliga upplag.
- Vattenledningar, trummor, kulvertar.
- Avverkning av vegetation.

Utgångspunkten för sannolikhetsanalysen är den traditionella stabilitetsberäkningen som resulterar i en beräknad säkerhetsfaktor (F). Denna faktor säger ingenting om konsekvensen av ett skred men utgör ett visst mått på sannolikheten. Normalt tas emellertid inte på något explicit sätt hänsyn till osäkerheter. Osäkerheter som oftast behöver beaktas är relaterade till belastningar (jordens egentyngd samt yttre laster), slängtgeometri, hållfasthet, portryck och beräkningsmodell.

I den analysen kan osäkerheter i viss mån beaktas genom ett konservativt val av parametrar och beräkningsmodell. I skredriskanalysen betraktas säkerhetsfaktorn som en variabel som kan anta olika värden, med en given sannolikhet. Säkerhetsfaktorn kan då beskrivas med hjälp av medelvärde och ett mått på spridningen, t.ex. standardavvikelse. Medelvärdet kan vara det traditionellt beräknade F förutsatt att troligaste parametrar använts vid beräkningen (dvs. ingen säkerhet »inbyggd« i beräkningarna genom konservativt val av parametrar).

I Götaälvutredningen (Alén et al, 2000) har stabilitetsberäkningar utförts på konventionellt sätt och med hjälp av en statistisk analys har resultatet av dessa översatts till relativa skredsannolikheter enligt tabell 4.18.

Konsekvensklass	Utbredning	Skador i vattenområdet	Skador på land	Jämförbart exempel*
1. Lindriga skador	Undervattensslänt och strandområde.	Tillfälligt stopp i sjöfart. Störningar i kommunal vattenförsörjning.	Obebyggt område: 100 m från strandlinje. Mindre lokalvägar. Ej förorenad jord.	Agnesberg 1993
2. Stora skador	Stora vatten- och landområden.	Ca 1 månads stopp i sjöfart. Störningar i kommunal vattenförsörjning.	Obebyggt område: 100–250 m från strandlinje. Bostadshus 1–2 st, eventuellt ett par omkomna. Måttligt förorenad jord.	
3. Mycket stora skador	Stora vatten- och landområden.	Ca 1 månads stopp i sjöfart. Allvariga störningar i kommunal vattenförsörjning.	Obebyggt område: >250 m från strandlinje. Bostadshus 3–10 st, eventuellt flera omkomna och skadade.	Vagnhärad 1997
4. Katastrofala skador	Mycket stora vatten- och landområden.	Långvarigt avbrott i sjöfart. Kommunala vattenintag stängs.	Bostadshus >10 st, eventuellt många omkomna och skadade. Industrier med risk för allvarlig miljöpåverkan.	Tuve 1977

*Ur någon aspekt.

Tabell 4.17
Konsekvensklasser från
Götaälvutredningen
(Alén et al, 2000).

Klass	p_F	F
1	Försumbar	>2
2	Någon	1,5–2
3	Viss	1,2–1,5
4	Påtaglig	1–1,2

Tabell 4.18 Stabilitetsklass/Skredsannolikhet (p_F) och Säkerhetsfaktor (F) från Götaälvutredningen (Alén et al, 2000).

4.5.2 Konsekvensanalys

Ett skred kan resultera i direkta skador på liv, egendom och miljö. Vidare kan indirekta skador uppkomma genom t.ex. stopp i försörjnings- och transportsystem.

Konsekvenser kan uttryckas i olika termer såsom skadade eller omkomna människor, ekonomisk förlust m.m. I Götaälvutredningen har en verbal beskrivning av fyra konsekvensklasser använts enligt tabell 4.17.

4.5.3 Riskbedömning, presentation av analysresultat samt riskvärdering

Stabilitets- och konsekvensklasserna representerar tillsammans en riskmatris enligt tabell 4.19.

Genom att, för aktuella markavsnitt, värdera stabilitets- och konsekvensklasser kan risknivån för respektive avsnitt beskrivas med ett talpar, t.ex. 3/2 dvs. »viss sannolikhet« för »stora skador«. Dessa talpar kan sedan plottas in på kartmaterial.

Skredrisken har i Götaälvutredningen bedömts i tre nivåer: *godtagbar risknivå* (samhällsutveckling med vissa förbehåll),

Sannolikhet:	Konsekvens:			
	1. Lindriga	2. Stora	3. Mycket stora	4. Katastrofala
4. Påtaglig	Påtaglig sannolikhet för lindriga skador	Påtaglig sannolikhet för stora skador	Påtaglig sannolikhet för mycket stora skador	Påtaglig sannolikhet för katastrofala skador
3. Viss	Viss sannolikhet för lindriga skador	Viss sannolikhet för stora skador	Viss sannolikhet för mycket stora skador	Viss sannolikhet för katastrofala skador
2. Någon	Någon sannolikhet för lindriga skador	Någon sannolikhet för stora skador	Någon sannolikhet för mycket stora skador	Någon sannolikhet för katastrofala skador
1. Försumbar	Försumbar sannolikhet för lindriga skador	Försumbar sannolikhet för stora skador	Försumbar sannolikhet för mycket stora skador	Försumbar sannolikhet för katastrofala skador

Tabell 4.19 Risk-matriser från Götaälv-utredningen (Alén et al, 2000).

osäker risknivå (alltid utredningsbehov) och *ej godtagbar risknivå* (förebyggande åtgärder erfordras). Även dessa riskområden kan plottas in på kartmaterial.

4.5.4 Riskreduktion

Riskreducerande åtgärder, som reducerar sannolikhet för, och/eller konsekvens av skred kan utgöras av *restriktioner avseende bebyggelse och markanvändning, mätning och övervakning, utrymning och förstärkningsåtgärder*.

Förstärkningsåtgärder kan t.ex. bestå av (Skredkommissionen, 1996):

- Ändring av topografin: ersättning av eroderade massor och erosionsskydd, kulvertering/stödfyllning, omgrävning av vattendrag, avschaktning samt utflackning av slänt.
- Ändring av jordens skjuvhållfasthet: förstärkning med kalk eller cementpelare samt sänkning eller begränsning av grundvattenstryck.
- Ändring av belastningar: utbyte av massor, bankpålning, sponter samt höjning av vattenyta i vattendrag.
- Övriga åtgärder kan vara jordspikning.

4.6 Översvämning

Med översvämning avses att markområden utanför den normala gränsen för sjö, vattendrag eller hav ställs under vatten (Räddningsverket, 2000). Översvämningar kan inträffa vid:

- Områden utmed älvsträckor och sjöar där mer vatten tillförs än vad som kan avledas.

Exempel på översvämningar i Sverige:

1938 Spölandskatastrofen i Umeälven (figur 4.16)

1977 Extrem vårflood i Bergslagen. På vissa platser noterades 40 cm högre vattenstånd än vad som tidigare uppmätts sedan observationernas början under tidigt 1900-tal.

1995 1900-talets högsta flöden i flera oreglerade vattendrag i norra och mellersta Sverige i samband med kraftig vårflood och regn. För en del vattendrag erhöles flöden med en återkomsttid av 100 år eller mer.

2000 Höstflöde i Värmland och Dalsland. Väneren nådde sitt högsta vattenstånd sedan 1927. Sommarflöden i södra Norrland.

- Kustområden i samband med högt vattenstånd i havet.
- Häftiga regn på ytor som normalt ej gränsar till vatten.

Orsaker till översvämningar står som regel att finna i ett flertal samverkande meteorologiska och hydrologiska faktorer. Exempel på faktorer, förhållanden och händelser som kan vara av betydelse är:

Vårflod på grund av snösmältning vid snabb vår och/eller tjockt snötäcke kan ge upphov till stora vattenflöden.

Kraftigt och/eller långvarigt regn kan resultera i översvämningar även av områden som normalt ej täcks av vatten.

Kustöversvämningar kan inträffa vid högt vattenstånd i havet på grund av lågt lufttryck och kraftiga vindar, ofta kombinerat med högt flöde i tillrinnande vattendrag.

Isproppar och islossning kan resultera i begränsningar av flödet och, i vissa fall, i direkt mekanisk skada.

Vattendragets geometri. Sektioner med liten tvärsnittsarea är begränsande för flödet. Liten lutning i kombination med flacka stränder resulterar i låg avbördningskapacitet och risk för utbredning över stora arealer.

Regleringar av vattendrag kan bidra till att minska problemen vid små regnmängder. Vid stora regnmängder kan de i vissa fall förvärra situationen. Detta i samband med fyllda magasin och intensiv nederbörd då maximal tappning kan erfordras med hänsyn till dammsäkerheten.

Figur 4.16 Spöland 1938, fotografi ur Västerbottens museums arkiv.



Exempel på damm-olyckor i Sverige och internationellt

1973 Utsläpp av 12 000 m³ vatten från mindre damm i Sysslebäck, små materiella skador. En person omkom.

1985 Utsläpp av ca 1 miljon m³ vatten från Noppikoskidammen i samband med hög nederbörd och problem med att öppna en utskovslucka.

1998 Omfattande utsläpp från sedimentationsdamm vid Aznalcólar, Los Frailes i Spanien. Ca 7 miljoner m³ sand och vatten rann ut. Saneringskostnaderna uppskattades till ca 1200 miljoner SEK.

2000 Ras i gruvdamm vid Aitikgruvan, Sverige orsakade utsläpp av ca 1,8 miljoner m³ vätska, främst till klarningsbassäng.

2000 Sedimentationsdamm vid Baia Mare, Rumänien brast i samband med översvämning. Händelsen orsakade fiskdöd och förgiftning av dricksvatten för ca 1 miljon människor. (Rosén et al, 2001; FOA)

Dammbrott kan ge upphov till en flodvåg och att vattenstånd och vattenföring ökar mycket snabbt. Allvarligare olyckor har hittills inte inträffat i Sverige, men vissa regleringsdammar har sådant läge att bebyggda områden kommer att sättas under vatten i händelse av dammbrott.

Någon enhetlig och allmänt accepterad metod för att genomföra riskanalyser, innefattande sannolikhets- och konsekvensanalys, riskpresentation och värdering av risk relaterad till översvämningar existerar ej i nuläget, däremot pågår forsknings- och utvecklingsprojekt inom området. I Rosén et al, 2001; FOA 2002; Räddningsverket 2000 belyses några grundläggande begrepp och tillgängliga metoder inom området.

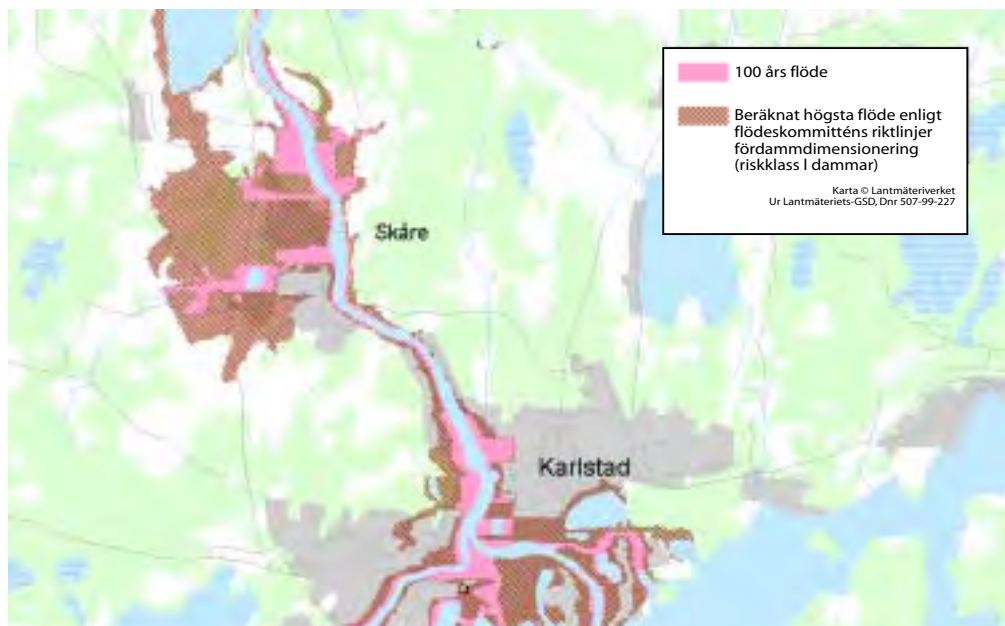
I framställningen skiljs fortsättningsvis på *översvämning* av »naturliga« orsaker och *dammbrott*.

4.6.1 Riskidentifiering och sannolikhetsbedömning

Information för att bedöma sannolikhet att ett visst område ska ställas under vatten erfordras dels i akuta situationer för planering av räddningsinsatser, dels i det förebyggande arbetet t.ex. i samband med planfrågor.

Information i akuta lägen erhålls främst från SMHI:s vädervarning. Varningar för höga flöden utfärdas i två kategorier: Klass 1 som motsvarar högt flöde och klass 2 som motsvarar mycket högt flöde och extremt högt flöde. *Högt flöde* är flöden med återkomsttid på 2–10 år, *mycket högt flöde* är flöden med återkomsttid på 10–50 år samt *extremt högt flöde* är flöden med återkomsttid på 50 år eller mer (begreppet återkomsttid förklaras senare i texten).

I det förebyggande arbetet erfordras annan typ av information, t.ex. vilka områden som riskeras att ställas under vatten och sannolikheten för att detta ska inträffa. Ett hjälpmedel i detta sammanhang är översvämningsskator (exempel visas i figur 4.17). Översvämningsskator utgör ett underlag för kommunens översiktsplanering och är också en hjälp för att tolka varningar för höga flöden. En översiktlig översvämningsskartering av svenska vattendrag pågår (Räddningsverket, 2002). Skarteringen omfattar såväl reglerade som oreglerade vattendrag men omfattar ej översvämningar orsakade av islossning eller dammbrott.



Figur 4.17 Översiktlig översvämningskartering (Räddningsverket, 2002).

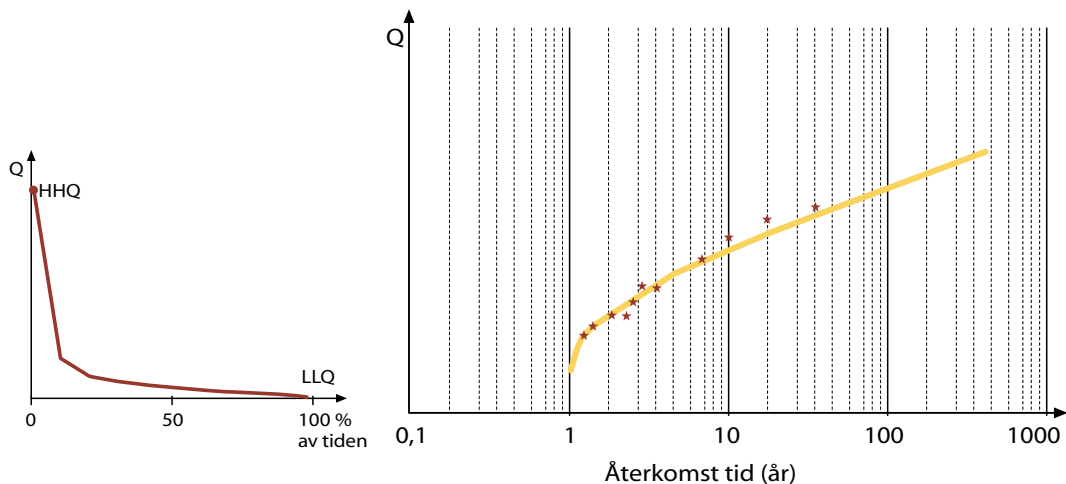
Av översiktskartorna framgår vilka områden som kan utsättas för översvämmning vid två flöden:

- Flöde med återkomsttid på 100 år (se nedan).
- Beräknat högsta flöde. Denna beräkning bygger på en kombination av de kritiska faktorer (regn, snösmältning, markfuktighet, magasinfullning) som bidrar till högt flöde. Statistisk återkomsttid kan ej anges.

Materialet är avsett för översiktsplanering. Vid detaljplanering inom utsatta områden krävs noggrannare kartering.

Beräkning av återkomsttid. Utifrån en tidsserie av uppmätta flöden kan varaktighetsdiagram (figur 4.18) och frekvenskurvor (figur 4.19) upprättas. Utifrån dessa kan återkomsttid (T) och sannolikhet för olika flöden beräknas (Räddningsverket, 2000).

I ett varaktighetsdiagram har alla uppmätta flöden sorterats i storleksordning, med högst uppmätta flöde (HHQ) längst till vänster och lägst uppmätta flöde (LLQ) till höger. Ur diagrammet kan avläsas den tid (i procent av mätperioden) som ett visst flöde, eller större, har förekommit.



Figur 4.18 till vänster. Varaktighetsdiagram (Räddningsverket, 2000).

Figur 4.19 till höger. Frekvensanalys (Räddningsverket, 2000).

Tabell 4.20 Sannolikhet i % för att ett flöde med återkomsttiden T år ska inträffa under en period av N år (Räddningsverket, 2000).

Den statistiska återkomsttiden (T) för ett flöde kan bedömas med hjälp av frekvensanalys. I ett diagram markeras varje års högst uppmätta flöde. Kurvan jämförs med statistiska fördelningsfunktioner och återkomsttiden beräknas ur den funktion som bäst stämmer överens med mätvärdena. Sannolikheten att ett visst flöde överskrider under ett år kan anges som $1/T$ (t.ex. $1/100$ för 100-årsflödet). Med återkomsttid för ett flöde avses således den tid det i genomsnitt tar innan ett lika stort eller större flöde inträffar. Osäkerheten i beräkningen ökar med den beräknade tidens längd i förhållande till mätperiodens längd.

Begreppet återkomsttid, t.ex. 100-årsflödet, kan leda till missuppfattningar. Dels kan begreppet uppfattas som att om 100-årsflödet inträffat nyligen så kommer det att dröja ca 100 år innan det (eller ett större flöde) upprepas. Så är inte fallet. Sannolikheten för ett 100-årsflöde ett visst bestämt år är lika

Återkomsttid, T år:	Periodlängd, N år					
	10	50	100	200	500	1000
10	65	99	100	100	100	100
50	18	64	87	98	100	100
100	10	40	63	87	99	100
200	5	22	39	63	92	99
500	2	10	18	33	63	86
1000	1	5	10	18	39	63

stor, oavsett när det sist förekom. Ett annat problem kan vara att begreppen 100-årsflöde eller 1 000-årsflöde, kan ge ett intryck av en betryggande låg sannolikhet. Men av tabell 4.20 framgår att sannolikheten för att 100-årsflödet ska uppkomma under en anläggnings livstid (t.ex. en dammkonstruktion) är 40% om livstiden (N) sätts till 50 år. Om livstiden sätts till 100 år är sannolikheten 63%. Motsvarande siffror för 1000-årsflödet är 5 respektive 10%.

Dammbrott. Som diskuterats ovan så kan översvämningar i viss utsträckning förutsägas medan dammbrott däremot kan inträffa plötsligt, utan förvarning. Ett dammbrott kan medföra att mycket stora vattenmängder frigörs under kort tid, vilket kan ge upphov till en flodvåg. Dammbrott kan inträffa vid läckage i dammkonstruktionen eller grunden, och vid överströmning på grund av problem med luckor etc. Även sabotage kan vara en faktor att beakta.

Dammar indelas ofta i fyllningsdammar (består huvudsakligen av packad jord och sprängsten), betongdammar (kan vara av massiv-, valv- eller lamelltyp) och övriga dammar. Av dessa är fyllningsdammar vanligast i Sverige.

Fyllningsdammar. En internationell sammanställning av dammbrott och förändringar (läckage, rörelser m.m.) samt orsaker till dessa har genomförts av ICOLD (International Commission on Large Dams). Sammanställningen baseras på en genomgång av 14700 dammar, fram till 1983. Av denna inventering framgår att 0,7% av alla dammar har rasat. Frekvensen för fyllningsdammar är något högre (ca 0,8%). En indikation på storleksordningen av sannolikhet för dammbrott och orsaker ges av tabell 4.21 (FOA, 2002).

En procentuell fördelning av dammbrott och dammförändringar över tiden i förhållande till dammens färdigställande redovisas i tabell 4.22 (FOA, 2002).

Betongdammar. Svenska erfarenheter av dammbrott i betongdammar saknas. Dessa har oftast grundlagts på berg av god kvalitet, varför säkerheten hos dem har bedömts som god i de dammsäkerhetsutvärderingar som genomförts.

Orsak till dammbrott	% fördelning	Sannolikhet för dammbrott
Överströmning och brott på t.ex. utskov	48	1/250
Instabilitet av t.ex. slänter	8	1/1500
Inre erosion i dammkropp eller undergrund	40	1/300
Övrigt	4	1/1000
Totalt	100	1/120

Tid efter färdigställande	Dammbrott %	Dammförändring %
Byggnadstiden	14	11
Första dämning	40	25
Första 5 åren	11	20
Senare än 5 år	30	26
Ej specificerat	5	18
Totalt	100	100

Tabell 4.21. Genomsnittlig sannolikhet för dammbrott för fyllningsdammar räknat på hela dammens livstid.

Tabell 4.22. Procentuell fördelning av dammbrott och dammförändringar över tiden i förhållande till dammens färdigställande.

Övriga dammar. Dammar av andra typer är ofta äldre konstruktioner av trä eller murverk. Dessa är ofta låga men på grund av närhet till bebyggelse kan ett dammbrott ändå resultera i betydande konsekvenser.

Något enhetligt system för beräkning och presentation av sannolikhet för dammbrott finns inte. De för fyllningsdammar angivna sannolikhetstalen är medelvärden för de dammar som ingått i undersökningen. Dessa tal kan vara mer eller mindre representativa för en specifik damm i Sverige.

4.6.2 Konsekvensanalys

Översvämningar och dammbrott kan ge upphov till:

- Direkt förlust av människoliv om personer ej hinner sätta sig i säkerhet.
- Indirekt hälsofara på grund av att vatten och avloppssystem påverkas.
- Miljöskador till följd av översvämning av industriområden med påföljande utsläpp eller utsläpp av förorenat vatten vid haveri av gruvdammar.
- Erosion – ras och skred till följd av höga flöden.
- Ekonomiska skador till följd av att åker- och skogsmark, byggnader och produktionsmedel sätts under vatten.
- Störningar i transport-, kommunikations- och produktionssystem med därtill hörande ekonomiska konsekvenser.

Klass 1A: Uppenbar risk för förlust av människoliv

Klass 1B: Icke försumbar risk för förlust av människoliv eller allvarlig personskada

Klass 2: —

Klass 3: —

Tabell 4.23 Klassificering av dammar med avseende på förlust av människoliv och personskada i händelse av dammbrott (RIDAS, 1997).

Tabell 4.24 Klassificering av dammar med avseende på skada på infrastruktur, miljö och egendom i händelse av dammbrott.

Något accepterat system för bedömning och klassificering av dessa konsekvenser, utvecklat specifikt för »naturliga« översvämningar, finns ej.

När det gäller miljökonsekvenser har ett förslag på klassificeringssystem redovisats i rapporten *Kartering av miljöpåverkan vid översvämningar* (Rosén, 2001).

Kraftindustrin genomför en konsekvensklassificering av sina dammar med avseende på de konsekvenser som kan uppstå i händelse av dammbrott (RIDAS⁵, 1997). Dammarna indelas i fyra konsekvensklasser enligt tabellerna 4.23 och 4.24. Motsvarande klassning användes inom gruvbranschen (enligt DTU-manual, Drift-Tillsyn-Underhåll).

4.6.3 Riskbedömning, presentation av analysresultat samt riskvärdering

I avsaknad av enhetliga metoder för att bedöma och klassificera sannolikheter och konsekvenser relaterade till översvämningar och dammbrott saknas också specifika metoder för enhetlig presentation och värdering av risk. De generella resonemang och metoder som redovisats i kapitel 3 torde däremot vara tillämpliga.

4.6.4 Riskreduktion

Ett antal åtgärder kan vidtas som förhindrar eller mildrar översvämningar alternativt reducerar konsekvenserna av dessa:

Konsekvensklass	Konsekvens
1A.	Uppenbar risk för allvarlig skada på viktig trafikled; viktig dammbyggnad eller jämförlig anläggning; eller allvarlig skada på betydande miljövärde, samt stor ekonomisk skadegörelse.
1B.	Beaktansvärd risk för allvarlig skada på viktig trafikled; viktig dammbyggnad eller jämförlig anläggning; eller allvarlig skada på betydande miljövärde, samt uppenbar risk för stor ekonomisk skadegörelse.
2.	Icke försumbar risk för beaktansvärd skada på viktig trafikled; viktig dammbyggnad eller jämförlig anläggning; eller allvarlig skada på betydande miljövärde eller annans egendom.
3.	Försumbar risk för beaktansvärd skada på viktig trafikled; viktig dammbyggnad eller jämförlig anläggning; eller allvarlig skada på betydande miljövärde eller annans egendom.

5. RIDAS står för Riktlinjer för DAMMSäkerhet.

I reglerade vattendrag kan flödena jämnas ut genom tappningsplanering. Sådan utjämning kan också ske genom anläggning av särskilda flödesutjämningsmagasin, där sådana förutsättningar föreligger.

Genom att ta hänsyn till översvämningsrisker i den fysiska planeringen kan konsekvenserna reduceras. Den översiktliga översvämningskarteringen är här ett viktigt hjälpmedel.

System och konstruktioner för att reducera konsekvenser kan omfatta anläggning av invallningar av permanent eller temporär typ, installation av ventiler i vatten och avloppsledning, förinstallerade pumpar m.m.

Särskilda åtgärder kan erfordras för att hantera problem i samband med islossning. Detta kan omfatta isbommar, isfällor, sandning och sprängning.

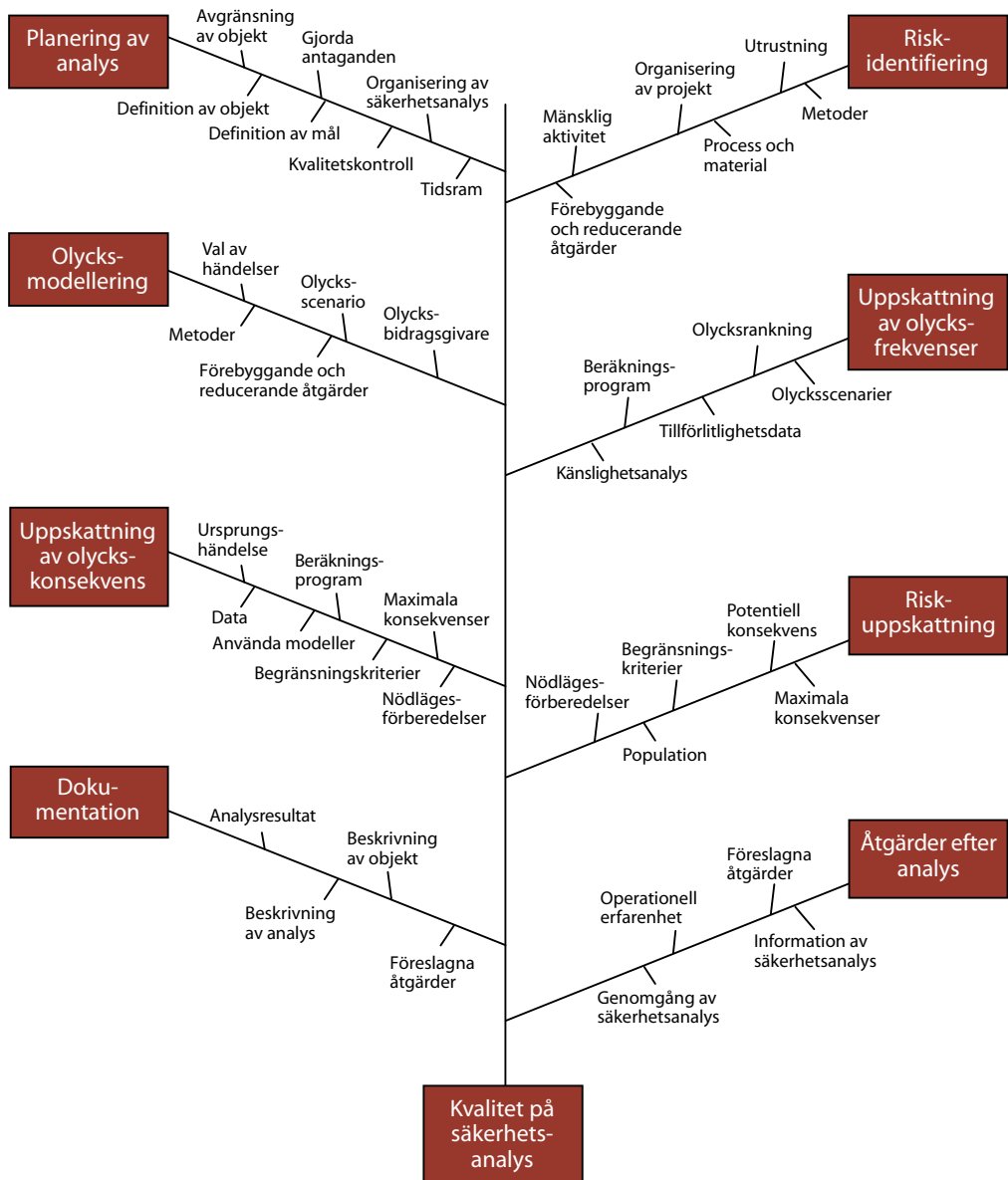
Hydrologiska meddelanden och flödesvarningar har tidigare berörts. Dessa är viktiga element för beredskapsplaneringen, när ett akut läge börjar inträda.

När det gäller dammar är säkerhetsarbetet primärt inriktat på att förhindra dammbrott. Systematisk inspektion för att på tidigt stadium upptäcka förändringar är den kanske viktigaste åtgärden. Inte minst kan detta gälla mindre dammar med kanske tveksam status. Fyllningsdammar är känsliga för överströmning. Det är här viktigt att avbördningsanordningar har hög funktionssäkerhet och tillräcklig kapacitet.

4.7 Referenser

- Alén, C. et al. 2000. X4, 1996. *Skredriskanalys i Göta älvdalen – Metodbeskrivning, rapport 58*. SGI.
- Boverket, 1994. *BBR 94*. Karlskrona: Boverket.
- BV-SRV 2000. *Ökad säkerhet för farligt gods på järnväg*.
- BSI, Draft for Development DD240. 1997. *Fire safety engineering in buildings. Part 1: Guide to the application of fire engineering principles*. British Standards Institution.
- Clancey, V.J. 1972. *Diagnostic Features of Explosion Damage*. 6th International meeting of Forensic Sciences, Edinburgh.
- Cox, Lees & Ang. 1990. *Classification of hazardous locations*. Institution of Chemical Engineers.
- Davidson, G. et al. 1997. *Värdering av risk*. Karlstad: Räddningsverket.
- Davidsson, G. & Swensson, G. 2000. *Risikanalytisk – farligt gods på Botniabanan, Etapp 1 BOTNIA 2000:004*. Det Norske Veritas.
- Frantzich, H. 2001. *Tid för utrymning vid brand. Rapport P21-365/01*. Karlstad: Räddningsverket.
- Fredén, S. 1994. *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods*. VTI Rapport Nr 387:2. 1994.
- Fredén, S. 2001. *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket.
- Fischer, S. et al. 1997. *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Metoder för bedömning av risker*. FOA Rapport R-97-00490-990—SE.
- FOA 2002. www.risknet.foa.se/damnbr/ (senast uppdaterad 20020210).
- Haeffler, L. et al. 2000. *Vägledning för riskbedömning av kyl- och frysanläggningar med ammoniak*. Karlstad: Räddningsverket.
- Hannah, J. et al. 1999. *Databaser om olyckor och risker*. Karlstad: Räddningsverket.
- Helmersson, L. 1994. *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg* VTI Rapport 387:4.
- Jacobsson, A. 2001. *Inherent safety*. Karlstad: Räddningsverket.
- Johansson, H. 1999. *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk projektering, Rapport 3105*. Lund: Brandteknik, Lunds Universitet.
- Kemikontoret. 1989. *Risker för storoelyckor, Riskhantering 4*. Kemikontoret.
- Kemikontoret. 2001. *Tekniska riskanalytiska metoder, Riskhantering 3*. Kemikontoret.
- Lees, F.P. 1996 *Loss Prevention in Process Industries*. Butterworth Heinemann.
- Linberg, E. & Morén, B. 1994. *Risikanalytiska metoder för transporter av farligt gods på väg och järnväg – projektsammanfattning*. VTI rapport 387:1.

- NIOSH, The National Institute for Occupational Safety and Health. 20010220. (www.cdc.gov/niosh/idlh/7446095.html).
- Purser, D. 1995. *Toxicity assessment of combustion products*. SSPE Handbook of Fire Protection Engineering, Ed DiNenno, NFPA.
- RIDAS, 1997. *Kraftindustrins riktlinjer för dammsäkerhet*. Svenska Kraftverksföreningen och VASO.
- Rosén, B. et al. 2001. *Kartering av miljöpåverkan vid översvämningar*. SGI/Räddningsverket.
- Räddningsverket. 2000. *Översvämning*, Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket 2001. *Räddningstjänst i siffror 2000*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. 2002 : www.srv.se/naturolyckor (senast uppdaterad 20020909).
- Skredkommissionen. 1995. *Anvisningar för släntstabilitetsutredningar, rapport nr 3:95*. IVA Skredkommissionen.
- Skredkommissionen. 1996. *Anvisningar för släntstabilitetsberäkningar, rapport 5:95*. IVA Skredkommissionen.
- Skredkommissionen. 1996. *Förstärkningsåtgärder i silt- och lerslänter, rapport nr 1:96*. IVA Skredkommissionen.
- Stadsbyggnadskontoret Göteborg. 1997. *Översiktsplan för Göteborg, Fördjupad för sektorn "Transporter av farligt gods", bilaga 1-5*.
- Svenska Kommunförbundet. 1998. *Minirapport 24 »Risk för skred? – Om kommunens beredskap, roller och ansvar.«* Svenska kommunförbundet.
- VROM. 1996. *Risk Criteria for the Transport of Hazardous Substances*. Ministry of Housing, Planning and the Environment, Ministry of Transport and Public Works. The Hague.



Figur 5.1 Faktorer som påverkar riskanalysens kvalitet (Rouhiainen, 1990).

Riskanalysers kvalitet

Riskanalysers resultat används ofta som ett av underlagen i en beslutsprocess. Ibland fattas beslut enbart baserat på en riskanalys. För att kunna fatta rätt beslut är det därför ytterst viktigt att analysen är av hög kvalitet.

Det finns ett antal svårigheter som kan påverka riskanalysernas kvalitet. Exempel på dessa är (Tweeddale, 1998 och Lees, 1996):

- Det finns ingen garanti för att *alla* möjliga olyckshändelser kommer att identifieras (lämplighet och begränsningar av identifieringsmetoder).
- Data som används för att kvantifiera risker är ofta inte helt relevanta i förhållande till den specifika situationen som undersöks i analysen (osäkerhet av data för komponent- och operatörsfel eller brist på data).
- Sammanhang mellan orsak och verkan som kan leda till olyckshändelser är kanske inte fullständigt klarlagda.
- Sannolikheten av möjliga framtida olyckshändelser är beroende av ett antal obestämbara faktorer som exempelvis ledningens och personalens attityder och kompetens.
- Riskanalyser kan vara mycket resurs- och tidskrävande vilket kan leda till att ett antal förenklingar och antaganden behöver göras.
- Modelleringen av sammanhanget mellan orsak och verkan, frekvenser och konsekvenser av möjliga olyckshändelser kan vara alltför förenklad jämfört med omvärldens komplexitet (svårigheter och förenklingar vid modellering av olycksförlopp och konsekvenser, begränsningar i beräkningsmodeller).
- Förenklingar och antaganden som görs för att underlätta

modellering och bedömning av vissa skadehändelser kan vara lämpliga för ett antal förhållanden, men helt olämpliga för en specifik situation som ska undersökas.

Figur 5.1 visar vilka faktorer som kan påverka kvaliteten i riskanalysens olika faser. Framförallt påverkar fel som görs under de första analysstegen ofta i stor omfattning analysens fortsatta förlopp och kan leda till stora fel i resultaten. Ibland kan dessa fel inte heller korrigeras. Exempelvis är bedömningen av olycksfrekvenser och -konsekvenser baserad på vilka risker som har identifierats och hur identifierade risker har modellerats. Detta medför att analysresultaten måste hanteras varsamt, framförallt vid jämförelse med andra analysresultat som skapats under andra förutsättningar. Därmed uppstår behov för kvalitetssäkring av riskanalysprocessen, t.ex. genom standardisering av riskanalyskonceptet och innehållet av riskanalyser.

5.1 Kvalitetsbegrepp

Kvalitet definieras som *alla sammantagna egenskaper hos ett objekt eller en företeelse som ger dess förmåga att tillfredsställa uttalade och underförstådda behov* (SS-ISO 8402: 1994) och som *en produkts eller tjänsts förmåga att uppfylla en kunds behov och förväntningar* (Grimsdahl & Gunnarsson, 1993).

Riskanalyser utgör ofta del i beslutsunderlag. Därför är det viktigt att beslutsfattarna kan förstå och lita på analysens innehåll och resultat. Tjänsten »riskanalys« kan ha många kvalitetsdimensioner, till exempel pålitlighet, rykte och trovärdighet, tillgänglighet, kommunikationsförmåga och inlevelseförmåga.

Riskanalysens kvalitet återspeglas i analysens användbarhet, dvs. i vilken omfattning den uppfyller formulerade målsättningar och krav (Suokas & Rouhiainen, 1993). Principiellt kan riskanalysens kvalitet anses vara bra om analysen återspeglar verkligheten. Denna parameter är dock svårsmätbar. Därför kan riskanalysens kvalitet anses som bra när dess resultat reflekterar användning av lämpliga metoder för identifiering av skadefall och riskbedömning samt ändamålsenlig användning av information om verksamheten och dess place-

ring, tydlig och korrekt dokumentation av analysresultat och deras bakgrund.

Användbarheten av en riskanalys är beroende av dess kvalitet. Dock finns ett antal problem som kan sammanfattas med följande frågor (Rouhiainen, 1990):

- I vilken omfattning har möjliga skadehändelser och de mekanismer och faktorer som bidrar till deras uppkomst identifierats?
- Med vilken exakthet har riskerna uppskattats?
- Hur är förhållandet mellan använda resurser och uppnådda resultat (kostnads-nytta-aspekt)?

5.2 Krav (behov och förväntningar)

För att kunna uppnå hög kvalitet i riskanalysarbetet är det av stor vikt att kvalitetskrav på riskanalysen formuleras innan arbetet påbörjas och att dessa krav följs upp under arbetets gång och efter arbetets avslutande. Krav kan och bör ställas t.ex. gällande planering, genomförande och redovisning av analysen, men även beträffande granskning och verifikation.

Följande avsnitt behandlar i detalj vilka krav som kan och bör ställas med avseende på följande övergripande aspekter:

- Riskanalysens relevans.
- Riskanalysens redovisning.
- Riskanalysens osäkerhet.
- Granskning av riskanalys.

5.3 Krav avseende riskanalysens relevans

En riskanalys ska utgöra underlag för beslutsfattande, vilket måste framgå tydligt i beskrivningen av analysens mål.

För att riskanalysen ska bygga på god systematik och lämpligt val av modeller bör den genomföras av personer, som har god kännedom om såväl riskanalytiska metoder som den aktuella typen av anläggning.

I analysen ska inkluderas alla de faktorer som är relevanta för värdering av riskerna i den aktuella typen av anläggning och som är relevanta för det aktuella beslutsproblemet.

Riskanalysens begränsningar måste vara klart angivna.

Det kan gälla begränsningar vad gäller analysens omfattning men även begränsningar beträffande använda beräkningsmetoders giltighet.

Organisatoriska aspekter och aspekter på mänskligt felhandlande bör tas upp i tillräcklig omfattning. Det faktum att dessa aspekter är relativt svåra att kvantifiera får inte motivera att de utelämnas.

5.4 Krav avseende riskanalysens redovisning

En mycket viktig aspekt beträffande kvalitet av en riskanalys är dess dokumentation. Liksom för alla andra analyser och utredningar är det av stor vikt att redovisningen av en riskanalys uppfyller vissa elementära kvalitetskrav. Dokumentationen ska utföras med tanke på att den ska kunna kommuniceras till aktuella aktörer och, inte minst viktigt, kunna granskas och accepteras av personer som inte har deltagit i analysprocessen. Detta innebär ofta att analysen ska presenteras på ett enkelt, lättbegripligt och trovärdigt sätt, vilket ställer krav på pedagogiskt och stilistiskt kunnande hos utföraren. En bra dokumenterad riskanalys medför ofta ökad trovärdighet i analysresultat, ökad tillit och intresse för att använda den som underlag i beslutsprocessen. Kvalitetskraven gällande riskanalysens redovisning kan sammanfattas i punkterna nedan.

5.4.1 Syfte, precision och omfattning

Syftet med analysen ska tydligt framgå, t.ex. om man utför analysen på grund av inträffade tillbud eller incidenter, ändringar i produktionen eller för att verksamheten har klassats som t.ex. Sevesoanläggning. Den beslutssituation som motiverar riskanalysen ska vara beskriven, liksom i vilken grad risker för människa, yttre miljö eller egendom ska identifieras och kvantifieras. Det ska också framgå om analysen avser risker för anställda, 3:e person eller andra personkategorier.

Vilken noggrannhet som krävs i analysarbetet ska framgå, liksom när orsaks- och konsekvensanalys har genomförts i tillräcklig omfattning.

Behov av riskvärdering ska anges och i de fall en riskvärdering genomförs måste använda kriterier redovisas.

Vilka faser i livscykeln (projektering, byggnation, drift, avveckling etc.) som omfattas ska redovisas.

En redovisning av analysgruppens sammansättning och organisation samt ansvarig(a) för analysen är också nödvändig.

5.4.2 Anläggnings-, system- och omgivningsbeskrivning

Alla förhållanden som är av betydelse för möjligheten för uppkomst av olyckor, deras sannolikheter och konsekvenser ska beskrivas. Utöver en teknisk systembeskrivning innefattas även förhållanden som exempelvis berör verksamhetens organisation (ur säkerhetssynpunkt), drifts- och underhållsrutiner, utbildningsnivåer, populationsfördelning (dag/natt etc.), särskilt känsliga objekt, meteorologiska data. Beskrivningen av omgivningen kan i fall där så är relevant även omfatta topografiska förhållanden som kan ha betydelse för spridningen av en kemikalie. Det kan t.ex. röra sig om en trång dalgång, ett vattendrag, skog kontra öppen mark etc.

5.4.3 Olycksidentifikation

Metodiken för identifiering av olyckor och orsaker till dessa ska beskrivas. Exempel på orsaker är komponentfel, systemfel, driftsavvikelse, mänskliga felhandlingar, organisationsfel, yttre påverkan och sabotage.

Förekommande riskkällor ska vara angivna till både slag och läge. Eventuella dominoförlopp ska vara identifierade och redovisade. En sammanställning av eventuella erfarenheter från olyckor i liknande anläggningar eller system är ofta värdefull.

5.4.4 Beräkning av sannolikheter och frekvenser

Metodik för beräkning av sannolikheter och frekvenser ska anges. Utnyttjade databaser och övriga hjälpmedel (programvaror) etc. ska anges.

5.4.5 Beräkning av konsekvenser

Använda beräkningsprogram eller beräkningsmodeller ska redovisas. Genomförd validering för respektive programvara eller beräkningsmodell bör redovisas. Redovisning av konsekvenser beskrivs, t.ex. i form av isokoncentrations-, isodoslin-

jer eller motsvarande. Vilken påverkan som erhålls på människa, yttre miljö eller ekonomiska värden (t.ex. omkomna, skadade, långvarig skada på miljö, kortvarig/övergående skada på miljö) ska också redovisas.

5.4.6 Presentation av risker

Den metod som använts för att redovisa risker ska beskrivas och motiveras. Detta kan t.ex. innefatta presentation av resultat i form av riskmatris, individrisk (riskkonturer), samhällsrisk (FN-kurvor) eller PLL (Potential Loss of Life, statistiskt förväntat antal omkomna under en viss tidsperiod).

5.4.7 Värdering av risker

Vilka metoder som använts och vilka data som utnyttjats för beräkning av samlad risk ska beskrivas. En värdering av verksamhetens risker gentemot valda och motiverade kriterier bör göras. Förutom den totala risknivån bör dominerade riskbidrag beskrivas. Vidare bör förutsättningar och antaganden som kan påverka resultatet i konservativ eller icke-konservativ riktning sammanfattas och diskuteras.

5.4.8 Osäkerheter

Osäkerheter i indata, modeller, metoder etc. ska redovisas. Effekter av osäkerheter ska diskuteras eller belysas t.ex. genom parameterstudier. Värdering av osäkerheter är, generellt sett svårt. Det som är viktigt att belysa är i vilken utsträckning den osäkerhet som finns påverkar de beslut som tas eller de rekommendationer som lämnas.

5.4.9 Rekommendationer

Upprättande av rekommendationer för fortsatt riskhantering är ofta en naturlig del av en riskanalys. Dessa rekommendationer ska baseras på resultat av analysen, jämförelser mot valda kriterier samt bedömda osäkerheter.

5.4.10 Referenser

Alla dokument, kontakter etc. som arbetet baseras på ska anges.

5.4.11 *Transparens*

Alla beräkningar, antaganden etc. ska kunna följas. Resultat ska kunna verifieras. Alla antaganden som gjorts ska vara redovisade och motiv anges i de fall någon del uteslutits ur analysen.

5.5 **Krav avseende riskanalysens osäkerhet**

Osäkerhet i riskanalyser, både i kvalitativa och kvantitativa, är ofrånkomlig. Eftersom den har direkt påverkan på kvaliteten av de beslut som fattas är det viktigt att kunna bedöma i vilken grad den kan leda till felaktiga beslut.

Den traditionella ansatsen att »hantera« dessa osäkerheter genom att använda sig av konservativa⁶ antaganden kan bli kostsam och är ingen garanti för korrekta analysresultat. Uppskattning och diskussion av osäkerheter däremot bidrar till att öka kunskapen och förståelsen hos både analysgruppen och beslutsfattaren.

5.5.1 *Osäkerhet i riskanalysprocessen*

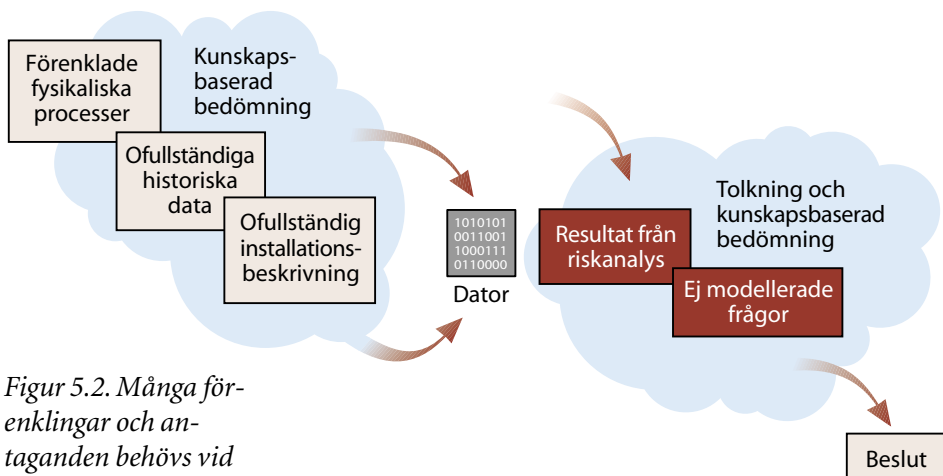
Riskanalyser kan utföras såväl kvalitativt som kvantitativt. Osäkerheter förekommer oavsett vilken metod som väljs. Det är viktigt att inse att det finns begränsningar, även i de mest detaljerade analyserna, se figur 5.2.

Osäkerhet förekommer vid alla steg i en riskanalys. Det kan röra sig om osäkerheter vid:

- Identifiering och modellering av möjliga olyckshändelser och deras händelseförlopp.
- Bedömning av sannolikhet och/eller frekvens av identifierade skadehändelser.
- Bedömning av konsekvenser av identifierade skadehändelser.
- Beslut om riskreducerande åtgärder.

Osäkerhet vid identifiering av skadehändelser är kopplad till vilken systematik som använts vid riskidentifieringen, vilken detaljeringsgrad som valts och vilken kompetens som finns i

6. Med »konservativ« avses i detta sammanhang att värderingen är gjord utifrån ett försiktighetsperspektiv, dvs. att sannolikheten för en olycka, eller risken förenad med en viss aktivitet, snarare är överskattad än underskattad.



Figur 5.2. Många för-
enklingar och an-
taganden behövs vid
genomförande av en
riskanalys.

den grupp som genomför riskanalysen. Konsekvens kan vara att inte alla eller möjligtvis fel skadehändelser kommer att identifieras i analysprocessen.

Vid modellering av identifierade skadefall görs många för-
enklingar av komplicerade system. Modelleringen tenderar att
fokusera på maskiner och tekniska komponenter medan
påverkan från existerande säkerhetsledningssystem och ope-
ratorshandlingar på anläggningens funktion ofta inte beaktas.
Detta beror till stor del på att det är svårt att bedöma lednings-
systemets påverkan eller förutsäga konsekvenser av mänskligt
beteende i vissa situationer.

Osäkerhet vad gäller bedömning av sannolikheter eller fre-
kvenser för skadehändelser uppfattas ofta som den domineran-
de typen av osäkerheter. Data som används är ofta inte helt rele-
vanta för de händelser som ska analyseras. Historiska data kan
vara felaktiga, ofullständiga eller olämpliga för den specifika
situation som ska undersökas. Annorlunda systemlösningar,
komponenter, drift- och underhållsrutiner kräver ofta att sub-
jektiva expertbedömningar kompletterar det formellt statistiskt
framtagna dataunderlaget. Vid denna process görs ofta en del
förenklingar av komplicerade fysikaliska processer och det
finns även en risk att processerna inte har förståtts fullständigt.

Osäkerhet vad gäller bedömning av konsekvenser är kopp-
lad till vald metod (systematik och detaljeringsgrad), val av
modell för eventuella beräkningar, samt relevant erfarenhet
hos riskanalysgruppen.

Modellering av inledande händelse	Utsläppskällor (källstyrka, utsläppsriktning, gas-/ vätske-/2-fas-utsläpp, varaktighet av utsläpp).
Bedömning av händelsefrekvens/-sannolikhet	Felfrekvens, läckagefrekvens, antändningssannolikhet, explosionssannolikhet.
Modellering av händelseförlopp	Förångning från pol, gasspridning, antändning, jetbrand, polbrand, gasmoln, BLEVE, missiler, kollaps av byggnader, bortfall av säkerhetssystem, bortfall av brandbekämpningssystem.
Modellering av konsekvenser	Värmestrålning, explosionseffekter, toxiska effekter.
Modellering av riskreducerande åtgärder	Mänskligt beteende, flykt, skydd.

Tabell 5.1 Exempel på osäkerhetskällor.

5.5.2 Typer av osäkerhet

Alla riskanalyser kräver ett antal antaganden och förenklingar på grund av komplexiteten i system som analyseras och deras omgivning. Framförallt vid mycket komplexa förhållanden görs *omedvetet* ett antal förenklingar och antaganden eftersom det inte är möjligt att förstå och definiera de system som ska analyseras in i minsta detalj. Dessa antaganden kan därför inte heller beskrivas i analysdokumentationen och diskuteras vid värdering av resultat. Andra fel och osäkerheter kan bero på kommunikationsfel, inklusive bristfällig beskrivning av systemet som ska analyseras och brist på klara och relevanta resultat vid varje steg i riskanalysen. Tabell 5.1 visar exempel på osäkerhetskällor vid genomförande av (kvantitativ) riskanalys för ett processtekniskt system.

Ett lämpligt sätt att dela in osäkerheter i riskanalyser kan vara följande grupperingar (Bolsover et al, 1998):

- Osäkerheter kopplat till data och parametrar (komponentfeldata, slumpmässiga data såsom väderdata etc.).
- Osäkerheter kopplat till modeller (och dataprogram).
- Osäkerheter kopplat till riskanalysgruppens kompetens.

Osäkerheter kopplat till data och parametrar är en väl känd typ av osäkerhet som behandlats mycket i litteraturen. Man kan minska denna typ av osäkerhet t.ex. med hjälp av känslig-

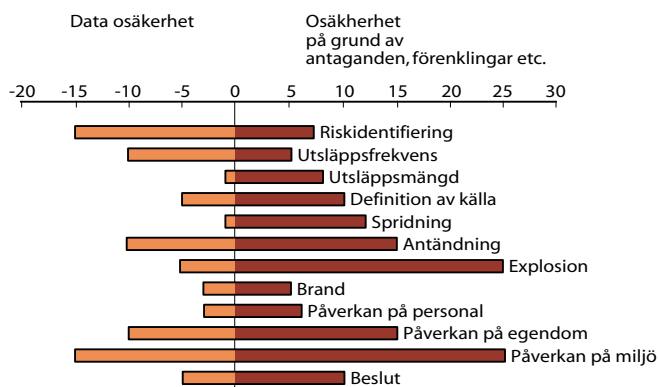
hetsanalyser (se även avsnitt 5.5.3) eller Monte-Carlo-simulationer. En annan metod är Bayesian-analys som i princip går ut på att kombinera historiska komponentföldata med data som har samlats vid den anläggning som ska analyseras eller med expertbedömningar.

Osäkerheter kopplat till modeller baseras på modellernas begränsade förmåga att kunna återspegla realiteten. Det behövs alltid en del antaganden och förenklingar vid användning av modeller. Denna typ av osäkerhet är mycket svårare att hantera än osäkerheter kopplat till data och parametrar. Man har försökt att använda så kallade meta-modeller som är sammansättningar av flera transformerade modeller men en del beroendefel har uppstått vid dessa försök. Andra metoder är parallell användning av olika modeller och tillvägagångssätt, regelbaserad modellering, utökning av kunskap om modellbegränsningar samt användning av erfarenhet och expertbedömningar.

Osäkerheter kopplat till riskanalysgruppens eller beslutsfattarnas kompetens är mer av obestämbar natur i motsats till ovan behandlade osäkerhetsgrupper. Människor som är involverade i riskanalysen eller beslutsprocessen kan alltid, avsiktligt (t.ex. genom att försumma modellering av komplicerade aspekter som exempelvis mänskligt felhandlande) eller oavsiktligt (på grund av okunskap), introducera osäkerheter vid alla steg i riskanalysen eller när beslut ska fattas. Osäkerheter kan även introduceras vid kommunikation av resultat. Resultat som inte förstås av de personer som ska använda dem leder till att beslut som kommer att fattas är opålitliga. Osäkerheter av denna typ kan bara minskas genom krav på rätt vidd, kompetens och erfarenhet av analysgruppen och beslutsfattare, involvering av verksamhetskunnig personal i analysen, kvalitetsplanering av projektet, tydligt hänsynstagande till kända osäkerheter, aktivt sökande efter okända osäkerheter, aktiv och ärlig kommunikation med beslutsfattare.

Figur 5.3 visar kvalitativt förhållandet mellan påverkan av osäkerhet relaterad till data jämfört med osäkerhet relaterad till antaganden och förenklingar, vid de olika stegen i en kvantitativ riskanalys (Bolsover et al, 1998).

Figur 5.3 Illustration av olika osäkerhetsorsakers betydelse vid de olika stegen i en kvantitativ riskanalys.



5.5.3 Osäkerhetsbedömning

Det är önskvärt att identifierade risker i en riskanalys är någorlunda korrekt kvantifierade. Ur ett kostnads-nytta-perspektiv är det dock ofta inte rimligt att modellera och beräkna ett system i minsta detalj utan istället modelleras vanligen de delar av systemet som har en hög riskpotential.

Osäkerhetsnivån i en kvantitativ riskanalys kan indikeras genom:

- Jämförelse med historik. Detta angreppssätt innebär jämförelse av analysresultat mot tidigare olyckor och erfarenheter. Problemet är ofta brist på information och ofullständighet.
- Jämförelse med andra kvantitativa riskanalyser. Detta angreppssätt innebär benchmarking av den genomförda analysen mot en komplett parallell genomförd analys eller genom simulation av delar av analysen (exempelvis med hjälp av Monte-Carlo-metodik) eller känslighetsanalyser (se nedan). Problemet med dessa metoder är att de är tids- och resurskrävande.
- Kritisk bedömning av processen bakom riskanalysen. Bedömningen utförs med hjälp av checklista (se även avsnitt 6.4.3). Problemet är att bedömningen kan vara för subjektiv.

Känslighetsanalys (ibland även kallad osäkerhetsanalys) är en systematisk procedur för att beskriva och /eller beräkna effekten

av variationer i ingångsdata på slutresultatet av en riskanalys (Grimsdal & Gunnarsson, 1993). Effekten på resultatet uttrycker betydelsen av respektive ingångsparameters osäkerhet.

Med hjälp av känslighetsanalyser kan delsystem eller komponenter med särskild påverkan på analysens slutresultat identifieras. De används även för att avgöra noggrannheten som krävs av analysdata. Det är ofta ganska lätt att få ungefärliga data medan beräkningen av mer exakta data ofta kräver mycket större ansträngningar. Därför är det slösaktigt att sträva efter större noggrannhet än den som analysproblemet egentligen kräver.

Känslighetsanalyser kan utföras för alla riskanalyssteg, exempelvis genom variation av:

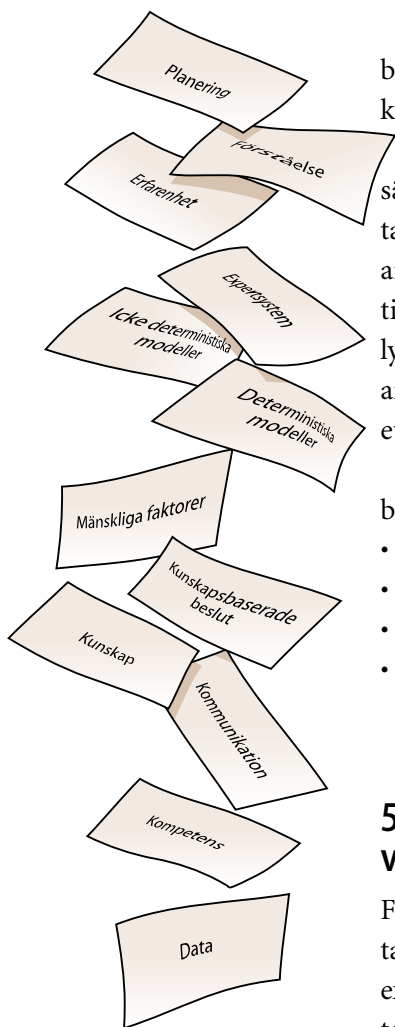
- Vindhastigheter och -stabiliteter.
- Modellering av utsläppskällor.
- Antal människor inom ett visst avstånd från en verksamhet.
- Andel av personers uppehållstid utomhus.
- Kemikalimängd.
- Komponentfaldata.
- Komponenttyp.
- Antändnings-/explosionssannolikheter.
- Toxiska data.

Känslighetsanalyser bör genomföras med ett klart syfte, exempelvis för att kunna:

- Visa hur robust ett visst beslut är.
- Identifiera svaga punkter i analysen.
- Förbättra analysgruppens förmåga att kommunicera resultat.
- Hjälpa till att identifiera de analysfaktorer som är av största eller minsta intresse.
- Stödja ändamålsenlig användning av resultat.

5.5.4 Kommunikation av osäkerhet och beslutspåverkan

Osäkerhet kan inte undvikas vid genomförande av riskanalyser. Det finns möjligheter att minska den men den kan aldrig tas bort helt och hållet. Då osäkerhet har direkt påverkan på kvaliteten av de beslut som fattas är det viktigt att osäkerhetens



Figur 5.4 Det finns många osäkerhetsfaktorer vid genomförande av riskanalyser.

betydelse undersöks och presenteras för beslutsfattarna. Detta kräver goda kommunikationsfärdigheter.

Tydlighet och ärlighet vid resultatpresentation är en förutsättning för en ändamålsenlig användning av resultat. Presentationen måste förmedla förståelse för analysens begränsningar så att beslutsfattaren får möjlighet att även kunna ta hänsyn till sådana aspekter som inte har belysts särskilt väl under analysen. Analysgruppen måste även ha tillräcklig förståelse för analysens syfte för att kunna presentera relevanta slutsatser på ett opartiskt och balanserat sätt.

Hierarkin av underlag som kan användas som stöd vid beslutsprocessen bör vara:

- Steg 1: Expertbedömningar.
- Steg 2: Översiktlig analys av sannolikhet och konsekvens.
- Steg 3: Fullständig kvantitativ riskanalys.
- Steg 4: Fullständig kvantitativ riskanalys med kostnadsnytta-analys.

5.6 Krav avseende granskning och verifikation av riskanalys

Förutom noggrann planering, genomförande och dokumentation är det viktigt att riskanalysen granskas, både internt och externt, innan den slutligen godkänns. Granskningen av arbetet i olika led är ett viktigt inslag i arbetet för att säkerställa erforderlig kvalitet. Aspekter att beakta, och checklistor som stöd, vid granskning av riskanalyser redovisas i kapitel 6, avsnittet *Att granska en riskanalys*.

Granskningen kan delas upp i tre skeden:

- Egenkontroll – analysgruppens löpande kontroll av det egna arbetet.
- Intern verifikation – verifikation av utfört arbete inom den egna organisationen men av person(er) fristående från det direkta analysarbetet.
- Extern granskning – fristående granskning av arbete som kan utföras av myndigheter eller andra externa organisationer.

5.7 Kvalitetssäkring av riskanalys

Kvalitetssäkring definieras som *alla planerade och systematiska åtgärder som verkställs som en del av kvalitetssystemet och som har visats vara nödvändiga för att skaffa tillräckligt förtroende för att en enhet kommer att uppfylla kraven på kvalitet* (SS-ISO 8402:1994). Kvalitetssäkring av riskanalys omfattar därmed alla planerade och systematiska handlingar som är nödvändiga för att öka förtroendet hos mottagaren för att analysen uppfyller bestämda kvalitetskrav. Ett hjälpmedel för att bestämma önskad kvalitetsnivå kan vara kostnads-nytta-analys (Rouhiainen, 1990) som utförs innan analysen påbörjas respektive under analysens gång.

Kvaliteten av riskanalyser har hittills varit mycket varierande. Genom att standardisera (delar av) riskanalyserarbetet och på så sätt ställa kvalitetskrav t.ex. gällande val av analysmetod, planering, genomförande och dokumentation av analysen, kompetens hos utföraren etc. säkerställs att riskanalyser genomförs på ett mer enhetligt sätt och att osäkerheter minskas. Därmed skapas bättre förutsättningar för att kunna använda analysresultaten som beslutsunderlag. Krav på riskanalyser har behandlats i föregående avsnitt. Nästa avsnitt innehåller en sammanställning av befintliga standarder och dokument för fördjupning inom området.

5.7.1 Standarder för riskanalys

Det finns ett antal dokument och standarder som diskuterar och ställer krav på riskanalyser, exempelvis:

Risikoanalyse: Kvalitetskrav, terminologi. DS-Information DS/INF 85. Danmark. 1993.

Krav til risikoanalyser. Norsk Standard NS 5814. Norge. 1991.

Checklista för kvalitetskontroll av risk- och säkerhetsanalyserapporter. Arbetarskyddsstyrelsen. Rapport nr 1994:4. 1994.

Paragrafer mot stora kemikalieolyckor. ASS, NVV, SÄI, SRV. ISBN: 91-7464-958-2.

Malmén, Y.; Nissilä, M.; Rasmussen, B.; Rouhiainen, V.: *Nordic experiences and Future Trends for the Preparation of Safety Reports.* NORD 1992:46.

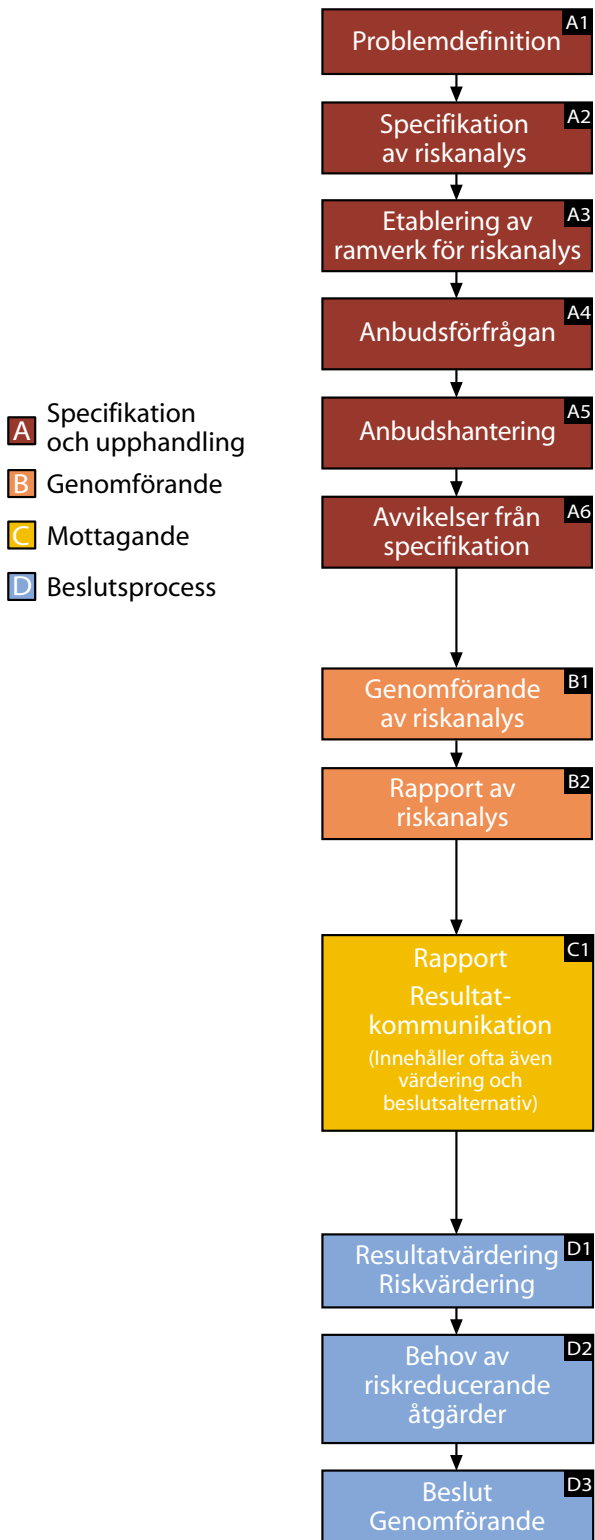
Dependability management: Risk analysis of technological systems. IEC/TC 56. IEC Standard 60300-3-9 (1995).

Dependability: Requirements and guidelines for analysis of technological risks. IEC/TC 56. Committee draft. 1991.

- Dependability: Guide for Hazard and Operability Studies (HAZOP)*. IEC/TC 56. Project nr IEC 61882/Ed 1. Committee draft. 1997.
- Dependability: IEC 61882, Ed. 1: Hazard and operability (HAZOP) studies – Guide word approach*. IEC/TC 56. Project nr 56/61882/Ed 1. Committee draft. 1999.
- Soukas, J.; Rouhiainen, V.: *Quality Management of Safety and Risk Analysis*. VTT. Finland. Elsevier. 1993.
- Rouhiainen, V.: *The quality assessment of safety analysis*. VTT. Finland. 1990.

5.8 Referenser

- Bolsover, A. J., Skramstad, E. & Lyon, A. M. 1998. *Uncertainty in QRA*. DNV Norway. Presentation at the 7th Annual Conference on Offshore Installations.
- Grimsdahl, C. & Gunnarsson, C. 1993: *TQM – ett sätt att förändra attityder*. Utbildningshuset. Lund: Studentlitteratur.
- Norsk Standard NS 5814.1991. *Krav til risikoanalyser*. Norge.
- Lees, F. P. 1996. *Loss Prevention in the Process Industries*. Butterworth-Heinemann.
- Rouhiainen, V. 1990. *The quality assessment of safety analysis*. VTT. Finland.
- Soukas, J. & Rouhiainen, V. 1993 *Quality Management of Safety and Risk Analysis*. VTT. Finland.
- Tweeddale, M. 1998. *Application of Quality Assurance Principles in Risk Management*. Australian Centre of Advanced Risk and Reliability Engineering, University of Sydney. DEVETIR Risk Management Conference.



KAPITEL 6

Praktiska hjälpmedel

6.1 Metodmatris

I sammanställningen nedan presenteras ett antal allmänt användbara analysmetoder. Syftet med denna presentation är att på ett så kortfattat sätt som möjligt ge en överblick över metodernas användningsområde, huvudprinciper och de väsentligaste för- och nackdelarna.

Metod	Konfliktanalys
Syfte, användningsområde	Kartläggning av skilda (motstående) intressen i planarbete.
Princip	Intressesfärer identifieras. Grad av konflikt mellan respektive intresse (från samverkande intresse till helt motstående) bedöms.
Identifiering av skadehändelser	Möjliga riskkällor identifieras på en mycket övergripande nivå.
Sannolikhetsbestämning	Nej.
Konsekvensbestämning	Nej.
Resultatpresentation	Kan presenteras i matrisform och eller på kartmaterial.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	God tvärssektoriell kunskap om vilka intresseområden som finns och dessas krav.
Positiva sidor	Förtydligar vilka motstående intressen som föreligger och som måste hanteras i det fortsatta planarbetet.
Negativa sidor	Inget specifikt stöd för behandling av riskfrågor.
Referenser	Räddningsverket, <i>Riskhänsyn i fysisk planering</i> .

Metod	Checklista
Syfte, användningsområde	Analys av standardbetonade utrustningar, installationer eller anläggningar.
Princip	Checklista används för stimulering av tankar och idéer om risker och åtgärder. Tidigare erfarenheter inarbetas.
Identifiering av skadehändelser	Bestäms vid sammanställning av checklista.
Sannolikhetsbestämning	Ingen explicit.
Konsekvensbestämning	Ingen explicit.
Resultatpresentation	Markering av besvarade frågor. Sammanställning av rekommendationer.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	God erfarenhet hos den som utvecklar checklistan.
Positiva sidor	Snabb och enkel metod. Utnyttjar tillgänglig erfarenhet och kännedom om tidigare problem. Lätt att förstå och använda. Underlättar kontroll av standarduppfyllelse. Garanterar att kända riskområden är genomgångna.
Negativa sidor	Uppmuntrar inte till analys av nya eller ovanliga riskkällor. Är i regel ej uttömmande. Resulterar inte i en sammanställning av väsentliga felhändelser.
Referenser	För processanläggningar: Kemikontoret, <i>Tekniska Riskanalysmetoder</i> .

Metod	Index-metoder t.ex. DOW Fire and Explosion index och The Mond Index
Syfte, användningsområde	Identifiering och klassning av riskkällor i industriell kemikaliehantering. Möjlighet att värdera driftstörningar och kostnader för skadad utrustning.
Princip	Beräkning av ett riskindex utgående från förekomst av brandfarliga/toxiska kemikalier, vidtagna säkerhetshöjande åtgärder m.m.
Identifiering av skadehändelser	Riskkällor identifieras på en »principiell« nivå (»farlig utrustning«).
Sannolikhetsbestämning	Ingen explicit bestämning, men sannolikhetspåverkande faktorer påverkar beräknat index.
Konsekvensbestämning	Ingen explicit bedömning, men konsekvenspåverkande faktorer påverkar beräknat index.
Resultatpresentation	Indextal som uttrycker en viss (relativ) risknivå.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	God kunskap om layout och process, flöden, utrustning.
Positiva sidor	Ger en relativ rankning av risker i anläggningsdelar. Kan användas som underlag för beslut om fortsatta analyser och/eller säkerhetshöjande åtgärder. Ger en bild av vilka faktorer som är av betydelse för säkerhetsnivån.

Negativa sidor	Riskidentifiering sker på en »principiell nivå«, osäkert hur väl lokala förhållanden återspeglas i resultatet. Resultatet i form av ett (relativt) index kan ha ett begränsat värde vid extern kommunikation.
Referenser	AIChE, <i>Dow's Fire and Explosion Index, Haz, classification guide</i> . ICI, <i>The Mond Index</i> .

Metod	Grovanalys, Preliminär riskanalys, PHA (Preliminary Hazard Analysis)
Syfte, användningsområde	Används i tidigt skede i ett nytt projekt för att ge en bild av de viktigaste riskkällorna eller som inledande analys av en befintlig verksamhet för att ge underlag för prioritering av fortsatt arbete.
Princip	Utifrån erfarenheter, fantasi och eventuellt med stöd av checklistor identifieras skadehändelser, orsaker, konsekvenser, skydd och rekommenderade åtgärder.
Identifiering av skadehändelser	Ja, identifiering beroende av gruppens erfarenhet och fantasi.
Sannolikhetsbestämning	Sannolikhet för att bedömda konsekvenser ska uppstå bedöms av gruppen. Ofta klassning av sannolikhet i femgradig eller annan skala.
Konsekvensbestämning	Konsekvenser av identifierade skadefall bedöms av gruppen. Ofta klassning av konsekvens för människa, miljö och investeringar i femgradig eller annan skala.
Resultatpresentation	Protokoll med skadehändelse, orsak, konsekvens, skydd, rekommenderade åtgärder samt sannolikhets/konsekvensklassning. Denna kan presenteras i matrisform.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	Layout och verksamhetsbeskrivning. Grupp med bred erfarenhet av aktuell verksamhet och mycket god kunskap om de störningar och skadehändelser som kan inträffa.
Positiva sidor	Snabb och flexibel metod. Ger underlag för prioritering av fortsatt arbete. Kan ge en god översikt över vilka risker t.ex. en processanläggning medför för omgivningen.
Negativa sidor	Metoden i sig ger begränsat stöd. Resultatet är <i>helt avhängigt</i> av analysgruppens kunskaper, erfarenheter och arbetssätt. Den översiktliga ansatsen gör att specifika händelser och riskkällor lätt kan missas.
Referenser	Kemikontoret, <i>Tekniska riskanalysmetoder</i> .

Metod	Vad-händer-om analys (What-if)
Syfte, användningsområde	Kan användas i alla skeden, från tidiga projektfaser till befintligt system. Kan användas för alla typer av system.
Princip	I princip som för grovanalys, men fokus på att hitta inledande händelser (operatörsfel eller tekniska fel) eller avvikelser.
Identifiering av skadehändelser	Ja, identifiering beroende av gruppens erfarenhet och fantasi och godhet av checklista.
Sannolikhetsbestämning	Som för grovanalys. Klassning av sannolikhet <i>kan</i> göras.
Konsekvensbestämning	Som för grovanalys. Klassning av konsekvenser <i>kan</i> göras.

Resultatpresentation	Som för grovanalys.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	Som för grovanalys.
Positiva sidor	Flexibel metod. Detaljeringsnivå kan varieras efter behov och tillgängligt underlag.
Negativa sidor	Delvis som för grovanalys. Metoden ger i sig begränsat stöd. Täckningsgrad förbättras om bra checklista finns tillgänglig.
Referenser	Kemikontoret, <i>Tekniska riskanalyismetoder</i> .

Metod	HAZOP, Hazard and Operability study
Syfte, användningsområde	Används för granskning av detaljprojektering eller befintligt system. Utvecklad för processanläggningar men metoden kan användas i många olika sammanhang.
Princip	Systemet delas upp i mindre, väl definierade delar. Möjliga avvikelser från önskad förhållanden identifieras genom bruk av ledordslista.
Identifiering av skadehändelser	Ja, identifiering av avvikelser beroende av gruppens kompetens. Ledordslista ger gott stöd.
Sannolikhetsbestämning	Sannolikhetsbedömning av identifierade händelser görs som regel ej.
Konsekvensbestämning	Konsekvenser av identifierade händelser bedöms av gruppen. Som regel ingen klassning av dessa.
Resultatpresentation	Protokoll med avvikelse, orsak, konsekvens, skydd och rekommenderade åtgärder.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	Detaljerat tekniskt underlag samt information om drift, underhåll, m.m. Grupp med god kunskap om teknik, drift, underhåll och ledare med metodvana.
Positiva sidor	Mycket systematisk, beaktar såväl tekniska fel som operatörsfel. Samverkande felorsaker kan identifieras. Detta är dock beroende av gruppens kompetens.
Negativa sidor	Tids- och resurskrävande.
Referenser	Kemikontoret, <i>Tekniska riskanalyismetoder</i> .

Metod	FME(C)A, Feleffektanalys, Felmod- och effektanalys, Failure Mode and Effects (and Criticality) Analysis
Syfte, användningsområde	Kan användas för alla typer av system för att identifiera och analysera konsekvenser av fel på enskilda komponenter eller delsystem. Används ofta i detaljprojektering men kan användas i tidigare faser.
Princip	Ett system delas upp i delsystem och komponenter ner till önskad detaljnivå. Möjliga felfunktioner, feltillstånd identifieras och effekter av dessa beskrivs.
Identifiering av skadehändelser	Ja.
Sannolikhetsbestämning	Kan göras utifrån statistiskt underlag och erfarenheter, ett antal olika klassningssystem finns.

Konsekvensbestämning	Kan göras, ett antal olika klassningssystem finns.
Resultatpresentation	Protokoll med t ex: felmod, felorsak, feldetektion, effekt av fel, skydd samt rekommenderade åtgärder.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	Tekniskt underlag. Kan utföras av enskild person men oftast bättre resultat om grupp med bred kompetens.
Positiva sidor	Systematisk.
Negativa sidor	Fokuserar på enkelfel hos tekniska komponenter. Ger svagt stöd för att identifiera kombinationer av fel och operatörsfel. Kan vara resurskrävande.
Referenser	Kemikontoret, <i>Tekniska Riskanalyismetoder</i> . Sveriges Verkstadsindustrier, <i>Handbok i FMEA</i> .

Metod	Felträdsanalys, FTA, Fault Tree Analysis
Syfte, användningsområde	Säkerhetsanalys av komplexa system, orsaksutredningar.
Princip	Orsaker till en given händelse bryts successivt ner till önskad detaljnivå. Sammanhang dokumenteras grafiskt i logiska kedjor.
Identifiering av skadehändelser	Utgår från en på förhand vald tophändelse.
Sannolikhetsbestämning	Ja, sannolikhet för tophändelse kan beräknas matematiskt genom kombination av delhändelsers sannolikhet.
Konsekvensbestämning	Angiven i tophändelsen.
Resultatpresentation	Grafisk presentation av orsakssammanhang. Beräknad sannolikhet för tophändelse.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	Tekniskt underlag och information om drift, underhåll m.m. God metod-erfarenhet och detaljerad systemkunskap. Utförs ofta av enskild person med stöd av specialistkompetens.
Positiva sidor	Strikt logisk, tvingar fram omfattande systemkunskap. Analyserar samverkande felorsaker, såväl tekniska fel som operatörsfel kan beaktas. Kan användas såväl kvalitativt som kvantitativt.
Negativa sidor	Resurskrävande, kan fort bli mycket komplext. Kräver mycket god metodkunskap.
Referenser	Kemikontoret, <i>Tekniska Riskanalyismetoder</i> . Sveriges Verkstadsindustrier, <i>Felträdsanalys</i> .

Metod	Händelseträdsanalys, ETA, Event Tree Analysis.
Syfte, användningsområde	Analys av alternativa händelseförlopp. Kan användas såväl i planerings-skede som vid analys av existerande anläggningar.
Princip	Grafisk presentation av möjliga händelsekedjor efter en initierande kritisk händelse, där hänsyn tas till barriärer och säkerhetsfunktioner som påverkar konsekvens av kritisk händelse.
Identifiering av skadehändelser	Utgår från en på förhand vald starthändelse.

Sannolikhetsbestämning	Sannolikhet för att definierade slutkonsekvenser ska uppstå kan beräknas.
Konsekvensbestämning	Sluthändelser med olika konsekvens definieras.
Resultatpresentation	Grafisk presentation av händelseförlopp. Beräknade sannolikheter för sluthändelser.
Underlags-, kunskaps-, resursbehov	Tekniskt underlag och information om drift, beredskapsrutiner m.m. Utförs ofta av enskild person med stöd av specialistkompetens.
Positiva sidor	Ger en god överblick. Initierar en värdering av godheten av olika barriärer och säkerhetsfunktioner. Relativt enkelt att tillgodogöra sig metoden.
Negativa sidor	Kan bli resurskrävande om många händelser ska analyseras.
Referenser	Kemikontoret, <i>Tekniska Riskanalysmetoder</i> .

6.2 Checklistor för riskinventering och identifiering

Tabell 6.2 Några frågeställningar avseende kommunal riskinventering (Räddningsverket, 1997).

6.2.1 Kommunal riskinventering

En kommunal riskinventering är en övergripande kartläggningen av risk- och skyddsobjekt i en kommun som kan användas som underlag för bland annat fysisk planering, pla-

1. Hur ska riskinventeringen användas i kommunen?

Fastställ syfte, mål och avgränsningar.
 Vilka risktyper ska inkluderas?
 Vilka skyddsbehov ska inkluderas?
 Vilka uppgifter (om objekt eller system) behöver finnas med?

2. Vem ska delta i arbetet?

Vem har kunskap och kompetens?
 Vem ska använda resultatet?
 Vem berörs och /eller kan bidra med expertkunskaper?

3. Vilka underlag behövs?

Litteratur, utredningar etc?
 Översiktsplan, räddningstjänstplan, miljöplan, trafiksäkerhetsprogram?
 Olycksstatistik, verksamhetsregister, andra planer?
 Kartmaterial, datastöd?

4. Hur ska materialet sammanställas och presenteras?

I form av kartor, tabeller, register?
 Vilken information ska prioriteras?

5. Fortsatt arbete

Hur ska riskinventeringen uppdateras?
 Hur ska arbetet följas upp och utvecklas?
 Hur ska arbetet integreras med kommunens hantering av olycksrisker?

nering av miljöarbetet, räddningstjänstplaner, planering av landstingets medicinska beredskap, trafikplanering, beredskapsplanering etc. Riskinventeringen bör bygga på den samlade kunskap om olycksrisker som finns inom kommunen. Den kan redovisas med hjälp av kartor, tabeller och diagram samt förklarande och informerande text.

Vid en riskinventering är det viktigt att utnyttja flera aktörer som kan bidra med olika kunskap. Detta medför att olika krav ställs på övergripande nivå och på möjligheterna att utnyttja inventeringen vid en ökad detaljeringsgrad. De skiftande kraven medför olika utformning på det samlade materialet. Kommunernas varierande förutsättningar gör att utformning av riskinventeringen måste ske i varje kommun. Till stöd för denna utformning kan frågorna i tabell 6.2 utnyttjas som underlag.

I tabell 6.3, s. 177–178, redovisas ett antal exempel på riskobjekt och tillhörande vanliga riskkällor.

Konsekvenser av olyckor orsakade av olika riskkällor kan påverka människa, miljö och egendom på olika sätt vilket sammanfattas i tabell 6.4, s. 179.

Vid bedömning av riskobjekt och, i tillämpliga delar, av skadeobjekt bör även riskpåverkande faktorer enligt tabell 6.5, s. 180, beaktas.

Olyckstyper, risker och skyddsbehov kan delas in och klassificeras på ett antal olika sätt, exempelvis enligt tabell 6.6, 6.7 och 6.8, s. 180–181.

Tabell 6.3 Exempel på riskobjekt och tillhörande vanliga riskkällor. (Räddningsverket, 1989).

Exempel på riskobjekt	Vanliga riskkällor
Hamnar	Stora och varierande mängder av alla typer av farliga ämnen (brand, explosion, toxisk påverkan m.m.). Lyftanordningar. Fordon.
Depåer, terminaler, lager	Stora och varierande mängder av alla typer av farliga ämnen (brand, explosion, toxisk påverkan m.m.). Lyftanordningar. Fordon.
Fartyg	Farligt gods. Oljor.
Rangerbangårdar	Farligt gods. Oljor.
Kanaler	Farligt gods.
Flygplatser	Bränsle. Farligt gods
Flygplan	Bränsle. Farligt gods.
Satelliter	Radioaktivt material.

fortsättning nästa sida →

Exempel på riskobjekt	Vanliga riskkällor
Processindustrier*	Tryckkärl. Lager. Lagertankar. Behållare. Processutrustning med farliga ämnen i form av råvaror, katalysatorer, mellanprodukter, biprodukter, produkter eller avfall. Högsänd el.
Annan industri**	Tryckkärl. Lager. Lagertankar med giftiga, brandfarliga, brännbara ämnen.
Vattenkraftverk	Uppdämt vatten. Högsänd el.
Värmekraftverk	Brandfarliga ämnen. Tryckkärl. Högtrycksånga. Hetvatten. Högsänd el.
Kärnkraftverk	Radioaktivt och giftigt reaktormaterial. Tryckkärl. Högtrycksånga. Hetvatten. Högsänd el.
Naturgasledning	Brandfarlig vara. Trycksatta ledningar.
Andra transportledningar	Brandfarliga, giftiga, miljöskadliga, vämjeliga ämnen. Trycksatta ledningar.
Bensinstationer	Brandfarliga, giftiga, miljöskadliga ämnen.
Varuhus	Brännbara ämnen. Giftiga ämnen. Sprayförpackningar.
Byggvaruhus	Virke.
Järn- och färghandel	Brännbara ämnen. Explosiva ämnen.
Sågverk	Brännbara ämnen. Virke.
Kommunala anläggningar***	Farliga ämnen.
Hotell	Hög höjd.
Silos	Brännbart damm.
Gruvor****	Fordon. Rasbenägna massor. Gaser. Dräneringsvatten.
Ras-, skred- och översvämningsområden	Geologiska förhållanden.
Linbanor	Hög höjd.
Vägtunnlar	Rasrisk. Svåra räddningssituationer.
Vägar	Fordon. Farligt gods.

* Raffinaderier, petrokemisk industri, organisk kemisk industri, läkemedelsindustri, färgindustri, stål- och metallverk, cellulosa- och pappersindustri, textilindustri m.fl.

** Plastbearbetningsindustri, gummiindustri, verkstadsindustri, sågverk, övrig träbearbetningsindustri, m.fl.

*** Renvattenverk, avloppsvattenverk, badhus.

**** Inklusive andra större berg- och underjordsanläggningar.

Tabell 6.4 Konsekvenser av olyckor med avseende på påverkan på olika skadeobjekt (Räddningsverket, 1989).

Skadeobjekt	Konsekvenstyper	
Människor	Personal, besökare, boende.	Allt ifrån oro och personskador till flera dödsfall.
Yttre miljö	Hav, sjöar, kanaler och andra vattendrag	Toxisk påverkan på grund av utflöde av farliga miljöskadliga ämnen.
	Vattentäkter	Toxisk påverkan på grund av utflöde av farliga miljöskadliga ämnen, smakproblem, sabotageskador.
	Rekreationsområden	Toxisk påverkan på grund av utflöde av farliga miljöskadliga ämnen, brand.
	Reservat	Toxisk påverkan på grund av utflöde av farliga miljöskadliga ämnen.
	Jordbruksmark	Toxisk påverkan på grund av utflöde av farliga miljöskadliga ämnen.
	Skog	Brandskador.
	Djur och växter	Allt ifrån skadade till många döda.
Egendom	Flygplatser	Brandskador, explosionsskador, sabotageskador.
	Järnvägsstationer	Brandskador, explosionsskador, mekaniska skador på grund av urspårning eller kollision, sabotageskador.
	Tunnelbanor	Brand- och rökskador, explosionsskador, mekaniska skador på grund av urspårning eller kollision, sabotageskador.
	Hamnar	Brandskador, explosionsskador, översvännings- och stormskador. Sabotageskador.
	Sjukhus, Vårdhem Daghem, Skolor Hotell	Brandskador, explosionsskador, skred-, översvännings-, vind- och vattenskador.
	Teatrar, Biografer Idrottsarenor Campingplatser	
	Bostäder	Brandskador, explosionsskador, skred-, översvännings-, vind- och vattenskador.
	Vattenreningsverk	Skredskador, läckage – internt och externt – explosionsskador, sabotageskador, toxisk påverkan av vattenmiljön på grund av utflöde av farliga miljöskadliga ämnen.
	Radio/TV och telekommunikationssystem	Vindskador, sabotageskador, kabelbrott.

Tabell 6.5 Riskpåverkande faktorer (Räddningsverket, 1989).

Förekomsten av riskkällor (art, mängd, potential)	Troliga eller möjliga skadehändelser (dimensionerande skadefall)
Extrema förhållanden, exempelvis vid hantering av farliga ämnen.	Betydelsen av att säkerhetskritisk utrustning och olika stödfunktioner fungerar.
Samlagring av (farliga) ämnen	Oväder (nederbörd, storm, laviner).
Avstånd till kritiska skyddsobjekt, skydds- och säkerhetsavstånd med hänsyn till risker för följdolyckor.	Möjligheten att tidigt registrera begynnande skadeförlopp.
Betydelsen av att människor handlar på ett riktigt sätt så att: – skadehändelser inte utlöses – räddningsstyrkor och skadeobjekt larmas och informeras – skadeavhjälpanse insatser blir effektiva	Sannolikhet för sabotage, möjlig verkan. Är berörda objekt Sevesoanläggningar eller §43-anläggningar enligt räddningstjänstlagen?

Tabell 6.6 Exempel på indelning efter olyckstyp (Räddningsverket, 1997).

Trafik	Personbilsolyckor Olyckor med andra fordon Övriga (t.ex. cykel, fotgängare, skoter etc.)
Brand och explosion	Bostäder Industrianläggningar Depåer, lager och upplag Vårdanläggningar Utbildningslokaler Hotell Terminaler (hamn+gästhamn, flygplats, bangård) Samlingslokaler (idrottshallar, varuhus, m.m.) Bensinstationer Övriga (t.ex. kulturbyggnader, campingplatser)
Kemikalieolyckor	Utsläpp från fasta anläggningar, gas respektive flytande/fast form. Utsläpp vid transport, gas respektive flytande/fast form.
Naturolyckor	Ras och skred Översvämningar (naturliga och dammbrott) Skogsbränder Övriga (t.ex. åska, storm)

Tabell 6.7 Exempel på klassificering av risker (Räddningsverket, 1997).

1. Naturrisker	1.1 Högradonmark 1.2 Översvämningsrisker, dammar 1.3 Ras-, skred- och erosionsrisker
2. Industri, lager etc.	2.1 Industriella verksamheter och anläggningar 2.2 Lager 2.3 Varuhus, järn- och färghandel 2.4 Deponeringsplatser, förgiftad mark 2.5 Bensinstationer, bilverkstäder 2.6 Underjordiska anläggningar 2.7 Jordbruk 2.8 Skjutbanor
3. Hamnar, flygplatser, terminaler	3.1 Hamnar 3.2 Flygplatser 3.3 Terminaler 3.4 Rangerbangårdar
4. Kommunikationer, transporter	4.1 Transport av farligt gods 4.2 Vägar 4.3 Järnvägar 4.4 Sjöfart 4.5 Kraftledningar, transformatorstationer 4.6 Rörledningar (gas, olja, VA)
5. Risker under beredskap och krig	5.1 Bombmål 5.2 Militära anläggningar

Tabell 6.8 Exempel på klassificering av skyddsbehov (Räddningsverket, 1997).

1. Bostäder	1.1 Bostäder 1.2 Särskilt boende (äldre- och handikappboende)
2. Vård och omsorg	2.1 Sjukhus, vårdcentraler 2.2 Övriga vårdinrättningar 2.3 Barnomsorg
3. Platser med många människor samt utbildningsanstalter	3.1 Samlingslokaler 3.2 Varuhus 3.3 Resecentra 3.4 Hotell, konferenslokaler, kontor 3.5 Skolor
4. Samhällsviktiga funktioner	4.1 VA-försörjning 4.2 Energiförsörjning 4.3 Kommunikationssystem 4.4 Militära anläggningar
5. Natur- och kulturmiljöer	5.1 Värdefulla naturområden 5.2 Kulturmiljöer

6.6.2 Riskidentifiering i processtekniska anläggningar

Checklistor baseras på tidigare gjorda erfarenheter. De används för att avgöra om god praxis tillämpas. För att uppnå önskat resultat krävs av en checklista att den är anpassad till syftet med den aktuella kontrollen, att kontrollpunkterna är lätta att förstå och att den som utarbetar listan har de kunskaper och erfarenheter som behövs. Det är också viktigt att checklistorna revideras regelbundet så att de återspeglar gällande bestämmelser, standarder och erfarenheter.

Checklistor kan användas i samband med:

- Planläggning och utformning.
- Konstruktion och uppbyggnad.
- Inspektion och uppsikt.
- Drift.
- Slutlig avstängning.

Tabell 6.9 ger exempel på en generell checklista för identifiering av skadehändelser i grovanalys. I tabell 6.10 ges exempel på checklista för att studera störningar t.ex. i samband med What-if-analys. I slutet av delkapitlet ges också exempel på ledord vid Hazop-analys av processanläggning.

Tabell 6.9 Exempel på generell checklista för identifiering av skadehändelser i grovanalys.

Skadehändelser	Stödord
Brand	Utanför utrustning Inne i utrustning
Explosion	Inne i utrustning Begränsade, i byggnader/strukturer Obegränsade, gasmoln/BLEVE etc.
Toxiska utsläpp	Akuta skadliga/irriterande Kroniska skadliga/irriterande
Förorening	Luft Mark Vatten
Okontrollerbart frigörande av energi	Elektrisk Mekanisk Kemisk
Buller	–
Visuella intryck	Utspridning av material
Produktionsbortfall	Otillgänglighet

Tabell 6.10 Exempel på checklista för beaktande av störningar (t.ex. i samband med What-if-analys).

Område	Störning, haveri etc. (endast exempel)
Mediaegenskaper	Brännbarhet Flampunkt Reaktivitet Toxicitet, etc.
Yttre påverkan	Naturkrafter Mekanisk åverkan med kran, fordon o dyl. Dominoeffekter Sabotage, etc.
Operatörsmisstag och andra mänskliga felhandlingar	Komplex uppgift För lite information Otillräcklig kunskap Medveten felhandling etc.
Analys- och provtagningsfel	Prov ej representativt Fel labresultat Riskabel provtagning etc.
Fel på utrustning eller instrument	Pumptätning läcker Fläkt stoppar Vätska i kompressor Reglering felfungerar etc.
Processtörningar	Flöde/temperatur/tryck/sammansättning avvikelse Explosiv blandning, etc.
Bortfall av servicemedier	El Ånga Vatten Luft etc.
Mekanisk integritet	Tubläckage/brott i värmväxlare Skenande (runaway) reaktion Korrosion Vätesprödhet etc.
Nödlägen	Brand/explosion/toxiskt utsläpp Säkerhetssystem utslaget Oklara beredskapsrutiner etc.
Utsläpp till omgivningen	Avstängningsventiler för begränsning av läckage saknas Diffusa utsläpp vid t.ex. lastning/lossning Konsekvensavstånd etc.

Rörledningar och utrustning

Flöde: Högt/Lågt/Omvänt
Nivå: Hög/Låg
Tryck: Högt/Lågt
Temperatur: Hög/Låg
Sammansättning: Hög-/Lågkoncentration/Annan komponent/Förorening
Drift/Underhåll: Dålig åtkomlighet/Ingen dränering/Etc.
Instrumentering: För mycket/För litet/Fel plats

Processsystem, översikt

Brand- och explosionsrisker
Toxiska risker
Miljörisker
Buller
Materialfrågor
Elektricitet
Speciella operationer
Haverier och störningar
Helhetssyn

Ledord vid HAZOP-analys av processanläggningar. De generella ledorden för HAZOP-analys redovisades i kapitel 3. För processanläggningar, där Hazop-metoden används i mycket stor utsträckning, har generella listor med typiska avvikelser utvecklats efter hand. Avvikelserna kompletteras dessutom ofta med speciella »ledtrådar« till aspekter som erfarenhetsmässigt är viktiga att beakta i en Hazop-analys.

Typiska avvikelser och ledtrådar för kontinuerliga processer framgår ovan.

6.3 Att beställa en riskanalys

Ett exempel på flödesschema över riskhanteringsprocessen ur ett upphandlings-, uppföljningsperspektiv redovisas i figur 6.1. Givetvis kan den formella processen se olika ut beroende på om arbetet utförs internt eller om extern konsult anlitas, vilka (eller hur många) intressenter som finns etc. Här beskrivs processen utifrån förutsättningen att en extern part upphandlas för genomförande av riskanalysen. I princip bör dock de flesta punkterna tänkas igenom lika noggrant även om arbetet utförs inom den egna organisationen.

Att beställa en riskanalys

A. Specifikation och upphandling

- A1. *Problemdefinition* En tydlig problemdefinition är grunden för ett gott resultat. Varför ska analysen genomföras? Syfte? Mål? Vilka beslut ska analysen ligga till grund för? Vad kräver detta av noggrannhet, resultatpresentation m.m.? Vilka är läsarna?
- A2. *Specifikation av riskanalys* De olika delar av riskhanteringsprocessen som ska ingå i arbetet ska specificeras, tillgängligt underlag, tidigare studier etc. redovisas.
- A3. *Etablering av ramverk för riskanalys* Baserat på A1 och A2 ska ramverket för analysarbetet specificeras. Om man under A1 och A2 ställt höga krav avseende innehåll, noggrannhet och dokumentation måste ramverket i form av tid och resurser sättas därefter. Detta kan innefatta: Kriterier för val av utförare (Vilken kompetens erfordras?), Val av potentiella utförare, Ramar avseende tid, kostnad, m.m.
- A4. *Anbudsförfrågan* Utifrån A1–A3 upprättas en anbudsförfrågan. Man bör undvika att överdriva kraven på noggrannhet, presentationsmaterial etc. om detta inte erfordras för uppgiften. Ökad detaljering snivå kostar tid och pengar.
- A5. *Anbudshantering* Ofta förekommer viss kommunikation under anbudstiden, självklart ska alla frågor och svar delges samtliga anbudsgivare. Några punkter att tänka på vid utvärdering och val av utförare:
Erfarenheter av de personer som ska utföra uppdraget är viktig, man kan inte enbart lita till organisationens erfarenheter.
Systemkunskap avseende aktuell verksamhet är viktig.
Om det föreligger stora skillnader i anbudssummorna bör man ställa sig frågan om förfrågningsunderlaget är för ospecifikt.
Det bör av anbudshandlingarna framgå hur man kommer att hantera kvalitetsfrågor under arbetets gång (jfr. avsnitt 6.4 Egenkontroll och Intern verifikation).
- A6. *Avvikelser från specifikation* Eventuella avvikelser från specifikationen av arbetet avhandlas inför uppstart.

B. Genomförande

- B1. *Genomförande och* Utföraren ska genomföra egenkontroll och intern verifikation (se avsnitt 6.4). Beställaren bör lägga upp ett antal kontrollpunkter under arbetets gång (omfattning och antal beroende av arbetets karaktär).
- B2. *Rapport av riskanalys*

C. Mottagande

- C1. *Rapport – resultat-kommunikation* Redovisningen av arbetet ska granskas av beställare och, eventuella andra intressenter (jfr kvalitetskrav kapitel 5 och checklista avsnitt 6.4).
Resultat av arbetet ska kommuniceras till de parter som påverkas av, eller ska delta i, beslutsprocessen.

D. Beslutsprocess

- D1. *Värdering av resultat, riskvärdering* Utifrån relevanta kriterier värderas risknivåer med avseende på människa, miljö, ekonomi (en eller flera av dessa) beroende på analysens syfte och mål.
- D2. *Behov av risk-reducerande åtgärder?* Behov av riskreducerande åtgärder värderas.
Prioritering och val av åtgärder.
Eventuellt förnyade analyser för att värdera effekt av rekommenderade åtgärder.
- D3. *Beslut/genomförande* Beslut och genomförande av åtgärder.
Uppföljning av åtgärder (på sikt).

6.4 Att granska en riskanalys

Granskningen av en riskanalys är ett viktigt inslag i arbetet för att säkerställa erforderlig kvalitet (se även kapitel 5 angående kvalitetskrav på riskanalys). Granskningsprocessen kan delas upp i tre skeden: *egenkontroll*, *intern verifikation* samt *extern granskning*.

6.4.1 Egenkontroll

Vid genomförande av riskanalyser är det viktigt att analysgruppen redan från början löpande kontrollerar sitt eget arbete för att säkerställa att analysens målsättning och syfte uppnås utan att delar av analysen (eller till och med hela analysen) behöver göras om. Analysresultat till exempel i form av riskanalysrapport, analysprotokoll eller tekniska notat ska kontrolleras efter färdigställande av analys. Punkter som kan vara relevanta för analysgruppen att kontrollera finns i sammanställningen nedan.

Kontroll av syfte och målsättning	Kontroll av att studiens syfte och målsättning har definierats tydligt i analysdokumentationen.
Kontroll av indata	Definition av indata och/eller referens till datakällor. Relevans av data med avseende på aktuell användning. Konsistens med andra data som används för analysen. Tillförlitlighet av data.
Kontroll av antaganden och förenklingar	Definition av antaganden och förenklingar. Relevans av antaganden och förenklingar. Konsistens med andra antaganden, förenklingar och data som används i analysen.
Kontroll av beräkningar	Verifiering av använda beräkningsmoduler och dataprogram. Bedömning av relevans av använda beräkningsmoduler och dataprogram med avseende på aktuell tillämpning. Bedömning av begränsningar av använda beräkningsmoduler och dataprogram med avseende på indata. Kontrollräkning av beräkningsmoduler som har tagits fram för aktuell tillämpning (exempelvis Excel-spreadsheets). Kontrollräkning av handberäkningar.
Kontroll av slutdokument (riskanalysrapport)	Korrekturläsning av text, tabeller och sidnumrering. Kontroll av numeriska värden. Kontroll av grafisk läsbarhet av figurer. Kontroll av slutsatsernas relevans för studien (uppfyllelse av syfte och mål).

Vid projektets start Allmän metodik, inklusive mål och problemdefinition.
Grundläggande metoder som ska användas för analysen.
Prioritet av ingående arbetsmoment.
Identifikation av händelser som ska inkluderas i analysen.

Under analysens gång Huvudsakliga resultat.
Sammanfattningar, slutsatser, beskrivning av resultat och rekommendationer.

6.4.2 Intern verifikation

Intern verifikation är ett viktigt moment vid genomförande av en riskanalys. Den bör genomföras efter analysgruppens egenkontroll vid lämpliga tidpunkter under analysens gång och/eller efter färdigställande av analysrapporten. Ansvarig för intern verifikation ska vara en eller flera personer som har lämplig kompetens och erfarenhet och som annars inte är involverade i den analys som ska granskas. Den interna verifikationen ska omfatta alla dokument som ska levereras efter färdigställd analys, inklusive alla tillhörande relevanta underlag. Verifikationen bör dock fokusera på analysens huvudsakliga målsättningar, problemdefinition, använda metoder, acceptanskriterier och analysens slutsatser. I rutan ovan finns de punkter som ska omfattas av intern verifikation.

Av slutdokumentationen ska framgå att intern verifikation av analysen har genomförts och vem som är ansvarig för denna.

Vid intern verifikation kan även checklisten för extern granskning av riskanalyser som presenteras i nästa avsnitt användas som hjälpmedel.

6.4.3 Extern granskning

En del riskanalyser ska redovisas till myndigheter vilket medför att de kommer att granskas externt. Granskningen kan utföras av ansvarig myndighet eller av myndigheten utsedd instans. Ett tidigt samråd mellan myndighet och analysutförare redan när analysen befinner sig i planeringsstadiet är en mycket bra möjlighet att formulera gemensamma krav på genomförande och redovisning av analysen.

För att underlätta granskningsarbetet har en detaljerad checklista utarbetats (Haeffler, et. al. 1999). Checklisten följer i

princip arbetsgången i riskhanteringsprocessen (jfr kapitel 3).

Riskanalysen utgör en del av riskhanteringsprocessen och anses ofta omfatta följande delar:

- Definition av mål och avgränsningar.
- Identifiering av risker.
- Analys av identifierade risker, innefattande bedömning av sannolikhet och konsekvens.

Det är inte möjligt att lista alla möjliga frågor som kan vara relevanta under granskningsprocessen eftersom det finns ett antal olika analysmetoder och analyserna utförs med delvis mycket olika kvalitet. Checklistan kan på så sätt inte anses som fullständig. Liksom för alla andra analyser och utredningar är det dock av stor vikt att redovisningen av en riskanalys uppfyller vissa kvalitetskrav. Checklistan innehåller de frågor som författarna anser relevanta för att kontrollera om och hur utföraren av riskanalysen lever upp till dessa krav.

Checklistan är uppbyggd i tre huvudområden:

- Planering och genomförande av riskanalys.
- Innehåll och omfattning av riskanalys.
- Dokumentation av riskanalys.

Dessa huvudområden har ett antal underrubriker med ett antal tillhörande frågor. Syftet är att kontrollera innehåll, genomförande och dokumentation av analysen. Eftersom checklistan är avsedd att användas vid granskning av såväl enkla kvalitativa bedömningar som omfattande kvantitativa analyser samt analyser av såväl tekniska som organisatoriska förhållanden måste dock frågornas relevans bedömas från fall till fall.

Det bör betonas att enkla riskanalyser i många fall är tillfyllest för att uppfylla syftet med riskanalysen.

Detta betyder att kanske bara ett fåtal frågor är relevanta. Urval av relevanta frågor från checklistan ska göras utifrån analysens syfte, omfattning och avgränsningar!

Innan checklistan används rekommenderas granskaren att skaffa sig en helhetsbild av analysen genom att t.ex. gå igenom rapporten utan checklistan eller få analysen presenterad av utföraren.

Checklista för granskning av riskanalysrapport

1. Planering och praktiskt genomförande av riskanalys

Denna del av checklistan innehåller frågor avseende granskning av hur analysen har planerats.

- 1.1 Analysgruppens sammansättning** Vem eller vilka har genomfört analysen?
Har personen/-erna god kännedom om såväl företagsinterna som myndigheters krav, riskanalytiska metoder som den aktuella typen av anläggning/system/organisation?
Är utförarna oberoende eller kan riskanalysens resultat ha påverkats av deras intressen (t.ex. av leverantörens)?
Vem är ansvarig för analysen?
Vid anlitande av extern personal, framgår det om intern personal har varit delaktiga i analysen?
- 1.2 Interngranskning** Har analysen granskats internt?
Vilka delar av analysen har granskats internt?
Vem eller vilka är ansvariga för den interna granskningen (intern eller extern personal)?
- 1.3 Tid** I vilket stadium av anläggningens livscykel genomfördes analysen?
Finns eventuella begränsningar avseende tidsramar för genomförande av analysen angivna?
- 1.4 Myndighetskrav** Har gällande myndighetskrav (lagar, förordningar föreskrifter) och andra krav (t.ex. interna säkerhetsföreskrifter) identifierats?

2. Innehåll och omfattning av riskanalysrapport

- 2.1 Syfte, precision och omfattning av analysen** Varför genomfördes analysen? (Vad har hänt? Vilka förändringar ska genomföras? Vilka krav ska uppfyllas, dvs. vilken beslutssituation motiverar riskanalysen?).
Vad är syfte och mål med analysen?
I vilken grad ska risker för människa (t.ex. anställda eller 3:e person), yttre miljö eller egendom identifieras och kvantifieras?
Vilken noggrannhet krävs i analysarbetet?
Krävs genomförande av orsaks-, sannolikhets och/eller konsekvensanalys för att uppfylla syftet och målet med analysen?
Krävs riskvärdering för att uppfylla syftet och målet med analysen?
Vilka faser i livscykeln (t.ex. projektering, byggnation, drift, avveckling etc.) omfattas av analysen?
- 2.2 Analysens avgränsningar** Anges systemets fysiska gränser och gränssnitt mot användare och anslutande system/delar av organisationen?
Anges förutsättningar och ramar för analysen?
Vilka förhållanden i systemets eller organisationens livstid har beaktats (för tekniska system t.ex. installation, drift, underhåll och nödlägen; för organisatoriska förändringar t.ex. omorganisationsfas, driftsfas, nödsituationer)?
Motiveras varför vissa skeden i systemets livscykel eventuellt inte beaktas?
Vilka personer kommer att använda systemet eller vara berörda av förändringen?

2.3 Anläggnings-, system och omgivningsbeskrivning

Beskrivs alla förhållanden som är av betydelse för möjligheten för uppkomst av olyckor, deras sannolikheter och konsekvenser i samband med den planerade förändringen?

Till exempel:

- Teknisk systembeskrivning (ur säkerhetssynpunkt)
- Säkerhetskritiska system/funktioner/procedurer.
- Förhållanden som exempelvis berör verksamhetens organisation (ur säkerhetssynpunkt).
- Drifts- och underhållsrutiner.
- Utbildnings- och övningsnivåer.
- Populationsfördelning (dag/natt, anställda/3:e person, normal/maximal)
- Omgivning (omkringliggande verksamheter, trafikleder, särskilt känsliga objekt etc.).

Vid behov:

- Naturvärden i närområdet (t.ex. friluftsområden, badstränder, naturskyddsområden, känsligt djurliv, kulturvärden, ekonomiska intressen såsom fiske etc.).
- För hamnområden: t.ex. vattendjup, vattenomsättning, strömningsförhållanden.
- För skogsområden: djur, växter, markförhållanden etc.
- Dagvattennät och -recipient (flöden, föroreningsinnehåll etc.).
- Grundvatten (status, strömningshastighet).
- Hårdgjorda ytor.
- Historiska belastningar/marksaneringar.
- Meteorologiska data/topografiska/geologiska förhållanden.

2.4 Analyismetodik, dataprogram, indata

Finns en generell beskrivning av analyismetodik, innefattande sannolikhets-, konsekvens- och riskberäkningar/-bedömningar? Svarar valda analys- och beräkningsmetoder mot målet för riskanalysen?

2.5 Metod för presentation och värdering av risker

Beskrivs metoden som används för att redovisa riskerna?
Motiveras metoden som används för att redovisa riskerna?
Redovisas kriterier och eventuella jämförelseobjekt som används för att värdera den i analysen uppskattade risknivån?
Motiveras kriterier och eventuella jämförelseobjekt som används för att värdera den i analysen uppskattade risknivån?

2.6 Olycksidentifikation

Beskrivs metoden för identifiering av möjliga skadehändelser eller tillstånd som skulle kunna leda till olyckor?
Motiveras vald metod med avseende på syfte och mål med riskanalysen eller olycksidentifikationen?
Beskrivs eventuella modifieringar av metoden?
Framgår det tydligt vilka skadehändelser som har identifierats?
Beaktas eventuella viktiga förändringar i systemets eller organisationens livscykel vid olycksidentifiering?
Redovisas händelser som har bedömts som försumbara och därför uteslutits från analysen?
Redovisas kriterier eller motiveringar för detta?
Kan det finnas ytterligare riskkällor?
Beskrivs identifierade skadehändelsers orsaker? Har hänsyn tagits till:
- Tekniska fel som kan uppträda i systemet eller dess kringutrustning, inklusive beroendefel.

- Organisationsfaktorer.
 - Ledningsfaktorer.
 - Yttre faktorer, yttre påverkan.
 - Mänskligt felhandlande.
- Har man beaktat möjliga konstruktionsfel?
 Anges identifierade riskkällor till både slag, läge och storlek?
 Har eventuella dominoförlopp identifierats?
 Har man kontrollerat om man har använt aktuell dokumentation och ritningar?
 Finns eventuella erfarenheter från olyckor och/eller tillbud i den egna anläggningen eller organisationen eller liknande anläggningar eller system eller organisationer sammanställda? Har förekomsten av sådana erfarenheter undersökts?
 Bedöms relevans av dessa erfarenheter med avseende på den aktuella tillämpningen?
 Beskrivs eventuella begränsningar när det gäller identifikation av olyckor eller olycksorsaker t.ex. gällande vald metod, utförarens kompetens, aktualitet av ritningar eller annat underlag?
 Motiveras ev. begränsningar när det gäller olyckor eller olycksorsaker?
 Har man värderat om eventuella begränsningar hos metoden behöver kompenseras?

2.7 Beräkning/ uppskattning av sannolikheter/felfrekvenser

- Görs (erfarenhetsmässiga) bedömningar beträffande hur ofta de identifierade olyckorna förväntas inträffa?
 Motiveras dessa bedömningar?
 Motiveras val av kvalitativ metod?
 Beräknas sannolikheter eller felfrekvenser med hjälp av analytiska metoder?
 Anges metodiken för beräkning av dessa sannolikheter eller frekvenser?
 Motiveras vald metod?
 Beskrivs eventuella antaganden och förenklingar som gjordes för denna beräkning eller bedömning?
 Beskrivs eventuella begränsningar t.ex. gällande vald beräkningsmetod, utförarens kompetens, aktualitet av ritningar eller annat underlag?
 Har man undersökt om eventuella begränsningar hos metoden behöver kompenseras?
 Redovisas beaktade felmoder vid beräkning av frekvenser?
 Anges utnyttjade databaser eller datakällor och övriga hjälpmedel (t.ex. programvaror)?
 Redovisas genomförd validering för respektive programvara och databas?
 Värderas relevans av använda data?
 Redovisas eventuell korrigerings av generiska data?

2.8 Bedömning/ beräkning av konsekvenser

- Redovisas identifierade skadehändelsers konsekvenser för t.ex.:
- Anställda.
 - Tredje person.
 - Yttre miljö.
 - Egen egendom.
 - Tredje parts egendom.
- Genomförs uppskattningar eller beräkningar med avseende på storlek av dessa konsekvenser?
 Skiljs mellan:
- Omedelbara konsekvenser.
 - Långtidseffekter.

Görs uppskattningar beträffande konsekvenser av dominoeffekter?
 Motiveras bedömningarna?
 Redovisas använda beräkningsprogram eller beräkningsmodeller?
 Motiveras valda beräkningsprogram eller beräkningsmodeller?
 Redovisas genomförd validering för respektive programvara eller beräkningsmodell?
 Redovisas eventuella begränsningar t.ex. gällande vald beräkningsmetod eller modell, utförarens kompetens, aktualitet av ritningar eller annat underlag?
 Har man undersökt om eventuella begränsningar hos metoden behöver kompenseras?
 Har man utvärderat betydelsen av olyckstyper som inte har täckts av de använda modellerna?
 Redovisas data som har använts vid genomförande av konsekvensbedömning?
 Redovisas datakällorna?
 Är uppskattade konsekvenser rimliga i jämförelse med insamlad information om verkliga olyckor?
 Tas hänsyn till befintligt beredskap eller olycksförebyggande eller skadebegränsande utrustning eller instruktioner vid bedömning av konsekvenser?
 Tas hänsyn till omgivningsfaktorer, beskrivna under checklistan 2.3, vid bedömning av konsekvenser?
 Tas hänsyn till följande faktorer rörande brandfarligt material:
 – Effekter från värmestrålning.
 – Meteorologiska effekter, t.ex. vind.
 – Tryckvågseffekter från explosioner.
 – Effekter orsakade av splitter.

2.9 Presentation av risker/analysresultat

Görs presentation av risker i enlighet med vald metod?
 Förklaras resultatet?

2.10 Värdering av risk/analysresultat

Värderas risker gentemot valda kriterier eller jämförelseobjekt?
 Värderas risker enskilt för:

- Anställda.
- Tredje person.
- Yttre miljö.
- Egen egendom.
- Tredje parts egendom.

Värderas den totala risknivån?

Belyses dominerande riskbidrag?

Sammanfattas förutsättningar, antaganden och förenklingar som kan ha påverkat resultatet i konservativ eller icke-konservativ riktning?

2.11 Begränsningar och osäkerheter av riskvärderingen

Diskuteras osäkerheter i analysens resultat som beror på använda indata, modeller, metoder eller antaganden?

Redovisas osäkerheter för:

- Identifiering av möjliga olycks- eller skadehändelser.
- Bedömning av sannolikheten för identifierade händelser.
- Bedömning av konsekvenser av identifierade händelser.
- Bedömning av möjligheter att förhindra skadehändelser eller lindra konsekvenser.

Kvantifieras eller uppskattas osäkerheten, åtminstone för de faktorer som orsakar störst osäkerhet?

Diskuteras och belyses effekter av osäkerheter t.ex. genom parameterstudier (känslighetsanalyser)?

Belyses osäkerhetens betydelse vid värdering av resultat?

Belyses i vilken utsträckning den osäkerhet som finns påverkar de beslut som tas eller de rekommendationer som lämnas?

2.12 Transparens

Kan man följa alla beräkningar, antaganden etc.?

Är alla antaganden, begränsningar och förenklingar tillräckligt redovisade och motiverade?

Används valda metoder, modeller och program enligt gängse praxis?

Är det möjligt att kunna verifiera resultatet vid behov?

2.13 Rekommendationer

Finns rekommendationer upprättade för fortsatt riskhantering?

Baseras dessa rekommendationer på analysens resultat, jämförelser mot valda kriterier samt bedömda osäkerheter?

2.14 Referenser

Anges alla dokument, kontakter etc. som arbetet baseras på?

3. Kvalitet på dokumentation

Denna punkt sammanfattar vad som ska finnas med i en riskanalysrapport.

Beroende på typ och omfattning av analysen kan/behöver vissa punkter inte redovisas.

Redovisas följande punkter i rapporten

Titelblad med datum, utförarens namn samt företag, rapportens revisionsnummer, eventuella restriktioner gällande distribution av dokumentet.

Innehållsförteckning.

Bakgrund, syfte och målsättning.

Omfattning, avgränsningar och generella antaganden, inklusive bakgrund för dessa antaganden.

Beskrivning av relevanta delar av systemet eller organisationen.

Analysmetod(er), inklusive eventuell beskrivning av metoden.

Riskidentifiering, inklusive resultat.

Användning av programvara eller modeller, inklusive version och antaganden.

Eventuell användning av data, inklusive källor och antaganden.

Beräkning eller bedömning av sannolikhet eller felfrekvenser, inklusive antaganden.

Beräkning eller bedömning av konsekvenser, inklusive antaganden.

Presentation av resultat.

Diskussion och bedömning av resultat, inklusive påverkande faktorer.

Bedömning av osäkerhet, inklusive redovisning av eventuell känslighetsanalys.

Värdering av resultat, inklusive eventuella kriterier, slutsatser och rekommendationer.

Referenser, inklusive version eller rapport nr eller datum.

Finns relevanta och för förståelsen av analysen viktiga ritningar, process- och organisationsschema med i rapporten?

Har analysen uppfyllt mål och syfte?

Är rapporten uppbyggd så att den lätt kan kommuniceras och granskas?

Presenteras resultat på ett sätt som är lämpligt för målgruppen/-erna?

Är rapporten ett fristående dokument (om så erfordras)?

Dokumenteras analysen i sådan detalj att den har ett värde för riskbedömningen om en senare studie av nya förändringar skulle behövas?

6.5 Referenser

- Haeffler, L. et al. 1999. *Checklistor för riskanalys inom spårtrafik. På uppdrag av Järnvägsinspektionen*. Rapport nr. 50413007-1.
- Kemikontoret. 1989. *Risker för storolyckor, Riskhantering 4*. Kemikontoret.
- Kemikontoret. 2001. *Tekniska riskanalysmetoder, Riskhantering 3*. Kemikontoret.
- Räddningsverket. 1989. *Att skydda och rädda liv. Handbok i kommunal riskanalys inom räddningstjänsten*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. 1997. *Riskhantering i ett samhällsperspektiv – Processen*. Karlstad: Räddningsverket.

Bibliografi

En indelning i underrubriker har gjorts för att underlätta sökning av fördjupningslitteratur. Indelningen följer i huvudsak handbokens struktur. Detta innebär att materialet delats in under tre generella rubriker (Risk/Riskhantering, Analysmetoder och Kvalitet) samt fyra områdesspecifika rubriker (Process, Järnväg, Brand och Natur).

Risk och riskhantering

Svenskspråkig

- Användning av riskanalyser och skyddsavstånd i den fysiska planeringen.* PBL/NRL underlag nr. 48. Karlskrona: Boverket. 1998.
- Att skydda och rädda liv – Handbok i kommunal riskhantering.* Räddningsverket. 1989. Karlstad: Räddningsverket.
- Att kommunicera risker.* Rapport P21-298/99. Hedman, L. 1999. Karlstad: Räddningsverket.
- Databaser om olyckor och risker.* Hannah, J et al. 1999. Karlstad: Räddningsverket.
- Diffusa risker. Oro och riskuppfattning.* Sjöberg, L. 1995. Forskningsrådsnämnden.
- Ett säkrare samhälle; huvudbetänkande.* SOU, Hot och Riskutredningen. 1995.
- Forskning om riskkommunikation, – en förstudie.* Svensson, L. 1996. Karlstad: Räddningsverket.
- Kön, risk och olyckor. En forskningsöversikt.* Gustafson, P. 1997. Karlstad: Räddningsverket
- Olycksrisker och MKB.* Räddningsverket. 2001. Karlstad: Räddningsverket.
- Planering för säkerhet. – Utveckling av olycksförebyggande verksamhet på lokal nivå.* Rosenberg, T. et al. 1998. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskanalys i kommuner.* FoU Rapport P21-150/96. Räddningsverket. 1996. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskhänsyn i fysisk planering.* Räddningsverket. 1998. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskhänsyn i fysisk planering.* Persson, K. 1998. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskhantering i ett samhällsperspektiv – Processen.* Räddningsverket. 1997. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskhantering i ett systemperspektiv.* Svedung I. & Rasmusen J. 1997. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskhantering och fysisk planering.* Strömgren, M. 1997. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskhantering och kommunikation – en studie i sex kommuner.* Larsson, A. 1997. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskhantering vid skydd mot olyckor – problemlösning och beslutsfattande.* Mattson, B. 2000. Karlstad: Räddningsverket.

- Riskhänsyn i miljökonsekvensbeskrivningar. Möjligheter vid bedömning av olycksrisker.* Jonsson, K. 1996. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskhänsyn vid fysisk planering. – en detaljstudie av Malmö Hamn.* Olsen, H. & Stål, M. 1999. Lund: Brandteknik, LTH.
- Risker i tekniska system – Riskanalys.* Thedéen, T et al. 1988. Utbildningsradions förlag.
- Riskkommunikation.* Rapport P21-183/97. Hedman, L. & Trost, J. 1997. Karlstad: Räddningsverket.
- Riskmanagement 2000.* Hamilton, G. 2000. Lund: Studentlitteratur.
- Riskvärdering i praktisk verksamhet.* Torstensson, H. & Wallin, A. 2001. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningstjänst i siffror 2000.* Räddningsverket. 2001. Karlstad: Räddningsverket.
- Samhällets kostnader för olyckor.* Sund, B. 1997. Karlstad: Räddningsverket.
- Samhällets kostnader för olyckor. Kostnader för det förebyggande arbetet.* Sund, B. 2000. Karlstad: Räddningsverket.
- Upplevd risk – Information och rekommendationer från riskkollegiet.* Riskkollegiet. 1993.
- Värdering av risk.* Davidsson, G et al. 1997. Karlstad: Räddningsverket.

Engelskspråkig

- Directory of Accident Databases,* Pineau, J.-P. & Raffoux, J.-F. E. 1997. ESReDA Safety Series. European Safety Reliability and Data Association (ESReDA).
- Managing the Risk of Organizational Accidents.* Reason. 1997. Ashgate Publishing Limited.
- Practical Loss Control Leadership.* Bird, F.E. & Germain, G.L. 1996. Det Norske Veritas (USA).
- Proactive Risk Management in a Dynamic Society.* Rasmussen, J. & Svedung, I. 2000. Karlstad: Räddningsverket.
- Quantitative and Qualitative Criteria for Risk acceptance.* ITSA, COWConsult, Risö, OC Miljöstyrelsen Danmark. 1989.
- Risk Analysis, Perception and Management.* Royal Society. 1992.
- Risk Assessments and Management Handbook.* Kolloru et al. 1996. McGraw Hill.
- Risk criteria for land-use planning in the vicinity of major industrial Hazards.* HSE Books. 1989
- Successful health and safety management 1999.* HSE Books. 1999.

Övriga språk

- Risiko 1. – At leve er risikabelt.* Grønberg, C. & Rasmussen, B. 1993. Herning: Akademiet for de tekniske Videnskaber och forlaget systime. ISBN 87-7783-323-6.
- Risiko 2. – At fejle er menneskeligt.* Christensen, J., Grønberg, C. & Hollnagel, E. 1993. Herning: Akademiet for de tekniske Videnskaber och forlaget systime. ISBN 87-7783-322-8.
- Risiko 3. – Er det sikkert nok?* Grønberg, C., Styhr Pedersen, H.J.,

- Rasmussen, B. & Schepper, L. 1993. Herning: Akademiet for de tekniske Videnskaber och forlaget systime. ISBN 87-7783-320-1.
- Risiko 4. – Hvem skal bestemme min risiko?* Goldschmidt, L., Grønberg, C., Nissen, T. & Rasmussen, B. 1993. Herning: Akademiet for de tekniske Videnskaber och forlaget systime. ISBN 87-7783-319-8.

Analysmetoder

Svenskspråkig

- Avvikelseanalys.* Harms-Ringdahl, L. 1998. Sveriges Verkstadsindustrier. VI.
- Energianalys.* Harms-Ringdahl, L. 1998. Sveriges Verkstadsindustrier. VI.
- MTO, En introduktion: Sambandet Människa, Teknik och Organisation.* Rollenhagen, C. 1995. Studentlitteratur.
- Riskanalys av produktionssystem.* Vikman, S. 1993. Sveriges Verkstadsindustrier.
- SS-EN 1050, 1996. *Maskinsäkerhet – Principer för riskbedömning.*

Engelskspråkig

- Dependability: IEC 61882, Ed. 1: Hazard and operability (HAZOP) studies – Guide word approach.* IEC/TC 56. Project nr 56/61882/Ed 1. Committee draft. 1999.
- Dependability management: Risk analysis of technological systems.* IEC/TC 56. IEC Standard 60300-3-9. 1995.

Process

Svenskspråkig

- Administrativ SHM revision. Riskhantering 1.* Kemikontoret. 1996.
- Inherent safety.* Jacobsson, A. 2001. Karlstad: Räddningsverket.
- Miljökonsekvenser av olyckshändelser.* Berg, P. 1996. Karlstad: Räddningsverket.
- Tekniska riskanalyismetoder, Riskhantering 3.* Kemikontoret. 2001.
- Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Metoder för bedömning av risker.* Fischer, S.; et al. 1997. FOA Rapport R-97-00490-990-SE.
- Vägledning för riskbedömning av kyl- och frysanläggningar med ammoniak.* Haeffler, L. et.al. 2000. Karlstad: Räddningsverket.

Engelskspråkig

- An Engineer's view of human error.* Kletz, T. 1991. Institution of Chemical Engineers.
- Dow's Fire & Explosive Index Hazard Classification Guide.* Dow Chemical. American Institute of Chemical Engineers 6th edition. 1987.
- Ecological Risk Assessment.* Suter, G. 1993. Lewis Publishers.
- Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition.* ISBN 0-8169-0720-X. American Institute of Chemical Engineers.

- Guidelines for Consequence Analysis of Chemical Releases.* ISBN 0-8169-0786-2 American Institute of Chemical Engineers.
- Guidelines for Engineering Design for Safety.* ISBN 0-8169-0565-7. American Institute of Chemical Engineers.
- Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions, Flash Fires, and BLEVEs.* ISBN 0-8169-0474-X American Institute of Chemical Engineers.
- Guidelines for Hazard Evaluation Procedures.* American Institute of Chemical Engineers.
- Hazop and Hazan, *Identifying and Assessing Process Industry Hazards.* Kletz, T. 1992. Institution of Chemical Engineers. Hemisphere Publishing.
- Inherently Safer Chemical Processes: A Life Cycle Approach.* ISBN 0-8169-0703-X. American Institute of Chemical Engineers.
- Loss Prevention in Process Industries.* Lees. FP 1996. Butterworth Heinemann.
- Risk assessment and management in the context of the Seveso II Directive.* Kirchsteiger, C. (ed.) (1998). Amsterdam: Elsevier. ISBN 0-444-82881-8.

Järnväg / transport

Svenskspråkig

- Farligt gods på vägnätet – underlag för samhällsplaneringen.* Envall, P. 1998. Karlstad: Räddningsverket.
- Flödet av farligt gods på järnväg, en översiktlig kartering i GIS-miljö.* Westberg, K. 1997. Karlstad: Räddningsverket.
- Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg.* Helmersson, L. 1994. VTI Rapport 387:4.
- Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Fredén, S. 2001. Banverket.
- Risikanalyismetoder för transporter av farligt gods på väg och järnväg – Projektsammanfattning.* Linberg, E. Morén, B. 1994. VTI rapport 387:1.
- Riskhänsyn vid ny bebyggelse.* Länsstyrelsen i Stockholms län, 2001.
- Riskstudie av farligt godstransporter på större stråk av väg och järnväg i Skåne län.* SRV, Länsstyrelsen i Skåne län, VV, BV, 2001.
- Säkerhet i järnvägstunnlar.* Banverkets Handbok, BVH 585.30.
- Ökad säkerhet för farligt gods på järnväg.* Banverket – Räddningsverket 2000.

Engelskspråkig

- Guidelines for Chemical Transportation Risk Analysis.* ISBN 0-8169-0626-2. American Institute of Chemical Engineers.

Brand

Svenskspråkig

- Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar, ett riskanalysverktyg.* Rapport P21-347/00. Frantzich, H 2000. Karlstad: Räddningsverket.

Några system för riskanalys av en byggnads totala brandförvar.
Rapport 3115. Pettersson, O. 1990. Lund: Brandteknik, Lunds
Universitet.

Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk projektering.
Rapport 3105. Johansson, H. 1999. Lund: Brandteknik, Lunds
Universitet.

Engelskspråkig

*Fire safety engineering in buildings. Part 1: Guide to the application of
fire engineering principles.* BSI, Draft for Development DD240. 1997.
British Standards Institution.

Toxicity assessment of combustion products. Purser, D. 1995. SSPE
Handbook of Fire Protection Engineering, Ed DiNenno, NFPA.

Natur (ras/skred/översvämning)

Svenskspråkig

Kartering av miljöpåverkan vid översvämningar. Rosén, B et al. 2001.
SGI / Räddningsverket

Kraftindustrins riktlinjer för dammsäkerhet. RIDAS, 1997. Svenska
Kraftverksföreningen och VASO.

Naturvärden och Miljökonsekvenser i samband med Stabilitetsarbeten.
Lindqvist, M. & Sjöstedt, O. 1995. Skredkommissionen.

Skredriskanalys i Göta älvdalen – Metodbeskrivning, rapport 58.
Alén, C. et al. 2000. SGI

Ras och skredfrågor i plan och byggprocessen. Skredkommissionen 1990.
Översvämning. Karlstad: Räddningsverket. 2000.

Riskanalysen kvalitet/standard/osäkerhet

Svenskspråkig

Checklista för kvalitetskontroll av risk- och säkerhetsanalysrapporter.
Fahlén, R. et al. (1994). Rapport 1994:4. Solna: Arbetskyddsstyrelsen.

Engelskspråkig

Application of Quality Assurance Principles in Risk Management.
Tweeddale, M. 1998: Australian Centre of Advanced Risk and
Reliability Engineering, University of Sydney. DEVETIR Risk
Management Conference.

Quality Management of Safety and Risk Analysis.
Suokas, J.; Rouhiainen, V. 1993: VTT. Finland.

*Uncertainty – A guide to Dealing with Uncertainty in Quantitative Risk
and Policy Analysis.* Morgan, M.G. & Henrion, M. 1990.
Cambridge University Press.

Övriga språk

Krav til risikoanalyser. Norsk Standard NS 5814. Norge. 1991.

Risikoanalyse: Kvalitetskrav, terminologi. DS-Information DS/INF 85.
Danmark. 1993.

Index

(Nedanstående begrepp finns omnämnt i angivet kapitel.)

- Acceptanskriterier 3.1.6, 4.2.5, 4.3.5
- AEA 3.6.2
- Akuta skadebegränsande åtgärder 4.2.6
- ALARP 4.2.5
- Analytisk säkerhetsstyrning 2.6
- Avvikelseanalys 3.6.1

- Brandanalys 3.6.3
- Brandplats 4.4.1
- Brandfrekvens 4.4.1
- BBR 4.4.4
- BLEVE 4.2.3
- BSV 3.6.3
- BVL 4.4.4

- Centrala Myndigheter 1.3.1, 2.3.1
- CauseConsequenceAnalysis/CCA 3.6
- Checklistor:
 - Allmänt 3.6.1
 - Beaktande av störningar 6.2
 - Granskning av riskanalyser 6.4.3

- Dammbrott 4.6.1
- Deduktiv analys 3.2.4
- Deterministisk analys 3.2.3
- Deterministiska risker 2.1.1
- Dimensionerande skadehändelse 3.1.6

- Energianalys 3.6.1
- Empirisk säkerhetsstyrning 2.6, 3.3
- Erfarenhetsåterföring 3.3
- Evolutionär säkerhetsstyrning 2.6, 3.3
- ETA 3.6 samt se händelseträdsanalys

- FAR 4.4.4
- Felträdsanalys / FTA 3.6.1
- FMEA / FMECA 3.6.1
- FN-kurva 3.1.6, 4.2.5, 4.3.5
- Förlustorsaksmodell 2.4.1

- Generiska data 4.2.2
- Gretenermetoden 3.6.3
- Grovanalys 3.6.1, 4.2.1

- Hazop 3.6.1, 4.2.1
- Händelseträdsanalys, HTA 3.6.1, 3.6.3

- IDLH 4.2.3
- Individrisk 3.1.6, 4.2.5
- Indexmetoder 3.6.1
- Induktiv analys 3.2.4
- Inherent säkerhet 4.2.6

- Katastrofer 2.1.1
- Konfliktanalys 3.6.1
- Konsekvensanalys 4.2.3, 4.3.3, 4.4.2, 4.5.2, 4.6.2
- Konsekvensorienterad resultat-presentation 3.1.6, 4.2.4
- »Kostnadsisberget« 2.3.4
- Kvalitativ riskanalys 3.2.2
- Kvalitet 5.1
- Kvantitativ riskanalys 3.2.2
- Känslighetsanalys 5.5.3

- Lagar 2.3.1
- LD50 4.2.3
- LC50 4.2.3

- Miljöbalk 1.3.6
- MKB 1.3.6
- MORT 3.6.2
- MTO 3.6.2
- Mänsklig tillförlitlighet 3.6.2

- NFPA 3.6.3

- Olycksförebyggande åtgärder 4.2.6
- Olycksorsaker 2.4
- Osäkerheter 3.4, 4.4.3, 5.5

PBL 1.3.6
PDCA 2.5.1
PLL 3.1.6, 4.3.5
PRA 3.2.2, 3.2.3
Preventiva skadebegränsande
åtgärder 4.2.6
Probabilistisk analys 3.2.3
§-43 2.3.1

QRA 3.2.2

Ras 2.2.2, 4.5
Risk 2.1
Riskanalys – processen 3.1
Riskidentifiering 3.1.3, 4.2.1, 4.3.1, 4.4.1, 4.6.1
Riskinventering 1.4.1
Riskkontur 3.1.6
Riskkriterier 3.1.6, 4.2.4
Riskmatris 3.1.6
Riskkommunikation 3.5
Riskorienterad resultatpresentation 3.1.6,
4.2.4
Riskperception 2.1.3
Riskreduktion 3.1.8, 4.2.6, 4.3.6, 4.4.6, 4.5.4,
4.6.4
Riskvärdering 3.1.6, 3.1.7, 4.2.5, 4.3.5, 4.4.5,
4.5.3
Räddningstjänstlag 2.3.1

Samhällsrisk 3.1.6, 4.2.5
Sannolikhetsbedömning 3.1.4, 4.2.2, 4.3.2,
4.4.1, 4.6.1
SBA 3.6.1
Scenarioanalys (brand) 3.6.3
Seveso 2.3.1
Skred 2.2.2, 4.5.1
Slumpmässig risk 2.1.1
Stabilitetsutredning 4.5.1
Strategi för riskhantering 2.6
Säkerhetsledningssystem 2.5

Varaktighetsdiagram 4.6.1
Värsta tänkbara händelse 3.1.6

Vad-händer-om/What-if analys 3.6.1, 4.2.1

Översvämning 2.2.2, 4.6.

RISKANALYS innebär en systematisk identifiering av olycksrisker och bedömning av risknivåer. Riskanalysen kan visa på brister i säkerheten och utgöra underlag för riskreducerande åtgärder. Den är därför en viktig del i riskhanteringsprocessen.

Det finns olika metoder för riskanalys. En del belyser olycksrisker, andra är särskilt ändamålsenliga när det gäller kommunalteknisk försörjning. *Handbok för riskanalys* ger grundläggande kunskaper om riskanalys och olika riskanalytiska metoder på ett strukturerat och lättillgängligt sätt.

Handbok för riskanalys ger ett stöd i riskanalysarbetet. Boken är avsedd att användas som kursmaterial vid Räddningsverkets skolor och som underlag och vägledning i kommunernas och länsstyrelsernas riskhanteringsarbete och interna utbildningsverksamhet.



651 80 Karlstad
telefon 054-13 50 00
telefax 054-13 56 00
www.srv.se

Beställningsnummer U 30-626/02
ISBN 91-7253-178-9

Beställ från Räddningsverket
Telefon 054-13 57 10
Telefax 054-13 56 05