



LUND UNIVERSITY

Introduktion till riskanalyismetoder

Nilsson, Jerry

2003

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Nilsson, J. (2003). *Introduktion till riskanalyismetoder*. (LUTVDG/TVBB--3124--SE; Vol. 3124). Fire Safety Engineering and Systems Safety.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Introduktion till riskanalysmetoder

Jerry Nilsson

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 3124, Lund 2003

**Introduktion till
riskanalysmetoder**

Jerry Nilsson

Lund 2003

Introduktion till riskanalysmetoder

Jerry Nilsson

Report 3124

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--3124--SE

Number of pages: 35

Illustrations: Unless otherwise stated, Jerry Nilsson

Keywords

Risk, risk analysis, risk assessment, safety, health, environment

Sökord

Risk, Riskanalys, riskbedömning, säkerhet, hälsa, miljö.

Abstract

This is mainly an introduction to the field of risk analysis, focusing particularly on safety, health and environment. The concept of risk and categorisation of risks with regard to different perspectives is also considered to a certain extent.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2003.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Innehåll

Innehåll	4
Sammanfattning.....	5
Introduktion	6
Bakgrund.....	6
Risk och risktyper.....	9
Definition av risk	9
Risktyper	9
Riskperspektiv	10
Tekniskt perspektiv	10
Socialkonstruktivistiska perspektiv	11
Myndigheters riskperspektiv.....	13
Företagens perspektiv	14
Riskperspektiv och analysmetodik	14
Riskanalys - riskbedömning - riskhantering?.....	17
Säkerhetsrisker.....	17
Praktiska tillvägagångssätt vid utförande av riskanalys för säkerhetsrisker ...	19
Kvalitativa metoder	20
Semi-kvantitativa metoder	21
Kvantitativa metoder	22
Exempel på redovisning av säkerhetsrisker	22
Analys av hälso- och miljörisker	26
Krav på riskanalyser.....	29
Riskanalyser och allmänna kvalitetskrav	29
Referenser.....	33

Sammanfattning

Denna rapport syftar till att utifrån olika litteraturkällor ge en kort beskrivning till riskanalysmetoder inom området säkerhet, hälsa och miljö. Inledningsvis ges en förklaring på syftet med att göra riskanalyser. Därefter redovisas definitionen av risk och hur risk kan indelas i olika risktyper. En översikt görs också över olika riskperspektiv och dess betydelse för vilken riskanalys som produceras. En allmän standard för riskanalyser beskrivs och metoder för analys av säkerhetsrisker, miljörisker och hälsorisker redovisas. Slutligen görs en genomgång av vilka kvalitetskrav man bör ställa på en riskanalys.

Introduktion

Bakgrund

Risker har ständigt funnits runtomkring oss och berört vårt vardagliga livsmönster på flera olika sätt. De påverkar vår vardag och vårt liv vare sig vi vill eller inte. Ofta är vi dock inte medvetna om vilka risker vi lever med för när de har övergått från att vara en oönskad händelse med en viss sannolikhet att inträffa till en *verklig* oönskad händelse. Många menar att vi i och med dagens industrialiserade och högteknologiska samhälle lever i ett risksamhälle eller ett sårbart samhälle. Sättet vi lever på och samhällets utformning innebär att vi är utsatta för risker på ett sätt som vi knappast varit tidigare. Det är möjligt att snabbt dra sig till minnes den stora uppmärksamheten i media och den allmänna oron som flera större händelser givit upphov till på senare tid och som mer eller mindre explicit för tankarna till begreppet risk. Det kan vara händelser som inträffar plötsligt och med stor styrka eller mer utdragna fenomen.

- Den 13 maj förra året omkom sammanlagt 20 människor och skadades 900 till följd av en kraftig explosion som uppstod då ett centralt beläget fyrverkerilager började brinna i den holländska staden Enschede. Inom en radie av 400 meter raserades alla hus och inom en radie av 1 km spräcktes alla fönsterrutor vilket ger en antydning om explosionsstyrkan. Den stora frågan efter olyckan var hur myndigheterna kunde tillåta att stadens invånare levde med sådana risker. Visserligen kunde man konstatera att det troligtvis hade lagrats större mängder än som var tillåtet vid olyckstillfället men få accepterade detta som en förklaring. I holländsk press förekom också spekulationer om att katastrofen kunde ha förhindrats eller i alla fall lindrats om brandkåren i tid fått explosionsrisken klar för sig. Att man använde vatten för att släcka kan ha bidragit till explosionerna – vattnet kan ha satt i gång en kemisk kedjereaktion (Sydsvenska Dagbladet 2000-12-20 <http://sydsvenskan.se/red/v20/15enschede1.html>).
- För tillfället är "Galna ko-sjukan" ett ämne som debatteras flitigt i press och media. Galna ko-sjukan (bovin spongiform encefalopati, BSE) har fått sitt namn av att det drabbar det centrala nervsystemet hos framför allt kor. Man tror att en bakomliggande orsak till att korna drabbats kan vara att sjukdomen sprids genom ett självreplicerande protein, så kallat prion som finns i framför allt nerv- och hjärnvävnad. Om kornas föda till stor del består av ben och köttmjöl (dvs nedmalda kadaver av andra kor) finns det en risk att sjukdomen sprider sig vidare på detta sätt. Creutzfeldt-Jakobs sjukdom är en mänsklig variant av galna ko-sjukan som kopplats till förtäring av BSE-smittade köttprodukter. Den verkar främst drabba unga människor. Personen som ätit infekterat kött utvecklar prionerna som i sin tur orsakar mycket små hål i hjärnan och bryter ned den. Sannolikheten för att drabbas av Creutzfeldt-Jakobs sjukdom ser ut att vara ungefär en på miljonen. Trots det är oron för sjukdomen mycket stor och inom flera länder i Europa har försäljningen av nötkött gått ner kraftigt (-80 % i Tyskland (Dagens Eko 001227)) och försvunnit från matsedeln på flera skolor.
- "Skandalen" med det giftiga tätningsmedlet Rhoca-Gil i bygget av tunneln genom Hallandsåsen vållade stor uppmärksamhet i pressen för ett par år sedan. Rhoca-Gil består av bland annat akrylamid vilket på lång sikt kan orsaka cancer och genetiska skador samt i höga koncentrationer akuta nervskador. När den giftiga akrylamiden istället för att täta sprickorna i tunnelväggen läckte ut i grundvattnet var en av de största miljöskandalerna i Sverige ett faktum.
(Arbetslivsinstitutet 2000-12-20 <http://www.niwl.se/skola/av99h/tema/tema3111.htm>).
Frågan många ställer sig är: hur kunde detta ske? Hur kunde det farliga tätningsmedlet

Rhoca-Gil innehållande akrylamider hanteras på ett så - för människor och miljö - riskfyllt sätt? Visste man om det finns en risk eller inte med ämnet - och vilken den risken i så fall var? Företaget Skanska, som ansvarade för tätningen av tunneln, hamnade i blåsväder. En anledning var miljöaspekten. En annan orsak var att de anställda på Skanska som handskats med medlet uppvisade symptom på vissa nervskador. Som en följd av detta smutsades namnet Skanska ner i affären. I Dagens Nyheter stod följande artikel att läsa strax efter att skandalen uppmärksammats: ”Två av tre finansanalytiker tror att Skanskas aktiekurs fortsätter att falla som en följd av miljöskandalen i Hallandsåsen. Det visar en enkätundersökning som konsultbyrån Bern & Partners gjort med svenska finansanalytiker. Den senaste månaden har kursen fallit 11 procent, från 326 till 289 kronor. Av de tillfrågade analytikerna anser nästan hälften (47 procent) att Hallandsåsen är det viktigaste skälet.” (Dagens Nyheter 2000-12-18 <http://www.dn.se/DNet/articles/30600-30699/30600/analyt.html>)

- I samhället finns en allmän oro för riskerna med strålning av olika typer, t ex från bildskärmar, kraftledning (elektromagnetiska fält), och mobiltelefoner och mobiltelefonmaster (mikrovågor). Vad beträffar strålning från kraftledningar har ett flertal publicerade studier pekat på bl a ett samband mellan exponering i bostäder och barnleukemi.
(Förvaltarforum 2001-01-08 <http://home.pi.se/mediehuset/news/elektro015.html>). Man räknar med att kanske 5 – 10 fall av barncancer i Sverige skulle kunna bero på exponering för elektromagnetiska fält (att jämföras med totalt ca 200 barncancerfall om året i Sverige). Vad beträffar risker med strålning från mobiltelefoner återkommer frågan ständigt i tidningsartiklar. Följande stod att läsa i Aftonbladet onsdagen den 7 juni 2000: ”Larmrapporter om att strålning från mobiltelefoner kan orsaka nervskador, cellförändringar och cancer har duggat tätt de senaste åren. Resultaten är förvisso omtvistade. Men det enda vi säkert kan veta är att vi ännu har för lite kunskap för att veta någonting säkert om mobiltelefonernas ofarlighet. Lika lite som det är helt bevisat att telefonerna är farliga kan vi hävda att de är ofarliga – men de resultat som presenterats hittills ger definitivt anledning till eftertanke.” (<http://www.aftonbladet.se/debatt/0006/07/debatt.html> 2000-12-20) Exponeringen av strålning från mobiltelefoner misstänks också påverka minnet, arvsmassan och ge förändrat blodtryck. Sambandet med tumörer är omdebatterat.

Ovan har vi endast nämnt ett fåtal exempel på aktuella händelser och omdebatterade riskkällor. Vi skulle kunna fylla på listan med flera andra exempel:

- Dragning av nya vägar och järnvägar där transport av farligt gods kan orsaka svåra olyckor om de inträffar på ”fel” ställe.
- Risker med att bo i hus byggda av blåbetong där radonhalterna blir höga.
- Riskerna med skogsdöd orsakat av surt nedfall från industriutsläpp.
- Aids, genteknik, etc, etc.

Samtidigt som stora olyckor och katastrofer inträffar och får stor uppmärksamhet i medier ökar också riskmedvetenheten hos samhällets olika aktörer. Några av dessa är:

- den enskilde medborgaren som ställer krav på att få veta vilka risker som hotar det han/hon värderar högt.

- myndigheter som har till uppgift att skydda medborgarna på flera olika sätt. Myndigheterna strävar därför mot att ständigt öka kunskapen om vilka risker som allmänheten och samhället står inför.
- företagsledare och aktieägare som blir medvetna om att den verksamhet de bedriver, eller har ett intresse i, kan drabbas av externa händelser (t ex elavbrott) vilket om det blir långvarigt kan få förödande effekter. Likaså kan företaget drabbas av goodwillförluster (vilka kan bli minst lika förödande) om tredje man drabbas av dödsfall, personskada mm.

För att försöka besvara de frågor som ställs kring risker utförs i allt högre utsträckning riskanalyser. Riskanalysen är ett verktyg som syftar till att försöka klarlägga riskens två huvudkomponenter, nämligen sannolikheten (frekvensen, hur ofta inträffar det?) för att en oönskad händelse skall inträffa och konsekvensen av den händelsen (vad kan hända och i vilken omfattning?). I slutänden eftersträvas denna information för att man skall kunna fatta ett så bra beslut som möjligt om hur man skall bemöta riskerna på ett optimalt sätt utifrån de värderingar man har och de resurser som står till buds. Naturligtvis spelar det då stor roll att det resultat man erhållit är någorlunda riktigt. En riskanalys är dock aldrig fullständigt säker. Det informationsunderlag man bygger sin analys på innehåller ofta många olika antaganden. Sålunda byggs det in ett mått av osäkerhet i analyserna. Att därför tydligt redogöra för den osäkerhet som analyserna och bedömningarna bygger på samt osäkerheten i slutresultatet är ett viktigt moment.

Risker kan delas in i olika typer, eller kategorier, och beroende på vilken typ av risk man studerar krävs en viss analysmetod. Till exempel varierar tillvägagångssättet då man analyserar säkerhetsrisker jämfört med miljörisker. För att kunna göra en så allsidig och samlad bedömning av riskerna som möjligt i till exempel en kommun eller en region krävs det att en analytiker behärskar metodiken inom flera områden. Ur ett samhällsperspektiv täcks detta till stora delar in i begreppen säkerhet, hälsa och miljö.

Att entydigt definiera vad risk är, är också komplicerat. Riskbegreppet hör starkt ihop med de värderingar som råder i såväl samhället som hos den enskilde individen. Riskbegreppet är således dynamiskt och dess innehåll är ständigt under omvandling.

Syftet med denna introduktion är att ge en första översikt över området ”Riskanalysmetoder” och att förklara grundläggande begrepp nödvändiga för att förstå vad som avses med riskanalys och riskbedömning. Inga anspråk görs dock här på att ge en fullständig överblick över ämnesområdet. Finansiella risker berörs till exempel inte utan tyngdpunkten ligger istället på säkerhet, hälsa och miljö, förkortat SHM¹. Tonvikten läggs samtidigt på myndigheters, företags och allmänhetens perspektiv på risker och riskhantering. Målet med introduktionen är att läsaren i efterhand skall ha en översiktlig uppfattning om:

- Vad risk är
- Vilka risktyper det finns
- Hur riskperspektiv varierar
- Vad en riskanalys respektive riskbedömning är
- Hur en riskanalys görs inom områdena säkerhet, hälsa och miljö
- Hur man bör handskas med osäkerhet då man genomför en riskanalys

¹ När dessa tre aspekter behandlas tillsammans i annan litteratur möts man ibland av en annan ordning. I kursen riskanalysmetoder ligger dock tyngdpunkten på området säkerhet. Den engelska akronymen är SHE (Safety, health and environment)

Risk och risktyper

Definition av risk

Definitionen av risk har i modern tid sitt ursprung i ett tekniskt "objektivistiskt" förhållningssätt där man intagit ett strikt naturvetenskapligt förhållningssätt till riskproblematiken. Med detta menas att man försökt bortse från rent subjektiva uppfattningar. En risk skall kunna beräknas och framställas på ett sätt som är fritt från känslomässiga uttryck. Sedan ett par decennier tillbaka har emellertid detta synsätt starkt kritiserats för att utelämna viktiga sociala, psykologiska och kulturella aspekter. En socialkonstruktivistisk riskforskningsdisciplin har vuxit fram. Förespråkarna för detta senare synsätt menar att människors värderingar skiljer sig åt beroende på ett flertal faktorer och därför varierar också vad som kan betraktas som en risk samt hur stor denna bedöms vara. Att "demokratiskt" infoga dessa värderingar och hur olika risker uppfattas (riskperception) i begreppet samt att inte endast förlita sig på en "expertsyn" är bl a utmärkande för den socialkonstruktivistiska grenen.

Det finns flera åsikter om hur risk skall definieras även inom det tekniska och det socialkonstruktivistiska perspektivet. Skall man ändå försöka uttrycka någon gemensam nämnare för risk så är det sannolikheten för att en negativ konsekvens skall inträffa till följd av någon form av händelse. Under rubriken "Riskperspektiv" görs en kort översikt över de viktigaste dragen i de båda synsätten.

Risktyper

Risker kan klassificeras och kategoriseras på flera olika sätt och efter olika kriterier. International Electrotechnical Commission, IEC (1995) som utformat en standard för hur riskanalyser bör genomföras (se nedan), gör två typer av indelningar. Först i fyra huvudkategorier efter riskkälla:

- Naturrelaterade riskkällor – översvämningar, jordbävningar, stormar m m.
- Teknologiska riskkällor – industrianläggningar, strukturer, transportsystem, konsumentprodukter, kemikalier etc.
- Sociala riskkällor – överfall, krig, sabotage etc.
- Livsstilsrelaterade riskkällor – droganvändning, rökning m m.

Risker kan också kategoriseras efter de konsekvenser som undersöks. IEC (1995) ger några exempel:

- Individuella risker - påverkan på en individ ur allmänheten.
- Yrkesmässiga risker - påverkan på en arbetare.
- Samhällsrisker - övergripande påverkan på allmänheten.
- Egendoms- och ekonomiska risker - affärsmässiga störningar eller skada på fysisk objekt.
- Miljörisker - påverkan på land, vatten, mark, flora etc.

En ytterligare möjlighet är att dela in risker efter vilken metodik som krävs för att analysera och bedöma dem. Kolluru (1996) gör en indelning i:

1. *Olycksrisker (avser risker från tekniska system)*: Sannolikheten för att olyckor skall inträffa är låg men när så väl sker är konsekvenserna stora och av akut och ögonblicklig art. Orsaks-effektförhållandet är tydligt och lätt att identifiera. Centralt är mänsklig säkerhet och förhindrande av skada, ofta inom en arbetsplats. Underlag för mått utgörs av

dödsfall, skador, förlorade arbetsdagar, egendomsskador, förlorad produktion eller försäljning.

2. *Hälsorisker*: Sannolikheten för att exponeras för skadliga faktorer (energi, toxiska ämnen, etc) är hög men när så sker är själva exponeringen oftast låg till måttlig. Konsekvenserna uppträder gradvis och symptomen är fördröjda. Oftast är orsak-verkan relationen inte distinkt. Måttenheter baseras bl a på cancerfall, andningsbesvär, neurologiska och reproduktiva effekter.
3. *Ekologiska/miljömässiga risker*: Effekterna är svåra att bestämma. Samverkan mellan populationer, samhällen och ekosystem på mikro- och makro-nivå är komplicerad. Stor osäkerhet råder om kausala effekter. I fokus för intresset är habitat- och ekosystempåverkan vilken kan ske långt ifrån riskkällorna. Riskmått uttrycks som habitat- och ekosystemförändringar (funktion och kapacitet) samt skador på naturmiljö.
4. *Allmän välfärd/goodwill-risker*: Avser allmänhetens uppfattning om en organisation eller dess produkter, omsorgen gäller bl a estetik, egendomsvärden och begränsningar i resursanvändning. Centralt är allmänna uppfattningar och värderingar. Riskmått kan tillhöra så vitt skilda kategorier som restriktioner i resursanvändning, luktbesvär, utsiktsförsämring, estetik och egendomsvärden.
5. *Finansiella risker*: Berör kort- och långsiktiga risker för egendomsskador eller avkastningsförluster, avkastning på miljö-, hälso- och säkerhetsmässiga investeringar. I centrum står operabilitet och finansiell livsduglighet. Riskmått baseras på ansvarexponering och avkastning.

Olika myndigheter, företag och andra organisationer gör också egna indelningar. Ett exempel är Boverkets rekommendation av hur man anser att kommunerna bör arbeta med risker (Persson 1998):

- Naturrisker – markområden där geologiska och hydrologiska förhållanden kan ge upphov till skred, översvämningar, radonutsläpp etc.
- Industri och lager etc - anläggningar med omfattande hantering av eller produktion av kemiska ämnen och farligt gods.
- Hamnar, flygplatser, terminaler – d v s anläggningar där farligt gods hanteras/omlastas.
- Kommunikationer, transporter – transport av farligt gods.
- Risker under beredskap och krig – anläggningar som utgör potentiella mål för sabotage.

Riskperspektiv

Tekniskt perspektiv

Risk kan rent tekniskt förstås som en sammanvägning av sannolikheten för att en händelse skall inträffa samt de (negativa) konsekvenser händelsen i fråga kan anses leda till. Kaplan (1997) menar att risk rent tekniskt kan definieras som svaret på tre frågor: Vad kan hända (vilka scenarion, S , kan uppstå)? Hur troligt är det att det händer (frekventistiskt sannolikt, L)? Vilka är konsekvenserna, X , av händelsen? Svaren på frågorna kan uttryckas som en trippel: (S, L, X) . Genom att formulera trippeln som ett uttryck, d v s $R = \{<S_i, L_i,$

$X_i > \}$,_c erhålles en uppsättning svar på de tre frågorna². Risk är därmed lika med summan av alla scenarier, sannolikheten för att de skall inträffa samt den konsekvens som då uppstår.

Risker skall inte förväxlas med riskkällor, d v s det fenomen som ger upphov till den oönskade händelsen. En industrianläggning är en typisk riskkälla som kan orsaka en oönskad händelse, t ex att en explosion inträffar som leder till att flera människor dör eller skadas eller att ett utsläpp av en kemikalie sker vilket ger effekter på den omgivande miljön. Sannolikheten för att explosionen skall inträffa samt hur stora konsekvenserna blir bestämmer riskens storlek.

I det tekniska perspektivet är fokus oftast på en eller ett par aspekter (t ex dödsfall och personskada). Ingen skillnad görs i hur olika personer ser på konsekvenserna av en händelse och hur de värderar dessa. Analytikerna skall genomföra en analys som är fri från sådana subjektiva värderingar.

Socialkonstruktivistiska perspektiv

Den tekniska definitionen av risk ger en förhållandevis okomplicerad bild av riskproblematiken. Den svarar inte på frågor varför vissa händelser kan anses oönskade. Detta är ofta förutbestämt i den tekniska analysen. Den svarar inte heller på varför individer har olika uppfattning om vad som är en risk och betydelsen av denna risk. Renn (1998) menar att det finns flera brister med det tekniska synsättet:

- Det utelämnar den mångfald av negativa sidor som folk i allmänhet förknippar med risk.
- Samspelet mellan mänskliga aktiviteter och konsekvenser är mer komplext och unikt än vad som ryms i det sannolikhetsbegrepp som används i de tekniska analyserna.
- Den tekniska riskanalysen kan inte ses som en värdefri vetenskaplig aktivitet. Värderingar reflekteras i hur risker karakteriseras, mäts och tolkas.
- Den numeriska kombinationen av konsekvens och sannolikhet förutsätter ofta likvärdig betydelse för de båda komponenterna. Detta förhållande har emellertid visat sig vara mer komplicerat i verkligheten då allmänheten i högre grad undviker risker med låg sannolikhet men med stora konsekvenser än risker med stor sannolikhet och måttlig konsekvens.
- Att generellt sammanställa data som berör stora populationer över lång tid utelämnar ofta viktiga individuella skillnader och preferenser.

Den forskning som ser till dessa aspekter på risk benämns ofta "socialkonstruktivistisk". Vilken typ av kunskaper är det som den socialkonstruktivistiska disciplinen rent konkret bidragit med? Som exempel kan nämnas Otway & von Winterfeldts forskning (1982) vilken visat på några kvalitativa aspekter som påverkar människors acceptans negativt av teknologiska risker:

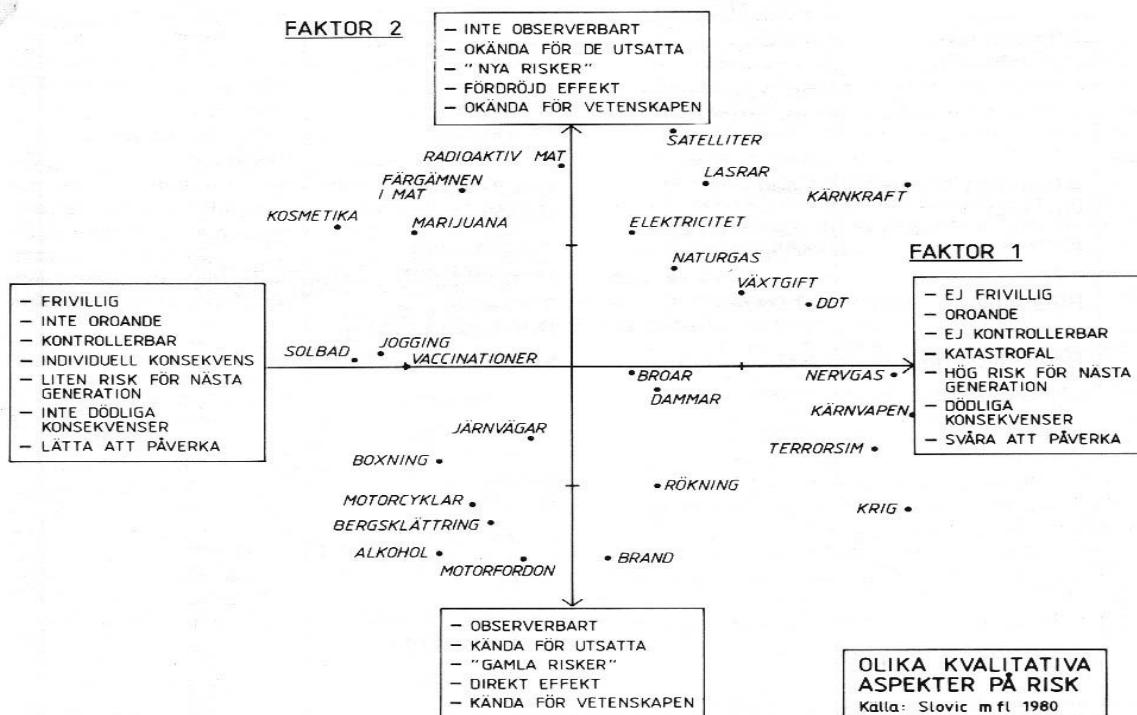
- Ofrivillig utsatthet.
- Brist på personlig kontroll.
- Osäkerhet om sannolikheten eller konsekvensen av en olycka.
- Brist på erfarenhet av risken.
- Tidsfördröjda effekter av exponeringen.
- Genetiska effekter.
- Olyckor som sker sällan men när de inträffar så är effekten av katastrofal karaktär (Low Probability – High Consequence).

² _i står för ett specifikt scenario. _c står för complete och innebär att alla scenarier är intressanta för att besvara frågan om vad risk är.

- Fördelar som inte är påtagliga.
- Fördelar som gynnar andra.
- Olyckor som förorsakas av mänskliga faktorn (jämfört med t ex naturrelaterade).

Sambandet och betydelsen av riskens kvalitativa egenskaper och riskperceptionen har bl a undersökts inom den psykometriska traditionen³. Man har fokuserat på två frågor: Formar de olika kvalitativa egenskaperna ett värderingsmönster? Är det möjligt att modellera hur individer 'konstruerar' risker och på det sättet vinna insikt?

Slovic, Fischhoff och Lichtenstein (1982) försökte komma fram till ett svar på frågorna i en undersökning där man bad en grupp försökspersoner bedöma 90 olika riskkällor med avseende på 18 kvalitativa egenskaper. Med statistiska metoder kunde man sedan härleda tre oberoende faktorer, sammansatta av ett antal karakteristika, som förklarar riskupplevelsen. Den första faktorn beskriver graden av fruktan, den andra uttrycker hur (o)känd riskkällan är och den tredje exponeringsnivån. Riskkällorna har redovisats grafiskt med avseende på de två första faktorerna. Figur 1 är en förenklad version av denna grafiska framställning (med avseende på antalet riskkällor) och härstammar från Räddningsverket (1989)⁴. Riskkällornas placering i riskrymden avgör riskupplevelsen.



Figur 1. Kvalitativa aspekter på risk. Källa: Förenklad figur av Räddningsverket (1989) baserad på Slovic (1982)

³ Man har emellertid fokuserat på den subjektiva bedömningen av enskilda riskkällor och inte närmare belyst hur risker uppfattas i förhållande till andra sammanhang som livsmål etc.

⁴ Det kan konstateras att flera undersökningar av den här typen har genomförts och omfattar en hel forskningsgren (se The Royal Society 1992)

En del företrädare för den socialkonstruktivistiska disciplinen menar att risk heltigenom är en social konstruktion, således också det tekniska synsättet. De mått som oftast används för konsekvenser inom det tekniska synsättet (dödsfall, skador och ekonomiska förluster, etc) är inget som kan anses ha ett objektiva värde, utan bygger på samhällets värderingar.

Myndigheters riskperspektiv

Myndigheter är ansvariga för att formulera mål samt författa bestämmelser, handledningar och råd inom respektive verksamhetsområde. Att här ge en fullödig översikt över alla myndighetsperspektiv och de olika bestämmelserna vore inte rimligt. Vad gäller de tre risktyperna säkerhet, hälsa och miljö har däremot olika statliga myndigheter ett särskilt ansvar för att utveckla metoder för att analysera risker samt att tillhandahålla kunskap för hur dessa skall beaktas i den fysiska planeringen (Pauldrach 2000). Boverket har till ansvar att samordna arbetet för att underlätta den fysiska planeringen.

Räddningsverket har ett brett perspektiv på olika typer av säkerhetsrisker. Det huvudsakliga arbetet är uppknutet kring de kommunala räddningstjänsterna och är såväl förebyggande som skadebegränsande. Räddningsverket är (via länsstyrelserna) utövande tillsynsmyndighet för de kommunala räddningstjänsterna och för verksamheter där farliga ämnen förekommer i vissa mängder (s k Sevesoanläggningar). Enligt räddningstjänstlagen (1986:1102) skall det för varje kommun upprättas räddningstjänstplaner i vilka det framgår hur kommunens räddningstjänst är organiserad. För att upprätta sådana bör riskanalyser genomföras för de mest farliga verksamheterna i kommunen. För att underlätta arbetet med riskanalyser ger Räddningsverket ut handböcker för hur man genomför riskanalyser av säkerhetsrisker.

Naturvårdsverket har ett särskilt ansvar för analys av miljörisker. Under 1999 antogs av riksdagen 15 s k miljö kvalitetsmål. Målen har tillkommit genom ett samarbete mellan ett antal myndigheter där Naturvårdsverket varit samordnande part. De har sedermera antagits av riksdagen (april 1999). Målen täcker in områdena:

- Frisk luft
- Grundvatten av god kvalitet
- Levande sjöar och vattendrag
- Myllrande våtmarker
- Hav i balans - levande kust och skärgård
- Ingen övergödning
- Bara naturlig försurning
- Levande skogar
- Ett rikt odlingslandskap
- Storslagen fjällmiljö
- God bebyggd miljö
- Giftfri miljö
- Säker strålmiljö
- Skyddande ozonskikt
- Begränsad klimatpåverkan

Syftet med de 15 miljö kvalitetsmålen är att åstadkomma ett ekologiskt hållbart samhälle. Man siktar på att de skall nås inom en generation. Målen är också vägledande vad avser tillämpningen av den nyligen (1999) antagna miljöbalken vilken främjar en hållbar

utveckling. De uppställda miljökvalitetsmålen ger därmed återverkningar på hur myndigheter skall bedöma och hantera risker.

Det kan vara värt att påpeka att gränsen för vad som är att betrakta som miljörisk och hälsorisk är flytande. En miljörisk är oftast också en klar hälsorisk. Socialstyrelsen är emellertid tillsynsmyndighet för verksamhet som berör hälso- och sjukvård, socialtjänst, hälsoskydd och smittskydd. Detta innefattar effekter som kan verka på kort såväl som lång sikt och som kan vara viktiga att ta hänsyn till i den fysiska planeringen (Pauldrach 2000). Socialstyrelsen har också till uppgift att identifiera olika riskfaktorer vad beträffar hälsa och att återföra resultatet av tillsynen till huvudmän och yrkesverksamma. Vidare skall Socialstyrelsen ta fram och sammanställa gränsvärden och riktvärden för olika ämnen.

Kommunerna har huvudansvaret för att hänsyn tas till olika risker i den fysiska planeringen. För att detta skall kunna ske så effektivt som möjligt bör riskanalyser upprättas i samverkan med kommunens olika förvaltningar. Det är också viktigt att kommunen upprättar analyserna i samverkan med länsstyrelsen som är den statliga representanten. Länsstyrelserna skall stödja kommunerna i deras arbete med riskanalyser för den fysiska planeringen. Länsstyrelsen övervakar också att kommunerna i sina planer beaktar frågor kring säkerhet och hälsa på ett tillfredsställande sätt. I annat fall kan länsstyrelsen överpröva de kommunala planerna.

Företagens perspektiv

Sett ur företagens perspektiv handlar riskerna ytterst om sannolikheten för att vinsten påverkas negativt och i förlängningen om att verksamheten måste läggas ner. Det är därför nödvändigt att företagsledningen förstår, bedömer och hanterar de risker som hotar företaget. Målsättningen är inte nödvändigtvis att eliminera de risker som finns men att ta beslut som säkrar företaget i förhållande till det tillgängliga kapitalet och de risker som existerar. Det handlar om att koppla riskhanteringen till företagets långsiktiga affärsstrategi och planeringsverksamhet. På senare tid har krav utifrån (marknaden och myndigheter) ställts i allt större utsträckning på att företagen skall göra riskanalyser med avseende på HMS-risker. För myndigheternas del handlar det om att skydda allmänheten. För aktieägarna handlar det om att en stor olycka kan ge produktionsstörningar och goodwillförluster som i förlängningen hotar aktiekurser och utdelning. För vidare läsning om företagens riskperspektiv se bl a "Säkra företags flöden" (Överstyrelsen för civil beredskap, 1999).

Riskperspektiv och analysmetodik

Vilket perspektiv som anläggs på risk avgör hur man väljer att utföra sin analys. Det är tveklöst så att t ex de ansvariga för ett företag ser andra risker än t ex myndigheter. Medan företagsstyrelsen ser risker med försämrade vinster till följd av att behöva göra vissa investeringar ser kanske myndigheter företaget och dess verksamhet som en riskkälla m h t aspekter som kan beröra hälsa, säkerhet eller miljö. Inte sällan kan det alltså finnas intresse motsättningar mellan de olika perspektiven.

I tabell 1 ges en översikt över sju stycken riskperspektiv med avseende på bl a val av analysmetodik, omfattning och i vilka situationer de tillämpas. Observera att ingen förklaring ges till hur analyserna utförs utan syftet är att konceptuellt beskriva innehållet i de olika perspektiven. Tabellen täcker in spektrat från samhällsvetenskapliga till tekniska synsätt. De tre kolumnerna till vänster i tabell 1 representerar ett tekniskt riskperspektiv där man förväntar sig en fysisk skada för människor, miljö eller egendom. För att uppskatta sannolikhet används

relativa frekvenser. Avsikten är inte sällan att försöka identifiera orsakerna till att en önskad effekt kan inträffa.

Kolumnen längst till vänster åskådliggör försäkringsbolagens relativt okomplicerade risksyn. Försäkringsbolagen ser till ett förväntat värde vilket uttrycks som den relativa frekvensen för att en händelse genomsnittligt skall inträffa över en viss tid, t ex att en bil blir stulen. Utifrån kända korrelationer mellan särskilda parametrar och en viss risk extrapolerar man förhållandet för att få en överblick över det område som man inte har erfarenhet av och annars inte kan uttala sig om.

Tabell 1. Översikt över olika riskperspektiv. Källa: Renn 1998

	Integrerade metoder						
	Försäkringsbaserad metod	Toxikologi - epidemiologi	Sannolikhet sinriktad riskanalys (PRA)	Ekonomiska spekter	Riskpsykologi	Sociala riskteorier	Kulturella riskteorier
Basenhet	Förväntat värde	Beräknade förväntade värden	Tillverkade förväntade värden	Förväntad nytta	Subjektivt förväntad nytta	Rättvisesynpunkter och social kontext	Gemensamma värden
Standard-metod	Extrapolering	Experiment Befolkningsstudier	Händelse-träds- och felträdsanalys	Jämförelse risk-nytta	Psykometri	Fältundersökningar Strukturella analyser	Grid/group-typologi
Omfattning	Universell Endimensionell	Hälsa och miljö Endimensionell	Säkerhet Endimensionell	Universell Endimensionell	Individuell perception Multidimensionell	Sociala intressen Multidimensionell	Kulturella kluster Multidimensionell
Grundläggande problemområden	Genomsnitt över rum, tid, kontext			Preferensaggregering		Social relativism	
	Prediktiv förmåga	Förutse exponering Bakgrundsbrus	"Common mode failures"	Gemensam måttstock	Social relevans	Komplexitet	Kommunicerbarhet
Större tillämpning sområden	Försäkringar	Hälsa Miljö	Säkerhetsteknik	Beslutsfattande	Politiskt beslutsfattande och regelverk Konfliktlösning Riskkommunikation		
Huvudsakliga funktioner	Risikfördelning	Tidiga varningar Gränsvärden	Förbättra system	Resursallokering	Individuell riskacceptans	Politisk acceptans Acceptans	Kulturell identitet
Sociala funktioner	Riskreduktion och val av policy Bedömning Hantering av osäkerhet Politisk tillämpning						

Den andra kolumnen representerar synen på de risker som inte kan observeras som en direkt effekt av en orsak. Detta gäller t ex hälso- och miljörisker till följd av exponering för ett

kemiskt ämne. Det är ofta svårt att se hur exponeringen för ett specifikt ämne påverkar miljön eller vår hälsa när vi samtidigt utsätts för tusentals andra i vardagen. Samtidigt är effekterna inte direkta utan kan ge sig till känna flera tiotals år senare. Ett exempel är exponeringen för asbest. Orsaks-effektsamband måste i dessa fall utforskas med speciella modeller för att isolera kausala agenter från andra variabler som kan inverka.

Den tredje kolumnen redogör för perspektivet på bedömning av teknologiska risker. Det kan handla om att störningar inträffar i en industriprocess vilket får till följd att ett giftigt ämne sprids till luft, vattendrag, etc och i slutändan till att folk exponeras för ämnet under viss tid. Här tillkommer ytterligare ett steg i bedömningen. De tidigare perspektiven förutsätter konstant exponering. Nu måste en uppskattning göras av hur stor sannolikheten är för att olyckan som sprider det (giftiga) ämnet utlöses. De analyser som har sin grund i det tekniska synsättet används för att upptäcka, undvika och påverka orsakerna som leder till de oönskade effekterna. Ofta används probabilistisk riskbedömning för att försöka förutsäga sannolikheten för att säkerhetsfel uppstår i teknologiska system.

De fyra kolumnerna till höger i tabell 1 redovisar riskperspektiv som ligger närmare det socialkonstruktivistiska synsättet (se kapitel "Socialkonstruktivistiska perspektiv" ovan). I den mellersta kolumnen (fjärde kolumnen från vänster) redovisas det ekonomiska riskperspektivet. Det ligger nära det tekniska men är ändå mer subjektivistiskt. Man försöker sätta ett pris på människors uppfattning av nytta⁵ och därmed också uppskatta konsekvenser i form av förlorad nytta, eller mer ekonomisk förlust. Inför ett större infrastrukturprojekt är det t ex vanligt att försöka uppskatta den förväntade nyttan mot förväntade nyttoförluster till följd av projektet. Detta kallas för cost-benefitanalys.

Den femte kolumnen från vänster representerar ett psykometriskt förhållningssätt. Det handlar om att försöka utröna kvalitativa aspekter i individens riskperception (riskuppfattning). Risktypen och dess kvalitativa karakteristika anses spela stor roll för den individuella riskuppfattningen. Resultat från forskningen inom området har berörts ovan.

I den sjätte kolumnen behandlas den sociologiska infallsvinkeln. Man menar att sociala aspekter kan förstärka eller förminska uppfattningen om olika risker. Hur massmedier och experter hanterar risker får t ex ofta genomslag på individens uppfattning. På så vis kan en risk också ge upphov till sekundära effekter som inte alltid har så tydlig koppling till den initiala händelsen.

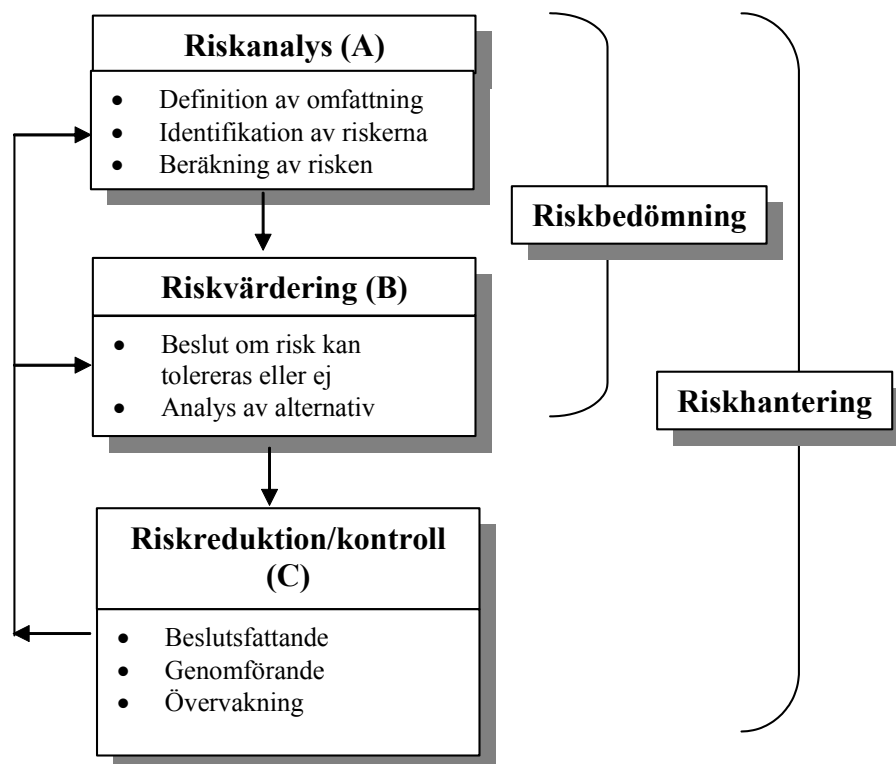
Kolumnen längst till höger företräder ett perspektiv där individuella variationer i bedömning och uppfattning av risk försöker förklaras som ett kulturellt fenomen. Grupptillhörighet, gruppidentitet, anses t ex ha betydelse för hur människor ser på och utvärderar risker av t ex teknologiska aktiviteter.

⁵ Nytte definieras inom nationalekonomin som ett objekt eller en företeelse som tillgodoser en individs önskemål.

Risikanalys - riskbedömning - riskhantering?

Säkerhetsrisker

Hur definieras risikanalys, riskbedömning och riskhantering? Hur förhåller de sig till varandra? Den standardiserade definitionen av ”riskhantering” enligt International Electrotechnical Commission, IEC, är hela den process från vilken risker och riskkällor identifieras till och med det att beslut tas om att de skall åtgärdas eller ej. Riskhanteringen (risk management) kan delas in i de tre stegen risikanalys (risk analysis), riskvärdering (risk evaluation) och riskreduktion/styrning (riskreduction/control). Figur 2 visar hur de förhåller sig till varandra. Det översta steget (A) preciserar omfattningen av en risikanalys. En risikanalys kan beskrivas som en strukturerad process för att identifiera sannolikheten och omfattningen av de negativa händelser som en aktivitet, anläggning eller ett system kan ge upphov till (, International Electrotechnical Commission, IEC 1995). De två första stegen tillsammans (A+B) benämns riskbedömning (risk assessment) och innebär att man tar ställning till om den/de identifierade risken/riskerna kan accepteras och vilka alternativ som eventuellt föreligger. Om man funnit riskerna oacceptabla vid riskvärderingen går man vidare till steg C, d v s man försöker reducera eller kontrollera riskerna.



Figur 2. Riskhanteringsprocessen. Källa: International Electrotechnical Commission, IEC 1995. Författarens översättning.

Viktigt att notera i sammanhanget är att man i amerikansk litteratur ibland ser att riskmanagement används synonymt med riskreduktion/kontroll medan risk assessment betecknar hela riskhanteringsförloppet. Dessutom händer det rent allmänt att man i begreppet riskanalys inkluderar bitar av, eller hela, riskbedömningsprocessen. Nedan görs en beskrivning av proceduren för en riskanalys.

Den första delen i en riskbedömning är själva analysdelen. Tillvägagångssättet varierar beroende på vad bedömningen avser (ekologi, teknologiskt system, etc). Som ett exempel på hur en riskanalys kan genomföras redovisas här en procedur i sex steg för tekniska system.

1. Definition av systemet som skall analyseras samt omfattning av analysen

I det första steget skall: a) orsakerna till analysen beskrivas, b) det system som skall analyseras definieras och avgränsas liksom; c) de tekniska, miljömässiga organisatoriska och övriga aspekter som är relevanta för problemet; d) antaganden och begränsningar som styr analysen skall fastställas och; e) de beslut som behöver tas identifieras.

2. Identifikation av riskkällor och genomförande av en initial konsekvensvärdering

I det andra steget identifieras riskkällorna och det sätt på vilket de kan utgöra hot⁶. En initial värdering görs, baserat på en konsekvensanalys, för att analysera hur signifikanta riskkällorna är. Syftet är att besluta om a) åtgärder skall utföras på den här nivån för att eliminera eller reducera faran; b) om analysen skall avslutas på g a att riskkällorna är insignifikanta eller; c) om man skall fortsätta med riskuppskattning.

De vanligaste metoderna för riskidentifikation i ett tekniskt system kan delas in i tre områden (Nicolet-Monnier 1996):

- Komparativa metoder (process/system-checklistor, säkerhetsgranskning/översyn, indexmetoder för relativ rangordning och preliminära analyser av riskkällor).
- Fundamentala metoder ("Hazard and operability studies", "What if?–analyses", "Failure mode effect and criticality analyses" och "Goal oriented failure analyses").
- Logiska diagram metoder (felträdsanalys, händelseträdsanalys (under rubriken "Exempel på redovisning av säkerhetsrisker" ges en utförligare beskrivning av händelse- och felträd), analys av mänsklig tillförlitlighet, och "system success trees").

3. Riskuppskattning

I en riskuppskattning bedöms de initierande händelserna, följderna av dem, skadereducerande inslag och hur frekvent de skadliga konsekvenserna inträffar. Syftet är att kvantifiera riskuttrycket $R = \{<S_i, L_i, X_i>\}_c$ (kaplan 1997). Uppskattningen görs i tre steg.

I det *första* steget görs en frekvensanalys. Syftet med *frekvensanalysen* är att bestämma hur ofta de oönskade effekterna som tidigare identifierats inträffar. Tre grundläggande tillvägagångssätt föreligger:

- Se till historiska data.
- Förtutse frekvensen genom att använda tekniker som felträdsanalys och händelseträdsanalys.
- Förlita sig på expertbedömningar vilket innebär att subjektiva element infogas i bedömningen.

⁶ Den engelska benämningen är Hazard analysis. En annan svensk benämning är faroanalys

I det *andra* steget analyseras konsekvenserna på människor, egendom, etc mer i detalj. *Konsekvensanalysen* baseras på de oönskade händelser som bedömts som intressanta och syftar till att beskriva de effekter som kan härledas till dessa företeelser. Det är angeläget att överväga såväl direkta konsekvenser som sådana som kan uppstå på längre sikt. Slutligen bör man fundera på sekundära konsekvenser. Analysen kan göras kvantitativt eller kvalitativt. Ändamålet kan vara att t ex uppskatta det antal människor som är lokaliserade i olika miljöer, på olika avstånd från riskkällan och som dödas, skadas eller på annat sätt berörs negativt.

I riskuppskattningens *sista* steg undersöks sannolikheten för att riskkällan skall orsaka det oönskade händelseförloppet - scenariot. Risken kan därefter, som tidigare redogjorts för, uttryckas på flera sätt..

Viktigt i det här steget är att fastslå huruvida riskuppskattningen reflekterar hela risken eller endast en del av den. Osäkerheten är ofta stor i beräkningarna. En osäkerhetsanalys kan användas för att bestämma variationen eller graden av noggrannhet i resultatet från modellerna.

4. Verifikation

En formell utvärdering bör utföras av någon utanför projektet för att bekräfta analysens integritet. Man bör kontrollera att avgränsningen som gjorts är den rätta m h t målet och gå igenom alla kritiska antaganden för att försäkra sig om att de är trovärdiga. Vidare bör bekräftas att analysen använder de för ändamålet rätta metoderna, modellerna och data och undersöka om utredningen går att utföra av andra än de som ursprungligen gjort den.

5. Dokumentation

Risikanalysprocessen bör dokumenteras. Styrkor och svagheter med olika riskmått skall förklaras och osäkerheterna kring riskuppskattningarna uttryckas på ett sätt så att den tilltänkte läsaren förstår vad som menas.

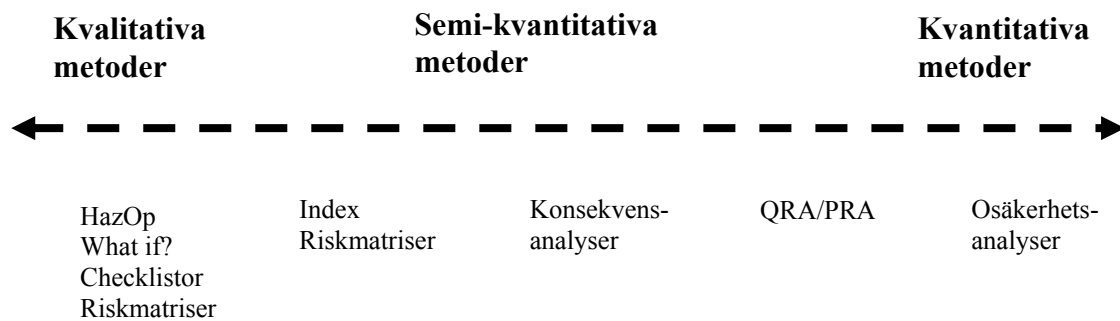
6. Uppdatering

Om riskhanteringsprocessen är kontinuerligt pågående bör analysen utformas på ett sådant sätt att den kan uppdateras under systemets, händelsens eller aktivitetens livscykel. Vilka metoder man beslutar sig för att använda beror t ex på vilken fas systemet befinner sig i, målet med studien, hur allvarlig risksituationen är etc⁷.

Praktiska tillvägagångssätt vid utförande av riskanalys för säkerhetsrisker

Eftersom man i riskbedömningar granskar olika typer av risker har det utvecklats flera olika analysmetoder med varierande utformning och ändamål. För varje typ av risker finns emellertid specifika definitioner, strukturer, beräkningsmodeller och sätt att uttrycka slutresultatet i tillämpliga fall. Det är därför inte möjligt att ge någon strukturell och lättöverskådlig modell för hur alla riskanalyser utförs. Ett sätt att dela in riskanalyser är dock efter grad av kvantifierbarhet. Grovt sett kan analyserna kategoriseras som kvalitativa, semi-kvantitativa eller kvantitativa (se Figur 3). Nedan görs en översikt av några vanliga analysmetoder. De är indelade i kategorier med hänsyn till graden av kvantifierbarhet.

⁷ En genomgång av problemet med risikanalysens praktiska användning skedde i Magnusson m fl (1999). Rapporten som utgör ett förslag till samordnad nordisk riskforskning, analyserar svårigheterna sett från industrins, myndigheternas och allmänhetens synvinkel



Figur 3. Spektrat av olika riskanalysmetoder med hänsyn till graden av kvantitativa och kvalitativa inslag.
Källa: Olsson 1999

Kvalitativa metoder

Kvalitativa metoder används främst för att identifiera risker. De är alltså mest tillämpliga i den första delen av riskanalysen. De kvalitativa metoderna är anpassade för olika verksamhetstyper och syftet är främst att ge beskrivningar av skeenden vid olika förutsättningar. De mått som ibland ändå används för att bedöma riskkällans risknivå är oftast ordinala, d v s en kvalitativ rangordning av typen stor, liten etc. Inte sällan är syftet att jämföra risker med varandra. Även om sannolikhet och konsekvens inte formuleras explicit kan de ibland ändå uppskattas grovt. Typiska metoder är grovanalysmetoder, checklistor och riskmatriser med ordinal skala.

HazOp står för "Hazard and operability studies". Metoden utvecklades för att identifiera orsakerna till att kvalitets- och produktivetsmål inte uppnås i en processanläggning. Med hjälp av ledord kopplade till processparametrar (t ex ledordet "inget" kopplat till processparametern "flöde") skall en analysgrupp försöka urskilja tänkbara avvikelser i processen. Gruppen skall försöka granska orsakerna till avvikelserna men även de följdverkningar de kan föra med sig. Metoden sträcker sig längre än den vanliga riskanalysen och är särskilt användbar vid planläggningen av en ny process.

"*What if?*"-analyser identifierar riskkällor genom att värdera konsekvenserna av oplanerade händelser i det studerade systemet. Man försöker analysera tänkbara avvikelser från den planerade funktionen och driften i systemet genom att ställa "vad händer om...?"-frågor. Till sin hjälp tar man erfarenhetsbaserad kunskap. Metoden tillämpas vanligtvis för att värdera riskerna i samband med planerade förändringar av en process. Resultaten är kvalitativa och redovisas i tabeller över möjliga skadeförlopp och följdverkningar tillsammans med förslag på riskreducerande åtgärder.

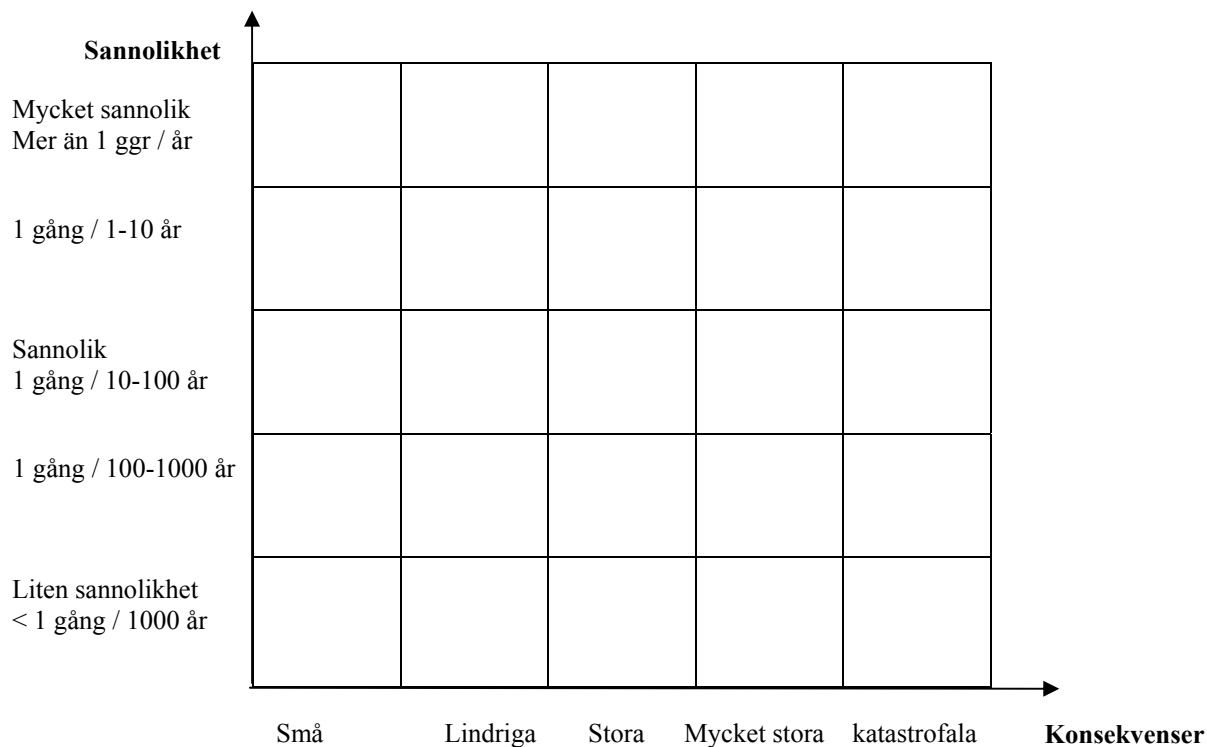
Checklistor bygger på erfarenhet och används för att identifiera kända typer av riskkällor och som kontrollinstrument för att se till så att vedertagna standardförhållanden tillämpas. Medan de detaljerade checklistorna tenderar att fokusera på processen och den specifika anläggningen ser de mer allmänna listorna till egenskaper hos de ämnen som hanteras och yttre störningar.

Grovanalysmetoder används för att identifiera riskkällor i tekniska system utan att hänsyn tas till detaljerna. Syftet är att skaffa sig en grov uppfattning om vilka system som kan medföra allvarligare risker. Där stora risker indikeras kan det ofta vara lämpligt att komplettera analysen med en mer detaljerad arbetsmetodik. Grovanalysen används ofta i ett tidigt skede i planeringsarbetet och kan användas som en första analys av riskkällorna i befintliga system. Genom att låta personer med erfarenhet av de föreliggande förhållandena intuitivt gradera sannolikhet och konsekvens på en skala och sammanställa uppskattningarna erhålls en erfarenhetsbaserad värdering av riskerna, t ex i form av en riskmatris.

Riskmatriser har ett stort användningsområde och kan vara kvalitativa eller kvantitativa (se Figur 4). Ett exempel på riskmatriser med ordinala skalor är Zürich Hazard Analysis, ZHA. Olika typer av händelser inventeras och sätts sedan in i en matris där ena axeln visar tänkbara frekvensen av händelsen (ofta, aldrig etc) och den andra axeln visar konsekvensernas omfattning (försumbar, katastrofal etc). Speciellt för ZHA är inslaget av *fuzzy logic*, vilket gör det möjligt att göra mjuka övergångar mellan strikta klassificeringar och ta hänsyn till olika mått. På så vis går det att inkludera alla typer av riskkällor i en bedömning.

Semi-kvantitativa metoder

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade i sin uppbyggnad än de kvalitativa och innehåller till viss del numeriska mått på konsekvenser och sannolikheter för att en oönskad händelse skall inträffa. Måtten behöver inte vara exakta utan kan beteckna storleksordningar för att kunna rangordna och jämföra olika alternativ förenade med olika risker. Till de semi-kvantitativa metoderna kan bl a räknas riskmatriser med större inslag av kardinala mått på axlarna än de kvalitativa riskmatriserna (se Figur 4).



Figur 4. Exempel på en semi-kvantitativ riskmatris. Källa: Räddningsverket 1989

Ett annat tillvägagångssätt för att preferensrangordna riskkällor bygger på framställning av ett riskindex. För att t ex rangordna och jämföra olika riskreducerande alternativ eller för att jämföra olika systemutformningar med hjälp av ett index används ofta s k multiattributmetoder eller MADM-metoder.

Kvantitativa metoder

De kvantitativa metoderna är helt numeriska. Tillvägagångssättet vid de kvantitativa riskberäkningarna varierar beroende på om uppskattningen avser olycksrisker (akut och olycksartad exponering) eller exponering för farliga ämnen härstammande från normala processer eller rutinartad drift. Gemensamt för alla är emellertid att kvantitativa riskberäkningar baseras på oundvikliga osäkerheter i bl a beräkningsmodeller och indata. Dessa osäkerheter fortplantas genom beräkningarna och ger en motsvarande osäkerhet i slutresultatet. Vid en deterministisk riskberäkning väljs representativa värden, t ex 80% eller 95 % percentil o s v, som ingångsvärde och slutresultatet blir en punktuppskattning av skadans storlek som förväntas vara konservativ, d v s ligga på säkra sidan. Vid en probabilistisk riskberäkning fortplantas den fullständiga fördelningen av osäkerheter genom systemet och slutresultatet blir en fördelningsfunktion över skadans storlek. Det existerar ett antal analytiska och numeriska metoder för att fortplanta osäkerheter genom en beräkningsmodell. Beskrivs exempelvis osäkerheten i en parameter genom en diskretiserad fördelning kan beräkningen struktureras som ett händelseträd och slutresultatet redovisas som en diskret fördelning i form av en riskprofil.

QRA, quantitative risk analysis, är en metod som har en lång historia inom processindustrin (Einarsson 1999). Med en QRA försöker man kvantifiera riskerna som existerar på en anläggning och som riktar sig mot människor inom eller utanför anläggningen. Mått på risk för såväl individen som samhället beräknas. *PRA, probabilistic risk analysis*, har bl a använts inom kärnkraftsindustrin. Den påminner om QRA men är mer detaljerad. I en PRA försöker man mer grundligt undersöka de utlösande faktorerna och lägger ner mer arbete på händelse- och felträdsanalyser.

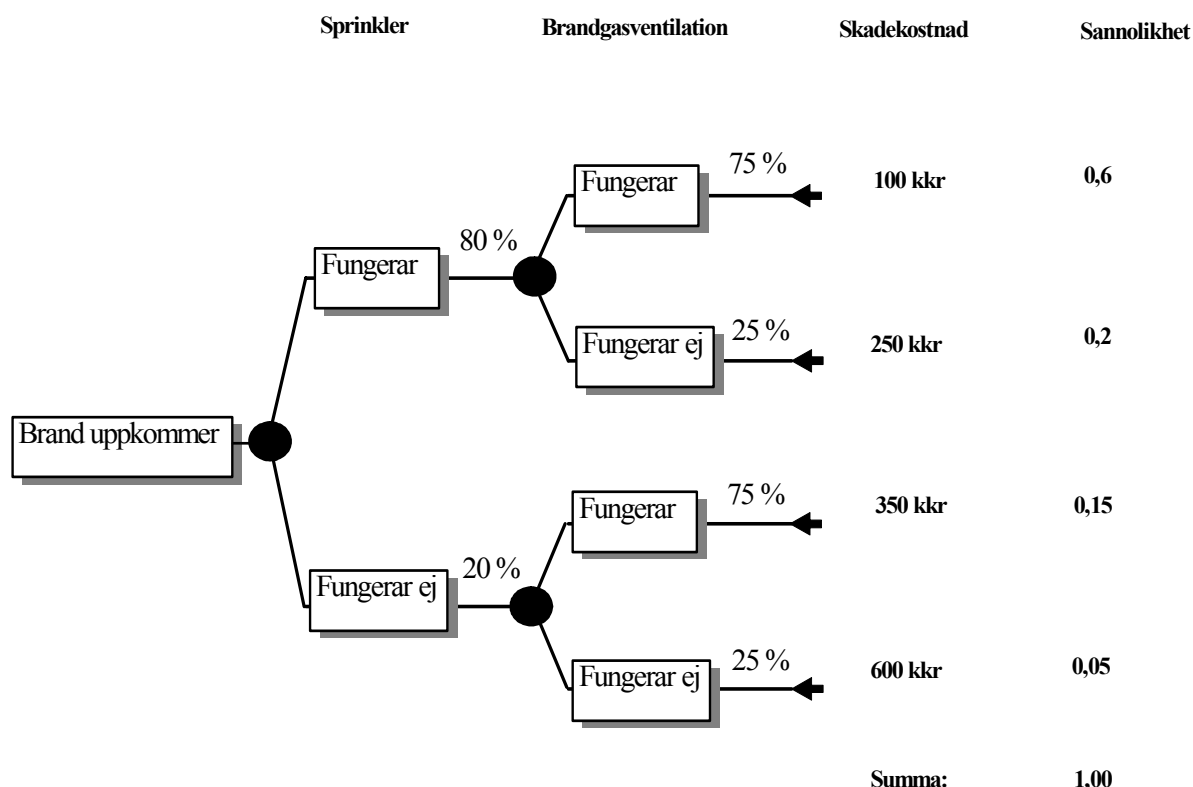
Exempel på redovisning av säkerhetsrisker

Sannolikheten för att olika händelser (och dess konsekvenser) skall inträffa kan bl a illustreras med hjälp av logiska trädstrukturer (händelseträd och felträd) riskprofiler och numeriska mått. Syftet med ett händelseträd är att identifiera de olika konsekvenser som kan bli resultatet av att en händelse inträffar. Såväl sannolikhet som konsekvensens storlek inkluderas (se Figur 5). Ett felträd liknar ett händelseträd men i den bakomliggande analysen söker man istället efter orsakerna till en händelse. Riskprofiler används bl a för att jämföra olika olycksutfall med varandra.

Första steget i att framställa en riskprofil är att konstruera ett händelseträd enligt Figur 5. Figuren visar hur man har bedömt vad som kan hända då brand uppstår i ett rum utrustat med sprinkler och brandgasventilation. För varje tänkbar händelse bedöms sannolikheten och tänkbar skadekostnad. I exemplet i Figur 5 bedöms sannolikheten för att sprinkler och brandgasventilation fungerar till $0,8 \cdot 0,75$, d v s 0,6 om brand uppkommer.

När händelseträdet konstruerats sätts delhändelserna i händelseträdet lämpligen in i en tabell (se tabell 2) och sorteras efter stigande konsekvens. Genom att subtrahera föregående delhändelses sannolikhet från summan av alla delhändelser som återstår är det möjligt att

framställa en riskprofil (komplementär fördelningsfunktion⁸) som illustrerar sannolikheten för att utfallet skall bli större än det givna värdet.



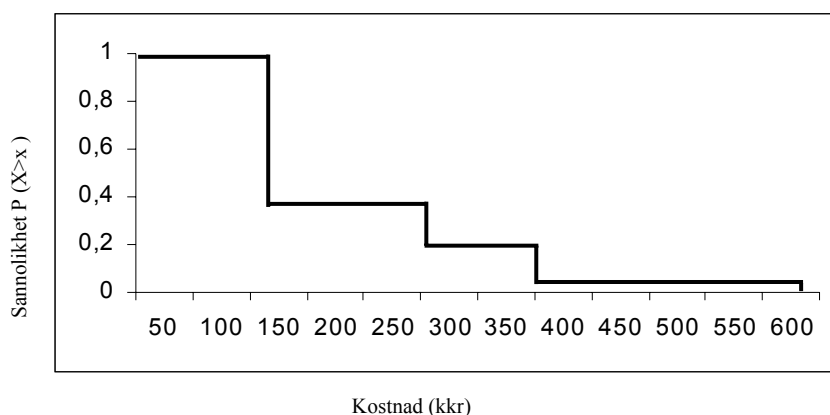
Figur 5. Exempel på händelseträd för brandutveckling i ett rum. Källa: Mattsson 1997

Figur 6 visar ett exempel där sannolikheten för att en skada (här uttryckt i kkr) skall vara större än ett visst värde. Sannolikheten är t ex 1 att värdet på skadan skall överstiga 0 kkr, den är 0,4 att värdet på skadan överstiger drygt 100 kkr, etc. I Figur 7 åskådliggörs ett exempel där två riskprofiler, representerande ett system A och ett system B jämförs. Skillnaden mellan de två systemen kan exempelvis ligga i att de har olika typer av skyddssystem med innebörden att funktionssäkerheten skiljer sig åt. Profilen som representerar system B, längst till vänster i figuren, är det mest fördelaktiga (dominerande) ur risksynpunkt eftersom det ger minst skada för alla värden på sannolikhet.

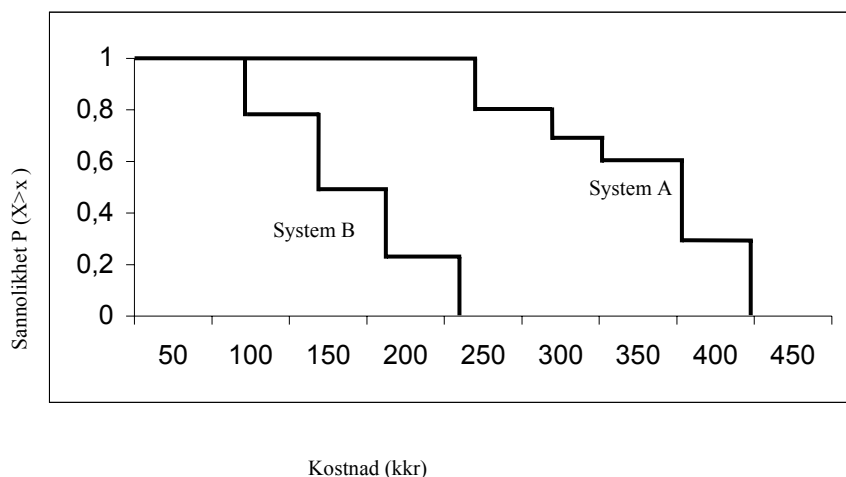
Tabell 2. Underlag för framtagande av riskprofil. Källa: Mattsson 1997

Delhändelse	Konsekvens	Sannolikhet	Subtraherad sannolikhet
1	100	0,6	1,0
2	250	0,2	0,4 (1-0,6)
3	350	0,15	0,2 (0,4-0,2)
4	600	0,05	0,05 (0,2-0,15)
		$\Sigma = 1$	

⁸ Det engelska uttrycket är *complementary cumulative distribution function*.



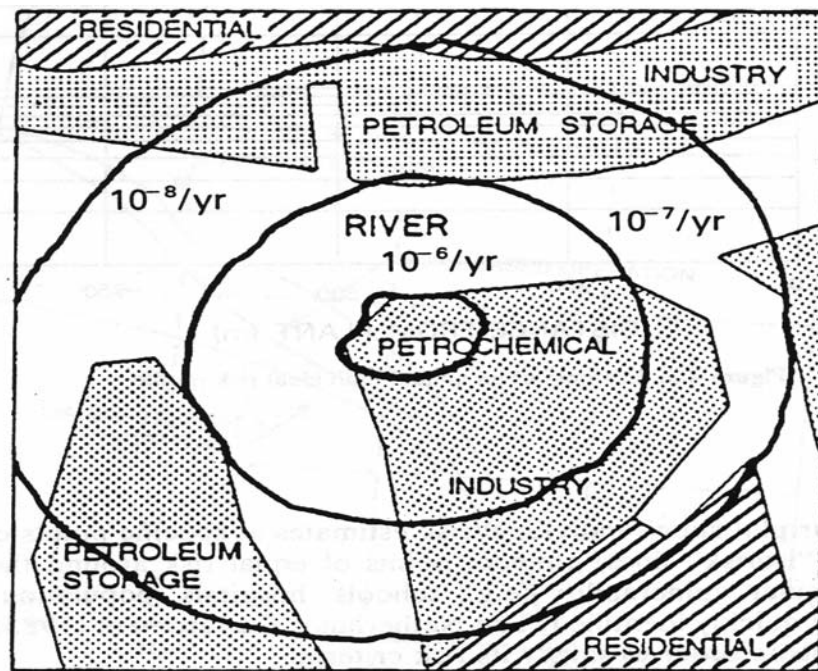
Figur 6. Exempel på riskprofil. Källa: Mattsson 1997



Figur 7. Exempel med två riskprofiler, A och B, där B är dominerande (optimal). Källa: Mattsson 1997

Risker kan också uttryckas i numeriska termer. I skriften *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers 1989) redogörs för flera vanliga sätt att beräkna olycksrisker, d v s sannolikheten för att en plötslig händelse skall leda till skador eller förlust av liv och egendom. Måtten kan baseras på individer men också på en större population.

Figur 8 visar risken för en individ (t ex sannolikheten för att dödsfall skall inträffa) runt en petrokemisk anläggning. Sannolikheten för dödsfall är störst (10^{-6} /år) nära anläggningen och blir helt logiskt allt mindre ju längre från anläggningen man kommer. Siffran 10^{-6} /år innebär att sannolikheten för ett dödsfall beräknas till en på miljonen, eller att ett dödsfall inträffar på en miljon år. Man förutsätter i detta fall att en individ är närvarande och exponerad för risken 100% av tiden. Punkter i rummet runt anläggningen som uppvisar lika stora värden kan sammanbindas av linjer, så kallade riskkonturer eller isorisklinjer.

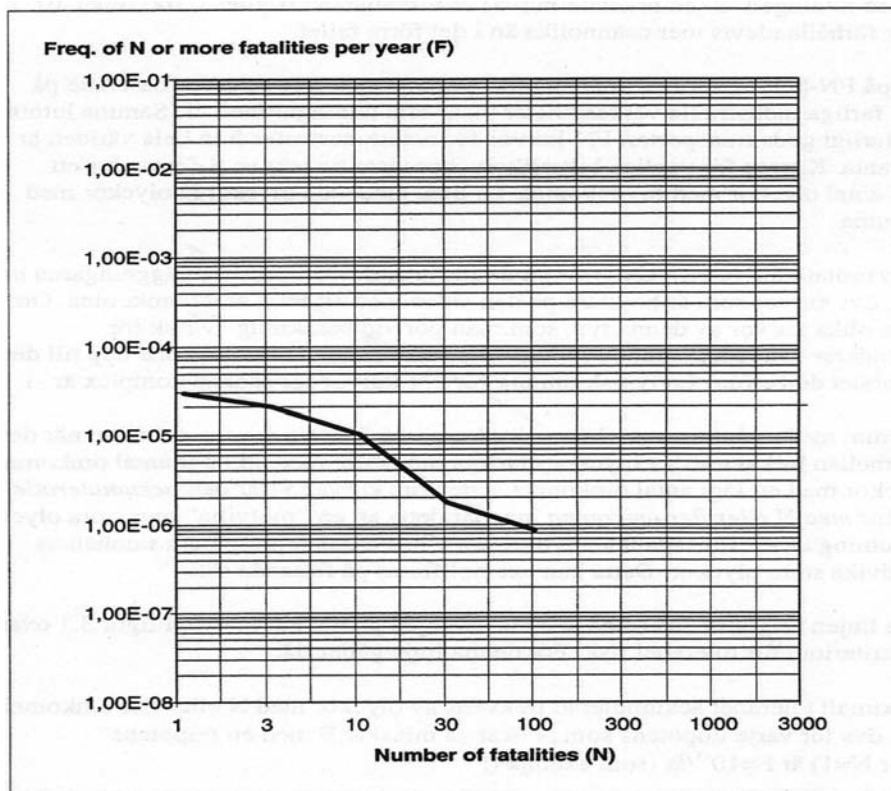


Figur 8. Exempel på individuell riskkonturkarta. Källa: Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers 1989

Risk kan som sagts ovan också uttryckas för en grupp människor, d v s samhällsrisk. Ett vanligt sätt att visa detta på är frekvensfördelningen av ett flertal olyckshändelser. Beräkning av samhällsrisk kräver samma information som för individuell risk men dessutom kunskap om befolkningen kring den aktuella riskkällan (verksamhetstyp, dag/nattbefolkning etc). Informationen kan sedan användas för att rita en F/N-kurva ("Frequency/Number" se Figur 9).

Individuell risk och samhällsrisk är egentligen olika presentationsformer av samma underliggande kombination av händelsefrekvens och konsekvens. Följande exempel belyser skillnaden mellan de två måtten:

I en kontorsbyggnad som är belägen intill en kemisk anläggning arbetar 400 människor under kontorstid och en väktare under övriga tider. Om sannolikheten för att en händelse skall orsaka ett dödsfall i kontorsbyggnaden är konstant under dygnet är varje individ i den byggnaden utsatt för en viss individuell risk. Denna individuella risk är oberoende av antalet människor som är närvarande, d v s den är likadan för var och en av de 400 människorna i byggnaden under kontorstid och för den ensamme väktaren under övriga tider. Den samhälleliga risken är emellertid betydligt högre under kontorstid än under de tider då en ensam person berörs.



Figur 9. Exempel på en F/N-kurva. Källa: Davidsson m fl 1997

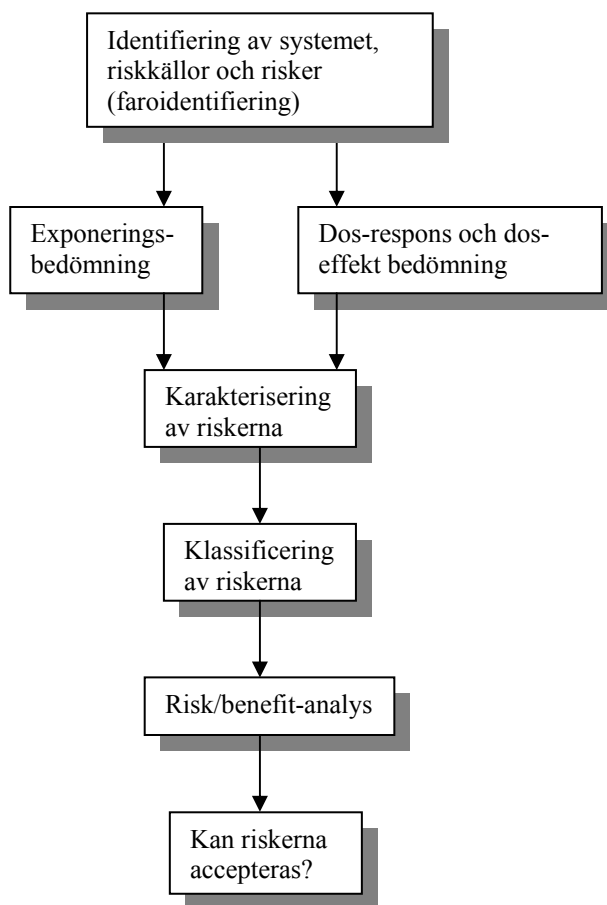
Analys av hälso- och miljörisker

Risikanalyser av hälsa och miljö påminner om varandra men skiljer sig åt från beräkning av olycksrisker (j m f Fig 2 och Fig 10). Grovt förenklat kan man säga att stegen där man uppskattar sannolikhet för skadehändelse och konsekvenserna av händelsen i en analys av olycksrisker ersätts med stegen exponeringsbedömning samt dos-respons- och dos-effektbedömning. Syftet med en riskanalys är att bedöma hur sannolikt det är att vissa effekter på hälsan uppkommer till följd av exponering för ett viss ämne (s k agens). Målsättningen kan även vara att utröna vilka exponeringsnivåer som kan anses säkra och som kan ligga till grund för gränsvärden (Edling m fl 2000).

Vid en faroidentifiering (hazard identification) strävar man efter att identifiera huruvida ett särskilt ämne (t ex kemikalie) kan ge upphov till skadliga effekter på människor eller ej. Det är huvudsakligen en kvalitativ analys (Grönlund 1995). Huvudsakligen används toxikologiska data men även epidemiologiska data kan användas. Med toxikologiska studier avses att ett giftigt ämne aktivt tillförs en organism under kontrollerade former varvid resultatet därefter avläses. Toxikologiska försök utförs till stor del som djurförsök. I dessa fall måste man extrapolera värdena från försöksobjektet till människa vilket inte är alldeles lätt då effekten av ett ämne varierar för olika organismer. Inte sällan lägger man då till en säkerhetsfaktor för att vara på säkra sidan. Epidemiologiska studier handlar om att se hur människor har reagerat då de utsatts för giftiga ämnen under vardagliga (icke-experimentella) förhållanden.

I faroidentifieringen försöker man också ta reda på vilka egenskaper i ämnet som kan orsaka effekterna. Kriterier av typen akut toxicitet, irritation, cancer, reproduktionsstörningar används för att klassificera faran med ämnet (Edling m fl 2000).

I en exponeringsbedömning undersöker man möjliga spridningsvägar, potentiella receptorer exponeringsförhållanden samt tidsaspekter såsom exponeringens varaktighet. Här gäller det att ta reda på vilka inneboende egenskaper ämnet har, hur det används och förekommer i omgivningen, hur det sprids, bryts ned, etc (Edling m fl 2000). Det är viktigt att försöka identifiera såväl direkt som indirekt exponering. Resultatet av exponeringsbedömningen används bl a för att i ett senare skede eventuellt besluta om vilka riskreducerande åtgärder som kan sättas in.



Figur 10. Bedömning av miljö- och hälsorisker. Huvudsaklig källa: Environmental Protection Agency <http://www.epa.gov> 2000-12-27

Dos-effektsambandet åsyftar relationen mellan en dos av ett ämne och graden av skada den ger upphov till hos en individ. Dosen mäts som mängden av en substans i det organ eller cellsystem där effekten uppkommer. Vid en riskanalys ser man emellertid oftast till dos-responssambandet.

Dos-responsbedömningen är en uppskattning av sambandet mellan den upptagna dosen av ett ämne och andelen drabbade i en grupp av exponerade (d v s sannolikheten för skada). Man

gör en åtskillnad mellan deterministiska och stokastiska skador (Riskkollegiet 1992). För deterministiska skador räknas sannolikheten för skada som noll om dosen är liten men närmar sig 100 % då dosen överstiger ett tröskelvärde (s k kritisk koncentration: den koncentration som ger upphov till en effekt hos individen (Edling m fl 2000)). Med hjälp av gränsvärden⁹ försöker olika myndigheter hålla doser och exponeringar för ämnen på en nivå långt under tröskelvärdet. Deterministiskt samband förutsätts för de flesta skadeeffekter vilket ger en sigmoid dos-responskurva (se Figur 11).

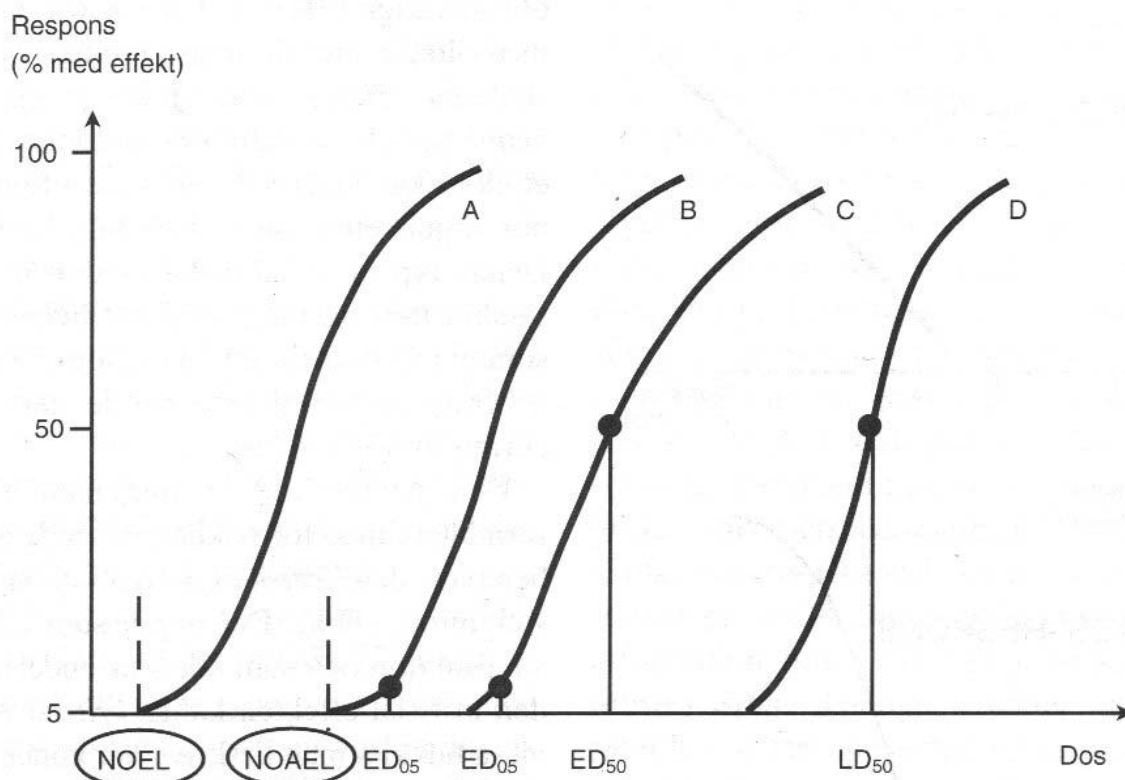
Skador som inte har något tröskelvärde för dos-responssambandet benämns stokastiska. Med detta menas att man anser att de skadliga effekter som uppstår har sin grund i att ett ämne slumpmässigt påverkar människans DNA. Man anser att bl a cancer uppstår på detta sätt. Ett antagande som görs är att sannolikheten för skador redan vid låga doser är proportionell mot dosen vilket ger ett linjärt dos-responssamband (Edling m fl 2000). Således finns i detta fall inga tröskelvärden och inte heller några självklara gränsvärden.

Dos-responsdata kan hämtas från toxikologiska och epidemiologiska studier. I sammanhanget bör också nämnas att man använder begreppen kritiska och subkliniska effekter. Subkliniska effekter handlar om doser som inte leder till uppenbara symptom men som ändå ger skada på t ex inre organ (Edling m fl 2000). Kritisk effekt är en subklinisk effekt som ofta används som grund för att bestämma om riskreducerande åtgärder skall sättas in eller inte. Den kritiska effekten talar om att ett särskilt (kritiskt) organ påverkas i sin funktion.

Analysen avslutas med en riskkaraktisering i vilken man integrerar dos-responsbedömning och exponeringsbedömning till kvalitativa eller kvantitativa uttryck för hälsorisker. Syftet är att få fram ett underlag som kan hjälpa en beslutsfattare att t ex väga fördelarna med att använda ett giftigt ämne mot riskerna med det. Det finns flera olika riskmått och indikatorer. Ofta görs en uppdelning i cancerrisker och icke-cancer risker (bl a neurologiska och reproduktiva effekter), för individer och befolkning i stort. Inte sällan strävar man efter att identifiera icke-effekt doser (NOEL, No Observed Effect Level) och lägsta effekt doser (LOEL, Lowest Observed Effect Level) (Riskkollegiet 1995). Indikatorer som används för akut förgiftning är bl a LC₅₀ och LD₅₀ (Lethal Concentration eller Lethal Dose för 50 procent av de exponerade organismerna via inhalation eller oralt). Genom att koppla kunskap om hur befolkningen i ett samhälle exponeras för ett ämne med dos-responskurvor för ett särskilt ämne är det möjligt att uppskatta hur många personer som riskerar drabbas av ämnets skadliga effekter (jmf begreppet samhällsrisk för säkerhetsrisker). Figur 11 illustrerar några olika dos-responskurvor. A och B är subkliniska effekter. C är en klinisk icke-dödlig effekt. D uttrycker dödlig förgiftning.

Den slutliga frågan i en riskbedömning är om riskerna kan accepteras eller inte. Här handlar det om att beslutsfattarna skall ta ställning till såväl sannolikhet för uppkomst av skadlig effekt som effekten. Det är därför viktigt att tydligt redogöra för den osäkerhet som råder i analys och resultat. Kvantitativa siffror ger ofta intryck av att vara en absolut sanning. Analysen och dess resultat kan emellertid påverkas av flera faktorer, vilka antaganden som gjorts, vilken metod eller vilka data som använts, etc. Olika analytiker kommer därför inte sällan fram till olika resultat.

⁹ I SOU 1992:2 ges en mycket god översikt över hur man i praktiken behandlar hälsorisker i olika miljöer (t ex olika gränsvärden för halterna av kvävedioxid i arbetsmiljö jämfört med vanlig stadsmiljö). Framför allt diskuteras hur olika gränsvärden för samma förorening sätts i olika sammanhang och hur detta kan motiveras. Vi upprepar inte innehållet här utan hänvisar läsaren till texten.



Figur 11. Teoretiska dos-responskurvor för toxiskt ämne. A och B är subkliniska effekter. C är en klinisk icke dödlig effekt. D uttrycker dödlig förgiftning. ED₀₅ är effektdosen för 5% av de exponerade. LD₅₀ är effektdosen för 50% av de exponerade. Källa: Edling m fl (2000)

Vad beträffar riskanalyser av miljö och hälsa görs liksom på säkerhetsområdet analyser som är antingen kvalitativa, kvantitativa eller semikvantitativa. Dock finns det inte samma möjligheter att klart och tydligt kategorisera metoder efter om de är kvalitativa eller kvantitativa som det finns för analysmetoder på säkerhetsområdet. Därför görs här inte några försök att visa en sådan kategorisering.

Krav på riskanalyser

Riskanalyser och allmänna kvalitetskrav

Att utföra en riskanalys är ofta ett av de första stegen i en process som kommer att utmynna i att ett beslut skall fattas. Beslutet kan handla om huruvida den aktuella risken är acceptabel eller ej samt vilka alternativ som skall väljas för att reducera eller kontrollera risken. För att kunna fatta ett korrekt beslut i en fråga krävs det att beslutsfattaren har tillgång till så fullständig och korrekt information som möjligt. Ett ganska självklart påpekande kan tyckas, men ändå viktigt att betona då beslutssituationer ofta kännetecknas av ett komplext och ofullständigt bakgrundsmaterial: Innebörden i detta är att beslut måste fattas under stor osäkerhet.

Morgan & Henrion (1990) anser, med anledning av den ovan beskrivna situationen, att vissa krav bör ställas på en analys för att den skall leda till beslut som är så bra som möjligt med hänsyn tagen till den aktuella kunskapen, dess begränsningar och dess innebörd. De

sammanfattar dessa kriterier som tio budord. Introduktionen avslutas med en uppräknning av dessa budord.

1. Studera adekvat litteratur, konsultera experter och praktiker inom ämnet.

Hur ser kontexten ut? Om det finns en klient för vilken analysen utförs, vilka är dennes behov? Har han/hon formulerat problemet på ett sätt som återspeglar den verkliga situationen? Kanske är det nödvändigt att hjälpa klienten att omformulera problemet. Det gäller att använda den litteratur, de experter och praktiker som är rätt m h t problemet.

Det är nödvändigt att återkomma till dessa frågeställningar under processens gång. Oavsett om det finns en klient eller inte är det nödvändigt att grundläggande förstå kontexten och de aktörer som berörs.

2. Låt analysen vara probleminriktad.

Problemet skall styra vilka metoder och verktyg som används, inte vilka som man föredrar eller redan investerat i.

3. Gör analysen så enkel som möjligt men inte för enkel.

Om analysen är enkel är den också lätt att förstå och att beskriva. Transparensen ökar vilket ger ett ökat förtroende för de slutsatser som dras. Naturligtvis finns det också en stor fara i att analysen hålls för enkel. För att finna rätt detaljnivå krävs att analysen och problemformuleringen itereras.

4. Identifiera alla antaganden som kan anses signifikanta.

Signifikanta antaganden är de som kan antas påverka slutsatserna av analysen, t ex.

- Frågan som initierat analysen (är det hälsovådligt att exponeras för kemikalie X?).
- Värderingskriterier som använts för att t ex definiera olika alternativ (t ex kostnader för ny teknologi).
- Omfattning av analysen och hur olika gränsdragningar här kan påverka analysen.
- Mjuka frågor som kanske går förlorade i den kvantitativa analysen (t ex känslan av förlorad frihet vid tvång av bältesanvändning i bil)
- Avrundningar till följd av aggregeringar i analysen (t ex den rumsliga upplösningen i geografiska modeller).
- Värdeomdömen vad beträffar t ex riskattityd.
- Målfunktioner som använts vilket inkluderar metoder för att kombinera flera kriterier och värdera beslut.

5. Var tydlig beträffande beslutskriterier och policy.

Vikten av detta skall inte underskattas. De är signifikanta antaganden men tas för givna allt för ofta. Det är viktigt att komma ihåg att beslutskriterier och den policy som används inte är universalt gällande utan grundar sig på normativa val.

Exempel på några olika kategorier för beslutskriterier är:

- Nyttobaserade kriterier (*cost-benefit, cost-effectiveness, minimera möjligheten för värsta tänkbara utfall, etc*).

- Rättighetsbaserade kriterier (*noll risk*, d v s oavsett riskens storlek eller fördelarna med aktiviteten som ger upphov till risken skall risken elimineras, *begränsad risk* – som noll risk men tillåt risken så länge den inte överstiger en viss nivå)
- Teknologibaserade kriterier (*Best Available Technology* – krav ställs på att använda så bra teknik som möjligt för att reducera risken).

Ofta används hybrider av de tre kategorierna ovan. Samtidigt är det viktigt att komma ihåg att det finns flera inkonsistenta kombinationer. Ofta händer det dessutom att en analytiker, utan att de inser det, använder olika kriterier och strategier i olika delar av samma analys. Det händer då lätt att resultatet blir en inkonsistent produkt.

6. Var tydlig om den osäkerhet som gäller.

Detta kan gälla:

- Osäkerhet om tekniska, vetenskapliga, ekonomiska eller politiska kvantiteter (t ex inflationstakten, dimensionering av beredskap för krishantering, etc).
- Osäkerhet om korrekt funktionell form av tekniska, vetenskapliga, ekonomiska eller politiska modeller (t ex den funktionella formen av en dos-respons modell för cancer).
- Icke-överensstämmande åsikter mellan experter rörande värdet av kvantiteter eller den funktionella formen för modeller (t ex olika gränsvärdessättningar).

7. Utför en systematisk känslighets- och osäkerhetsanalys.

En mycket viktig fråga är vilka antaganden och vilken osäkerhet som har potential att signifikant påverka analysen. Den frågan kan man besvara genom att utföra en känslighets- och osäkerhetsanalys. Känslighetsanalys handlar om att beräkna vilken effekt förändringar i inputvärden eller antaganden har för outputen. En osäkerhetsanalys syftar till att beräkna den totala osäkerheten i resultatet som orsakas av kvantifierad osäkerhet i indata och av de modeller som används.

Om ingen systematisk osäkerhetsanalys och känslighetsanalys utförs innebär det att analytikern och användaren inte klart kan bedöma hur adekvat analysen och dess resultat är.

8. Se problemformulering och analys som en iterativ process.

Allteftersom analysprocessen fortgår klarnar förhoppningsvis vad som är värt att fästa vikt vid. Nya data och ny information kan då inhämtas uppreparande för att förbättra analysen, t ex genom:

- Omsorgsfull genomarbetning av de aspekter som anses viktiga
- Förenkling av de aspekter som kan anses mindre viktiga/oviktiga.

Målet är att försöka hålla analysen enkel, klar, förståelig, konsistent med målen och de frågor som är av vikt. För detta, liksom i tidigare steg, gäller det att bedriva processen iterativt istället för linjärt, vilket är vanligt förekommande.

9. Gör en tydlig och fullständig dokumentation

Dokumentation syftar dels till att hjälpa analytikern själv att komma ihåg vad han/hon har gjort, dels till att hjälpa andra analytiker med att använda, modifiera eller evaluera analysen. Dokumentationen är en kontinuerlig integrativ process som måste initieras i ett tidigt skede. I

dokumentationen ingår bl a att identifiera alla komponenter och antaganden, identifiera resultatet av känslighetsanalysen, rapportera om alternativa modellformuleringar, framställa tillräcklig dokumentation av den slutgiltiga modellen så att alla modelleringar och beräkningar kan reproduceras från den.

10. Underkasta analysen för en peer-review

En peer-review är en kritisk granskning och värdering av manuskript från professionella kollegor. Det kan ses som den traditionella metodiken för kvalitetskontroll i vetenskapliga sammanhang.

Morgan & Henrion (1990) menar att det är särskilt viktigt att behandla osäkerheten i analyser explicit när:

- det är viktigt att ta hänsyn till allmänhetens riskattityd, t ex om den starkt tar ställning för eller emot en risk.
- det finns flera källor till osäkerhet och dessa kombineras. De kan då jämföras och viktas för att användas i en vidare analys.
- det är nödvändigt att fatta beslut om ytterligare information måste inhämtas för att klarlägga osäkerheten. Rent allmänt kan man säga att ju större osäkerhet desto större är det förväntade värdet av ytterligare information

Referenser

Arbetslivsinstitutet (2000-12-20): <http://www.niwl.se/skola/av99h/tema/tema3111.htm>

Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers (1989): *Guidelines for chemical process quantitative risk analysis*. American Institute of chemical engineers, New York.

Dagens Nyheter (2000-12-18): 1997-11-05 <http://www.dn.se/DNet/articles/30600-30699/30600/analyt.html>

Davidsson G, Lindgren M & Mett L (1997): Värdering av risk
Räddningsverket, Karlstad.

Edling C, Nordberg G, Nordberg M (2000): Hälsa och miljö – en lärobok i arbets- och miljömedicin. Studentlitteratur, Lund

Einarsson S (1999): Comparison of QRA and Vulnerability Analysis: Does Analysis Lead to More Robust and Resilient Systems? I *Acta Polytechnica Scandinavica Civil engineering and building construction series* no. 114, Espoo, Finland.

Environmental Protection Agency (2000-12-27) <http://www.epa.gov>

Förvaltarforum (2001-01-08) <http://home.pi.se/mediehuset/news/elektro015.html>

Greeno J L & Willson J S (1996): New Frontiers in Environmental. Health, and Safety Management. *Risk Assessment and Management Handbook*. Kolluru R (ed)
McGraw-Hill Inc New York.

Grönlund M H (1995): *An Introduction to Health Risk Assessment of Chemicals*. The Swedish National Chemicals Inspectorate, Solna.

International Electrotechnical Commission, IEC, (1995): *International Standard - Dependability management part 3: application guide - section 9 Risk Analysis of technological systems*.

Kammen D M & Hassenzahl D M (1999): *Should We Risk It?*
Princeton University Press, New Jersey.

Kaplan S (1997): The Words of Risk Analysis. *Risk Analysis*. Vol 17, No 4. Sid 407-417. Society for Risk Analysis, London.

Kemikalieutredningen (Dir 1998:91).
Regeringskansliets rättsdatabas.

Kolluru R V & Brooks D G (1996): Integrated Risk assessment and Strategic Management. *Risk Assessment and Management Handbook*. Kolluru R (ed)
McGraw-Hill Inc New York.

Kolluru R (red) (1996): *Risk Assessment and Management handbook - for environmental, health and safety professionals*. McGraw-Hill Inc New York.

Magnusson S E, Göransson P, Petersen K, Malmén Y, Hovden J, Harms-Ringdahl L & Akselsson R (1999): Co-operative Nordic Risk research. Report 1001, LUCRAM, Lund University Centre for Risk Analysis and Management, Lund.

Mattson M (1997): *Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder*. Brandteknik, Lunds tekniska högskola.

Morgan M G & Henrion M (1990): *Uncertainty*. Cambridge University Press.

Nicolet-Monnier M (1996): Integrated Regional Risk Assessment. The situation in Switzerland. *International Journal of Environment and Pollution*. Vol 6, Nos 4-6. Sid 440-462.

Olsson F (1999): *Risikanalysmetoder*. Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.

Otway H J & Von Winterfeldt, D (1982): Beyond acceptable risk: on the social acceptability of technologies. *Policy sciences* 14 sid 247-256.

Pauldrach H (2000): *Risikanalyser i fysisk planering*. Boverket, Naturvårdsverket, Räddningsverket och Socialstyrelsen.

Persson K (1998): *Risikhänsyn i fysisk planering*. Räddningsverket, Karlstad.

Renn O (1998): The role of risk perception for risk management. *Reliability Engineering and System Safety* 59 sid 49-62. Elsevier Science Ltd, Northern Ireland.

Risikkollegiet (1992): *Att begränsa risker*. Risikkollegiet, Stockholm.

Risikkollegiet (1995): *Kemiska risker – beslutsfattandets problem*. Risikkollegiet, Stockholm.

Royal Society (1992): *Risk Analysis, Perception and Management*. Royal Society, London.

Räddningsverket (1989): *Att skydda och rädda liv, egendom och miljö*. Räddningsverket, Karlstad.

Räddningsverket (1999-09-30): Ansvar för miljö kvalitetsmålen inom verksamhetsområdet ”Skydd mot olyckor”.

Räddningsverket - (2001): *Olycksrisker och MKB*. Räddningsverket, Karlstad.

Slovic P, Fischhoff B & Lichtenstein S (1982): Facts and fears: understanding perceived risk. I (red): Schwing R C & Albers W A. *Societal risk assessment: how safe is safe enough*. Plenum press, New York

SOU 1992:2 *Regler för risker*.

Sydsvenska Dagbladet (2000-12-20): <http://sydsvenskan.se/red/v20/15enschede1.html>

Överstyrelsen för civil beredskap, ÖCB (1999): *Säkra företagets flöden*. Överstyrelsen för civil beredskap, Solna)