

Nyttohänsyn i investeringar avseende brandskydd

***Elisabet Altin
Johanna Mola***

**Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5134, Lund 2004

Nyttohänsyn i investeringar avseende brandskydd

**Elisabet Altin
Johanna Mola**

Lund 2004

Nyttohänsyn i investeringar avseende brandskydd

Elisabet Altin
Johanna Mola

Report 5134
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5134--SE

Number of pages: 88
Illustrations: Elisabet Altin & Johanna Mola

Keywords
Decision theory, Utility function, Fire safety, Investment appraisal

Sökord
Beslutsteori, Nyttofunktion, Brandskydd, Investeringsbedömning.

Abstract

Investments in risk reduction are very complex with many factors that affect the overall profitability of the investment. Therefore, different models and approaches are used in the decision making process. An analysis of the problem is then made according to certain basic rules. When the risk situation is evaluated in this manner the decisions that are made are rational and consistent. By using the utility function as a tool to quantify the value of risk reduction that is incurred by the investment, the investments capital value is adjusted according to the company's views on risk taking. The conclusion that is reached from the study of the companies utility function is that a great deal of time and work has to be put into the project by the people who are making the decisions, in order to get accurate and useful results.

A case study has been undertaken at Volvo Aero's plant in Trollhättan. Its purpose was to demonstrate how the utility formula could be used when an investment in a sprinkler system is evaluated. The case study is prescriptive and its purpose is to give concrete examples of how the normative theory in the first part of the report, can help the decision maker in his choice of different alternatives.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2004.

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

Förord

Detta examensarbete omfattar 20 poäng och utgör en del av examen till Civilingenjör i Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola. Examensarbetet har utförts i samarbete med Volvo Aero Corporation i Trollhättan.

Vi vill tacka Johan Lundin på LTH Brandteknik för den ursprungliga idén och vår handledare Henrik Johansson på LTH Brandteknik för att han på ett mycket engagerat sätt hjälpt oss framåt i processen. Vi vill även tacka Tommy Mårtensson och Dick Lövgren på Volvo Aero i Trollhättan och Anders Olsson på försäkringsbolaget Zurich för deras engagemang.

Vi vill även rikta ett stort tack till Igor Rychlik och Oskar Hagberg på Institutionen för Matematisk Statistik, LTH, samt medarbetare inom räddningstjänster runt om i landet och personal på Sveriges Försäkringsförbund och Räddningsverket för att de ställt upp och svarat på våra frågor och bidragit med värdefullt material.

Under arbetets gång har vi fått stor hjälp från många olika personer och vi vill även tacka alla de som inte nämns vid namn här.

Elisabet Altin

Johanna Mola

Lund, mars 2004

Sammanfattning

Hög driftsäkerhet är en förutsättning för att ett företag ska stå sig i den allt hårdare konkurrensen. Ett av de största hoten för en verksamhet är brand, och en hög driftsäkerhet bygger på att risker i ett tidigt skede identifieras och hanteras, exempelvis genom brandskyddsinvesteringar. Effekterna av brandskyddsinvesteringar är komplexa och många faktorer påverkar storleken av de nettoeffekter som investeringarna medför. Förutom den ekonomiska besparingen, till exempel reduktion i försäkringspremie och minskad skadekostnad, kan även tryggheten som riskreduktionen innebär ha ett visst känslomässigt värde för beslutsfattaren. Nyttan av en investering kan därför skilja sig för olika beslutsfattare beroende på deras inställning till risktagande och i beslutsteorin används modeller för att bryta ner komplexa beslutsituationer och analysera dem utifrån några grundläggande regler för att på detta sätt underlätta rationellt beslutsfattande.

Genom att kvantifiera nyttan av riskreduktionen utifrån beslutsfattarens inställning till risktagande är det möjligt att bestämma investeringens kapitalvärde så att det motsvarar beslutsfattarens verkliga nytta. Nyttan av riskreduktionen kan kvantifieras med hjälp av en nyttofunktion som speglar beslutsfattarens syn på risktagande. Syftet med detta examensarbete är att visa hur detta kan göras så att nyttan av en brandskyddsinvestering kan värderas med avseende på företagets riskpreferenser. Ett annat syfte är att visa hur expertbedömningar kan användas för att ta fram trovärdiga och användbara värden för sannolikheter där det statistiska underlaget är otillräckligt. I detta arbete har expertbedömningar använts för att skatta sannolikheten att personalen släcker en brand liksom för att ta fram fallföretagets nyttofunktion.

En fallstudie har gjorts för att visa hur expertbedömningarna kan användas i ett beslutsunderlag för ett beslut rörande en investering i en sprinkleranläggning. Målet med detta är att förtydliga den praktiska användningen av beslutsteori och nyttoteori vid beslutsfattande och att på detta sätt hjälpa beslutsfattaren i den praktiska beslutssituationen. Fallstudien har genomförts i en verkstad som tillhör Volvo Aero Corporation i Trollhättan.

Resultatet av fallstudien visar att nyttan av en sprinklerinvestering till stor del beror på företagets inställning till risktagande. Undersökningen baserades på fyra olika beslutsfattares riskpreferenser och resultatet visade att de olika beslutsfattarna inom företaget hade olika syn på risktagande, vilket även medförde att nyttan för investeringen skiljde sig avsevärt beroende på vems syn på risktagande som användes i analysen. En slutsats som kan dras från undersökningen är att det är svårt att ta fram nyttofunktioner på grund av den tid som det krävs för att beslutsfattarna ska bli insatta i teorin. En annan slutsats är att företaget bör enas om en gemensam policy för risktagande.

Resultatet av nyttofunktionsundersökningen blev två olika typer av nyttofunktioner, två riskneutrala och två risksökande. Investeringsbedömningen med utgångspunkt i en riskneutral nyttofunktion resulterade i ett kapitalvärde på 2,5 Mkr. När den förväntade skadekostnaden justerats så att den motsvarade riskpreferenserna i den mest risksökande nyttofunktionen blev resultatet -2,57 Mkr. Det är det viktigt att vara medveten om den stora osäkerhet som finns i analysen och som kan påverka resultatet. Resultatet från undersökningen innehåller stora kunskapsosäkerheter. Dessa uppkommer på grund av begränsad kunskap om en parameter och hänger samman med den sannolikhet som är beroende av bedömarens kunskap och kan reduceras genom ytterligare information.

En faktor som i stor utsträckning påverkar resultatets storlek är vilken säkerhetsnivå som råder i den aktuella verksamheten innan investeringen görs. En slutsats som kan dras utifrån fallstudien är att även för företag med väl fungerande säkerhetsarbete kan brandskyddsinvesteringar medföra stora förväntade besparingar i händelse av brand.

Summary

Investments in risk reduction are very complex with many factors that affect the overall profitability of the investment. Therefore, different models and approaches are used in the decision making process. An analysis of the problem is then made according to certain basic rules. When the risk situation is evaluated in this manner the decisions that are made are rational and consistent.

The purpose of this project is to demonstrate the usefulness of the utility theory in decision making. The project is also focused on finding suitable methods to reveal a company's utility function and find probability values in cases where the statistics are too vague or insufficient. This was done to show how probable it is that employees can extinguish a fire on their own, and how Volvo Aero's utility function can be revealed. The analyses are based on risks that were identified in the specific workshop but they are of such a nature that they can be found in most related industries. However, before the results can be transferred to another analysis it is important to compare the current circumstances with the original study. The value of risk reduction is complex and cannot be easily measured in exact monetary values. This makes it difficult for the decision maker to correctly assess the value of the investment.

By using the utility function as a tool to quantify the value of risk reduction that is incurred by the investment, the investment's capital value is adjusted according to the company's views on risk taking. The conclusion that is reached from the study of the company's utility function is that a great deal of time and work has to be put into the project by the people who are making the decisions, in order to get accurate and useful results.

A case study has been undertaken at Volvo Aero's plant in Trollhättan. Its purpose was to demonstrate how the utility formula could be used when an investment in a sprinkler system is evaluated. The case study is prescriptive and its purpose is to give concrete examples of how the normative theory in the first part of the report, can help the decision maker in his choice of different alternatives.

The result of the case study shows that the size of a company's benefits depends on the company's attitudes to taking risks. The investigation showed that different decision makers have different preferences. Accordingly, the resulting benefits of the investment differ among the decision makers.

It is important to consider that there is a large amount of uncertainty in the results. In those cases where there was an adequate statistical base, the epistemic uncertainty was less than when we compiled our own statistics. In all forms of risk analysis there is even an aleatory uncertainty, which is impossible to totally eliminate. The uncertainty is to be found both in the data input and in the models that are used. In order to achieve a realistic and creditable result, all of the uncertain parameters have been described by distributions and Monte Carlo simulations have been used.

One factor that greatly influences the size of the increase is the company's safety level before the investment is made. A conclusion that can be drawn from the case study is that investments in risk reduction can result in benefits in case of an extensive fire, even for companies with an already high safety standard.

Innehållsförteckning

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 PROBLEMFÖRMULERING.....	1
1.3 SYFTE.....	2
1.4 AVGRÄNSNINGAR.....	2
1.5 MÅLGRUPP.....	2
1.6 METOD.....	2
1.6.1 Övergripande angreppssätt och vald metodik.....	3
1.6.2 Insamling av information.....	3
1.6.2.1 Validitet och reliabilitet.....	3
1.6.2.2 Källkritik.....	4
2 BESLUTSTEORI	5
2.1 FÖRVÄNTAD NYTTA.....	5
2.1.1 Riskpreferenser.....	7
2.1.2 Metoder för skattning av nyttofunktion.....	8
2.1.3 Avvikelse.....	9
2.1.4 Kritik mot teorin om förväntad nytta.....	10
2.1.5 Alternativa beslutsteorier.....	11
2.2 INVESTERINGSKALKYLER.....	12
3 SANNOLIKHETSTEORI	13
3.1 FREKVENSTOLKNING.....	13
3.2 BAYESIANSK TOLKNING.....	13
3.2.1 Bayesiansk uppdatering.....	14
4 OSÄKERHETER	17
4.1 HANTERING AV OSÄKERHETER.....	17
5 BESLUTSUNDERLAG FÖR BRANDSKYDD	19
5.1 RISKBILD FÖR AKTUELL VERKSAMHET - HUR KAN RISKERNA OCH KONSEKVENSERNA IDENTIFIERAS?.....	20
5.1.1 Skadestnader.....	21
5.2 SKATTNING AV SANNOLIKHETER.....	23
5.2.1 Beskrivning av verksamheten.....	23
5.2.2 Skattning av sannolikheter.....	24
5.3 INVESTERINGSKALKYLEN.....	26
5.4 NYTTA.....	26
5.4.1 Nyttjustering.....	27
6 FALLSTUDIE	29
6.1 PRESENTATION AV VOLVO AERO.....	29
6.1.1 Anläggningen i Trollhättan.....	30
6.1.2 Organisationens riskarbete.....	30
6.1.2.1 Förebyggande arbete.....	30
6.1.2.2 Om en brand inträffar.....	31
6.1.2.3 Arbetet efter en brand.....	31
6.1.3 Försäkringar.....	31
6.1.4 Verkstäderna.....	32
6.2 BESKRIVNING AV VERKSAMHETEN I A-VERKSTADEN.....	32
6.2.1 Byggnadsutformning.....	33
6.2.2 Brandskydd.....	33
6.2.3 Personal.....	33
6.2.4 Riskbild.....	33
6.3 RISKVÄRDERING OCH RESULTAT.....	36
6.3.1 Skadestnad.....	36
6.3.2 Sannolikheter.....	37
6.3.2.1 Brandpotential.....	37

6.3.2.2	Beräkning av brandlarmets tillförlitlighet	37
6.3.2.3	Beräkning av sprinklers tillförlitlighet	38
6.3.2.4	Sannolikheten för att personalen släcker en brand	38
6.3.2.5	Sannolikheten för att brandförsvaret släcker en brand	40
6.3.3	<i>Investeringsbedömning</i>	40
6.3.3.1	Resultat	43
6.3.4	<i>Volvo Aeros nyttofunktion</i>	44
6.3.5	<i>Hur stor är nyttan av investeringen?</i>	47
7	DISKUSSION	49
7.1	SANNOLIKHETER	49
7.2	NYTTOFUNKTION.....	51
7.3	INVESTERINGSBEDÖMNING.....	53
8	SLUTSATSER	57
	REFERENSER	59
	BILAGOR	63

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Konkurrensen mellan företag, både på den svenska marknaden och på den utländska, blir allt hårdare. I stor utsträckning beror detta på den snabba teknologikutvecklingen som gör det möjligt att producera bättre produkter på kortare tid. För att ett företag ska kunna prestera på sin absoluta topp krävs en väl fungerande organisation med mycket hög driftsäkerhet. Ett stopp i produktionen medför inte bara uteblivet täckningsbidrag och förlorat förtroende på marknaden, utan kan också medföra att dyrbar forsknings- och utvecklingstid går förlorad. En driftsäker verksamhet är därför grunden för ett företags överlevnad. Samtidigt som detta är ett faktum, ställer försäkringsbolagen allt högre krav på sina kunder. Kraven på en aktiv riskhantering är därför höga, både internt och externt. Ledningen för en organisation har plikter mot ägare och kunder att effektivt hantera de risker som kan hota organisationen. I detta ingår att fatta väl underbyggda beslut om säkerhetshöjande investeringar. Målet med en prioriterad riskhantering är att ge en säkrare verksamhet, det vill säga en verksamhet med låg sannolikhet för skada. Genom att arbeta med riskhantering kan företaget således minska sina utgifter, både skadekostnader och kostnader för försäkringsskydd. Naturligtvis är ett aktivt riskhanteringsarbete förknippat med kostnader som måste vägas mot motsvarande riskreduktion för att avgöra om en specifik investering bör göras. Värdet av riskreduktionen är komplext. Förutom den ekonomiska besparingen, till exempel reduktion i försäkringspremie och minskad skadekostnad, kan även tryggheten som riskreduktionen innebär ha ett visst känslomässigt värde för beslutsfattaren.

1.2 Problemformulering

Investeringar i brandskydd är mycket komplexa och många parametrar påverkar storleken på investeringens positiva effekter och det kan därför vara svårt att identifiera företagets verkliga nytta av investeringen. I denna typ av investeringsbeslut ligger även stora osäkerheter.

Det finns ett flertal teoretiska modeller för att förbättra den analys som föregår ett beslut men många beslutsfattare fattar beslut på samma sätt som de alltid har gjort, till stora delar baserat på tidigare resultat och fingertoppskänsla. Skillnaden är därför stor mellan den beslutsteori som beskrivs i litteraturen och det sätt som beslutsfattare fattar sina beslut i praktiken. I detta arbete vill vi visa hur denna skillnad kan minskas och på detta sätt underlätta rationellt beslutsfattande.

En ny metod har presenterats av Henrik Johansson i avhandlingen *Decision Analysis in Fire Safety Engineering – Analysing Investments in Fire Safety* för att värdera brandskyddsinvesteringars positiva effekter. Metoden bygger på analyser av en specifik investering i en specifik byggnad och bidrar med ett nytt sätt att uppskatta det monetära värdet av den riskreduktion som den specifika investeringen innebär. Metoden möjliggör behandling av kunskapsosäkerheter som finns i sannolikheter och konsekvenser och kan därför användas för utvärdering av alternativ förknippade med mycket stora osäkerheter. Metoden förutsätter dock att beslutsfattaren har en riskneutral inställning till risktagande. Metoden behandlar inte heller hur sannolikheter kan skattas med hjälp av expertbedömningar för de fall där de statistiska underlaget är otillräckligt.

I detta examensarbete vill vi därför utreda hur en nyttofunktion, som speglar företagets inställning till risk, kan tas fram och vägas in i resultatet, samt hur sannolikheter kan skattas i de fall då den befintliga statistiken är otillräckligt. Vi vill även visa hur ett heltäckande beslutsunderlag med nyttohänsyn kan tas fram i praktiken genom att tillämpa teorin på fallföretaget Volvo Aero.

De viktigaste frågeställningarna i rapporten presenteras i punktform nedan.

- Hur kan en nyttofunktion som beskriver företagets inställning till risktagande tas fram?
- Hur kan experter användas för att skatta sannolikheter då ingen eller endast lite statistik finns att tillgå?
- Hur kan en analys av en brandskyddsinvestering utformas i praktiken och hur kan företagets nytta med investeringen inkluderas i beslutsunderlaget?

1.3 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att föreslå hur nyttan av en brandskyddsinvestering kan värderas så att ett företags riskpreferenser kan vägas in i beslutsanalysen. Ett annat syfte är att visa hur expertbedömningar kan användas för att fram trovärdiga och användbara värden för sannolikheter där det statistiska underlaget är otillräckligt. För att illustrera hur metoderna kan användas i ett beslutsunderlag för en viss investering i en viss byggnad presenteras en fallstudie där ett beslutsunderlag tagits fram för en framtida investering i en sprinkleranläggning. Fallstudien har genomförts i en verkstad som tillhör Volvo Aero Corporation i Trollhättan. Vi vill på detta sätt förtydliga hur beslutsteori, och framförallt nyttoteori, kan tillämpas i praktiken i samband med beslutsfattande.

1.4 Avgränsningar

I detta examensarbete har vissa avgränsningar gjorts.

Vi har valt att endast behandla de delar av beslutsteorin som är användbara när det gäller investeringsbeslut rörande brandskydd. Denna avgränsning har gjorts för att begränsa teoridelens omfattning och göra det lättare för läsaren att ta till sig de relevanta delarna.

Studien omfattar de egendoms- och avbrottsskador som uppstår som direkta eller indirekta följder av en brand. Anledningen till detta är att brand är den enskilda skadehändelse som skulle få störst konsekvenser för den aktuella verksamheten. De risker för produktionsavbrott och förstörd egendom som uppstår till följd av andra orsaker, till exempel inbrott, skadegörelse eller vattenskador, kommer inte att beaktas, inte heller ansvarsfrågor tas med i analysen.

I fallstudien har bedömningen av kostnader och besparingar i försäkringskostnaderna gjorts utifrån uppgifter från försäkringsbolaget Zurich som till och med år 2003 har varit frontförsäkrare för Volvo Aero. Från och med år 2004 kommer Volvo Aero att försäkras i Volvo AB: s captivebolag och det blir således detta bolag som beslutar om en eventuell premiereduktion till följd av en sprinklerinstallation. I detta arbete grundas dock värdet på premiekostnad och premiereduktion på siffror från Zurich.

1.5 Målgrupp

Rapporten är huvudsakligen skriven för beslutsfattare på Volvo Aero Corporation samt för våra kurskamrater på Riskhanteringsprogrammet. Vår förhoppning är att rapporten även ska kunna fungera som inspiration för andra beslutsfattare som vill bredda sitt perspektiv och sin syn på riskreducerande investeringar. Vi hoppas även kunna inspirera andra intresserade att gå vidare och arbeta djupare med faktorer som vi i detta arbete bara vidrört, exempelvis hur indirekta kostnader till följd av en brand kan skattas.

1.6 Metod

De avsnitt som följer inleds med en övergripande genomgång av tre slags teorier för att behandla beslutsfattande som rör skydd mot olyckor [6]. Sedan följer en genomgång av hur arbetet har genomförts liksom en kort genomgång av några parametrar som påverkar resultatens trovärdighet.

1.6.1 Övergripande angreppssätt och vald metodik

Normativa beslutsteorier beskriver hur beslutsfattande idealt sett borde gå till. I den normativa beslutsteorin läggs problemfokus på huruvida teorierna leder till logiskt konsistenta beslut. Den normativa teorin är den mest teoretiska av de tre teorierna och den utvärderas av experter inom beslutsteori.

I *deskriptiva teorier* läggs fokus på hur beslutsfattare i praktiken går till väga när de fattar sina beslut. Det handlar här om att avgöra om förutsättningarna stämmer med beslutsfattarens sätt att fatta beslut. Detta undersöks av experimentella forskare som tittar på klasser av beslut som till exempel investeringsbeslut som tas av företagare.

I *preskriptiv beslutsteori* läggs tyngdpunkten på att hjälpa beslutsfattarna att fatta bättre beslut, det vill säga att hjälpa dem bli bättre på att identifiera problem, skatta sannolikheter och välja åtgärder i komplexa situationer. I den preskriptiva beslutsteorin riktas fokus således mot ett beslutsproblem i taget. Resultatet bedöms av praktiker och utredare.

Detta arbete strävar efter att hjälpa beslutsfattare som fattar beslut om brandskyddsinvesteringar genom att visa hur befintliga metoder för riskbedömning och riskvärdering kan användas. Huvudsyftet kan därför ses som preskriptivt enligt definitionerna ovan.

1.6.2 Insamling av information

Insamling av data kan ske i huvudsak på två sätt, antingen genom mätningar eller kvalitativt genom till exempel intervjuer. Den kvantitativa metoden används med fördel då data kan mätas och kvantifieras. Den kvantitativa studien omvandlar information till numeriska data och är vanligast vid deskriptiva studier. En studie kan innehålla både kvalitativa och kvantitativa inslag men tenderar ofta att huvudsakligen använda sig av en av dessa.

I denna studie använder vi kvalitativ metodik för att undersöka beslutsfattarens riskpreferenser och för att ta fram sannolikheter där den befintliga statistiken är otillräcklig. I de fall där tillräckligt statistiskt underlag finns, har den befintliga statistiken använts i bedömningen och där både kvalitativ och kvantitativ data finns för samma företeelse har dessa kombinerats med hjälp av bayesiansk uppdatering.

Initialt baserades litteraturinsamlingen på tips från vår handledare på Lunds Tekniska Högskola, Henrik Johansson. Utifrån dessa gick vi vidare via databaser för att söka information. Vi har främst använt oss av de databaser som finns på universitetsbiblioteket vid Lunds Universitet samt databasen Center for Decision Research. Viss litteratur har även använts tidigare i olika kurser på Riskhanteringsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola.

Vidare information har inhämtats genom personlig kontakt i form av intervjuer med experter inom räddningstjänsten och i ledningen på Volvo Aero i Trollhättan.

Internet har använts i stor utsträckning för att söka information, men framförallt för att komma i kontakt med räddningstjänster runt om i landet. Vi har även fått stor hjälp av våra kontaktpersoner på Volvo Aero i Trollhättan och försäkringsbolaget Zurich i Malmö, som tillhandahållit företagsspecifik information. Vissa dokument som vi fått tillhanda har varit av konfidentiell karaktär. Ingen information från dessa dokument har publicerats utan att materialet i förväg godkänts av Volvo Aero.

1.6.2.1 Validitet och reliabilitet

Begreppet validitet står för i vilken utsträckning det som avses mätas verkligen mäts. Vid arbete med modellframtagande finns en annan definition på validitet som innebär att modellen inte har några systematiska fel [28]. Syftet med den preskriptiva beslutsteorin är inte att förutsäga vilket beslut som ska fattas utan istället hjälpa beslutsfattaren att fatta bättre

beslut. Krav på validiteten kan därför här ses som att beslutsteorin ska vara logiskt underbyggd och inte ge upphov till klart dåliga val.

En studies reliabilitet avser till vilken grad mätinstrumenten ger tillförlitliga resultat, det vill säga i vilken utsträckning samma värde skulle erhållas vid upprepade mätningar. Det innebär också att andra ska kunna komma fram till samma resultat om arbetet utförs på samma sätt. En mer allmän definition är att mätinstrumentet inte ska ge slumpmässiga fel. I vårt fall handlar det dock inte om välkalibrerade mätinstrument utan snarare hur väl våra frågor är konstruerade och hur väl intervjuerna genomförs. Hög reliabilitet innebär i detta arbete att samma nyttofunktioner och samma sannolikhet för att personalen släcker en brand skulle framkomma om undersökningarna genomfördes fler gånger.

1.6.2.2 Källkritik

Muntliga källor har använts i huvudsak för att ta fram sannolikheten för att personalen kan släcka bränder. Kvaliteten på svaren som fås vid dessa intervjuer beror bland annat på hur frågorna har formulerats, hur respondenten tolkar frågan samt hur vi tolkar och hanterar svaren. Detta medför att en stor osäkerhet i de sannolikheter och nyttofunktioner som har skattats kan finnas, vilket påverkar kvaliteten på resultatet, till exempel kan ett företags nyttofunktion i stor utsträckning påverka huruvida investeringen bör genomföras eller ej.

Statistik som har använts är i många fall branschspecifik och inte anpassad till den typ av verksamhet som fallstudien handlar om. Detta innebär att en bedömning har gjorts beträffande överförbarheten till den aktuella verksamheten. Om säkerhetsnivån i en verksamhet skiljer sig från säkerhetsnivån i "medelverksamheten" finns en risk för att sannolikheter för exempelvis uppkomst av brand överskattas eller underskattas, vilket kan medföra att en investeringskalkyl resulterar i ett missvisande värde för investeringen. Även kvaliteten på den tillgängliga statistiken bör ifrågasättas eftersom ett stort bortfall kan förväntas, speciellt i statistik gällande mindre bränder.

Litteraturen som har använts i arbetet, framför allt om beslutsteori och nyttoteori, har representerat många olika riktningar och många forskare är fortfarande oeniga om vilka metoder som ger det resultat som bäst överensstämmer med verkligheten. Vi har utifrån egna avvägningar och förutsättningar valt de metoder som funnits mest tillämpliga, vilket naturligtvis innebär en risk för att vi har valt bort metoder som kunde ha givit bättre resultat. Ytterligare en faktor som kan påverka resultatets trovärdighet och som därför bör tas upp här, är att många av de rapporter som använts som underlag är producerade inom Lunds Tekniska Högskola, och en stor andel av dessa av vår handledare Henrik Johansson. Detta kan göra att våra resonemang i vissa fall ligger i linje med övriga rapporter som producerats.

De internetkällor som har använts har mestadels utgjorts av myndigheters hemsidor. Vi utgår därför ifrån att informationen som presenteras, i stor utsträckning är korrekt.

2 Beslutsteori

En beslutsfattare har många faktorer att ta ställning till när ett beslut ska fattas. För att skilja ut det bästa beslutsalternativet krävs kunskap om det verkliga problemet, om vilka lösningar som är möjliga och om vilka konsekvenserna av dessa är. Beslutssituationer är således ofta komplexa och i beslutsteorin används därför modeller för att bryta ner beslutsituationer och analysera dem utifrån några grundläggande regler.

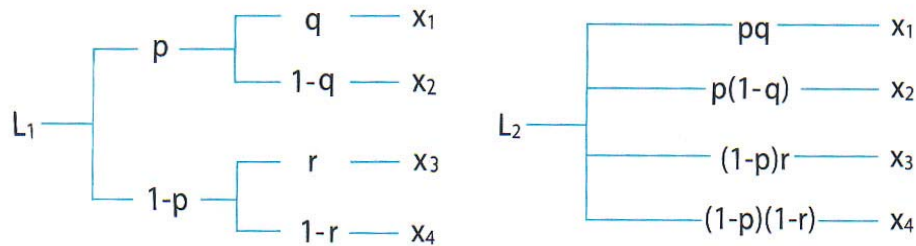
2.1 Förväntad nytta

Redan under tidigt 1700-tal diskuterades olika beslutsproblem, en av de viktigaste frågeställningarna var varför människor vid spelborden inte ville satsa vissa belopp trots att spelets förväntade värde¹ var större än detta belopp. Antag till exempel att ett spel innebär att spelaren kan förlora 5 000 kr med sannolikheten 0,5 eller vinna 30 000 kr med samma sannolikhet, det vill säga 0,5. För att få delta i spelet måste spelaren betala 10 000 kr. Det förväntade värdet av spelet motsvarar summan av varje produkt av sannolikheten för ett visst utfall och värdet av utfallet. I detta fall blir det förväntade värdet alltså $0,5 \times -5000 + 0,5 \times 30000 = 12500$. Det förväntade värdet är således större än priset för att delta i spelet, men trots detta väljer många att avstå från denna typ av spel. [6]

Bernoulli visade 1738 att beslut av denna karaktär inte kan avgöras enbart genom att se till det förväntade värdet [6]. Istället introducerade han den förväntade nyttan som grund för beslutsfattande. Enligt Bernoulli avtar marginalnyttan med ökad förmögenhet. Detta skulle till exempel innebära att en vinst på 100 kronor skulle motsvara större nytta för en person med begränsade tillgångar än för en person med mycket stora tillgångar. Senare visade Neumann och Morgenstein att axiomatiska system kunde konstrueras för att jämföra preferenser för olika osäkra utfall [7]. Dessa teorier har mynnat ut i det som kallas Bayesiansk beslutsteori. Grunden för de axiomatiska systemen är ett antal regler, eller axiom, som är intuitivt rimliga för att jämföra preferenser. Utifrån axiomen kan principen om att maximera den förväntade nyttan härledas [3]. Denna princip säger att en individ som följer axiomen kommer att fatta beslut i enlighet med principen om att maximera förväntad nytta. Nedan återges en variant av axiomen [3].

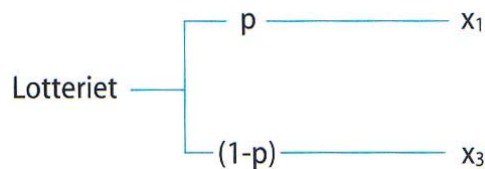
- *Ordning och transitivitet.* Utfallen av en osäker situation kan ordnas så att en beslutsfattare antingen föredrar ett utfall gentemot ett annat eller är indifferent mellan de olika utfallen. Om beslutsfattaren exempelvis anser att utfallet A är bättre än utfallet B, och B i sin tur är bättre än utfallet C så medför detta även att A är bättre än C.
- *Sammansatta sannolikheter.* En beslutsfattare är indifferent mellan ett sammansatt spel och ett spel som endast innehåller en osäker händelse. Det sammansatta spelet kan till exempel vara ett lotteri där sannolikheten att vinna är 0,3 och vinsten är en lott i ett annat lotteri, där sannolikheten att vinna 100 kronor är 0,7. Detta ska för lottköparen vara likvärdigt med ett annat lotteri, där sannolikheten att vinna är 0,7 och vinsten är en lott i ett annat lotteri där sannolikheten att vinna 100 kronor är 0,3. Lotteri L_1 och lotteri L_2 i figuren nedan ska således vara lika attraktiva för beslutsfattaren.

¹Det förväntade värdet motsvarar det vägda genomsnittet av de olika utfallens kostnader, där vikterna motsvarar sannolikheterna för respektive utfall.



Figur 2.1 Sammansatta sannolikheter [6]

- *Kontinuerliga preferenser.* En beslutsfattare är indifferent mellan ett säkert utfall x_2 och någon osäker situation med två möjliga utfall x_1 och x_3 , där $x_3 > x_2 > x_1$. Detta innebär att utfallet x_3 är bättre än det säkra utfallet x_2 och x_1 är sämre än det säkra utfallet x_2 . Ett lotteri med sannolikheten p respektive $1-p$ för utfallen kan alltså konstrueras så att beslutsfattaren är indifferent mellan lotteriet och det säkra utfallet x_2 .



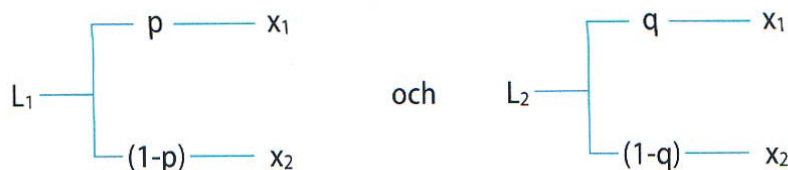
Figur 2.2 Kontinuerliga preferenser [6]

- *Oberoende.* En beslutsfattare som är indifferent mellan utfallen x_1 och x_2 är också indifferent mellan två lotterier som är lika i alla avseenden förutom att vinsten i det ena är x_1 och i det andra är x_2 .



Figur 2.3 Oberoende [6]

- *Strävan efter hög sannolikhet för framgång.* Om två lotterier har samma vinst, så väljer beslutsfattaren det lotteri där sannolikheten för vinst är störst.



Figur 2.4 Hög sannolikhet för framgång [6]

- *Invarians.* Allt som behövs för att bestämma en beslutsfattares preferenser bland osäkra händelser är utfallen och de tillhörande sannolikheterna.
- *Ändlighet.* Inga utfall är oändligt dåliga eller oändligt bra. Det går därför alltid att göra meningsfulla jämförelser. Om nyttan skulle vara oändlig skulle det bara krävas en väldigt liten positiv sannolikhet för att den förväntade nyttan skulle bli mycket stor.

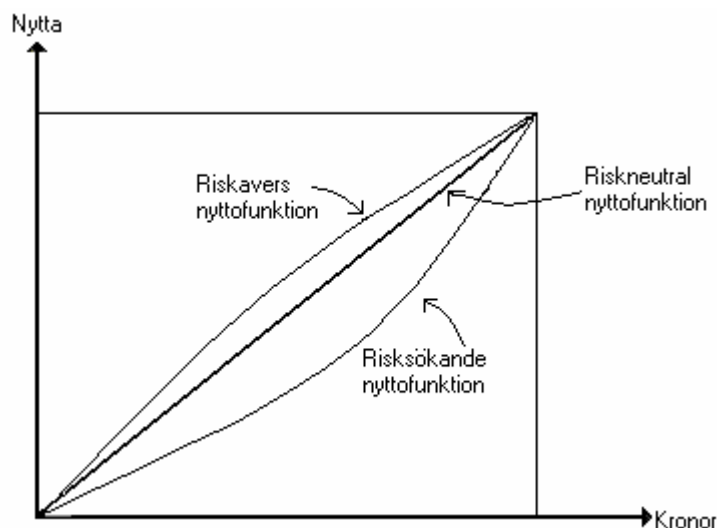
Denna typ av axiom ligger till grund för den normativa beslutsteorin som beskriver hur en beslutsfattare idealt borde fatta sina beslut. I detta fall skulle det ideala beslutsfattandet

motsvaras av att välja det alternativ som maximerar den förväntade nyttan. Trots att de grundläggande axiomen är logiska stämmer beslutsfattarens val inte alltid överens med dem. Faktorer som gör att en individ inte fattar beslut enligt teorin om förväntad nytta kan beskrivas som systematiska avvikelser och kan ge effekter på den funktion som beskriver beslutsfattarens riskpreferenser [20]. De systematiska avvikelserna behandlas vidare i kapitel 2.1.3.

2.1.1 Riskpreferenser

Enligt teorin kan tre olika inställningar till risk urskiljas hos individer: risksökande, riskaversion samt riskneutralitet. En beslutsfattare med riskaversion ogillar risktagande och har en säkerhetsekvivalent² som är mindre än motsvarande spels förväntade värde. En risksökare har en säkerhetsekvivalent som är större än det förväntade värdet. För en riskneutral person är säkerhetsekvivalenten lika med det förväntade värdet av spelet. Riskpreferenserna påverkar hur individer agerar i olika osäkra situationer. En individ med riskaversion väljer i större utsträckning än en riskneutral eller risksökande individ, att satsa pengar för att minska sina risker genom exempelvis att köpa försäkring, och en risksökande individ skulle i teorin vara villig att betala för att få ta risker.

Individens inställning till risk kan beskrivas med hjälp av en nyttofunktion.



Figur 2.5 Olika typer av nyttofunktioner [6]

För varje företag kan en unik nyttofunktion identifieras och den kan användas för att omvärdera den ekonomiska besparingen som investeringen medför till ett värde som även innefattar företagets inställning till risktagande. På detta sätt kan alltså företagets syn på risktagande tilldelas ett monetärt värde som kan användas i investeringskalkyler. I detta arbete kallas denna omvandling för *nyttojustering* av kapitalvärdet.

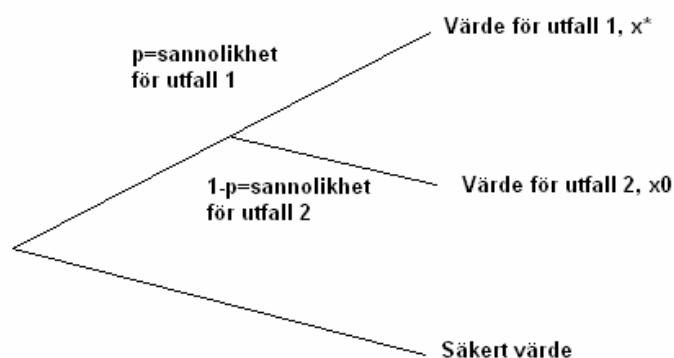
En nyttofunktion kan även underlätta även företagets beslutsfattande genom att på ett enhetligt sätt representera företagets inställning så att olika beslutsfattares enskilda värderingar inte påverkar beslutet. En fördel med detta är att rationellt beslutsfattande underlättas genom att samma värderingar ligger till grund för alla beslut. Ytterligare en fördel kan vara att beslutsprocessen kan förkortas tidsmässigt eftersom värderingar redan vägts in resultatet och inga spekulativa diskussioner om investeringens nytta behöver föras.

² Säkerhetsekvivalenten är det säkra värde som ett visst lotteri med osäkra utfall, är likvärdigt med.

2.1.2 Metoder för skattning av nyttofunktion

En individs eller ett företags inställning till risktagande påverkar hur stor nytta av en investering blir för individen eller för företaget. En säkerhetskörande investering kommer exempelvis att medföra större nytta för ett företag med riskaversion än för ett företag med en neutral eller risksökande inställning till risktagande. För att bestämma hur stor nytta av en specifik investering är för ett specifikt företag måste företagets nyttofunktion identifieras. För detta finns ett flertal metoder och dessa kan delas in i fyra huvudsakliga kategorier: *metoder för jämförelser mellan preferenser*, *sannolikhetsekvivalensmetoder*, *värdeekvivalensmetoder* och *säkerhetsekvivalensmetoder*. Metodgenomgången bygger på Utility Assessment Methods av Farquhar [10].

Alla metoder baseras på följande definition av ett lotteri. Lotteriet beskriver en situation med två osäkra utfall. I samtliga metoder jämförs det osäkra lotteriet med ett säkert värde. Beroende på vilken metod som används varierar antingen sannolikheterna för utfallen, p , värdena för utfallen, x^* och x_0 , eller det säkra värdet.



Figur 2.6 Illustration av ett lotteri

De metoder där olika *riskpreferenser jämförs*, utgår från ett antal jämförelser där sannolikheter och värden har valts enligt bestämda kriterier för varje metod. Detta angreppssätt har två vanliga användningsområden. Det ena användningsområdet är att undersöka individers inställning till risktagande och riskpreferensernas överrensstämmelse med en skattad nyttofunktion. Det andra användningsområdet är söka ett värde eller en sannolikhet så att en individ är indifferent mellan att delta i ett lotteri eller att erhålla, alternativt betala, det säkra värdet. För att finna denna indifferenspunkt kan sannolikheterna eller värdena på utfallen iterativt justeras tills dess att indifferens uppnås.

Ekvivalensmetoder kan delas in i sannolikhetsekvivalensmetoder, värdeekvivalensmetoder och säkerhetsekvivalensmetoder. Gemensamt för dessa är att indifferenspunkter söks och sedan används för att interpolera fram en nyttofunktion. Indifferenspunkterna kan skattas på olika sätt. Med direkt skattningsteknik efterfrågas en individs indifferenspunkt direkt, och den tillfrågade ger endast ett svar. Konvergensteknik är en annan metod och innebär att parametrarna i lotteriet, till exempel värden, sannolikheter eller preferensjämförelser, justeras tills dess att indifferens uppnås. Ett annat sätt att komma fram till indifferenspunkten är att ange en övre och nedre intervallgräns för ett antal givna svar. Genom ytterligare frågor förfinas gränserna tills preferenser klart kan utläsas.

Sannolikhetsekvivalensmetoder bygger på att individen anger en indifferenspunkt i form av sannolikheten för ett utfall i lotteriet. Detta innebär att sannolikheterna för utfallen justeras till det att individen är indifferent mellan att delta i spelet eller att erhålla, alternativt betala, ett säkert värde. Dessa metoder har många fördelar, bland annat förekommer inte användning av tidigare svar i efterföljande lotterier, vilket gör att serieberoende i svaren kan undvikas. Serieberoende kan medföra att svaren följer ett visst mönster eftersom respondenten hela tiden utgår från sina tidigare svar. En svaghet med

sannolikhetsekvivalensmetoder är att individer överlag har svårt att relatera till situationer där sannolikheterna inte är lika för de båda utfallen.

Värdeekvivalensmetoder används för att bestämma värdet för ett av utfallen, x_* eller x_0 , se figur 2.2, så att individen är indifferent mellan att delta i lotteriet eller att erhålla, alternativt betala, ett visst säkert värde. För att hitta denna indifferenspunkt varierar värdet för ett av utfallen tills dess att indifferens mellan lotteriet och det säkra värdet uppnås. Ofta antas utfallen i lotteriet vara lika sannolika, det vill säga inträffa med sannolikheten 0,5. Detta gör det enklare för individen att sätta sig in i jämförelsen. Värdeekvivalensmetoder är relativt lätta att använda och är inte särskilt känsliga för systematiska fel. Beroende på hur lotterierna är ordnade kan det dock finnas en viss risk för serieberoende.

Säkerhetsekvivalensmetoder bygger på att en individ anger ett säkert utfall, säkerhetsekvivalenten, för vilken denne är indifferent mellan att delta i ett visst lotteri eller erhålla, alternativt betala, det säkra värdet. Metoden utgår från ett spel med två möjliga utfall där sannolikheten för varje utfall är 0,5. Metoden bygger på att först ta fram indifferenspunkten, som i detta fall motsvarar säkerhetsekvivalenten, det vill säga det säkra värdet i figur 2.2. På en nytto-skala från noll till ett (1), där noll motsvarar den lägsta möjliga nyttan och ett (1) den största, får denna säkerhetsekvivalent nyttan 0,5. Utifrån detta förhållande kan nyttan för samtliga indifferenspunkter bestämmas så att en nyttofunktion kan interpoleras.

Denna metod är en kedjemetod vilket innebär att indifferenspunkterna som fås ur de olika lotterierna länkas direkt vidare till nästa lotteri.

I en studie som genomförts av McCord och Neufville [25] undersöks brister i standardmetoderna som används för att ta fram nyttofunktioner. Dessa brister kan orsaka osäkerheter i resultatet och består främst i att säkerhetsekvivalenter efterfrågas för att bestämma indifferenspunkter, att kedjeeffekter byggs in samt på brist på kontroll över kontexten.

Med bakgrund i kritik av de traditionella metoderna för att ta fram nyttofunktioner föreslår McCord en ny metod. Metoden är en lotteriekvivalensmetod där respondenterna ska ange lotteriekvivalenter³ i stället för att ange något av de värden som angavs i figur 2.2. Detta innebär att respondenten ska jämföra ett givet lotteri med två lika sannolika utfall, varav det ena är noll, med ett lotteri med givna utfall, och själv ange sannolikhetsvärden för dessa utfall så att de båda lotterierna blir likvärdiga. En stor fördel med denna metod är, enligt författarna, att nyttan kan utläsas direkt ur lotterierna. En nackdel är dock att metoden kräver att respondenterna har stor kunskap om beslutsteori för att skattningarna ska bli meningsfulla.

2.1.3 Avvikelser

Vilken av ovanstående metoder som används för att skatta nyttofunktionen har stor betydelse för dess utseende, men enligt nyttoteorin borde metodvalet inte påverka nyttofunktionens utseende. De två vanligaste typerna av metoder, sannolikhetsekvivalensmetoder och säkerhetsekvivalensmetoder, medför ofta en signifikant skillnad i nyttofunktionens form, beroende på vilken av metoderna som används. Hur stor skillnaden blir beror i stor utsträckning på individens ursprungliga inställning till risktagande och huruvida det handlar om vinster eller förluster [14]. I sannolikhetsekvivalensmetoden efterfrågas ett abstrakt sannolikhetsvärde och i säkerhetsekvivalensmetoden efterfrågas ett konkret monetärt värde. Generellt sett har individer svårare att bedöma sannolikhetsvärden än säkerhetsekvivalenter, det vill säga monetära värden. En konsekvens av dessa svarsrelaterade avvikelser är att individer tenderar att framstå som mer riskaversa när sannolikhetsekvivalensmetoder används och säkerhetsekvivalensmetoderna framkallar ett mer risksökande beteende. En annan svårighet ligger i att kombinera information från olika

³ Lotteriekvivalent är det lotteri som är lika mycket värt som ett annat bestämt lotteri med osäkra utfall.

dimensioner, som till exempel sannolikhet och utfall, detta inkluderar även multiplikation av sannolikheter och monetära värden. Oftast fokuserar individen i stället på en dimension i taget, det vill säga antingen sannolikheten eller utfallet. [13]

Individens perception och deras sätt att hantera sannolikheter kan således påverka nyttofunktionernas utseende. Till exempel visade Karmarker samt McCord och Neufville empiriskt att nyttofunktioner som tagits fram med lotterier med lika sannolikhet för de båda utfallen (50-50-lotterier) kan skilja sig avsevärt från en nyttofunktion som konstrueras med exempelvis 30-70-lotterier. Detta kan förklaras med hjälp av till exempel Kahneman och Tverskys Prospect theory som visar att individer i allmänhet är riskaversa när det gäller vinster och ökning av förmögenheten, men risksökare när det handlar om förluster och minskning av förmögenheten. Enligt denna teori går det således inte att generellt säga om en individ är risksökande eller riskavers. [14]

Även andra undersökningar visar att en stark tendens till risksökande uppstår hos individer när det handlar om små förluster. Laughunn visar dock att individen vid mycket stora förluster istället ofta övergår till att bli riskavers trots att sannolikheten för förlust kan vara väldigt liten. Detta beror på hur individen uppfattar risken. Som exempel kan nämnas att företagsledare som inser risken att gå i konkurs, blir riskaversa trots en mycket låg sannolikhet för att konkursen verkligen ska inträffa. Om de istället får chansen att göra en stor vinst genom att endast riskera en liten del av företagets värde är det troligt att de accepterar erbjudandet. [21] Det är dock inte alltid på detta vis. Kunreuther har visat att individer ofta ignorerar händelser med en väldigt låg sannolikhet men med ett katastrofalt utfall. [13] I situationer med mycket små sannolikheter för väldigt stora konsekvenser tenderar individen att bortse från den allvarliga konsekvensen och istället helt fokusera på den låga sannolikheten. Det motsatta gäller för stora sannolikheter. Då tenderar individer att underskatta betydelsen av sannolikheten och istället fokusera på det låga utfallet. En förklaring till detta är att sannolikheter nära noll och ett (1) för ett visst utfall kan uppfattas som i princip helt säkra alternativ för individen. Detta brukar benämnas extremvärdeseffekter.

Annan forskning visar att en avgörande faktor för hur individer uppfattar olika osäkra utfall är sättet som informationen presenteras på. De referensramar som ges och det sammanhang som problemet sätts i kan påverka individens värderingar oavsett om det handlar om vinster eller förluster. Slovic och Lichtenstein visade till exempel att det sätt som frågorna ställs på, om respondenterna måste satsa i spel eller ranka dem, systematiskt påverkar deras svar och därmed nyttofunktionernas utseende. [14]

Värderingarna som nyttofunktionen baseras på, skiljer sig även åt beroende på om det handlar om att åta sig en risk eller att flytta över risken. Åtagande av risk kan illustreras med att individen får byta en säker gäva mot ett osäkert lotteri med givna förutsättningar. Överflyttning av risken kan exemplifieras med att individen får ange hur mycket ett osäkert lotteri med givna förutsättningar skulle kunna säljas för. Det är lättare att övertyga en individ att behålla en given risk än att anta en ny risk. Detta gäller framförallt för stora sannolikheter med små konsekvenser, respektive små sannolikheter med stora konsekvenser. Detta faktum kan i stor utsträckning påverka individens värdering av sannolikheten eller säkerhetsekvivalenten. [13]

Nyttofunktioner kan användas för att beskriva individens nytta, men dessa avvikelser kan göra att en nyttofunktion som tas fram inte alltid stämmer överens med individens eller företagets verkliga riskpreferenser. Avvikelseerna innebär en svaghet i tillämpningen av nyttoteorin och kritik har även framförts mot den grundläggande teorin om förväntad nytta.

2.1.4 Kritik mot teorin om förväntad nytta

Kritiken mot teorin om förväntad nytta är av två typer: kritik som baseras på empiriska undersökningar och kritik mot de logiska grunderna i teorin om att maximera den förväntade nyttan, det vill säga kritik mot axiomen. Ekonomer och framför allt psykologer har utfört

laboratorieexperiment för att studera om människors beteende stämmer överens med teorierna om förväntad nytta. Många avvikelser har dokumenterats, exempelvis av Allais och Ellsberg [16]. Flera experiment som utförts har visat att sannolikhetsbegreppet är svårt för många individer, speciellt sammansatta sannolikheter som behandlas i ett av axiomen som nämns ovan. Det har till exempel visats att en majoritet föredrog 70 procent chans att delta i ett lotteri med 30 procent chans att vinna 100 dollar framför 30 procent chans att delta i ett lotteri med 70 procent chans att vinna 100 dollar [6]. Detta skulle alltså innebära att beslutsfattare påverkas av hur sannolikt respektive utfall är, vilket enligt den bayesianska beslutsteorin inte ska spela någon roll för beslutet.

Den andra typen av kritik behandlar den logik som ligger till grund för principen om att maximera den förväntade nyttan [16 & 6]. Kritikerna, bland annat Malmnäs, har visat att de axiomatiska systemen är för svaga för att principen om att maximera den förväntade nyttan ska kunna härledas härur. De hävdar således att principen inte är en logisk följd av axiomen. Enligt denna kritik är det inte möjligt att säga att en beslutsfattare som handlar i enlighet med axiomen väljer alternativ utifrån principen om att maximera den förväntade nyttan, vilket innebär att även beslut som inte leder till att den förväntade nyttan maximeras kan uppfylla samtliga axiom.

2.1.5 Alternativa beslutsteorier

Med grund i kritiken ovan har flera alternativa beslutsteorier tagits fram. Några exempel på dessa är *Prospect theory*, *Bells teori* och *Ellsbergs teori*. Nedanstående genomgång baseras på *Decision Analysis in Fire Safety Engineering* av Johansson [16].

Prospect theory presenterades av Kahneman och Tversky och baseras på experiment som visar hur viktig utgångspunkten är för individers inställning till risktagande. Deras slutsats är att individer i allmänhet är riskogillare när det gäller vinster och ökning av förmögenheten, men risksökare när det handlar om förluster och minskning av förmögenheten. Enligt denna teori går det således inte att generellt säga om en individ är risksökande eller riskavers. I *Prospect theory* används en viktning av sannolikheterna som görs genom att varje utfall tilldelas ett värde relativt till en referenspunkt som har värdet noll. I brandskyddssammanhang innebär detta att istället för att skatta sannolikheter för olika brandscenarioer, skattas en funktion som kan användas för att justera varje sannolikhet. Fördelen med *Prospect theory* är att den är lättare att genomföra praktiskt eftersom den skiljer på säkra förluster respektive vinster, som till exempel grundinvestering och underhållskostnader, och osäkra konsekvenser som kan orsakas av en brand. *Prospect theory* uppfyller dock inte första ordningens stokastiska dominans⁴, vilket är en önskvärd egenskap för normativ och preskriptiv beslutsteori.

Bells teori utgår från teorin om förväntad nytta, men istället för att basera nyttan av ett utfall på beslutsfattarens slutliga förmögenhet föreslår Bell att nyttan av ett utfall även ska baseras på den ånger en individ upplever efter att ha uppoffrat en del av förmögenheten för att kunna genomföra beslutet. Denna ångereffekt skulle troligen ge en mycket liten påverkan eftersom de beslutsalternativ som analyseras ofta är sådana att det inte säkert går att säga att utfallet hade blivit annorlunda om beslutsfattaren valt ett annat beslutsalternativ. Metoden är lämplig då man vet säkert att investeringen har påverkat utfallet. När det gäller brandskyddsinvesteringar är det svårt att säkert säga att investeringen hade påverkat brandens utbredning och därför ger *Bells teori* inga signifikanta fördelar jämfört med teorin om förväntad nytta.

⁴ Stokastisk dominans innebär att om F och G är två kumulativa fördelningar för två olika investeringar, exempelvis i brandskydd, så dominerar F över G enligt första ordningens dominans om $F(x) \leq G(x)$ för alla konsekvenser x , tex skadekostnad, och $F(x_0) < G(x_0)$. Om stokastisk dominans råder innebär detta således att investeringen F alltid medför större sannolikhet att vara mindre eller lika med alla skadekostnadsbelopp. [40]

Ellsbergs teori förutsätter att en beslutsfattare kan ange en mängd fördelningar för sannolikheterna för potentiella konsekvenser av ett beslut. På detta sätt skiljer sig Ellsbergs teori från flera andra teorier där beslutsfattaren bara anger en sannolikhetsfördelning. Ellsberg antar vidare att en beslutsfattare kan ange en specifik sannolikhetsfördelning som representerar hela mängden av sannolikhetsfördelningarna. Denna specifika fördelning är den fördelning som beslutsfattaren skulle välja om denne måste välja en av fördelningarna.

Vidare antas att beslutsfattaren kan ange ett värde som speglar dennes tilltro till den fördelning som tidigare angetts. Modellen är tilltalande eftersom den involverar osäkerheten i sannolikhetsvärdena. I brandskyddssammanhang är det dock mycket svårt att ange det värde som beskriver sannolikheten för att den fördelning som skattats för att beskriva utfallen är korrekt. Detta gör att Ellsbergs beslutsregel är förknippad med mycket stora osäkerheter.

För ytterligare genomgång av alternativa beslutsteorier hänvisas till *Decision Analysis in Fire Safety Engineering* av Johansson [16].

2.2 Investeringsskalkyler

Den typ av investeringsskalkyler som används inom företagsekonomi är en typ av beslutsanalys som används för att undersöka långsiktiga konsekvenser av olika investeringsalternativ. Investeringsbeslut kan dels innebära att välja mellan att investera eller inte investera, dels att välja mellan alternativa förslag till investeringar. Om tillgången på kapital är begränsad blir det också fråga om att prioritera. Syftet med investeringsskalkyler är att, med hänsyn till företagets mål och inriktning och dess personal och kapital, åstadkomma en lämplig struktur på företagets resurser. Investeringsbeslutet binder handlande på lång sikt och det är därför viktigt att ha välutvecklade metoder för att analysera olika alternativ.

Investeringskalkyler kan göras med olika detaljeringsgrad beroende på vilket syfte de har. En enkel analys kan göras exempelvis för att bestämma rangordningen för olika investeringsalternativ. I en sådan analys tas endast de säkra kostnaderna som till exempel investeringskostnaden för brandskyddet, kostnaden för drift och underhåll samt sänkning av försäkringspremie, med i analysen. I en mer detaljerad analys kan hänsyn även tas till den riskreduktion som uppstår i samband med investeringen. Investeringar i brandskydd skiljer sig från vanliga investeringar eftersom de i första hand inte görs för att generera intäkter utan snarare för att minska en framtida osäker kostnad. Brandskyddsinvesteringar bör analyseras noggrant för att utreda skador av en mer komplex karaktär, till exempel strategisk ekonomisk följdskada, som påverkar i ett mer långsiktigt perspektiv och kan påverka goodwill och förmågan att uppnå verksamhetsmål. Denna typ av kalkyler är väldigt omfattande och ofta förknippade med stora osäkerheter. Det är just dessa osäkerheter som skiljer investeringsskalkylerna för brandskyddsinvesteringar från traditionella investeringsskalkyler.

Beroende på företagets vilja att utsätta sig för osäkra situationer kan företagets inställning till risktagande påverka investeringsbeslutet. Via nyttofunktionen, som beskriver företagets inställning till risk, kan kapitalvärdet justeras för att avspegla dessa riskpreferenser. Det nyttojusterade kapitalvärdet beskriver värdet av en investering där osäkerheten i skadekostnaden ersatts med värden som bedömts vara likvärdiga med den osäkra situationen (jämför säkerhetsekvivalent). Effekten av nyttojusteringen blir att kapitalvärdet för en brandskyddsinvestering blir högre för ett företag ju större företagets riskaversion är. En säkerhetshöjande investering kan således få ett högre värde för ett företag med riskaversion än bara den rent ekonomiska besparingen. För ett företag med neutrala riskpreferenser kommer kapitalvärdet att vara oförändrat oavsett om hänsyn till riskattityd tas och för ett risksökande företag kan en säkerhetshöjande investering medföra mindre nytta för företaget än vad investeringsbedömningen visar. [18]

3 Sannolikhets teori

Detta kapitel syftar till att ge en introduktion till sannolikhetsbegreppet eftersom detta är centralt i arbetet. I kommande kapitel kommer förslag att ges på hur sannolikheter kan skattas när det statistiska underlaget inte är tillräckligt. En sannolikhet kan ses som ett mått på graden av trolighet för att en viss händelse ska inträffa och används för att kvantifiera osäkerheter. Tolkningen av sannolikheter har stor betydelse för hur riskanalyser uppfattas. Två olika tolkningar av sannolikhetsbegreppet är frekvenstolkning och den bayesianska tolkningen.

3.1 Frekvenstolkning

Frekvenstolkningen innebär att om sannolikheten för att en händelse ska inträffa är till exempel 0,2 så kommer den relativa frekvensen för när denna händelse inträffar att närma sig 0,2 när antalet upprepningar är stort. Detta innebär att skattningen blir bättre ju fler händelser som sannolikhetsskattningen grundas på. När sannolikheten bestäms utifrån frekvenstolkningen är det ofta uppenbart vad sannolikheten för en händelse är och sannolikheten är således objektiv.

Frekvenstolkning av sannolikheter bygger på repeterbarhet. I detta arbete är det statistiska underlaget i många fall för tunt för att frekvenstolkning ska ge ett trovärdigt resultat. Det är visserligen möjligt att studera andra verksamheter och överföra statistik, men detta blir ändå en form av subjektiv tolkning eftersom överföringen bygger på ett antagande om att verksamheterna är jämförbara. Jämför till exempel fallet när en sannolikhetsskattning för att brandförsvaret släcker en brand i industrigruppen metallindustri har gjorts och den verksamhet som ska studeras är en elektronikindustri. I detta fall kan en överföring av sannolikhetsskattningen göras om brandförsvarets släckmöjligheter i elektronikindustrin bedöms vara likvärdiga med brandförsvarets möjligheter att släcka en brand i metallindustrin.

Motsatsen till de objektiva sannolikheterna är de subjektiva sannolikheterna, som helt och hållet beror på vem som bedömer dem. Dessa används i den bayesianska tolkningen av sannolikhetsbegreppet. [18]

3.2 Bayesiansk tolkning

I den bayesianska tolkningen av sannolikhetsbegreppet ses sannolikheten för att en händelse ska inträffa som ett mått på hur troligt en individ bedömer att det är att händelsen ska inträffa. Bedömningen baseras på den information som individen har vid bedömningstillfället och sannolikheten kommer således att bero dels på vem som gör bedömningen och dels på individens informationsnivå. Vid utförandet av en analys, som till exempel ska ligga till grund för ett beslutsunderlag i en brandskyddsinvestering, kan detta medföra stora osäkerheter, särskilt om olika individer har helt olika uppfattningar. Trots osäkerheterna som de subjektiva sannolikheterna medför är det ibland nödvändigt att använda sådana bedömningar i fall då tillräckligt statistiskt underlag saknas.

Med den bayesianska sannolikhetstolkningen kan den befintliga information som finns om bränder i en industrityp eller i den aktuella verksamheten utnyttjas för att uppdatera sannolikhetsskattningarna. Detta medför att även om olika personer har helt olika uppfattning om sannolikheten för en viss händelse, så kommer båda skattningarna att närma sig samma värde när de uppdateras med ny statistik. Metoden lämpar sig särskilt för riskanalyser i industrier, eftersom det sällan har inträffat tillräckligt många incidenter i den aktuella industrin för att en bra skattning ska kunna göras. Istället kan statistik från andra industrier användas i kombination med subjektiva expertbedömningar. Därefter kan den generella informationen uppdateras med statistik från den specifika byggnaden för att ge en skattning som bättre motsvarar de aktuella förhållandena. Den bayesianska metoden för uppdatering gör det därför möjligt att ur ett långsiktigt perspektiv hantera osäkerheter, eftersom sannolikheten kan förbättras från år till år med ny information. [18]

I fortsättningen när begreppet sannolikhet används avses den bayesianska tolkningen. I de fall när statistiskt underlag finns används detta som komplement till de subjektiva sannolikheterna med hjälp av bayesiansk uppdatering.

3.2.1 Bayesiansk uppdatering

Bayesiansk uppdatering bygger på att det finns någon form av förkunskap om den aktuella sannolikheten, en så kallad apriorifördelning. Apriorifördelningen kan vara subjektivt grundad eller baseras på tillgänglig statistik. Genom att uppdatera apriorifördelningen med specifik objektinformation erhålls en posteriorifördelning som bättre beskriver den sökta sannolikheten. Ju fler observationer som används vid uppdateringen, desto mindre betydelse får den ursprungliga apriorifördelningen. [2 & 47]

Uppdateringen görs med Bayes sats enligt följande:

$$P(A_i | B) = \frac{P(B | A_i) \times P(A_i)}{\sum_i P(B | A_i) \times P(A_i)} \quad (\text{ekv 3.1})$$

där $P(A_i)$ är apriorisannolikheten för det aktuella tillståndet A_i . Denna sannolikhet uttrycker sannolikheten för att det aktuella tillståndet är det rätta innan den nya informationen B erhålls. $P(B | A_i)$ beskriver sannolikheten för att den nya informationen skulle ha observerats givet att tillståndet inträffar. Summan i nämnaren är en normeringsfaktor för att summan av sannolikheterna för alla tillstånd skall vara lika med ett (1). Resultatet efter att Bayes sats använts, det vill säga $P(A_i | B)$, kallas posteriorisannolikheten för det aktuella tillståndet och uttrycker sannolikheten för att det aktuella tillståndet är det korrekta, givet att den nya informationen observerats.

Ekvation 3.1 gäller för diskreta sannolikhetsfördelningar. När det handlar om beslutsteori och investeringar i brandskydd används ofta kontinuerliga sannolikhetsfördelningar. En kontinuerlig fördelning är inte begränsad till vissa värden, utan kan anta alla värden inom ett visst intervall. Beroende på vilken av fördelningarna som används kan tunga beräkningar krävas för att bestämma posteriorifördelningen. Genom att använda konjugerade fördelningar kan dock stora matematiska förenklingar göras. Att fördelningen är konjugerad innebär att fördelningen för apriorifördelningen och posteriorifördelningen är av samma typ. Exempel på konjugerade fördelningar är binomialfördelningen, betafördelningen, poissonfördelningen och gammafördelningen. För dessa fördelningar är parametrarna i posteriorifördelningen lätta att ta fram.

För att exempelvis beräkna brandfrekvensen, det vill säga sannolikheten att ett visst antal bränder inträffar under en given tidsperiod, kan en poissonfördelning användas. Poissonfördelningen innebär ett antagande om att alla bränder sker oberoende av varandra och har en konstant tendens att inträffa. När poissonfördelningen används för att uppdatera den ursprungliga apriorifördelningen kan brandfrekvensen beskrivas med en gammafördelning, som är ett konjugat till Poissonfördelningen. Den resulterande posteriorifördelningen beskrivs således också av en gammafördelning, men med andra parametrar. Fördelningar i gammafamiljen är flexibla och det bör därför vara möjligt att hitta en fördelning som överrensstämmer med de krav som beslutsfattaren sätter.

Gammalfördelningen definieras enligt följande:

$$f(\lambda) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \times \lambda^{\alpha-1} \times e^{-\beta\lambda} \quad (\text{ekv 3.2})$$

där λ är brandfrekvensen och α och β är parametrar i fördelningen.

Eftersom gammafördelningen är ett konjugat av poissonfördelningen kan även den lätt uppdateras med Bayes sats. Posterioriparametrarna beräknas med följande ekvationer:

$$\alpha'' = \alpha' + r \quad (\text{ekv 3.3})$$

$$\beta'' = \beta' + t \quad (\text{ekv 3.4})$$

där α'' och β'' är parametrarna i posteriorifördelningen, α' och β' är parametrarna i apriorifördelningen och r antalet bränder som observerats under tiden t . [16]

När brandscenarier analyseras förekommer ofta situationer som medger två olika utfall, till exempel att personalen släcker en brand eller att personalen inte släcker branden. I dessa fall kan antalet lyckade försök att släcka branden behandlas som binomialfördelade. Binomialfördelningen består av parametrarna p , som motsvarar sannolikheten för att till exempel personalen släcker en brand, och n som motsvarar antalet bränder som observerats.

Betafördelningen definieras enligt följande:

$$f(\theta) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} \times \theta^{a-1} \times (1-\theta)^{b-1} \quad (\text{ekv 3.5})$$

där θ är sannolikheten för att personalen släcker en brand, a' och b' är parametrar i apriorifördelningen.

Betafördelningen är en konjugatfördelning till binomialfördelningen och genom att använda betafördelningen som apriorifördelning kan uppdatering av information enligt Bayes sats enkelt göras. Posteriorifördelningen beräknas enligt följande ekvationer:

$$a'' = a' + r \quad (\text{ekv 3.6})$$

$$b'' = b' + n - r \quad (\text{ekv 3.7})$$

där a'' och b'' är parametrarna i posteriorifördelningen, n är det totala antalet bränder där händelsen skulle ha kunnat inträffa och r är antalet bränder där händelsen inträffade. [16]

4 Osäkerheter

Hantering av osäkerheter bör alltid ske i samband med ett beslut avseende investeringar i brandskydd. Eftersom denna typ av investeringar är förknippade med stora osäkerheter används riskanalyser som underlag för beslut om till exempel huruvida en risk är acceptabel eller inte, eller vilket åtgärdsalternativ som ska väljas. Osäkerheter kan uppkomma på olika sätt och det finns inget sätt att helt eliminera dem. I stället måste fokus riktas mot att hantera osäkerheterna så att resultatet av analysen ändå blir användbart.

På en grundläggande nivå kan osäkerheterna delas in i kunskapsosäkerhet och stokastisk osäkerhet. Kunskapsosäkerheter uppkommer på grund av begränsad kunskap om en parameter, som till exempel är fallet med kärnkraftsolyckor. Kunskapsosäkerheten hänger samman med den sannolikhet som är beroende av bedömarens kunskap och kan reduceras genom ytterligare information.

Den stokastiska osäkerheten representerar en naturlig slumpmässighet och kan därför inte elimineras med ytterligare information. Den stokastiska osäkerheten kan dock minskas genom att en händelse upprepas tillräckligt många gånger, jämför med frekvenstolkningen av sannolikhetsbegreppet.

En mer traditionell definition av olika typer av osäkerheter är att dela in dem i *modellösäkerheter*, *parametersäkerheter* och *utfallsosäkerheter* [6].

Modellosäkerheter beror på att alla modeller, begreppsmässiga eller matematiska, är förenklingar av den verklighet som de ska representera.

Parametersäkerhet uppkommer när de använda parametervärdena i modellerna inte kan bestämmas exakt, som till exempel när ett parametervärde tilldelats en sannolikhetsfördelning, eller på grund av parametrarnas naturliga variationer.

Utfallsosäkerheter beror på att det framtida utfallet, till exempel hur många bränder som kommer att uppstå i en byggnad eller hur ofta ett brandlarm fungerar, är okänt. Osäkerheten innefattar även empiriska variabler, det vill säga variabler som är mätbara nu, tidigare eller i framtiden.

Källorna till osäkerheterna har en betydande roll för hanteringen av dem. Olika osäkerheter kräver olika hantering och om man känner till varför det finns osäkerheter och vilken typ av osäkerhet det är, är det lättare att hitta en bra metod för att reducera dem. [9]

4.1 Hantering av osäkerheter

Genom att låta osäkra parametrar i en analys representeras av fördelningar kan spridningen på sannolikheten för respektive parameter beskrivas. En approximation av fördelningen för slutresultatet kan bli väldigt komplex och det är därför vanligt att approximationen görs numeriskt med hjälp av Monte Carlo-simulering. Som exempel kan nämnas det välkända sambandet $s = v \times t$ där s är sträckan, v är hastigheten och t är tiden. Om vi tänker oss att den tillryggalagda sträckan för en bil som kör på en väg ska bestämmas med sambandet och bilen har en dålig hastighetsmätare, så kommer värdet på v att vara osäkert. Osäkerhet i hastighetsuppgifterna fortplantas och ger osäkerhet i slutresultatet s . Om de osäkra inparametrarna kan beskrivas som fördelningar kan Monte Carlo-metoden användas för att ta fram en approximativ lösning där osäkerheterna har hanterats.

Monte Carlo-simulering innebär att analysen av problemet utförs ett stort antal gånger, och för varje gång tilldelas de osäkra parametrarna slumpmässiga värden i enlighet med de sannolikhetsfördelningar som representerar inparametrarna. Dessa slumpantal betraktas sedan som värden i fördelningsfunktionen för resultatet till vilken en statistisk fördelning kan anpassas.

Resultatet från Monte Carlo-simuleringen ger inte bara ett mått på resultatets storlek, utan den ger också en uppfattning om osäkerheten i resultatet. Med hjälp av all den information som genereras vid denna typ av analys kan en beslutsfattare få information om hur stora kunskapsosäkerheterna som finns i indatan till analysen är, men också hur denna osäkerhet förhåller sig till den osäkerhet som uppkommer på grund av stokastisk variation. Genom att separera stokastisk osäkerhet från kunskapsosäkerhet kan man få en uppfattning om vad som skulle hända med analysen om all kunskapsosäkerhet skulle reduceras.

Om ingen möjlighet finns att beskriva inparametrarna som fördelningar kan analysen baseras på fixa värden. Genom att sedan variera värdena på inparametrarna är det möjligt att undersöka hur känsligt resultatet är för variationer i respektive parameter. Detta sätt att hantera osäkerheter i analysen brukar kallas för känslighetsanalys.

5 Beslutsunderlag för brandskydd

Inom all industriell verksamhet gäller att ingen anläggning kan göras helt tillförlitlig, att ingen process kan vara helt säker och kanske framför allt att ingen människa handlar helt riktigt i alla situationer. Risker kan därför i praktiken aldrig helt elimineras, men målet är att reducera dem till en acceptabel nivå. Med detta som utgångspunkt måste beslutsfattaren undersöka och utvärdera kostnader och förtjänster för olika aktuella investeringsalternativ som en brandskyddsinvestering för med sig. Beslut om brandskyddsinvesteringar kan således bli komplexa och för att utvärdera beslutsalternativ krävs ett beslutsunderlag där konsekvenserna av respektive alternativ nog analyseras.

Investeringar som görs i säkerhetshöjande syfte får olika effekter beroende på vilka investeringar som görs. Skadehändelsernas orsaker kan påverkas, liksom sannolikheten för skadehändelsen eller konsekvenserna av den. Följande uppdelning av riskreducerande investeringar kan göras:

- Åtgärder för att förhindra olyckor, i detta fall uppkomst av brand. Exempel på sådana åtgärder är dels tekniska åtgärder som exempelvis nivåvakter och temperaturavkännare, men även en faktor som utbildning av personal har stor betydelse.
- Skadebegränsande åtgärder i förväg. I detta fall handlar det om skyddsåtgärder för att exempelvis begränsa brandspridning. Även automatlarm är en skadebegränsande åtgärd i det avseende att räddningstjänsten snabbt larmas.
- Åtgärder för riskspridning. Att köpa försäkring innebär att ansvaret vid en olycka till viss del läggs över på försäkringsbolaget. Genom en säker årlig uppoffring, försäkringspremien, slipper företaget bära hela förlusten vid en eventuell skadehändelse.
- Åtgärder för att förbereda och genomföra räddningsinsatser. Exempel på detta är att resurser läggs på att ta fram planer för hur följderna av en skadehändelse ska hanteras. Planerna kan innefatta allt från återuppbyggnad och flyttning av verksamheten, till hur kunder och anställda ska bemötas.
- Åtgärder efter en räddningsinsats. Exempel på detta kan vara investeringar som görs för att underlätta sanering och tillfällig flytt av verksamheten.

Oavsett vilken typ av investering som väljs, är syftet att minska sannolikheten för storskada.

För att kunna beskriva nyttan av en brandskyddsinvestering måste risken för brand i en verksamhet värderas. Detta görs genom att identifiera möjliga scenarier, sannolikheten för att respektive scenario ska inträffa samt dess konsekvens. Vanligast är att titta på ekonomiska konsekvenser och på personsäkerhet. I detta arbete undersöks enbart ekonomiska konsekvenser och detta är viktigt att ha i åtanke när resultatet av analysen ska tolkas.

När de möjliga brandscenarierna i en verksamhet har identifierats och konsekvensen för respektive scenario har skattats är nästa steg att skatta sannolikheterna för att de olika brandscenarierna kommer att inträffa, givet att en brand uppstår. Ett lämpligt sätt att beskriva brandscenarierna är att använda händelseträd. Resultatet av händelseträdet blir en översikt över vad som kan hända, hur troligt det är och vilka konsekvenserna av händelsen blir. Genom att multiplicera sannolikheten för respektive brandscenario med brandfrekvensen tas även hänsyn till sannolikheten för uppkomsten av bränder i byggnaden. Måttet på risken är i detta arbete förväntad skadekostnad per år.

Genom att jämföra risken i byggnaden före och efter en brandskyddsinvestering fås ett mått på hur mycket risken skulle förändras vid en eventuell investering. Med hjälp av en investeringskalkyl kan nettoeffekterna för investeringen beräknas och användas som underlag för beslut om huruvida investeringen ska genomföras.

Följande kapitel syftar till att ge en beskrivning av faktorer som är relevanta för att kunna genomföra analysen.

5.1 Riskbild för aktuell verksamhet - hur kan riskerna och konsekvenserna identifieras?

Första steget i riskhanteringsprocessen är, som tidigare nämnts, att identifiera möjliga brandscenarier i verksamheten för att sedan kunna gå vidare med att värdera riskerna och besluta om åtgärder för dessa. Identifieringen kan göras på olika sätt beroende på vilken detaljgrad som bedöms nödvändig för analysen. Metoderna kompletteras ofta med bedömningar av sannolikheter och konsekvenser för olika skadehändelser.

En övergripande bild av risksituationen kan fås genom att studera extern olycksstatistik för den aktuella branschen. För att precisera undersökningen och identifiera möjliga hot i en specifik verksamhet kan ett antal olika metoder användas.

En vanlig metod för översiktlig granskning av anläggningar är *grovanalys*. Syftet med grovanalys är att möjliggöra en tidig identifiering och värdering av riskkällor utan hänsyn till detaljer. Analysen kan användas för att sortera ut de riskkällor som bör undersökas vidare.

Andra metoder som används för identifiering av risker är *Hazop- och What if-metoden*. Hazop används i första hand för identifiering risker och i andra hand för att hitta operativa problem som exempelvis bristande tillförlitlighet eller prestanda. Förutom riskidentifieringen leder Hazop-metoden även till en beskrivning av konsekvenser som riskerna kan leda till. I What if-metoden identifieras möjliga utlösande händelser, orsakerna till dem samt möjliga skadeförlopp genom att ställa vad-händer-om-frågor utifrån ett processschema. Ofta föreslås även förebyggande åtgärder för de identifierade riskerna. Resultaten av de båda metoderna är kvalitativa och någon kvantifiering görs normalt inte.

För genomgång av fler metoder för riskanalys hänvisas till Kemikontorets skrift Riskhantering 3, kap 5.

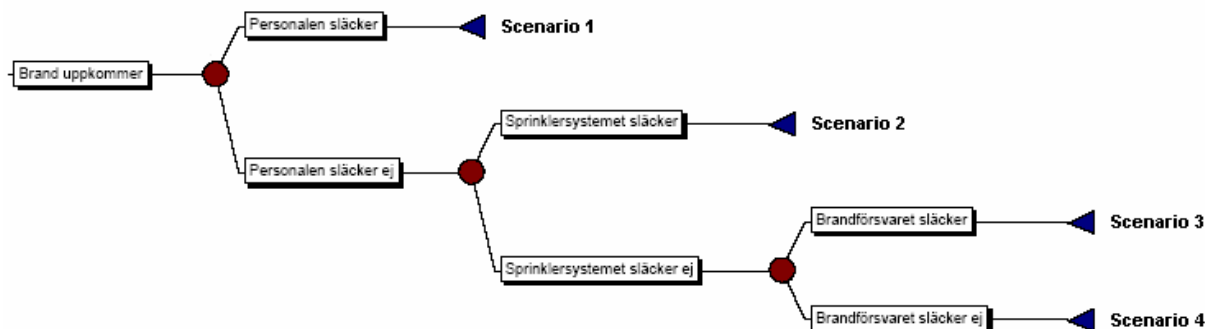
Konsekvensanalysen är den del av riskanalysen som behandlar följderna av skadehändelsen. Syftet med analysen är att uppskatta storleken på skadekostnaden för de skador som de identifierade möjliga skadehändelserna kan leda till.

En konsekvensanalys ska ge svar på följande frågeställningar [26]:

- Vad kan hända?
- Var kan det hända?
- Vilka följder får det för verksamheten?

I detta arbete beaktas, som tidigare nämnts, endast följder i form av egendomsskador och avbrottsskador som direkt rör verksamheten. I en fullständig analys är det naturligtvis även viktigt att beakta vilka följderna blir för de anställda och för miljön.

En modell för att åskådliggöra konsekvenser av en viss starthändelse, exempelvis en brand, är händelsetråd. Utifrån den givna starthändelsen beskrivs de skadeförlopp som kan följa och leda till fullbordade skadehändelser. Metoden resulterar i ett händelsetråd där skadeförlopp, som beror av en viss utlösande händelse, och de skadehändelser som kan bli följden av denna, redovisas.



Figur 5.1 Exempel på händelseträ

Resultaten av konsekvensanalysen kan användas för att rangordna de identifierade riskerna, besluta om åtgärder för att reducera eller eliminera riskerna, som underlag för utarbetandet av nödlägesplaner samt för att utforma information till exempelvis anställda och kunder.

5.1.1 Skadekostnader

Investeringar i brandskydd görs för att minska sannolikheten för en stor skada. En direkt följd av detta är att även den förväntade skadekostnaden⁵ skulle minska. Den förväntade skadekostnaden är en styrande faktor vid beslutsfattande och ett huvudsyfte med brandskyddsinvesteringar är att minska den totala skadekostnaden till följd av en brand. Grovt sett kan de ekonomiska skadorna delas in i direkta och indirekta kostnader. De direkta kostnaderna uppstår som en direkt följd av en brand är oftast försäkrade och mindre komplicerade att förutse.

Indirekta kostnader uppkommer när branden är släckt och insatsen är avslutad. De indirekta kostnaderna uppstår när ett företag får oväntade utgifter som inte täcks av någon försäkring och de kan vara komplexa och svåra att härleda till en specifik orsak. [24]

Komplexiteten hos de indirekta kostnaderna gör att de är svåra att förutse. Till viss del är det möjligt att studera de kostnader som har uppkommit vid storbränder hos företag med liknande förutsättningar, men dels har få storbränder inträffat och dels är tillgången till materialet av sekretesskäl begränsad. Hela branschen skulle tjäna på att de erfarenheter som finns gjordes mer lättillgängliga.

Det är svårt att överföra eventuella siffror från tidigare bränder till en aktuell analys eftersom många av de ingående parametrarna i skadekostnaden är starkt konjunkturberoende [33]. En noggrann analys bland annat av den rådande marknadssituationen vid tiden för olyckan liksom en jämförelse med dagens situation är nödvändig för att värdena ska kunna justeras till den aktuella tidpunkten. För att underlätta denna typ av överföring borde krav på noggrann redovisning av rådande förutsättningar finnas för de undersökningar och den dokumentation som görs i samband med indirekta skador. Antalet studier inom detta område är begränsat framtida forskning inom ämnet skulle vara mycket intressant.

Trots komplexiteten måste skadekostnaden uppskattas. En metod för detta är att direkt använda den skattning av den förväntade maximala förlusten, EML, som försäkringsbolaget grundar sina värderingar på. Ett annat tillvägagångssätt bygger på att företagets ledningsgrupp utifrån underlaget nedan diskuterar sig fram till vilka värden som gäller för företaget.

⁵ Den förväntade skadekostnaden motsvarar det vägda genomsnittet av de olika utfallens kostnader, där vikterna motsvarar sannolikheterna för respektive utfall. Skadekostnaden definieras som den faktiska skadekostnaden för varje utfall.

Eftersom skadekostnaden är så komplex föreslår vi att bedömningen görs utifrån en finare indelning. Denna indelning föreslås för att hjälpa beslutsfattaren att göra en heltäckande värdering av skadekostnaderna. Vi tror annars att det är lätt att flera kostnader glöms bort, antingen för att beslutsfattaren inte kan komma på fler faktorer och känner sig nöjd med de han har, eller för att flera av kostnaderna känns osannolika eller svåra att förutsäga. Indelningen nedan har gjorts med utgångspunkt i definitionen av direkta och indirekta kostnader med hänsyn till om skadan inträffar inom eller utom ansvarstiden för försäkringen.

- *Direkta kostnader.* Kan exempelvis vara kostnader för att ersätta eller reparera skadade byggnader och maskiner. Dessa kostnader är lätta att förutse och är märkbara direkt efter branden.
- *Direkta följdskostnader.* Kostnader som uppkommer som en direkt följd av branden och är försäkrade. Här återfinns exempelvis lönekostnader för personal som tillfälligt inte deltar i produktion samt kostnader för produktionsavbrott och röksanering.
- *Övriga följdskostnader inom ansvarstiden.* Dessa kostnader kan exempelvis utgöras av vidareutbildning av personalen som tillfälligt inte deltar i produktionen samt kostnader för förlorad produktion i form av uteblivna ordrar. Om verksamheten i den lokal som skadats flyttas till en annan av företagets lokaler kan kostnader uppkomma på grund av minskad effektivitet i den produktion som normalt sker i lokalen, liksom minskad produktion i den verksamhet som flyttats. Även kostnader för förlorad efterförsäljning återfinns under denna post. Anledningen till denna kostnadspost är att vi vill skilja de övriga följdskostnaderna inom ansvarstiden från de direkta följdskadorna, eftersom de övriga kostnaderna påverkas av de beslut som fattas efter branden.
- *Kostnader utanför ansvarstiden, som kan förutses.* Kostnaderna kan exempelvis uppkomma om produktionen i den alternativa lokalen måste justeras, om effektiviteten i den normala och i den flyttade produktionen minskar eller genom utbildning. Även här kan kostnader för förlorad efterförsäljning återfinnas, liksom kostnader för extra marknadsföringskampanjer, men med skillnaden att de ligger utanför ansvarstiden.
- *Kostnader som är svåra att värdera och uppkommer utanför ansvarstiden.* Exempel på kostnader i denna post kan vara [24]:
 - Minskad försäljningsvolym
 - Förlorad efterförsäljning
 - Böter
 - Förlorad ledningskapacitet
 - Förlorad kunskap
 - Kostnad för rekrytering
 - Extra marknadsföringskampanjer
 - Förbättringar
 - Senare-/tidigarelagda investeringar
 - Rationaliseringar
 - Kapacitetsjusteringar
 - Förlorade marknadsandelar
 - Förlorade kunder, potentiella och nuvarande

Posten ”Direkta följdskostnader” och posten ”Övriga följdskostnader inom ansvarstiden” är i många avseenden lika. Det som skiljer dem åt är vid vilken tidpunkt kostnaden uppkommer. En kostnad inom ansvarstiden täcks av försäkringen och företaget betalar då endast självrisken. En kostnad som infaller utanför ansvarstiden täcks inte av försäkringen och kan därför bli mycket kostsam för företaget. När den ekonomiska skadan inträffar beror på

verksamhetens typ och storlek, men även på i vilken utsträckning företaget har arbetat med krisplanering och hur snabbt verksamheten kan återupptas.

Generellt kan sägas att gränsen mellan posten ”Övriga följdkostnader inom ansvarstiden” och posten ”Kostnader som är svåra att värdera och uppkommer utanför ansvarstiden” till stor del beror på företagets riskhantering i form av exempelvis en katastrofplan. Ju noggrannare verksamhetens risker har analyserats, desto fler konsekvenser och kostnader för dessa kan förutses. Genom att skapa en uppfattning om vilka följder en skadehändelse förväntas kunna få redan innan den inträffar, ges ledningen tid att i förväg lägga upp strategier för hur en sådan situation ska hanteras. På detta sätt kan färdiga åtgärds- och handlingsplaner finnas när en olycka inträffar och flera av de ovan nämnda faktorerna skulle kunna undvikas. Den avgörande skillnaden mellan posterna är att modeller kan sättas upp för att beskriva de kostnader som åsyftas i posten ”Övriga följdkostnader inom ansvarstiden” och utifrån dessa kan deras storlek skattas. De kostnader som beskrivs i posten ”Kostnader som är svåra att värdera och uppkommer utanför ansvarstiden” är svåra att beskriva med modeller vilket även medför att de är svåra att värdera.

5.2 Skattning av sannolikheter

För att värdera konsekvenserna av en brand, före och efter brandskyddsinvesteringen, är det nödvändigt att kunna ange med vilken sannolikhet varje konsekvens förväntas inträffa. Sannolikheten relateras ofta till vilken typ av verksamhet som bedrivs, samt lokalernas utformning och storlek. För vissa ändamål finns omfattande statistik, i andra fall saknas information helt.

5.2.1 Beskrivning av verksamheten

Eftersom sannolikheter för olika händelser är starkt kontextberoende behövs en beskrivning av verksamheten som underlag dels för expertbedömningar, men även som jämförelsematerial vid överföring av generell statistik.

Lokaler och verksamhetstyper

Risken för att en brand ska uppstå beror till stor del på den verksamhet som bedrivs. En verksamhet med många inslag av elektrisk uppvärmning, öppna lågor och hantering av brandfarliga ämnen har en högre brandrisk än en verksamhet utan sådana inslag. Brandens spridningsförlopp påverkas i hög grad av byggnadens utformning. Faktorer som konstruktion, materialval och rumsgeometri, liksom placeringar av dörrar och fönster påverkar de förutsättningar som styr brandförloppet. Aktiva system som exempelvis sprinklersystem och system för brandgasventilation inverkar också. [1]

Personal

Personalens felhandlingar utgör ofta den största risken för att en olycka ska inträffa i en verksamhet [48]. En viktig del i ett företags säkerhetsarbete är därför att göra de anställda medvetna om säkerhetens betydelse och om hur de kan verka för en säkrare verksamhet. En personalstyrka med goda kunskaper i sitt arbete och en god riskmedvetenhet skapar mindre risker samtidigt som de är bättre på att hantera situationer när olyckor inträffar.

Personalens förmåga att ingripa om det inträffar en olycka påverkas av hur många anställda det finns i byggnaden, vilka tider på dygnet de är där samt vilken utbildning har.

För att ta reda på hur personalen uppfattar säkerheten och säkerhetsarbetet på arbetsplatsen och för att undersöka deras riskmedvetenhet kan exempelvis observationer, frågeformulär och intervjuer användas.

Organisationens riskmedvetenhet

En organisation med ett bra säkerhetsarbete kännetecknas av stor riskmedvetenhet, både hos ledningen och hos de anställda. Utformning av lokaler, släckutrustning, larmsystem och tillgång till industribrandkår eller räddningstjänst är viktigt, men i begreppet säkerhet ingår även faktorer som de anställdas engagemang och attityd. De sistnämnda faktorerna är svåra att ge en direkt teknisk och kvantifierbar tolkning av, vilket även gör att de är svåra att värdera.

Organisationens sätt att hantera tillbud⁶ och incidenter är viktigt för den totala säkerheten. Tillbud som inträffar kan ses som varningssignaler och är därför viktiga att ta vara på. Det finns mycket att lära av tillbud och framförallt kan en god rapporteringssed bidra till att allvarliga olyckor kan förebyggas. För att kunna ta till vara på tillbud krävs inte bara ett bra rapporteringssystem utan det gäller även att personalen vet hur det ska användas.

Det bör finnas en krisplan som talar om hur personalen och ledningen ska agera om en stor skadehändelse inträffar. En krisplan bör innehålla information om vilka kriser som skulle kunna uppstå inom företaget och hur dessa skulle påverka verksamheten, de anställda och de närboende. Krisplanen bör även innehålla instruktioner för hur olika intressenter ska informeras. Syftet med krisplanen är att hjälpa berörda vid tillfället då händelsen inträffar.

Ett led i ett bra säkerhetsarbete är strategier för hur företaget ska arbeta med riskhantering och strategier för hur verksamheten ska hanteras efter en stor skadehändelse. Denna plan kallas katastrofplan och en väl genomförd plan kan spara mycket resurser både i tid och i pengar om en större skadehändelse skulle inträffa.

5.2.2 Skattning av sannolikheter

Tillgänglig brandrelaterad statistik bygger till stor del på räddningstjänstens rapporter, men även i viss mån på rapporter från försäkringsbolag. I praktiken sker det dock fler bränder än vad som kommer till räddningstjänstens och försäkringsbolagens kännedom. Informationen kan anses vara så gott som fullständig för stora bränder, men ett större mörkertal förväntas förekomma för små bränder som självslocknat eller kunnat släckas av andra än räddningstjänsten. Den befintliga statistiken bygger på en sammanslagning av rapporter från många olika företag som drabbats av bränder. En förenkling av materialet har gjorts genom att företagen delats in i verksamhetstyper. Statistiken för en viss verksamhetstyp kan användas för att skatta sannolikheter för en specifik verksamheten om den bedöms ha förutsättningar som överrensstämmer med den aktuella verksamheten.

Ofta finns även någon form av intern rapportering av skadehändelser, incidenter och tillbud inom den aktuella verksamheten. Antalet inträffade och rapporterade händelser är dock sällan tillräckligt för att utgöra ett trovärdigt underlag för slutsatser och det finns troligen också ett stort mörkertal i den interna rapporteringen. Extern olycksstatistik kan då användas som utgångspunkt och genom att uppdatera denna med rapporterade skadehändelser och incidenter i verksamheten, kan en mer lokalspecifik olycksstatistik skapas. Uppdateringen kan göras med bayesiansk uppdatering. På detta sätt erhålls subjektiva sannolikhetsfördelningar som beskriver de lokala förhållandena. Ju fler uppdateringar som görs med lokala data, desto närmare kommer de subjektiva skattningarna de verkliga förhållandena. Se kapitel 3.2.1 för beskrivning av bayesiansk uppdatering.

I fall där statistiskt underlag saknas kan individens sannolikhetsskattningar tas fram med intervjuer enligt metoder som har utarbetats av psykologer, statistiker och ekonomer [5]. För vissa händelser kan sannolikheter anges direkt, för andra måste sannolikheterna modelleras i flera steg för att en individ ska kunna ange ett värde.

⁶ Tillbud är ett oönskat händelseförlopp i verksamheten som kan, eller skulle ha kunnat, resultera i skada på människa, miljö eller egendom.

Alla individer har olika sätt att relatera till och bedöma olika situationer. Detta, i kombination med att respondenterna ofta har olika bakgrundskunskaper och erfarenheter, gör att deras sannolikhetsskattningar för en viss situation kan skilja sig åt. Trots att skattningarna kan variera från person till person, är det ofta vettiga skattningar, men de kan innehålla systematiska avvikelser, vilket kan få konsekvenser för de sökta sannolikheterna. [27]

De systematiska avvikelserna kan vara både medvetna och omedvetna och avvikelserna uppkommer på grund av att respondentens svar skiljer sig från dennes verkliga kunskaper. Syftet med att skatta sannolikheter är att ta fram en fördelning som beskriver respondentens bedömning av sannolikheten. Men de systematiska avvikelserna kan påverka sannolikhetsfördelningens utseende.

Orsakerna till de systematiska avvikelserna kan vara motiverade eller kognitiva. Motiverade avvikelser kan vara både medvetna och omedvetna. Individen kan till exempel anpassa sitt svar i tron om att prestationen kommer att utvärderas och bedömas utifrån resultatet och exempelvis genom att inte ange hela den osäkerhet som denne egentligen tror föreligger för att inte framstå som okunnig.

Även när respondenten inte medvetet styr sina svar kan kognitiva avvikelser påverka resultatet. De kognitiva avvikelserna beror på respondentens sätt att tänka, till exempel kan respondenten relatera händelsen för vilken sannolikheten söks, till den mest aktuella informationen inom området och svara utifrån denna.

Eftersom kognitiva systematiska avvikelser bara beror på respondentens tankesätt måste intervjuaren försöka lista ut hur personen tänker och anpassa intervjumaterialet för att försöka minimera systematiska avvikelser. Nedan följer en genomgång av olika tankesätt som kan skapa avvikelser i respondentens svar.

Tillgänglighet. Sannolikhetstolkningar bygger på information som respondenten minns eller föreställer sig. Tillgänglighet hänför sig till hur lätt det är för respondenten att relatera till olika information. Det är exempelvis lättare att minnas information som gjort starkt intryck första gången den presenterades. Nya resultat och nuvarande förhållanden är också mer lättillgängliga än äldre information, vilket kan leda till att den nya informationen får för stor vikt i bedömningen av sannolikheten för en viss händelse. Tillgänglighet är därför en viktig faktor i de flesta situationer där sannolikheter söks. I en studie av Slovic, Fischhoff och Lichtenstein tillfrågades ett stort antal personer om hur sannolika de trodde att olika dödsorsaker var. Det visade sig att risker från dödsorsaker som fått mycket publicitet överskattades kraftigt, men mindre omtalade risker underskattades. [9]

Anpassning till utgångsvärdet. Ett känt fenomen när personer ska skatta okända sannolikheter är att de tenderar att fokusera på ett initialvärde och sedan justera detta. I ett experiment som genomfördes av Tversky och Kahneman ombads individer att uppskatta hur stor andel av FN:s medlemsländer som låg i Afrika. Med hjälp av ett snurrande hjul valdes ett nummer (ankartal) mellan 1 och 100 i individernas närvaro. Medianskattningen av andelen afrikanska länder i FN i en grupp med "ankartal" på 10 blev 25 procent och i en grupp med ett "ankartal" på 65 blev det 45 procent. [9] På samma sätt kan det första svaret i en intervju kan skapa avvikelser senare i intervjun.

Outtalade antaganden. Respondentens svar är beroende av olika icke fastställda antaganden. En följd av detta kan bli att den resulterande sannolikhetsfördelningen inte reflekterar testpersonens hela osäkerhet eftersom respondenten förutsätter vissa saker i bedömningen.

Sammanhang. Personer tenderar ibland att tilldela en händelse en viss sannolikhet beroende på hur lätt de kan föreställa sig ett troligt scenario som skulle leda till just den händelsen. Det finns risk att respondenten betraktar händelsen som otrolig om det upplevs som svårt att själv formulera ett rimligt scenario. Trovärdigheten hos ett konstruerat scenario tycks bero

mer på det sammanhang som upphovsmannen har valt än på den logiska sannolikheten för en händelse [27].

5.3 Investeringskalkylen

För att avgöra om de positiva effekterna av investeringen överväger de negativa effekterna, kan en investeringskalkyl göras. En modell som kan användas för investeringar i brandskydd är kapitalvärdesmetoden. [15]. Kapitalvärdesmetoden kan ses som ett specialfall av den bayesianska beslutsteorin och beslutet gäller huruvida en viss investering ska genomföras eller inte, alternativt utvärdera vilket av flera investeringsalternativ som är lämpligast. Metoden används för att värdera framtida betalningsströmmar och bygger på att investeringens kapitalvärde tas fram genom att in- och utbetalningar som investeringen medför diskonteras till tidpunkten för grundinvesteringen.

Kapitalvärdet beräknas enligt följande:

$$KV = -G + a \sum nuv_{i\%}^{n\ddot{a}r} + S \times nuv_{i\%}^{n\ddot{a}r} \quad (\text{ekv 5.1})$$

De parametrar som behövs för att bedöma investeringens nettoeffekter är grundinvesteringen för brandskyddet, de besparingar som investeringen förväntas medföra, den ekonomiska livslängden, restvärdet samt kalkylräntan. Om kapitalvärdet är större än noll är de sammanlagda positiva effekterna större än de negativa. Beräkningarna förutsätter att investeraren är riskneutral, men genom att ta fram säkerhetsekvivalenten för den förväntade skadekostnaden kan resultatet justeras så att det överensstämmer med företagets inställning till risktagande. Denna nyttojustering görs för att kompensera för de framtida osäkerheter som finns i de ingående parametrarna.

Förändringar i penningvärde och pris kan ha stor betydelse för en investeringens lönsamhet. Även det reala priset på varor och tjänster förändras över tiden. Real prisnivå innebär att betalningarna ett visst år anges i det penningvärde som gäller för ett visst basår. Den reala priset förändringen anges approximativt som skillnaden mellan nominell priset förändring och inflation. Den nominella prisnivån anger prisnivån i löpande priser. Inflationen är ett mått på den genomsnittliga priset förändringen och innebär generellt sett en prishöjning. Räntan på kapitalmarknaden består till viss del av reala förräntningskrav och dels av framtidsförväntningarna på inflationen hos dem som lånar ut pengar, detta tillsammans ger den nominella kalkylräntan. [8]

Skatteeffekter bör beaktas när ett monetärt värde för investeringen ska fastställas. När det gäller brandskyddsinvesteringar är osäkerheterna dock så stora att skatteeffekterna försvinner i osäkerhetsintervallet. Naturligtvis är det möjligt att göra brandskyddskalkyler med skattehänsyn och då hanteras skatteeffekter på samma sätt som i vanliga ekonomiska kalkyler, se till exempel Investeringsbedömning av Persson och Nilsson [8].

5.4 Nytt

För att anpassa det riskneutrala kapitalvärdet som erhålls ur investeringskalkylen till företagets inställning till risktagande kan företagets nyttofunktion användas. I kapitel 2.1.2 gjordes en genomgång av metoder för att ta fram nyttofunktionen och nedan följer en sammanfattande motivering till vilken metod som vi bedömer vara mest lämplig att använda när det handlar om investeringar i brandskydd.

De två vanligaste metoderna för att ta fram nyttofunktioner är sannolikhetskvivalensmetoder och säkerhetsekvivalensmetoder. Fördelen med sannolikhetskvivalensmetoder är att serieberoende kan undvikas. En nackdel är dock att individer överlag har svårt att relatera till situationer där sannolikheterna inte är lika för båda utfallen, se kap 2.1.3.

Säkerhetsekvivalensmetoder är i regel lätta att förstå, även för en ovan användare, men kan medföra kedjeberoende. Enligt Hershey et al [13] har säkerhetsekvivalensmetoder visat sig medföra en ökad risksökande effekt när det handlar om förluster hos individer. Detta kan medföra att effekten av investeringar i brandskydd underskattas och att ett felaktigt beslut fattas om en säkerhetsekvivalensmetod används.

Värdeekvivalensmetoder är ett alternativ till dessa metoder. De är mer användarvänliga än sannolikhetskvivalensmetoder, men kräver å andra sidan större kunskap av beslutsfattarna. Fördelen med denna typ av metoder är att de inte är särskilt känsliga för systematiska fel, med undantag för en viss risk för kedjeberoende beroende på hur lotterierna är ordnade.

Ytterligare en alternativ metod är lotteriekvivalensmetoden som har utvecklats med grund i den kritik som har riktats mot de övriga metoderna. Denna metod är fri från många av de avvikelser som kan ge en betydande effekt på nyttofunktionens utseende och borde därför ur en teoretisk synvinkel, vara den bästa metoden. Trots sina fördelar är metoden så komplicerad att en ovan användare knappast kan förstå metodiken utan att lägga ner mycket tid.

Kraven på noggrannhet i resultatet har stor betydelse för vilken metod som är bäst att använda i brandskyddssammanhang. En annan viktig faktor är beslutsfattarnas förkunskaper inom ämnet, även om en mer avancerad metod borde ge ett bättre resultat måste hänsyn tas till att metoden måste vara praktiskt genomförbar och krav rimliga prestationer av respondenterna. En avvägning måste även här göras mellan insatta resurser och noggrannheten i resultatet.

Säkerhetsekvivalensmetoden innebär visserligen en direkt risk för kedjeberoende men det är en allmänt vedertagen metod och den är enkel att tillämpa. Det är dock viktigt att ha i åtanke att noggrannhet kan förloras om en enklare metod väljs, men samtidigt måste hänsyn tas till att det är troligare att verkliga tendenser i beslutsfattarens preferenser går att urskilja. En mer komplicerad metod kommer förmodligen, om beslutsfattaren saknar tillräcklig kunskap och har ont om tid, att resultera i att beslutsfattaren inte kan tillgodogöra sig metodiken och i vissa fall därför svara irrationellt. Ett resultat av detta kan bli en nyttofunktion som avviker kraftigt från företagets verkliga preferenser och att beslut som fattas utifrån nyttofunktionen riskerar att bli felaktiga. Med denna motivering anser vi att en säkerhetsekvivalensmetod är att föredra eftersom den är enklast att förstå för beslutsfattare som inte är insatta i beslutsteorin och därför att osäkerheterna i den övriga analysen kan förväntas vara så stora att en något sämre noggrannhet i nyttofunktionen inte påverkar slutresultatet nämnvärt. Ytterligare en aspekt som påverkar hur väl nyttofunktionen speglar företagets verkliga preferenser är vilka personer som har gjort skattningarna. Det är viktigt att de personer som fattar beslut om brandskydd deltar och det är fördelaktigt om de tillsammans kan diskutera sig fram till gemensamma värderingar och därmed en gemensam nyttofunktion.

5.4.1 Nyttjustering

För att bestämma kapitalvärdet av en investering för en beslutsfattare med andra preferenser än riskneutrala, kan den riskneutrala förväntade skadekostnaden justeras med hjälp av företagets nyttofunktion. Detta kan göras genom att samtliga skadekostnader omvandlas till nyttovärden via företagets nyttofunktion. Med utgångspunkt i dessa nyttovärden kan den förväntade nyttan för varje investeringsalternativ bestämmas och sedan konverteras tillbaka till förväntad skadekostnad. Genom att jämföra de förväntade skadekostnaderna för alternativen där investeringen görs respektive inte görs, fås den förväntade skadekostnadsreduktionen som investeringen medför.

Om den nyttojusterade förväntade skadekostnaden sedan används i investeringskalkylen kommer kapitalvärdet att avspeglar företagets riskpreferenser. Den nyttojusterade förväntade skadekostnaden kan jämföras med säkerhetsekvivalenten för investeringen, det vill säga det monetära värde som beslutsfattaren är beredd att betala för att slippa den osäkra situationen.

Osäkerheten utgörs i detta fall av att beslutsfattaren inte vet hur stor skadekostnaden kommer att bli.

6 Fallstudie

Syftet med denna del av arbetet är att tillämpa det tillvägagångssätt som tidigare i arbetet har diskuterats på ett teoretiskt plan. Genom att applicera teorin på ett fallföretag, Volvo Aero Corp. i Trollhättan, hoppas vi kunna åskådliggöra hur ett beslutsunderlag med nyttohänsyn kan utformas för en brandskyddsinvestering.

Anledningen till att en investering i brandskydd har valts som säkerhetshöjande åtgärd är att brand bedöms vara den enskilda skadehändelse som skulle få störst konsekvenser för Volvo Aero.

Tidigare i arbetet diskuterades olika typer av säkerhetshöjande investeringar, bland annat sådana vars syfte var att minska konsekvenserna av en skadehändelse. I denna tillämpning har vi valt att fokusera på denna typ av investering i form av ett sprinklersystem.

För omkring tio år sedan gjordes på koncernnivå en genomgång av samtliga större verkstäder på Volvo Aeros anläggning i Trollhättan, varefter en prioritetsordning för installation av sprinklersystem upprättades. I dag har sprinklersystem inrättats i samtliga verkstäder utom en, A-verkstaden, och det är på denna fokus kommer att läggas i fallstudien.

Fallstudien inleds med en presentation av företaget Volvo Aero. Därefter följer en detaljerad beskrivning av verksamheten i den aktuella verkstaden. Målet är att redogöra för de effekter som en sprinkleranläggning förväntas få, samt att ge svar på de frågeställningar som är viktiga för det investeringsbeslut som ska fattas.

6.1 Presentation av Volvo Aero

Volvo Aero, som är ett dotterbolag till AB Volvo, levererade redan på 1930-talet motorer till det svenska flygvapnet. Flygvapnet var under en lång tid den enda kunden och är än idag en av de största kunderna. De senaste åren har ett antal företagsförvärv inom det civila flyget gjorts, bland annat Volvo Aero Norge och Volvo Aero Services USA.

Volvo Aero utvecklar och producerar komponenter för flygplan och raketmotorer i samarbete med bland andra Pratt & Whitneys, General Electrics och Rolls-Royce. Volvo Aero erbjuder även lösningar för motorunderhåll, materialförsörjning samt olika typer av finansiering och leasing av motorer.

Avregleringen av den internationella flygtrafiken har inneburit att flertalet flygbolag idag fokuserar enbart på flygningar och istället köper reparations- och underhållstjänster. Detta har medfört stora möjligheter för flygmotortillverkare att satsa på underhållsarbete och reparationer. I dagens läge kommer cirka hälften av Volvo Aeros intäkter från eftermarknaden med underhålls- och reparationsarbeten och det är på denna marknad som de största satsningarna görs.

Volvo Aero har fyra olika affärsområden, som alla är nära relaterade, *Engines*, *Engine Services*, *Aviation Services* och *Land & Marine Gas Turbines* [50]:

Affärsområdet *Engines* har fyra underliggande enheter: *Military Engines*, *Commercial Programs*, *Space Propulsion* och *Volvo Aero Norge*. *Military Engines* arbetar med utveckling, tillverkning, provning, underhåll och produktstöd för militära enmotorsystem. Inom detta område ligger bland annat vidareutvecklingen av RM12-motorerna till Gripen. *Commercial Programs* i Trollhättan och *Volvo Aero Norge* utvecklar och tillverkar komponenter som ingår i civila flygmotorer och gasturbiner. *Space Propulsion* utvecklar delsystem och komponenter till raketmotorer.

Engine Services, som består av *Engine Services* i Trollhättan och *Volvo Aero Engine Services* i Bromma, utvecklar underhållsprogram för civila flygplansmotorer.

Aviation Services i Boca Raton och Seattle, USA, tillhandahåller utbytesmotorer samt reservdelar och komponenter till flygmotorer. Aviation Services erbjuder finansierings- och leasingavtal för flygplan samt köper och säljer även Boeings överskott av nya och begagnade reservdelar.

Land & Marine Gas Turbines har sin verksamhet i Trollhättan och Malmö. Här utvecklas, tillverkas, säljs samt underhålls industriella gasturbiner som bland annat används i naturgasdrivna kraftvärmeverk.

6.1.1 Anläggningen i Trollhättan

Som tidigare nämnts utvecklar och producerar Volvo Aero vid sin anläggning i Trollhättan komponenter till civila och militära flygplansmotorer samt utför service och underhåll på flygplansmotorer. Verksamheten inrymmer även utveckling och produktion av delar och delsystem för rymdraketer. Tillverkningen är i hög grad specialiserad för att uppfylla kundernas individuella behov, något som medför ett tätt förhållande mellan företaget och kunden. Antalet kunder är relativt litet, men utgörs i gengäld av några av de största flygmotortillverkarna i världen. Dessa har ofta egna verkstäder för reparationer och underhåll vilket medför att den del av Volvo Aero som specialiserat sig på detta affärsområde har en annan kundkrets som till stor del utgörs av flygbolag och privata flygplansägare.

De täta kundrelationerna på tillverkningsidan gör att Volvo Aero har en stark position på marknaden och därför förväntas klara påfrestningar till följd av en skadehändelse på ett bra sätt. För reparations- och underhållsverksamheten är konkurrenssituationen hårdare. Här finns många konkurrenter vilket innebär att en längre tids bortavaro från marknaden skulle kunna få stora konsekvenser exempelvis i form av förlorade kunder. [37]

6.1.2 Organisationens riskarbete

Ett företags säkerhet är starkt beroende av hur arbetet med riskhantering sker inom organisationen. Riskhantering är viktigt före, under och efter en eventuell brand för att identifiera och sedan reducera potentiella risker samt för att planera för hur en brand och dess konsekvenser ska hanteras. Nedan följer en genomgång av hur Volvo Aero arbetar med riskhantering.

6.1.2.1 Förebyggande arbete

Inom flygbranschen ställs höga krav på säkerhet. Sedan 1996 är företaget kvalitetscertifierat enligt ISO 9000 vilket innebär att kraven på struktur och tydliga instruktioner för verksamheten har höjts. Under 2004 kommer företaget även att ISO 14 000-certifieras. ISO 14 000-certifieringen görs i första hand för att förbättra miljöarbetet, men kommer i viss mån att medföra ytterligare utbildning inom säkerhet för de anställda. [34]

I dagsläget använder Volvo-koncernen en utvärderingsmodell med namnet Volvo Blue för att mäta riskerna i de olika Volvo-bolagen. Volvo Blue är en riskmatris som används för att ge en överblick av hur säkerheten förhåller sig inom olika verksamheter i koncernen. Enligt denna modell är Volvo Aeros säkerhetsarbete mycket bra.

De tillbud som uppstår i verksamheten ses som varningssignaler och tillfällen att förebygga olyckor i framtiden. [42] Enligt rutinerna för rapportering ska tillbud rapporteras med en blankett som finns tillgänglig på Volvo Aeros intranät. När rapporten lämnats in går samordnande skyddsombud igenom rapporten tillsammans med berörd chef. Därefter beslutas om vilka åtgärder som ska vidtas. I de fall då en omedelbar åtgärd inte är möjlig flyttas ärendet vidare till berörd chef på en åtgärdslista där det finns angivet vem som är ansvarig för att åtgärden vidtas och när den senast ska vara klar. Åtgärder vidtas således i regel efter att ett tillbud rapporterats och det kan röra sig om faktorer till skydd för verksamheten, de anställda och den yttre miljön. [43]

Rapporteringsystemet på intranätet är relativt nytt och kan under en övergångsperiod användas parallellt med de lådor som finns utplacerade i verkstäderna för inlämning av tillbudsrapporter. Vid en runtförfrågning bland de anställda i A-verkstan uppgav samtliga tillfrågade att de skulle rapportera ett tillbud och att de skulle använda de utplacerade lådorna eller rapportera direkt till skyddsombudet.

6.1.2.2 Om en brand inträffar

Volvo Aero har en krisplan som innehåller instruktioner och förhållningssätt vid händelse av en stor skada. Krisplanen innehåller exempelvis information om vilka situationer som skulle kunna uppstå inom företaget och hur dessa skulle påverka verksamheten, de anställda och närboende. En viktig del i planen är hur drabbade ska omhändertas, liksom hur övriga kunder och anställda ska bemötas.

Ett led i arbetet för en säker verksamhet är Volvo Aeros industribrandkår. Industribrandkåren utgörs av en styrka på sexton anställda, varav minst fem man finns tillgängliga under dagtid (7.00 – 15.00). Industribrandkårens uppgift är i första hand att hantera samtliga mindre bränder i verksamheten. Enligt Volvo Aeros brandchef Dick Lövgren är insatstiden för industribrandkåren under dagtid tre minuter och inom en minut ska en man vara på plats i undersökande syfte. Under dagtid går brandlarmet först till industribrandkåren som om situationen kräver det, larmar den kommunala räddningstjänsten. Övrig tid, när industribrandkåren inte är tillgänglig, går larmet utan fördröjning till den kommunala räddningstjänsten som är belägen två kilometer från Volvo Aeros anläggning och bedöms ha en insatstid på 10 minuter. Tidigare insatser har dock visat sig dröja över 20 minuter.

Enligt brandchef Dick Lövgren har industribrandkåren kapacitet för att klara av en brand som inte har större spridning än ett av de block som definieras i kapitel 6.2.4. Vid bränder med större omfattning kommer industribrandkåren i första hand att invänta kommunal räddningstjänst och arbeta med att försöka begränsa branden så att den inte sprider sig inom byggnaden. Anders Gillek, stf. Räddningschef på Norra Älvsborgs Räddningstjänst, framhåller att samarbetet med industribrandkåren är mycket viktigt, framför allt på grund av deras goda lokalkännedom.

6.1.2.3 Arbetet efter en brand

En brand skulle resultera i olika konsekvenserna beroende på i vilken av anläggningens verkstäder den inträffade. Verksamheten som bedrivs i A-verkstan är relativt lätt att flytta i händelse av en brand eftersom inga nyckelmaskiner används i verksamheten och likvärdiga maskiner finns i flera av anläggningens andra verkstäder eller är lätta att återanskaffa. Det gör att det under en kortare tid skulle vara möjligt att bedriva reparations- och underhållsverksamheten i någon annan av företagets verkstäder. Vid tillfällen då det inte finns tillräckligt med ledig kapacitet i någon av verkstäderna på anläggningen i Trollhättan, som till exempel skulle kunna vara fallet vid högkonjunktur, finns även möjligheten att lägga ut affären till en tredje part. Genom att på detta sätt hjälpa kunden genom att förmedla kontakter kan det vara lättare att behålla kunden när verksamheten har kommit igång igen. Om man i förväg utarbetar strategier för hur verksamheten ska hanteras i händelse av en skadehändelse kan resurser sparas i både i tid och i pengar. Strategier av denna typ kan ingå i ett företags katastrofplan och är ofta ett krav från kunder och försäkringsbolag för att de i sin tur ska få en säkrare verksamhet. Volvo Aero arbetar för närvarande med att ta fram en katastrofplan som planeras vara klar under år 2004.

6.1.3 Försäkringar

Bra riskhanteringsstrategier, till exempel som katastrofplanen, är ett led i företagets arbete med att hantera riskerna. Som komplement till denna interna riskhantering har ett företag även möjlighet att sprida sina risker genom att köpa försäkringar.

Volvo Aero har en egendomsförsäkring som fungerar som en masterförsäkring med underordnade lokala försäkringar för de utländska dotterbolagen. Eventuella begränsningar i de lokala försäkringarna täcks av masterförsäkringen. Villkoret för att skadorna ska täckas av försäkringen är att den inträffade händelsen är plötslig och oförutsedd.

Företaget har även en allriskförsäkring, där både egendomsförsäkring och avbrottsförsäkring ingår. Ansvarstiden uppgår till 24 månader vilket innebär att försäkringsbolaget efter denna tid inte ersätter de utgifter som drabbar företaget till följd av händelsen. Allriskförsäkringen består av flera olika delar: brand, inbrott, vattenskador och andra allriskskador som till exempel storm. Försäkringen gäller för ett år i taget och investeringar som görs under året och inte överstiger ett visst belopp får ingen påverkan på försäkringsvillkoren. Först vid årsskiftet kan premien ändras till följd av gjorda investeringar. Volvo Aero har även en extrakostnadsförsäkring som upp till ett visst belopp täcker allt som har sitt ursprung i skadan. [37]

6.1.4 Verkstäderna

På Volvo Aeros anläggning i Trollhättan finns ett antal verkstäder för tillverkning samt för reparation och underhåll [46]:

– *A-verkstan* är en stor verkstad för reparationer och underhåll av flygplansmotorer. I huvudsak hanteras civila motorer men i viss utsträckning utförs reparationer och underhåll även på militära motorer. Den totala byggnadsarean uppgår till 23 000 kvadratmeter. A-verkstan är utrustad med brandlarm med rök- och värmedetektorer samt rökluckor som öppnas manuellt från taket. Verkstan saknar idag sprinklersystem. I försäkringssammanhang inkluderar A-verkstan även centralförrådet (CF) och yt- och värmeverkstan (YV). I YV används stor mängd kemikalier för ytbehandling, bland annat flourvätesyra, saltsyra, natronlut och cyanid.

– *B-verkstan* är en bergverkstad belägen 35-40 meter under marken. Verkstan används för underhåll och montering av militära motorer, bland annat Jasmotorer. Hela konstruktionen ligger insprängd i berg och är täckt av betong. Verkstan är försedd med rökdetektorer, sprinklersystem samt fläktar för brandgasventilation.

– I *C-verkstan* tillverkas huvudsakligen komponenter och detaljer till stora civila motorer. Verkstan är helt sprinklad och har brandlarmsystem med rökdetektorer samt system för brandgasventilation. C-verkstans totala yta uppgår till 17 000 kvadratmeter.

– *D-verkstan* ägs av Volvo Aero, men verksamheten drivs av Finnveden, som tillverkar delar till dieselmotorer. Verkstan har automatiskt sprinklersystem, brandlarm, rökdetektorer och system för brandgasventilation.

– I *TC-verkstan* behandlas delar till rymdfarkoster samt vissa motordelar för att tåla stora värmebelastningar. I TC-verkstan finns brandlarm med rökdetektorer samt ett manuellt brandgasventilationssystem.

– *X-verkstan* används för tillverkning av komponenter till militär- och rymdindustrin. Byggnaden har brandlarm med rökdetektorer, brandgasventilationssystem samt sprinklersystem. Den totala byggnadsarean uppgår till 23 000 kvadratmeter.

– *Provhusrummet* består av ett antal byggnader med testceller där stora motorer testas med full belastning. Samtliga testceller skyddas av släcksystem med kolsyra.

6.2 Beskrivning av verksamheten i A-verkstan

I fallstudien ha fokus lagts på A-verkstan på Volvo Aeros Anläggning i Trollhättan. I följande avsnitt beskrivs några grundläggande faktorer som påverkar riskbilden i verkstan.

6.2.1 Byggnadsutformning

Den bärande stommen i A-verkstaden och Centralförrådet (CF) utgörs av prefabricerade betongplattor och betongpelare. I Yt- och värmeverkstaden (YV) utgörs stommen av platsgjutna betongväggar och stålpelare. Takkonstruktionen i CF och YV består av lättbetong med ovanliggande papp och i A-verkstaden av bågformade lättbetongvalv med ovanliggande papp, som hålls samman av dragstänger i oskyddat stål. Byggnadens fasad består av plåt och tegel. Begränsad rumsindelning förekommer, men få väggar går ända upp till taket, vilket innebär att lokalen i stort sett är helt öppen i taknivå. Takprofilen är bågvalv med lanterniner och höjd till underkant balk är 4,3 meter. Takhöjden tillnocken är 6 meter.

CF, Panncentralen, kontorslokaler och labblokalen är utförda som egna brandceller. Däremot saknas brandväggar mellan A-verkstaden och YV vilket innebär att rök kan spridas mellan lokalerna utan större hinder. [40]

6.2.2 Brandskydd

I A-verkstaden finns ett brandlarm som vid larm ger en hänvisning till den del av byggnaden där larmet utlöstes. Detekteringen sker med rökdetektorer med ett detektionsområde på 150 kvadratmeter, i kombination med värmedetektorer. Brandlarmet är vidarekopplat till den kommunala räddningstjänsten, men under dagtid är larmet fördröjt några minuter beroende på att industribrandkåren förväntas hantera samtliga mindre bränder inom Volvo Aero. Det finns även ett akustiskt utrymningslarm som aktiveras på larm från minst två brandlarmsektioner.

Handbrandsläckare finns utplacerade i hela verkstaden med ett maximalt gångavstånd på 25 meter. På de platser där verksamhet med större brandrisk bedrivs finns släckutrustning tätare. Kritiska ställen där brandutvecklingen förväntas bli mycket snabb har utrustats med punktskydd i form av kolsyresläckare. I verkstaden finns även två inomhusbrandposter.

Brandgasventilation kan skapas manuellt av räddningstjänsten genom att ta hål i de öppningar som är avsedda för ljusinsläpp. [40]

6.2.3 Personal

I verkstaden arbetar cirka hundra personer. Större delen av arbetsstyrkan arbetar dagtid, men det förekommer även visst skiftarbete. Detta innebär att verkstaden alltid är bemannad mellan klockan 06.00 och klockan 23.00 på vardagar. Resterande tider finns det som regel någon eller några personer på plats och det sker även rondering av ett vaktbolag.

För tre till fyra år sedan genomgick all personal tre dagars utbildning i självskydd och bland annat hantering av handbrandsläckare. I dag har cirka 80 procent av personalen denna utbildning. Personal som arbetar med mer utsatt verksamhet har genomgått särskild utbildning. Vid en rundfrågning i A-verkstaden uppgav det totala ur personalen som tillfrågades att de kände sig trygga i sitt arbete och att de kunde hantera släckutrustningen.

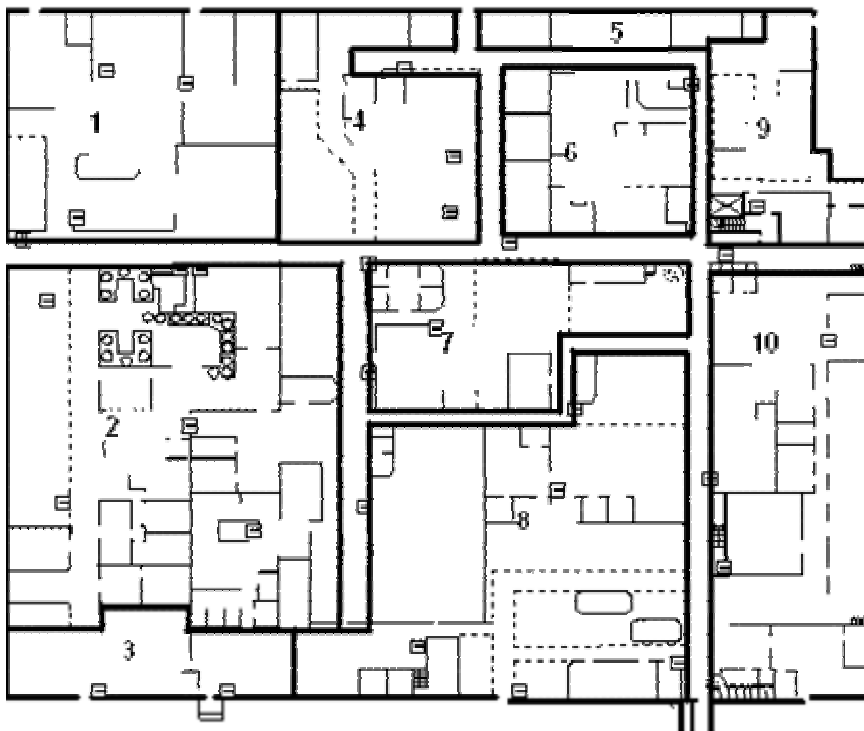
En faktor som påverkar säkerheten positivt i verkstaden är den låga personalomsättningen. Enligt Brandchef Dick Lövgren kan den låga personalomsättningen i kombination med att stor del av rekryteringen sker internt från Volvo Aeros industrigymnasium, bidra till en säker arbetsmiljö. Låg personalomsättning kan skapa slentrian i arbetet men det kan motverkas exempelvis genom att utsatta arbetsuppgifter kräver certifikat som måste förnyas regelbundet.

6.2.4 Riskbild

A-verkstaden, exklusive YV och CF, delades in i 10 olika block för att underlätta riskidentifieringen. Indelningen gjordes i huvudsak utifrån verksamhetstyp och de naturliga separeringar med avstånd som finns. Utifrån dessa block identifierades de mest potentiella

brandriskerna i samarbete med Volvo Aeros brandchef Dick Lövgren. För att fastställa brandfrekvensen för varje block gjordes först en indelning i olika risknivåer, liten, medelhög och hög. Risknivån är beroende av hur lätt en brand uppstår inom blocket, det vill säga om verksamheten i blocket innehåller heta arbeten eller om det finns mycket brandfarligt material. Ingen hänsyn togs i denna bedömning till hur allvarlig skadan förväntades bli om branden fick fäste, utan det var endast sannolikheten för att en brand skulle uppstå som värderades. Risknivåbedömningen gjordes med hjälp av Henrik Johansson, institutionen för brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Risknivån användes sedan för att justera brandfrekvensen så att block med högre risk också fick en högre brandfrekvens. Förutom risknivån är brandfrekvensen beroende av arean för respektive block samt den verksamhet som bedrivs, se bilaga I.

Verksamheterna och de brandrisker som identifierats för respektive block i A-verkstaden presenteras nedan:



Figur 6.1 Blockindelningen i A-verkstaden

Block 1:

Block 1 utgörs av en öppen yta med kombinerad verkstads- och kontorsmiljö. Det förvaras mycket papper och pärmar i kontorsdelen och även radioapparater förekommer, vilket innebär en viss brandbelastning. Den största brandrisken bedöms dock vara det personliga ”pynt” som de anställda tar med till sina kontor. I verkstadsdelen finns bland annat ett pallställage för förvaring av motordelar i plastemballage. På grund av att verksamheten i block 1 inte innefattar någon verksamhet där gnistor eller öppna lågor förekommer bedöms risken för att en brand uppstår som liten.

Block 2:

I block 2 finns en tvättanläggning där motordelar tvättas i lut och syra. Förutom vätskebad finns även spolskåp med fotogen. I nära anslutning till tvättkaren finns kabelstegar, vilket innebär risk för kabelbrand. I anslutning till tvättanläggningen finns ett mindre rum för spricksökning där bland annat fotogen används. I detta block finns även blästrar samt ett pallställage med en truckladdningsplats i direkt anslutning. Med grund i den verksamhet som bedrivs bedöms personalens möjliga felhandlingar utgöra den största riskfaktorn i detta block och risken för att en brand uppstår bedöms vara medelstor.

Block 3:

Block 3 är brandtekniskt avskilt från övriga verkstaden på grund av den brandfarliga verksamhet som förekommer i form av sprutmålning och uppvärmning i ugnar. I samband med sprutmålning hanteras stora mängder lösningsmedel. Boxarna som används för sprutmålning är dock försedda med ventilation, och sprutmålningen kan inte utföras om ventilationen är ur funktion. Även ugnarna utgör en risk och flera brandlarm har orsakats på grund av att de har öppnats för tidigt och rök välld ut i lokalen. Risken för brand bedöms i detta block vara stor.

Block 4:

I block 4 är maskiner, arbetsbänkar, verktygsställ, motordelar samt kablage och monitorer tätt placerade. De största brandriskerna bedöms vara maskinhaverier. Vissa maskiner är speciellt brandfarliga, men samtliga av dessa är utrustade med punktskydd. Risken för brand bedöms vara stor i detta block.

Block 5:

I Block 5 förekommer svetsning och maskinbearbetning. På grund av svetsningen bedöms brandrisken vara stor.

Block 6:

Block 6 används för maskinbearbetning och innefattar ett flertal stora och små maskiner. I detta block har en brand inträffat och därför har den totala brandfrekvensen uppdaterats med denna information. Risken för brand bedöms vara stor och den mest troliga brandorsaken bedöms vara maskinhaveri.

Block 7:

I block 7 finns tätt placerade maskiner, arbetsbänkar och verktygsställ. Det finns även ett pallställage för förvaring av motordelar på träpallar och i mindre plastbackar. Bredvid stället finns en truckladdningsplats. Risken för brand bedöms här vara stor.

Block 8:

Block 8 kan delas in i två delar. Den ena delen och utgörs av industrigymnasiets övningsverkstad och är avskild från den övriga verksamheten av en inhägnad. Verksamheten här är mycket lugn och risken för brand bedöms vara lägre här än i övriga verkstaden. I den andra delen av blocket finns många äldre maskiner och risken för skadade kablar och klämda eller smutsiga kontakter som skulle kunna orsaka kabelbrand är därför något högre. Utformningen av maskinerna gör att spridningen av en eventuell brand är begränsad. I blocket finns även en yta avsedd för uppställning av motordelar där ingen brandfarlig verksamhet bedrivs. De största brandriskerna i block 8 bedöms vara truckhaverier och kabelbrand och på grund av verksamhetens karaktär bedöms risken för att brand uppstår som medelstor.

Block 9:

I block 9 finns pallställage för förvaring av motordelar. Den största brandrisken bedöms vara ett truckhaveri eller en hantverkare som utför hetarbete i taket. Risken för brand bedöms som medelstor.

Block 10:

Block 10 är uppdelat i flera mindre rum som är avsedda för bänkarbete som till exempel svetsning. I rummen finns arbetsbänkar, ställ för verktygsförvaring samt en del mindre maskiner. Spridningsmöjligheten inom rummen och mellan rummen är mycket begränsad. I blocket finns också ett fikarum där eluttag för kaffebryggare och dylikt regleras av manuell timer.

Mellan de mindre rummen finns en gång där en kabelstation med elskåp och kabelstegar har placerats. Kablarna fortsätter på en kabelstege upp till taket. Intill kabelstationen finns en

truckladdningsplats och bredvid denna finns ett pallställge för förvaring av motordelar. Risken för att brand uppstår här bedöms vara stor på grund av att svetsning förekommer.

Brandfrekvens

Brandfrekvensen beräknades för respektive block enligt följande ekvation:

$$P_{bf} = a \times A^b \quad (\text{ekv 6.1})$$

där a och b är konstanter för industritypen mekanisk industri och där $a = 0,00086$ och $b = 0,59$ [17].

För att ta hänsyn till den indelning i olika risknivåer som gjorts multiplicerades brandfrekvensen för block med medelhög risknivå med en faktor 2 och block med en hög risknivå med en faktor 3, se bilaga I. Den totala brandfrekvensen för A-verkstaden, exklusive YV och CF, beräknades genom att summera brandfrekvenserna för respektive block. Den totala brandfrekvensen uppgick till 1,205 bränder per år. Den tillgängliga skadestatistiken omfattar åren 1994 – 2004 och under denna period har en brand inträffat i verkstaden. Den totala brandfrekvensen uppdaterades med denna information enligt det tillvägagångssätt som beskrivs i avsnitt 3.2.1. Den totala brandfrekvensen efter uppdateringen uppgick till 0,308 bränder per år.

6.3 Riskvärdering och resultat

Det finns flera potentiella brandrisker i verksamheten. Oavsett vad som orsakar en brand och var den uppstår kommer verksamheten att påverkas ekonomiskt.

För att på ett enkelt sätt utföra beräkningarna för att bestämma den förväntade skadekostnaden och genomföra investeringskalkylen användes en programvara, som tillhandahållits av Henrik Johansson, institutionen för brandteknik, LTH. Programmet gör det möjligt att beskriva osäkra indata i form av fördelningar, vilket är en klar fördel för osäkerhetshanteringen. I programmet beräknas den förväntade skadekostnaden utifrån ett händelsetråd där varje inparameter representeras av en fördelning. Genom Monte Carlo-simulering fås även den förväntade skadekostnaden i form av en fördelning som representerar den osäkerhet som finns i resultatet. Fördelningarna gör det möjligt att uppdatera sannolikheterna med ny information, se kapitel 3.2.1.

Programmet innebär även en möjlighet att göra investeringskalkyler som ger ett riskjusterat kapitalvärde. Riskjusteringen innebär att om den förväntade skadekostnaden ses som ett mått på risken kommer riskhänsyn att vara inkluderat i resultatet, eftersom reduktionen i den förväntade skadekostnaden hanteras som en besparing i investeringskalkylen. Det riskjusterade kapitalvärdet beräknas genom Monte Carlo-simulering och ger därför inte bara ett mått på kapitalvärdet utan även en uppfattning om hur stora osäkerheterna i kapitalvärdet är. Programmet åskådliggör resultatet i form av ett histogram som visar sannolikheten för olika kapitalvärden. Det finns även möjlighet att göra tidsanalyser för att undersöka hur investeringens lönsamhet varierar beroende på under hur lång tid riskreduktionens positiva effekter tillgodoräknas.

Resultatet baseras på händelser som inträffar när verksamheten är igång, vilket innebär att eventuella skador under nattetid inte beaktas. Anledningen till denna begränsning är att de flesta skador är verksamhetsrelaterade och hittills har ingen brand inträffat nattetid.

6.3.1 Skadekostnad

Den totala skadekostnaden utgörs av direkta och indirekta kostnader och uppskattades av Tommy Mårtensson, försäkringsansvarig på Volvo Aero. Som underlag för skattingarna användes en beskrivning av tänkbara brandscenarier i anläggningen, se bilaga VII för en fullständig redovisning. Det är inte rimligt att skatta skadekostnaden för samtliga potentiella

skadescenarier i verkstaden och därför gjordes en förenklad indelning av skadekostnaden i tre intervall, som motsvarar små, medelstora respektive stora konsekvenser av en brand. För skadekostnader som översteg självrisknivån angavs endast självrisksbeloppet samt de indirekta kostnaderna till följd av händelsen.

De direkta skadekostnaderna till följd av en brand i A-verkstaden är relativt lätta att skatta utifrån försäkringsvärden för egendoms- och avbrottskadador. De indirekta skadekostnaderna är svårare att värdera och har tagits fram utifrån en diskussion med Tommy Mårtensson som baserades på underlaget i kapitel 5.2.

Den förväntade skadekostnaden beräknades och simulerades utifrån tjugo olika händelsetråd, ett för varje block, för de två tillstånden med och utan sprinkler, se Bilaga III.

6.3.2 Sannolikheter

När de möjliga brandscenarierna i verksamheten har identifierats och konsekvensen för respektive scenario har skattats, är nästa steg att skatta sannolikheterna för att de olika brandscenarierna kommer att inträffa, givet att en brand uppstår. Sannolikheten för att en viss sluthändelse ska inträffa påverkas av ett flertal faktorer. Nedan följer en genomgång av de sannolikheter som har använts i analysen och hur de har skattats.

6.3.2.1 Brandpotential

Brandförloppet påverkas i hög grad av byggnadens utformning. Närvaron av väggar och tak, öppningar mot det fria och de intilliggande utrymmena, antändningshastigheten hos omslutande material, termiska och mekaniska egenskaper har betydelse. Aktiva system som till exempel sprinklersystem och brandgaskontrollsystem inverkar också. I detta arbete har en förenkling gjorts i beskrivningen av brandförloppet genom en uppdelning av brandpotentialen i stor, medel och liten potential. Det är dock viktigt att ha i åtanke att alla bränder är små från början, och att det alltid finns risk för spridning beroende på tillfälligheter som bland annat tillgång till brännbart material och tid till upptäckt.

Begreppet potential definieras i detta sammanhang som hur stor skada och spridning en given initialbrand maximalt förväntas få, givet att inga släckinsatser görs.

Liten brandpotential: En brand med liten brandpotential förväntas inte sprida sig utanför startföremålet och antas självslockna.

Medelstor brandpotential: En brand med medelstor potential har begränsade spridningsmöjligheter utanför startföremålet. Branden förväntas maximalt kunna sprida sig inom startrummet.

Stor brandpotential: En brand med stor potential har ett snabbt spridningsförlopp och har stora spridningsmöjligheter och kan förstöra hela byggnaden.

6.3.2.2 Beräkning av brandlarmets tillförlitlighet

Hur stor skadan till följd av en brand blir, beror delvis på i vilket skede branden upptäcks. En snabb detektion ökar chanserna för att branden kan släckas. I A-verkstaden är rökdetektorer och värmedetektorer kopplade till ett brandlarm som aktiveras på signal från antingen rök- eller värmedetektorerna.

Sannolikheten för att brandlarmet fungerar kan därför beräknas enligt:

$$p_{\text{larmfungerar}} = 1 - (p_{\text{värme}} \times p_{\text{rök}}) \quad (\text{ekv 6.2})$$

där $p_{\text{värme}}$ är felfrekvensen för värmedetektorer och $p_{\text{rök}}$ är felfrekvensen för rökdetektorer.

Sannolikheten för att en detektor inte fungerar är [30]:

Typ av detektor	Felfrekvens
Värmedetektor	0,086
Rökdetektor	0,13

Tabell 6.1 Frekvensen för utebliven detektion beroende på detektortyp

Sannolikheten för att brandlarmet fungerar i A-verkstaden blir:

$$p_{\text{larmfungerar}} = 1 - (0,086 \times 0,13) = 0,99$$

6.3.2.3 Beräkning av sprinklers tillförlitlighet

Syftet med ett brandlarm är att göra de anställda i verkstaden uppmärksamma på faran samt att larma brandförsvaret. Innan en insats kan påbörjas måste larmet aktiveras, branden lokaliseras och brandmännen ta sig till platsen. Med ett sprinklersystem kan en släckinsats påbörjas strax efter att branden har detekterats.

Det finns ingen svensk statistik att tillgå när det gäller tillförlitligheten hos sprinkleranläggningar. Däremot finns mycket statistik från USA, Storbritannien, Nya Zeeland och Australien som visar sprinkleranläggningarnas förmåga att kontrollera eller släcka bränder [30]. Sprinklersystemens tillförlitlighet varierar något i de olika källorna.

Källa	Period	Tillförlitlighet (%)
Industrial Risk Insurers	1975-1992 helsprinklat	98
Industrial Risk Insurers	1975-1992 delsprinklat	92
NFPA	1925-1969	96,2
Department of Energy (DOE)	1952-1980	98,2
Australien och Nya Zeeland	1886-1968	99,8
Australien och Nya Zeeland	1968-1977	99,3
England (Fire and loss statistics)	1965-1969	91,8
England (Fire and loss statistics)	1966-1972	78,2

Tabell 6.2 Tillförlitlighetsdata för sprinklersystem [17]

Utifrån statistiken i tabell 6.2 bedömde vi att tillförlitligheten bör ligga kring 96 procent och detta värde har använts i beräkningarna, se bilaga VIII.

Den sannolikhet som använts i beräkningarna motsvarar tillförlitligheten för sprinklersystem. I beräkningarna har en förenkling gjorts så att sprinklersystemet förväntas kunna släcka samtliga bränder när det fungerar. I verkligheten begränsar sprinklersystem dock ofta en brand snarare än att släcka den.

6.3.2.4 Sannolikheten för att personalen släcker en brand

De anställda i verkstaden kan påverka skadeutfallet genom sitt agerande. Personalen är en stor resurs eftersom de oftast befinner sig i närheten av skadeplatsen och har möjlighet att göra en mycket snabb insats.

Sannolikheten för att personalen släcker en brand är egentligen en sammansatt sannolikhet som består av sannolikheten att personalen *kan* släcka branden och sannolikheten att de *gör* det. I denna undersökning behandlas dessa två delsannolikheter som en, sannolikheten att personalen släcker en brand. Detta är en begränsning. Det borde vara mycket intressant för företag att ta fram statistik för de separerade sannolikheterna och sedan sätta samman dem. På grund av våra begränsade resurser har vi valt att skatta den sammansatta sannolikheten utifrån expertbedömningar.

I undersökningen om sannolikheten för att personalen släcker en brand deltog 20 personer som samtliga arbetar inom räddningstjänsten. Inom gruppen finns brandingenjörer, brandmän och brandspektörer som arbetar i stora respektive små kommuner representerade. Dessa personer har valts ut för sin kompetens och sin erfarenhet inom branschen och förväntas ha kunskap om hur bränder utvecklas, vilka bränder som går att släcka med handbrandsläckare och även om hur individer förväntas reagera i olika brandsituationer. Urvalet bedöms vara tillräckligt för undersökningens syfte [11]. För att komplettera expertbedömningarna med verkstadspersonalens egen uppfattning gjordes ett antal korta intervjuer i samband med ett platsbesök. Sammanfattningsvis kan sägas att personalen i de flesta fall trodde att de skulle klara av att släcka en brand med begränsad omfattning. Det är viktigt att ha i åtanke att personalen troligen snarare svarar på huruvida de kommer att försöka släcka branden än om de verkligen kommer att lyckas.

Utformningen av frågor

Intervjuunderlaget utgjordes av fem brandscenarier som konstruerades utifrån verkliga förutsättningar i verkstaden för att användas som utgångspunkt för respondenternas bedömningar. Beskrivningen av scenarierna utformades i samarbete med en expert för att brandspecifik fakta skulle vara korrekt och för att tolkningsutrymmet skulle minimeras. Antalet scenarier begränsades till fem för att hålla intervjun relativt kort för att hålla upp respondentens intresse och motivation att svara genomtänkt.

Det var viktigt att respondenten kände sig trygg i intervjusituationen och vågade visa sin osäkerhet, till exempel genom att ange ett intervall för sannolikheten. Genom hela intervjun poängterades därför att respondentens erfarenheter och kunskaper var väldigt viktiga i processen och att deras svar inte värderades utifrån vad som var rätt och fel.

Intervjun inleddes med en beskrivning av verksamheten i verkstaden. Faktorer som brandlarm, tillgång till handbrandsläckare och personalens utbildningsnivå betonades speciellt. Syftet med denna faktagenomgång var att ge respondenterna en god uppfattning om hur verkstaden ser ut och hur verksamheten bedrivs, för att de utifrån detta ska kunna få en uppfattning om hur personalen kan tänkas reagera och agera i olika situationer.

Till varje scenario fanns fyra delfrågor som behandlade olika förutsättningar som påverkar sannolikheten för att personalen släcker en viss brand, se bilaga II. Denna uppdelning gjordes för att skilja på sannolikheten att personalen släcker branden om brandlarmet fungerar respektive inte fungerar.

När samtliga delfrågor besvarats för varje scenario gjordes en sammanfattning av resultatet tillsammans med respondenten för att kontrollera att respondenten ansåg att sannolikheterna motsvarade dennes uppfattning. Om så inte var fallet justerades sannolikhetsvärdena tills dess att respondenten var nöjd.

Varje intervju resulterade i en uppsättning svar som representerade respektive respondents värderingar. Sannolikheterna hade angetts både i intervallform och som diskreta värden. För att hantera detta och ta till vara de osäkerheter som angivits delades svarsintervallen upp i sex delar eftersom det största intervallet som angetts var jämt delbart med sex, exempelvis mellan 10 och 70 procent. Detta innebär att ett svar som angivits som ett fixt värde fick sex gånger mer vikt än ett svar som angivits i ett sex enheter stort intervall, och ett svar som

angivits i ett tre enheter stort intervall ges dubbelt så stor vikt. Med programvaran BestFit sammanställdes de individuella svaren på respektive fråga till en resulterande betafördelning där samtliga individers värderingar ingick, se bilaga V.

Beräkningsprogrammet som användes för att skatta den förväntade skadekostnaden skiljer bara på personalens ingripande om brandlarmet fungerar eller inte. Eftersom vi i undersökningen även skiljde på huruvida personalen stod nära branden eller inte när den startade, slogs de fördelningar som representerade personalens agerande när brandlarmet fungerade ihop till en fördelning, oavsett om personalen stod nära startplatsen för branden eller inte. Osäkerheten i de sammanslagna fördelningarna blev stor eftersom sannolikheten att personalen klarar av att släcka branden i de flesta fall skiljer sig avsevärt beroende på om personalen är i närheten av branden eller inte när den startar, se bilaga VIII.

6.3.2.5 Sannolikheten för att brandförsvaret släcker en brand

Skadans omfattning påverkas i stor utsträckning av brandförsvarets insats. Det är framförallt insatstiden som är avgörande för hur stor skadan blir.

Industribrandkåren på Volvo Aero har en kort insatstid och har därför goda möjligheter att släcka branden innan den blivit alltför stor. Enligt den interna insatsstatistiken har industribrandkåren släckt samtliga bränder som uppstått inom anläggningen i Trollhättan. Industribrandkårens kapacitet är dock begränsad beroende på antalet anställda och antalet övningstillfällen. Enligt Brandchef Dick Lövgren skulle därför fokus vid en eventuell storbrand framförallt läggas på att begränsa spridningen till närliggande byggnader, bland annat Saabs verksamhet som är belägen endast 12 meter öster om Volvo Aeros A-verkstad.

Norra Älvsborgs Räddningstjänst har bättre förutsättningar att klara större bränder än vad industribrandkåren har, tack vare fler övningstillfällen och bättre utrustning. Samtidigt måste hänsyn tas till att den kommunala räddningstjänsten saknar industribrandkårens lokalkännedom, liksom att insatstiden är avsevärt längre. Liksom för industribrandkåren gäller att räddningstjänsten inte kommer att försöka släcka bränder som spridit sig till flera block utan i sådana situationer istället kommer att arbeta för att begränsa spridningen.

Under dagtid kan den kommunala räddningstjänsten och industribrandkåren samarbeta i släckprocessen. Nattetid är räddningstjänsten ensam och förväntas vid en större brand (större än ett block) att enbart försöka rädda liv och därefter begränsa brandens omfattning utifrån.

En begränsning med beräkningsprogrammet som användes är att händelseträdet är fixt och därmed inte går att anpassa till den aktuella situationen. En följd av detta var att industribrandkåren och räddningstjänsten behandlades som ett enda brandförsvaret. Den sammansatta sannolikheten bedömdes utifrån ett antagande om att räddningstjänsten är bättre tränade och har större erfarenheter än industribrandkåren, men att industribrandkåren å andra sidan är på plats tidigare och har en god lokalkännedom. Utifrån detta antagande bedöms räddningstjänsten och industribrandkåren vara likvärdiga och sannolikheten för att det sammansatta brandförsvaret släcker en brand skattades med utgångspunkt i Räddningsverkets insatsstatistik 1996-2002 för metall- och maskinindustrier, se bilaga VIII

6.3.3 Investeringsbedömning

För att väga de positiva effekterna av sprinklerinvesteringen mot kostnaderna för investeringen gjordes en investeringsbedömning genom att beräkna investeringens kapitalvärde, se bilaga IX.

Nedan följer en genomgång av de faktorer som användes i kapitalvärdesberäkningen.

Grundinvestering

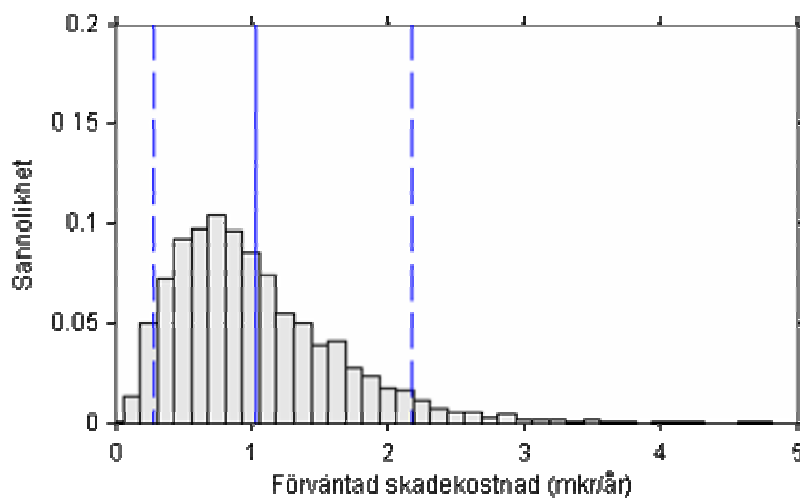
Kostnaden för en sprinkleranläggning i A-verkstaden förväntas uppgå till cirka 220 kr per kvadratmeter [37]. Detta innebär att kostnaden för sprinkleranläggningen, inklusive en ny sprinklercentral, i A-verkstaden som har en total yta på 19 605 kvadratmeter skulle bli ungefär 4 300 000 kr.

Besparingar

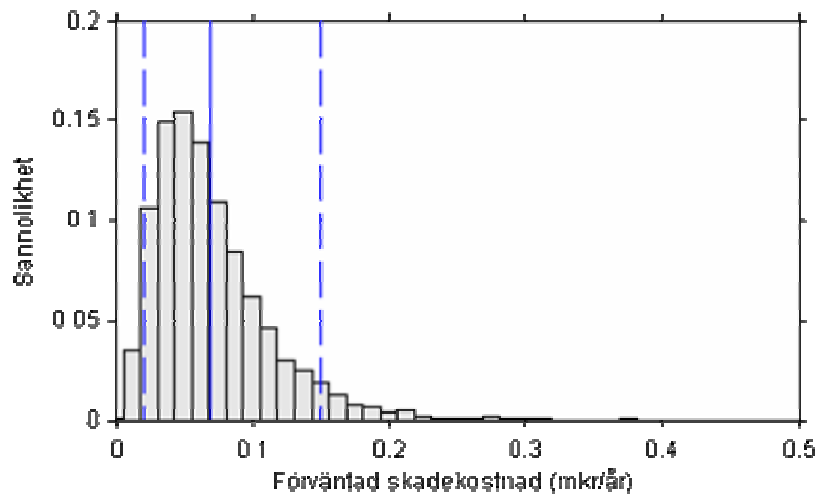
En sprinkleranläggning kan ge besparingar i form av sänkta försäkringskostnader och reduktion av den förväntade skadekostnaden. För att uppskatta storleken av premiekostnadsreduktionen gjordes en jämförelse med X-verkstaden på Volvo Aeros anläggning i Trollhättan. X-verkstaden har samma grundförutsättningar när det gäller brandskydd och en jämförbar yta och när ett sprinklersystem installerades sjönk försäkringspremien med 30 procent. Enligt Anders Olsson på försäkringsbolaget Zurich borde premiereduktionen för A-verkstaden bli motsvarande vid en sprinklerinstallation. Försäkringspremien uppgår i dagsläget till 1 143 782 kr och besparingen förväntas bli 343 135 kr.

Det senaste årtiondet har priset på försäkringar stigit kraftigt. Anders Olsson, Zurich, tror dock inte att priset på försäkringar kommer att fortsätta stiga lika markant i framtiden utan att prisnivån i stället kommer att plana ut och vi har därför räknat med en generell prishöjning på 2,5 %, i enlighet med gällande index från Sveriges försäkringsförbund.

De förväntade skadekostnaderna beräknades för alternativen med och utan sprinkler och illustreras i figurerna 6.2 och 6.3. Den förväntade skadekostnaden blir betydligt lägre om ett sprinklersystem installeras, observera dock att skalan på x-axeln skiljer sig i figurerna.



Figur 6.2 Sannolikhetsfördelning för förväntad skadekostnad utan sprinkler



Figur 6.3 Sannolikhetsfördelning för förväntad skadekostnad med sprinkler

Kostnader

Självriskén för den nuvarande försäkringslösningen är 350 000 kr. [38]

Underhållskostnaderna för sprinklercentralen förväntas uppgå till 30 000 kr per år, baserat på uppgifter om underhållskostnader i X-verkstaden. [38]

Ekonomisk livslängd

Den ekonomiska livslängden för sprinklersystemet sattes till 10 år trots att den tekniska livslängden är längre. Anledningen till detta är att på 10 år kommer förmodligen förhållandena i verkstaden ändras så pass mycket att dagens bedömning inte längre är aktuell.

Restvärde

Restvärdet sätts till 0 kronor eftersom sprinklersystemet troligen inte kommer att bytas ut förrän den tekniska livslängden är slut och restvärdet därmed är 0 kronor. I analysen har visserligen en tidshorisont på 10 år använts, och sprinklersystemets värde är efter denna tid rimligen större än 0, men restvärdets bidrag till det totala resultatet bedöms som marginell och ingen hänsyn till anläggningens värde efter 10 år har därför tagits.

Kalkylränta

Volvo Aeros kalkylränta är 15 procent. [37]

Prisförändringar

Volvo Aero indexerar, enligt gällande index från Sveriges försäkringsförbund, sina försäkringsvärden med cirka 2-3 procent, vilket medför att skadekostnaden kommer att stiga med cirka 2-3 procent per år. Prisförändringen sätts därför till 2,5 procent.

I beräkningsprogrammet finns ingen möjlighet att räkna med prisförändringar. Förutsatt att samma prisförändring gäller för alla indata med prisförändringar kan en fiktiv ränta bestämmas och användas istället för kalkylräntan. Den fiktiva räntan tar hänsyn till inflation och prisförändringar och används som diskonteringsfaktor i stället för kalkylräntan. Inflationen är för närvarande cirka 2 procent och antas vara konstant under hela analysiden. [29]

Den fiktiva räntan beräknas genom följande uttryck:

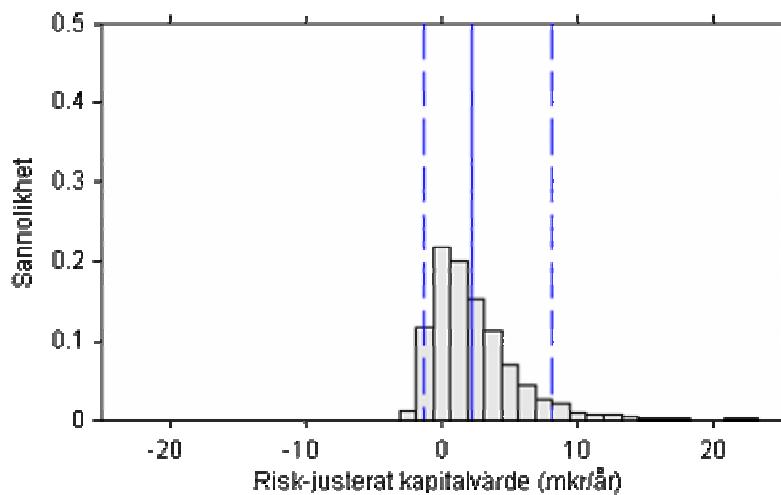
$$i_f = \frac{(1 + i_r)(1 + q)}{(1 + p_n)} - 1 \quad (\text{ekv 6.3})$$

där i_r är den reala kalkylräntan, q är inflationen och p_n den nominella prisförändringen. Den fiktiva räntan beräknades till 14,4 procent.

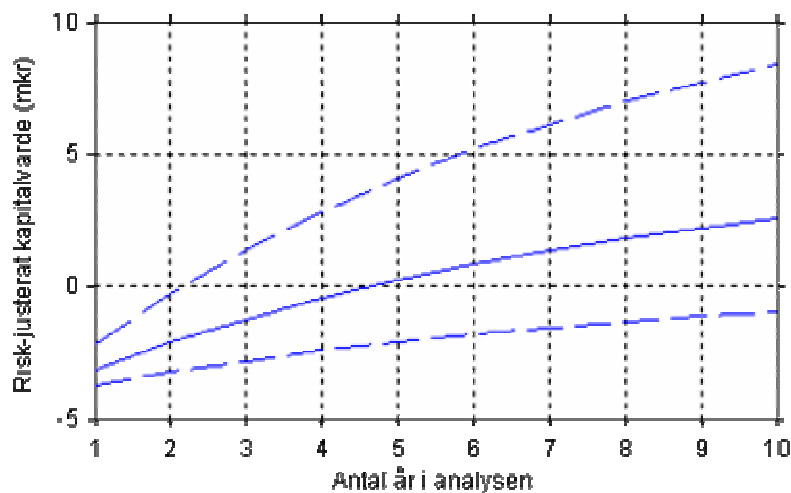
6.3.3.1 Resultat

Resultatet av investeringskalkylen är ett riskjusterat kapitalvärde som åskådliggörs med ett histogram i figur 6.9. Den heldragna linjen visar det förväntade värdet av investeringen och de två streckade linjerna representerar 5- respektive 95-procentsfraktilen. Mellan dessa värden ligger 90 procent av värdena i sannolikhetsfördelningen för kapitalvärdet.

Figuren visar att investeringens kapitalvärde med stor sannolikhet är positivt med ett förväntat värde på 2,5 Mkr. Tidsanalysen i figur 6.5 visar att om de positiva effekterna av riskreduktionen tillgodoräknas under 5 år är sprinklerinvesteringen en bra investering. De streckade linjerna i figuren illustrerar fraktilerna.



Figur 6.4 Sannolikhetsfördelning för kapitalvärdet utan nyttojustering



Figur 6.5 Tidsanalys för sprinklerinvestering i A-verkstaden

Kapitalvärdemetoden speglar en neutral inställning till risk hos beslutsfattaren och med dessa preferenser kommer sprinklerinvesteringen med stor sannolikhet att generera positiva nettoeffekter. För att hantera investeringsbeslut inom företag med andra riskpreferenser måste kapitalvärdet nyttojusteras med hjälp av företagets nyttofunktion.

6.3.4 Volvo Aeros nyttofunktion

Volvo Aero är ett stort företag med flera beslutsfattare. Det innebär att många olika personers individuella värderingar påverkar de beslut som fattas. För att samla organisationens värderingar och därmed göra det lättare för beslutsfattare att fatta rationella och konsekventa beslut kan företagets nyttofunktion skattas.

Fyra personer valdes utifrån sina positioner som beslutsfattare i säkerhetsfrågor för att skatta Volvo Aeros nyttofunktion: vice VD, Säkerhetschefen, Försäkringsansvarig samt Brandchefen.

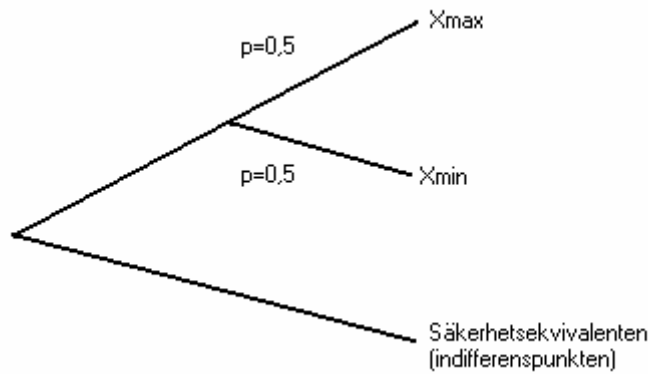
Som diskuterats i kapitel 2.1.2 finns det olika sätt att få en individ att avslöja sina riskpreferenser, och därmed den motsvarande nyttofunktionen. Den metod som vi i avsnitt 5.4 fann mest lämplig är säkerhetsekvivalensmetoden där olika parametrar i ett lotteri efterfrågas. I samtliga lotterier finns ett säkert värde och ett lotteri med två osäkra utfall, se figur 2.2. Mellan dessa ska indifferens råda. Individerna får ange antingen sannolikheten för utfallen, värdet för ett av utfallen eller det säkra värdet. Värdet på alla parametrar utom den som individen anger är givna i förväg. Genom att testa de olika angreppssätten på åtta personer som inte är bekanta med dessa typer av lotterier, fann vi att de hade lättast att förstå och hantera situationen då de skulle ange ett säkert värde som motsvarade ett givet lotteri. Individer som är ovana vid att göra sannolikhetsbedömningar har generellt sett svårt för detta [10]. Vi valde därför att alltid låta utfallen vara lika sannolika, det vill säga inträffa med sannolikheten 0,5, eftersom testen även visade att det var lättast att föreställa sig situationer där utfallen var lika sannolika.

Med detta som grund användes en kedjemetod för att ta fram Volvo Aeros nyttofunktion. Detta innebär att lotterierna konstruerades så att två lika sannolika utfall från början var givna och individens uppgift bestod i att ange säkerhetsekvivalenten.

Den förväntade nyttan för varje dellotteri beräknades genom att sannolikheterna för de två utfallen multiplicerades med nyttan för respektive utfall varpå samtliga produkter summerades. Som exempel kan nämnas att nyttan i det första lotteriet beräknades genom att det sämsta utfallet tilldelas nyttan 0 och det bästa utfallet nyttan 1. Båda utfallen har samma sannolikhet, 0,5. Den förväntade nyttan blir då $0,5 \times 0 + 0,5 \times 1$, vilket är lika med 0,5.

Det är viktigt att göra det enkelt för individen att värdera lotterierna. En individ som upplever situationen som svår eller omöjlig att förstå kan tappa motivationen för att tänka igenom sina svar eller för att ens avsätta tid för att svara.

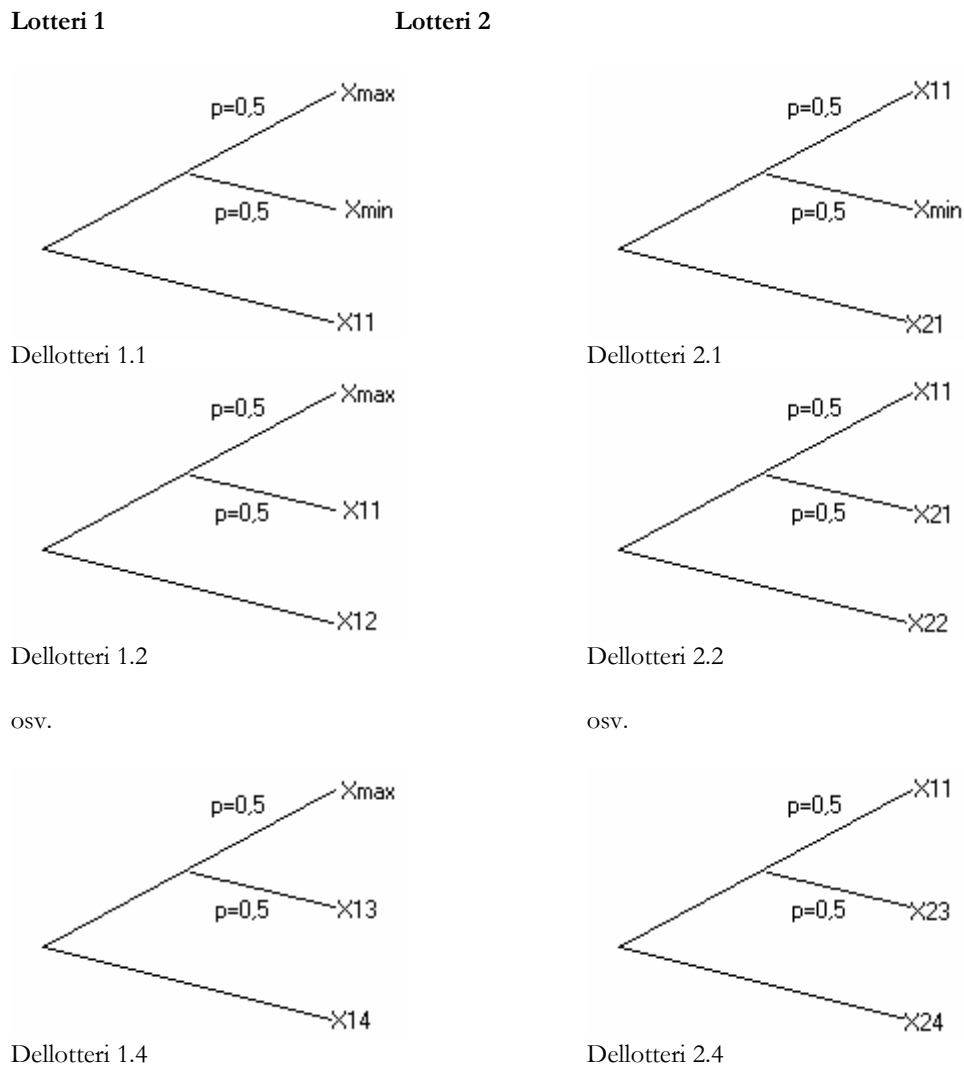
För att kunna göra en bra skattning av ett företags riskpreferenser måste de personer som utsetts att representera företaget ges tid att ta fram det underlag de behöver för att ge sina svar. Vi gjorde bedömningen att en intervjusituation därför kunde upplevas som stressande. Eftersom den valda metoden innefattar lotterier som bygger på varandra, kan de inte konstrueras i förväg. Ett enkelt datorprogram konstruerades istället i Excel, se bilaga IV.



Figur 6.6 Exempel på lotteri

Vi valde att sätta värdet för den maximala förlusten så att det motsvarar det totala värdet av A-verkstaden. Eftersom nyttofunktionen är tänkt att användas som underlag för att fatta konsekventa beslut, är det viktigt att den speglar det värdeområde inom vilket de flesta av besluten kan återfinnas.

Skattningen av nyttofunktionen görs utifrån fem lotterier med vardera fyra dellotterier, se bilaga IV. Det första lotteriet ställdes upp med givna ingångsvärden för den maximala förlusten, X_{\max} och den minimala förlusten X_{\min} . Värdet på X_{\max} motsvarar en totalförstörelse av A-verkstaden. X_{\min} sattes till noll, vilket motsvarar att situationen är oförändrad och att ingen skada uppkommer. Utfallet X_{\min} tilldelades nyttan ett (1) och den maximala förlusten X_{\max} tilldelades nyttan noll. Respondenten ombads att utifrån företagets förutsättningar bestämma värdet för säkerhetsekivalenten i det aktuella lotteriet som motsvarar nyttan 0,5. Den angivna säkerhetsekivalenten länkas till nästa dellotteri och motsvarar då X_{\min} . X_{\max} hålls konstant genom hela lotteriet med totalt fyra dellotterier. Med dessa nya förutsättningar får respondenten återigen ange värdet på säkerhetsekivalenten, för det nya dellotteriet. Denna procedur upprepas fyra gånger och har då gett upphov till fyra punkter inom intervallet för X_{\max} och den första angivna säkerhetsekivalenten, X_{11} . För att täcka in det återstående intervallet mellan säkerhetsekivalenten X_{11} och X_{\min} görs ytterligare lotterier. I det andra lotteriet sätts X_{\max} lika med X_{11} och X_{\min} lika med noll. På detta sätt erhålls ytterligare fyra punkter i intervallet X_{11} till X_{\max} . I det tredje lotteriet snävas intervallet av ytterligare. X_{\max} antar värdet av X_{21} . Detta upprepas för samtliga fem lotterier så att hela intervallet X_{\max} till X_{\min} är representerat med punkter.



Figur 6.7 Tillvägångssätt lotteriundersökning, exempel lotteri 1 och 2

Nyttoundersökningen gav observationer av en x-variabel och en y-variabel där x-värdena motsvarar förlustvärdena och y-värdena beskriver motsvarande nyttovärden. Med hjälp av beräkningsprogrammet Matlab 6.5 gjordes en regression för att anpassa värdena till en nyttofunktion.

x-värdena sträcker sig över ett stort intervall och de flesta värdena från undersökningen hamnade nära noll. De erhållna värdena förhåller sig dock logaritmiskt till varandra och därför kunde $\log(x)$ användas som beroende variabel. Responsvariabeln y beskriver nytto-skalan mellan noll och ett. Inga y-värden mindre än noll och större än ett är möjliga och därför har detta villkor byggts in i regressionsmodellen genom att y-värdena spridits ut med

hjälp av logit-transformationen $\log\left(\frac{y}{1-y}\right)$. Detta innebär att y-värden nära noll hamnar

nära minus oändligheten och y-värden nära ett hamnar nära oändligheten. Därefter anpassades en linjär regressionsmodell med minsta kvadratmetoden till den transformerade datan:

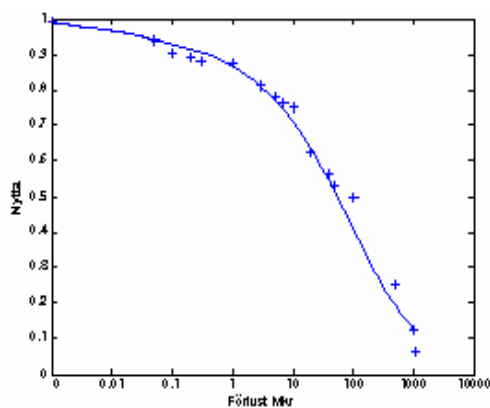
$$\log\left(\frac{y}{1-y}\right) = b_0 + b_1 \log(x) + b_2 \log(x)^2 \quad (\text{ekv 6.4})$$

Denna modell används för att plotta en funktion. De logaritmerade x-värdena behålls, men y-värdena transformeras tillbaka till nyttoskalan mellan noll och ett. Detta innebär att följande kurva erhålls:

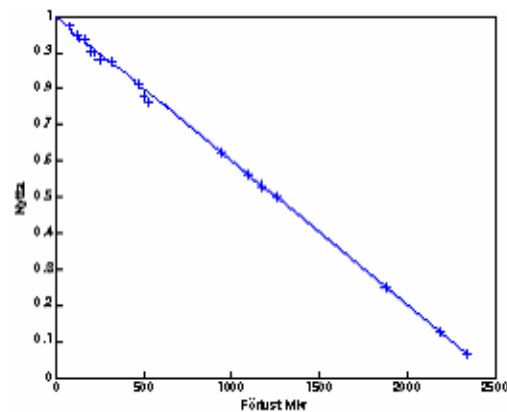
$$y = \frac{e^{(b_0 + b_1 \log(x) + b_2 \log(x)^2)}}{1 + e^{(b_0 + b_1 \log(x) + b_2 \log(x)^2)}} \quad (\text{ekv 6.5})$$

Regressionen har utförts med hjälp av Oscar Hagberg, Institutionen för matematisk statistik, LTH.

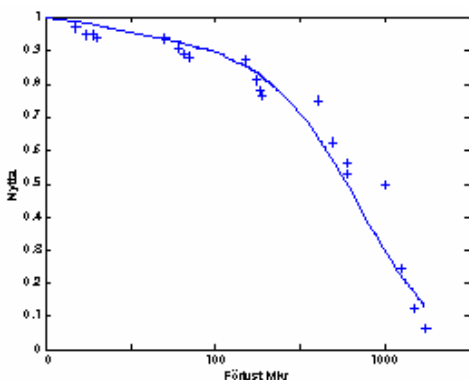
De individuella nyttofunktionerna från vice VD, försäkringsansvarig, brandchef och säkerhetschef som erhölls i undersökningen redovisas nedan.



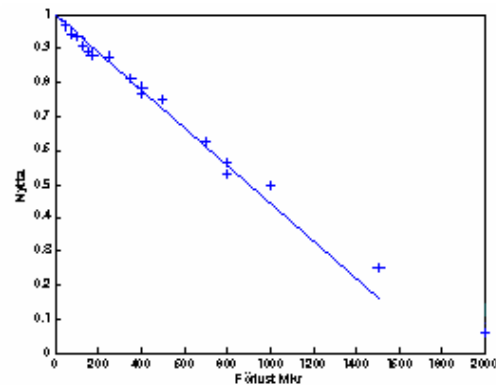
Figur 6.8a Nyttofunktion 1



Figur 6.8b Nyttofunktion 2



Figur 6.8c Nyttofunktion 3



Figur 6.8d Nyttofunktion 4

Nyttofunktionerna i figurerna 6.8b och 6.8d beskriver en neutral inställning till risktagande. Detta innebär att nyttan för sprinklerinvesteringen motsvaras av det kapitalvärde som redovisats i figur 6.4. De två nyttofunktionerna i figurerna 6.8a och 6.8c beskriver en risksökande inställning, vilket innebär att nyttojusteringen av skadekostnaderna kommer att ge en negativ effekt på kapitalvärdet.

6.3.5 Hur stor är nyttan av investeringen?

De fyra nyttofunktionerna sammanfaller inte, vilket beror på att personerna som deltagit analysen inte har samma värderingar. Nyttjusteringen gjordes med nyttofunktionen i figur 6.8a, som motsvarar den mest risksökande inställningen, enligt det tillvägagångssätt som beskrivits i kap 5.6.

Det beräkningsprogram som har använts i analysen har krävt vissa förenklingar, vilket naturligtvis påverkar noggrannheten i resultatet. En betydande begränsning är att programmet inte medger nyttohänsyn vilket innebär att samtliga beräkningar efter

nyttjusteringen utfördes för hand och att inga fördelningar därför kunde användas för att hantera osäkerheterna. I stället användes väntevärden för att jämföra kapitalvärdena för den risksökande och den riskneutrala funktionen. Resultatet fås därför som ett fixt värde, i form av ett väntevärde, och inte som en fördelning, vilket innebär att det kan finnas stora osäkerheter i det.

Nyttjusteringen gjordes genom att skadekostnaderna för varje scenario omvandlades till nyttovärden via nyttofunktionen i figur 6.8a. Ur detta bestämdes den förväntade nyttan som sedan via nyttofunktionen konverterades tillbaka till ett monetärt värde som motsvarar den förväntade skadekostnaden. Detta gjordes för båda alternativen, med och utan sprinkler så att skadekostnadsreduktionen kunde beräknas. Genom att multiplicera den aktuella brandfrekvensen med den nyttjusterade skadekostnadsreduktionen fås den skadekostnadsreduktion som svarar mot förväntat antal bränder per år. Detta värde uppgick till 0,182 Mkr.

Med övriga förutsättningar samma som tidigare beräknades det nyttjusterade kapitalvärdet för hand enligt ekvation 5.1. Resultatet efter nyttjusteringen blev -2,57 Mkr.

7 Diskussion

I detta kapitel diskuteras de undersökningar som genomförts för att ta fram sannolikheten för att personalen kan släcka en brand och för att ta fram företagets nyttofunktion. Båda undersökningarna diskuteras med utgångspunkt i följande punkter:

- metodval
- urvalsgrupp
- resultatets generaliserbarhet och trovärdighet

Slutligen diskuteras även den investeringskalkyl som gjorts i arbetet med avseende på de faktorer som kan ha påverkat resultatet.

Båda undersökningarna bygger på expertbedömningar och urvalet av respondenter har baserats på deras kunskaper och erfarenheter inom branschen. I båda undersökningarna söktes respondenternas personliga uppfattningar och de fick därför helt själva definiera gränserna för sina svar. Denna typ av undersökningar blir väldigt kontextberoende och när personalens släckinsats undersöktes försökte vi styra sammanhanget genom att tillhandahålla alla grundförutsättningar.

När nyttofunktionen skulle skattas var vi istället ute efter att respondenterna själva skulle förmedla sin respektive bild av kontexten genom att värdera olika osäkra situationer. Vi ställde därför enbart värderingsfrågor och lät respondenterna själva relatera svaren till den aktuella verksamheten. En följd av detta blir att resultatets generaliserbarhet blir begränsad.

Begreppen validitet och reliabilitet avser i den här typen av undersökningar såväl datainsamling som den efterföljande analysen av insamlade data, vilket innebär att vårt sätt att undersöka problemet och hantera den information som framkommer i stor utsträckning påverkar resultatets kvalitet. Detta innebär att våra förkunskaper inom ämnet i kombination med de nya kunskaper vi förvärvat under arbetets gång blir utgångspunkt för arbetet, vilket exempelvis styr metodvalet, hur frågorna konstruerades och hur experterna valdes ut.

Resultatets pålitlighet påverkas även av om analysmetoden är logisk och om det är möjligt för en läsare att följa hur vi har kommit fram till våra resultat. I dessa undersökningar har inga mätinstrument använts utan pålitligheten beror på författarnas förmåga att göra bra intervjuer. Kvaliteten på resultatet påverkas även av objektiviteten, det vill säga författarnas förmåga att vara neutrala och inte låta resultaten färgas av sin egen förståelse.

7.1 Sannolikheter

Metod

Trovärdigheten i våra resultat beror uteslutande på hur väl intervjuerna har genomförts och om den information som framkom har hanterats på ett bra sätt. Vi valde att ställa frågor med heltäckande bakgrundsförutsättningar för att i möjligaste mån begränsa respondentens tolkningsutrymme och på detta sätt säkerställa att samtliga respondenter baserade sina bedömningar på samma grunder.

Båda författarna genomfört intervjuer var för sig och därför kan det finnas variationer i intervju svaren som beror på vad vi har svarat på eventuella frågor som dykt upp under intervjuerna. En följd av detta kan också bli att intervjuerna blir bättre med tiden eftersom vi diskuterade de frågeställningar som framkom och i vissa fall kompletterade förutsättningar till scenarierna. De senare intervjuerna kan av denna anledning framstå som mer trovärdiga. Ingen hänsyn har dock tagits till detta i analysen.

Under intervjuerna noterades de sannolikhetsintervall som respondenterna angav för personalens släckförmåga, och i viss utsträckning även motiveringar till bedömningarna. Dessa motiveringar gavs dock ingen vidare betydelse i bearbetningen av data. I en mer

heltäckande analys borde varje respondent motivera varje svar för att göra det möjligt för oss att kontrollera att alla svarat utifrån samma grundförutsättningar.

Vi valde att genomföra individuella intervjuer, framför allt eftersom detta tillvägagångssätt var mer praktiskt. Ett alternativ för att minimera tolkningsvariationerna och få så enhetliga bedömningar som möjligt skulle kunna vara att genomföra intervjuerna som gruppdiskussioner. En fördel med detta skulle vara att respondenterna tillsammans med intervjuaren kan göra klart för exakt vilka bedömningsgrunder som gäller så att respondenterna, i större utsträckning än vid enskilda intervjuer, har samma uppfattning om frågan.

Även om gruppdiskussioner, och de gemensamma bedömningar som detta möjliggör, kan vara en bra grund för slutsatser valde vi alltså att genomföra individuella intervjuer. Det finns flera anledningar till detta. Förutom att det rent praktiskt skulle vara svårt att samla alla deltagande respondenter vid samma tillfälle finns en risk för att vissa dominerande personer kan styra övriga personers uppfattning av scenariot och deras senare bedömningar. En annan anledning till att vi valde att genomföra enskilda intervjuer är att vi vill ha ett brett spektra av svar för att spegla den osäkerhet som faktiskt råder, och ur detta bestämma en fördelning. Sannolikheten för att personalen kan släcka en brand är i hög grad beroende av tillfälligheter, exempelvis om stora mängder brännbart material tillfälligt placerats nära brandstiftaren eller om personal råkar passera branden i initialskedet och därmed kan göra en snabb insats. I verkligheten är detta omöjligt att förutse och vi tror att eftersom respondenternas svar baseras på deras olika erfarenheter kommer denna osäkerhet att täckas in och att den resulterande fördelningen därför är representativ för den osäkerhet som faktiskt förekommer.

Urvalsgrupp

Kvaliteten på resultatet påverkas förutom av metodvalet även av om korrekta bedömningar har gjorts när det gäller urvalsgruppens förmåga att ge relevanta svar. En viktig faktor är hur duktig respondenten är på att göra realistiska bedömningar av vad personalen klarar av och hur de anställda kan förväntas reagera i kritiska situationer.

En annan viktig fråga är om respondenten verkligen kan värdera sannolikheten för att personalen lyckas släcka en brand, det vill säga göra en sammanvägning av om ett släckförsök kommer att göras och om det i så fall kommer att lyckas, och sen uttrycka detta i kvantitativa termer. Under många av intervjuerna delade respondenterna med sig av sina tankegångar och vi upplevde i de flesta fall bedömde de givna scenarierna på ett bra sätt och att de tog hänsyn till vilka bränder som överhuvudtaget var möjliga att släcka med den givna utrustningen samt hur personalen förväntades uppfatta situationen.

Resultat

De resultat som framkommit om sannolikheten för att personalen kan släcka en brand gäller i första hand för de förutsättningar som angivits. I stället får läsaren själv avgöra i vilken utsträckning resultatet kan överföras och tillämpas i en annan verksamhet utifrån de förutsättningar som råder i denna.

Vår bedömning är att en överföring ändå är möjlig eftersom de brandscenarier som konstruerats och använts som utgångspunkt i undersökningarna visserligen är hämtade ur den aktuella verksamheten, men händelserna är av sådan karaktär att de kan antas uppstå även i annan industriverksamhet. Även det faktum att samtliga respondenter är verksamma inom räddningstjänsten och därmed har varit aktiva vid bränder inom många olika verksamhetstyper ökar överförbarheten. Det är svårt att bedöma skattningarnas kvalitet och rimlighet eftersom jämförelsematerial saknas, men vår bedömning är att resultatet i denna rapport kan användas som riktvärde i andra analyser med liknande förutsättningar och uppdateras med verksamhetsspecifik statistik för att anpassas till den aktuella verksamheten.

I avsnitt 2.1.3 nämns motiverade avvikelser som en orsak till fel i materialet. I detta fall skulle det innebära att respondenten kan förvanska sitt svar eftersom denne tror att prestationen kommer att utvärderas och bedömas utifrån resultatet. En följd av detta kan bli att respondenten inte anger hela den osäkerhet som denne egentligen tror föreligger, för att verka säkrare på sin sak i egenskap av expert. Vi upplevde att respondenterna i vissa fall kände sig stressade av situationen när de trodde att vi var ute efter att se vad de kunde. Vissa var öppna med sina frågor och diskuterade gärna förutsättningarna tills de hade allt klart för sig, men andra var mer inriktade på att ge ett snabbt svar. Även om respondenterna troligen förstod att vi inte värderade deras svar upplevde vi att vissa ändå hade svårt att släppa sitt försvar. Det finns risk för att detta kan ha resulterat i alltför snabba och kanske inte ordentligt genomtänkta svar, liksom att ett alltför snävt intervall kan ha angivits.

Resultatet har sammanställts till en sannolikhetsfördelning för respektive scenario och bygger på att ett smalare intervall representerar en mindre osäkerhet än ett bredare intervall. Det märktes dock tydligt vid intervjuerna att respondenterna hade olika uppfattning om vad som var ett brett respektive smalt intervall. Till exempel kunde en respondent säga att denne var ganska säker på sin sak och ange ett sannolikhetsintervall mellan 20 och 60, och en annan respondent kunde säga att det var väldigt osäkert och ange ett intervall mellan 30 och 60. Teorin förutsätter att alla individer har exakt samma uppfattning om vad som är ett smalt respektive brett intervall, liksom vad som är stor respektive liten osäkerhet. Utifrån våra erfarenheter från intervjuerna tror vi knappast att så är fallet och en del av spridningen i resultatet kan bero på detta.

Det har framkommit i en tidigare undersökning att spridning i individers uppskattningar till stor del beror på att förutsättningarna var oklara [12]. Det finns således en risk för att variationer i de sannolikhetsintervall som angivits för respektive scenario beror på olika tolkningar av de angivna förutsättningarna och inte enbart på hur väl respondenten bedömer att personalen klarar av den beskrivna situationen. Den eventuella del av spridningen som skapas av att respondenterna uppfattat förutsättningarna olika och därmed svarat utifrån olika förutsättningar påverkar naturligtvis resultatets trovärdighet negativt.

En observation var att respondenterna lärde sig frågemetodiken snabbt, vilket även var vår förhoppning. Eftersom samtliga frågor följde samma mönster är det dock möjligt att respondenterna la stor vikt vid sina svar på föregående frågor och att de utgick från svaret på den första delfrågan när de besvarade de resterande delfrågorna. Detta innebär att det finns risk för en systematisk avvikelse som fortplantats genom hela scenariot. Möjligen hade denna ankringseffekt, som diskuterades i avsnitt 5.2.3, kunnat undvikas något om delfrågorna kastats om och kommit i olika ordning för varje fråga.

I avsnitt 5.2.3 diskuterades även begreppet tillgänglighet och en observation som gjordes var att respondenterna under flera av intervjuerna refererade till helt aktuella händelser från media eller sitt från eget arbete, och det finns risk för att de förlopp som just den branden fick kan ha påverkat bedömningen av det aktuella scenariot och att de angivna bakgrundsförutsättningarna därför gavs mindre hänsyn.

7.2 Nyttofunktion

Metod

Den typ av metod som har valts för att ta fram nyttofunktioner för Volvo Aero har vissa kända nackdelar som vi har accepterat i och med valet av metod. En nackdel med säkerhetsekvivalensmetoden som har använts är att det finns ett uppenbart kedjeberoende som framkommer tydligt i det program som konstruerats för att ta fram nyttofunktionen. Detta kedjeberoende innebär att samtliga svar baseras på det värde som angivits som svar på föregående fråga. Även om vi påtalade vikten av att se varje delotteri som helt fristående, tror vi att det var lätt för respondenten att bara ange ett värde som känns rimligt i förhållande till det värde som angivits som svar på frågan innan. Det går att se drag av detta i

några av nyttofunktionerna vilket kan innebära att en eventuell avvikelse fortplantas genom hela modellen.

En annan nackdel med kedjemetoden är att respondenten hela tiden ställs inför samma typ av lotteri, med samma sannolikheter men med olika stora förluster att ta hänsyn till. Det kan då vara svårt att ställa om sig och göra nya meningsfulla värderingar.

Det finns även en risk för att valet av metod kan påverka nyttofunktionens utseende. Säkerhetsekvivalensmetoden, som har använts i denna undersökning har visat sig ge ett mer risksökande resultat än till exempel sannolikhetsekvivalensmetoder eller värdeekvivalensmetoder. [13] Vi har dock inte testat några andra metoder och kan därför inte avgöra huruvida nyttofunktionerna har fått ett mer risksökande utseende eller inte.

Trots att både värdeekvivalensmetoder och den alternativa lotteriekvivalensmetoden som presenterades i kapitel 2.1.2 kan ge ett bättre resultat har vi valt att använda den enklare säkerhetsekvivalensmetoden. Detta innebär naturligtvis att kvaliteten på resultatet påverkas, men vi har gjort bedömningen att den minskade noggrannheten som förenklingarna innebär ändå gör det troligare att respondenterna verkligen kan förstå frågorna och svara genomtänkt på dem. Vi tror att resultatet hade blivit sämre om vi valt en mer komplicerad metod eftersom respondenterna i så fall inte kan förväntas förstå innebörden av de frågor som ställs. Detta beror inte på att våra respondenter på något sätt var dåliga, utan snarare på att de metoder som finns idag är mycket teoretiska och kräver stora kunskaper inom sannolikhets- och beslutsteori för att en respondent ska kunna tillgodogöra sig metodiken.

Trots att vi har valt en förhållandevis enkel metod för att ta fram nyttofunktionerna är vi är medvetna om att den kan uppfattas som abstrakt och svår att förstå. Metoden bygger på att respondenten hela tiden ska ange det värde som skulle vara likvärdigt med att delta i ett lotteri med två lika sannolika utfall, där det ena är en förlust och det andra antingen en förlust eller att situationen förblir oförändrad. Vi tror att respondenterna upplevde undersökningen som svår eftersom det kan vara svårt att visualisera ett teoretiskt lotteri där vinsterna utgörs av rena förluster och där man dessutom är tvingad att delta. Det kan även vara svårt att verkligen förstå innebörden av det värde som efterfrågas, hur stor förlust är egentligen lika mycket värd som lotteriet?

Ytterligare en faktor som kan ha påverkat hur respondenten svarade är att vi kanske inte tillräckligt tydligt poängterade att det inte finns något svar som är rätt. Om respondenten försöker svara "rätt" finns risk att denne väljer det förväntade värdet och att värderingen därför kommer att ligga nära en riskneutral värdering.

Urvalsgrupp

Nytttofunktionerna är subjektiva, vilket innebär att även om varje person svarar utifrån företagets perspektiv kommer svaren ändå att färgas av personens kunskaper och erfarenheter. För att ta fram en nyttofunktion som beskriver företagets preferenser måste företagets vilja definieras. Vår bedömning är att styrelsen representerar denna och därför borde styrelsemedlemmarnas värderingar ligga till grund för nyttofunktionen. I vår undersökning deltog fyra personer, alla med chefspositioner inom säkerhetsområdet på Volvo Aero, samtliga var dock ej medlemmar av styrelsen. Detta urval grundades framförallt på vad som var praktiskt möjligt, men vi gjorde bedömningen att de personer som ingick i undersökningen ändå var tillräckligt högt upp i företagshierarkin för att kunna göra meningsfulla värderingar och bedömningar.

Resultat

Vår undersökning resulterade i fyra olika nyttofunktioner, varav två var risksökande och två var riskneutrala. En orsak till att nyttofunktionerna inte sammanfaller kan vara att respondenterna har olika uppfattning om företagets riskattityd. Detta kan exempelvis bero på brister i kommunikationen om vilken policy som används i beslutsfattande, vilket i princip

innebär att olika personer har olika syn på risktagande och att den personliga inställningen lyser igenom vid beslut.

Ytterligare en orsak till skillnader i värderingar och därmed nyttofunktioner för de olika beslutsfattarna kan vara att några av förlustvärdena i undersökningen kan vara så stora att vissa av de beslutsfattare som deltagit i undersökningen inte behöver ta ställning till dem i sitt dagliga arbete. Det är även viktigt att påpeka att endast två av respondenterna dagligen fattar beslut i inom säkerhet och dessa personers värderingar motsvaras av de riskneutrala nyttofunktionerna och det borde därför vara rimligt att det riskneutrala resultatet ges störst vikt i investeringskalkylen.

Resultatet visar att det kan vara svårt att ta fram en nyttofunktion som representerar ett stort företag där många olika personer fattar beslut. Vi tycker därför att det är viktigt att företagsledningen är medveten om att beslutsfattare värderar risktagande olika och att ledningen gemensamt enas om hur den nyttofunktion som de anser representera företagets riskpreferenser ser ut för att i framtiden ha ett gemensamt värderingsverktyg policy för risktagande i organisationen.

De fyra nyttofunktionerna som har framkommit i vår undersökning är starkt beroende av de tillgångar som finns i den aktuella verksamheten och det utgångsvärde som satts för att motsvara den största tänkbara förlusten för A-verkstaden på Volvo Aero i Trollhättan. En följd av detta är att resultatet av undersökningen blir företagsspecifikt och överförbarheten därmed begränsad. De metoder som presenterats i kapitel 2.1.2 är dock direkt tillämpliga inom andra verksamheter.

7.3 Investeringsbedömning

Metod

Investeringskalkylen baseras på en kapitalvärdesberäkning i vilken många av inparametrarna är starkt förenklade. Skadekostnaden har skattats väldigt grovt och det program som används för att bestämma den förväntade skadekostnaden innebär många förenklningar. Vår bedömning är dock att resultaten har blivit tillräckligt noggranna för att göra den slutliga investeringsbedömningen. Vi har gjort denna bedömning utifrån vilka resurser som skulle krävas för att samla in noggrannare data jämfört med i vilken utsträckning den ytterligare informationen skulle förbättra noggrannheten i slutresultatet. Det är troligt att en noggrannare skattning av ingående parametrar skulle resultera i mindre spridning i resultatet, men vår bedömning är ändå att noggrannheten är tillräcklig för att resultatet ska kunna användas som underlag för ett investeringsbeslut.

Det kapitalvärde som fås ur investeringsbedömningen är direkt beroende av kostnaderna för sprinklerinvesteringen. I denna analys har beloppet för grundinvesteringen baserats på en total area på cirka 20 000 kvadratmeter, vilket motsvarar arean av hela A-verkstaden, exklusive YV. Detta innebär att kostnader för en installation även i CF har räknats in i analysen. Anledningen till detta är att om en sprinklerinstallation skulle göras i A-verkstaden skulle även installation i CF ingå. I begränsad utsträckning skulle detta kunna påverka resultatet eftersom om den totala installationskostnaden på något sätt kunde delas upp, skulle kostnadsposterna i kapitalvärdesberäkningarna minska något.

Resultat

Investeringskalkylen resulterade i ett positivt kapitalvärde vilket innebär att investeringen bör genomföras. Resultatet från investeringsbedömningen motsvarar riskneutrala preferenser och eftersom de beslutsfattare som fattar de tyngsta och flesta besluten i säkerhetsfrågor uppvisade en neutral inställning till risktagande borde detta resultat användas som utgångspunkt för investeringsbeslutet.

Kapitalvärdet kan tyckas vara relativt lågt och vi tror att detta till stor del beror på att säkerhetsnivån i Volvo Aeros A-verkstad redan är hög och att mycket få bränder förväntas

inträffa i framtiden. I värderingen av den förväntade skadekostnaden är sannolikheten för att en brand ska inträffa inräknad och eftersom antalet förväntade bränder är mycket lågt blir den förväntade skadekostnaden, och därmed investeringens kapitalvärde, lågt. Om brandfrekvensen hade varit högre hade kapitalvärdet blivit större, eftersom det skulle vara mer sannolikt att en brand skulle inträffa och sprinklerinvesteringen skulle komma till användning. Den rådande säkerhetsnivån påverkar även storleken på den förväntade besparingen eftersom en riskreduktion i en mycket säker verksamhet kommer att vara betydligt dyrare att genomföra än en lika stor riskreduktion i en verksamhet med lägre säkerhetsnivå. Jämför till exempel säkerheten inom kärnkraftsindustrin i öststatsländerna och i Sverige. För att reducera risken för härdsmälta med en enhet i ett kärnkraftverk i öststaterna skulle relativt små insatser behövas, men om motsvarande reduktion skulle göras i ett svenskt kärnkraftverk skulle det krävas betydligt större resursinsatser. Detta beror på att säkerhetsnivån i svenska kärnkraftverk är mycket hög jämfört med säkerhetsnivån i öststatsländerna och att nettokostnaden per räddat liv, eller minskad risk, ökar markant vid en hög säkerhetsnivå.

En tidsanalys har gjorts för att undersöka hur bra investeringen är beroende på under vilken tidsperiod de sprinklersystemets positiva nyttoeffekter tillgodosätts. Tidsanalysen har gjorts ur ett riskneutralt perspektiv och visar att om investeringens positiva nyttoeffekter tillgodosätts under fem år så kan investeringen ses som bra. Vi anser att fem år är en relativt kort tid för en investering att återbetala sig och att sprinklerinvesteringen därför bör genomföras. Det är dock viktigt att ha i åtanke att tidsanalysen baseras på det förväntade antalet bränder och att det är svårt att förutsäga hur många bränder som kommer att inträffa under den perioden.

Den nyttojustering som görs för att anpassa resultatet till den risksökande funktionen innebär en stor minskning av investeringens kapitalvärde eftersom justeringen görs med en risksökande nyttofunktion. Det kan tyckas underligt att två av respondenterna tycks gilla att ta risker, men detta stämmer med teorin om förväntad nytta som säger att individer ofta blir risksökande när det handlar om stora förluster. Man bör ha i åtanke att de två beslutsfattarna som visade en risksökande inställning inte normalt fattar beslut som rör så stora värden som fanns med i undersökningen och att de därför inte är vana att göra denna typ av bedömningar. Ytterligare en faktor som bör tas i beaktande är att nyttojusteringen gjordes med den mest risksökande funktionen, och om justeringen i stället hade gjorts med den andra risksökande funktionen hade sannolikheten för ett positivt kapitalvärde ökat. Vi valde att göra riskjusteringen med den mest risksökande funktionen eftersom vi då med säkerhet skulle täcka in det lägsta möjliga förväntade kapitalvärdet.

En faktor som påverkar trovärdigheten i det nyttojusterade resultatet är att inparametrarna har beskrivits som fixa värden i stället för som fördelningar. Detta gör att det inte är möjligt att se spridningen i resultatet, det vill säga hur stora osäkerheterna i det justerade kapitalvärdet är. Detta är en svaghet i resultatet och om kapitalvärdet hade representerats som en fördelning hade det varit möjligt att avgöra hur troligt det var att vårt resultat var det sanna värdet och det hade varit möjligt att se om det fanns en möjlighet att kapitalvärdet kunde bli positivt.

Det är svårt att avgöra hur stor vikt en beslutsfattare egentligen lägger vid nyttojusteringens påverkan på en investeringens kapitalvärde. Vi tror att nyttöhänsyn finns med i många beslutssituationer idag, men på ett mer undermedvetet sätt. Många beslut fattas av beslutsfattare som är vana att ta beslut och gör det så som de brukar göra, baserat på tidigare erfarenheter, prognoser och fingertoppskänsla. I detta ligger naturligtvis en indirekt värdering av nyttan, om beslutsfattaren bedömde att investeringen var meningslös skulle den ju aldrig genomföras. Vi tror däremot att få beslutsfattare verkligen kan ge nyttan ett konkret monetärt värde och genom att med en nyttofunktion hjälpa beslutsfattare att kvantifiera värdet av en riskreduktion vill vi visa en möjlighet som kan underlätta rationellt beslutsfattande.

Vidare forskning

Simuleringen av den förväntade skadekostnaden med och utan sprinkler visar att en sprinklerinvestering avsevärt bidrar till att reducera de förväntade skadekostnaderna till följd av en brand och det skulle därför vara mycket intressant att vidare undersöka om det skulle vara möjligt att på något sätt minska försäkringsskyddet och ändå bibehålla samma totala skyddsnivå för att på detta sätt minska kostnaderna för försäkringsskyddet. En intressant utveckling av det resonemang som har förts i arbetet är att undersöka vilken nivå på självrisk i förhållande till skyddsnivån efter sprinklerinvesteringen, som hade givit den bästa ekonomiska lösningen för företaget. Detta kan vara något mer komplicerad än vid andra säkerhetshöjande investeringar eftersom sprinklersystem i första hand påverkar utbredningen av en skada snarare än sannolikheten för initialhändelsen.

Ytterligare ett intressant område för framtida forskning är de indirekta kostnaderna som utgör en stor del av den totala skadekostnaden till följd av en brand. Dessa är svåra att identifiera och därmed även svåra att värdera. För att kunna göra bättre kostnadsanalyser i framtiden skulle generella metoder för att ta fram indirekta kostnader till följd av brand i industriverksamhet behöva utvecklas.

8 Slutsatser

För att kunna göra en realistisk bedömning av de förväntade skadekostnaderna behövs underlag för bedömning av de ingående sannolikheterna. För många händelser saknas dock statistiskt underlag i tillräcklig utsträckning och sannolikheterna måste då skattas subjektivt med hjälp av expertbedömningar. En lämplig metod är att använda sig av en intervjustudie. För att få enhetliga svar på skattningen krävs detaljerade frågor som i största möjliga utsträckning eliminerar tolkningsutrymmet.

Det känslomässiga värde som en viss riskreduktion har för beslutsfattaren kan kvantifieras med hjälp av en nyttofunktion som speglar beslutsfattarens syn på risktagande. Det finns olika metoder för att ta fram en nyttofunktion. Flera av dessa är komplicerade att förstå för en individ som inte är insatt i nyttoteorin. En lämplig metod är därför säkerhetsekvivalentmetoden, som är mindre komplicerad och lättare att relatera till än övriga metoder.

Eftersom nyttofunktionerna baseras på beslutsfattarnas kunskaper och erfarenheter kommer samma situation inte att värderas lika av alla och nyttofunktionerna får därför olika utseende beroende på vem i företaget som gör värderingen. Det är därför lämpligt att vid framtagande av företagets nyttofunktion låta en grupp personer som fattar beslut åt företaget representera företagets preferenser.

Med utgångspunkt i fallstudien kan vi konstatera att Volvo Aero har en mycket hög nivå på sitt säkerhetsarbete och att en riskmedvetenhet finns i alla beslut som fattas. Resultatet visar att en investering i brandskydd förväntas medföra besparingar i händelse av en större brand även för företag med väl fungerande säkerhetsarbete.

Slutsatsen från investeringsbedömningen som gjordes i fallstudien är Volvo Aero bör investera i ett sprinklersystem, eftersom det riskneutrala kapitalvärdet var positivt.

Referenser

Böcker

- [1] Bengtsson S et al., *Brandskyddshandboken*, Rapport 3117, LTH, Lund, 2002
- [2] Blom G, *Sannolikhets teori med tillämpningar*, Studentlitteratur Lund, 1989
- [3] Clemen R.T, *Making hard decisions - An Introduction to Decision Analysis*, Duxbury Press, Belmont, 1996
- [4] Davidsson G et al., *Handbok för riskanalys*, Räddningsverket, Karlstad, 2003
- [5] Grimvall G & Lindgren O (red), *Risker och riskbedömningar*, Studentlitteratur, Lund, 1995
- [6] Mattsson B, *Riskhantering vid skydd mot olyckor - problemlösning och beslutsfattande*, Räddningsverket, Karlstad, 2002
- [7] von Neuman J & Morgenstein O, *Theory of games and Economic Behaviour*, Princetown University Press, Princetown, 1947
- [8] Persson I & Nilsson S-Å, *Investeringsbedömning*, Liber Ekonomi, 2001

Rapporter och tidskrifter

- [9] Abrahamsson M, *Uncertainty in Quantitative Risk Analysis – Characterisation and Methods of Treatment*, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden, Report 1024, 2002
- [10] Farquhar P.H, *Utility Assessment Methods*, Management Science, Vol 30, No 11, pp1283-1300, 1984
- [11] Frantzich H, *Tid för utrymning vid brand*, Räddningsverket Karlstad, 2000
- [12] Frantzich H, *Varseblivningstid och reaktionstid vid utrymning*, Rapport 3071, Brandteknik, LTH, Lund, 1993
- [13] Hershey J.C & Kunreuther H. C & Schoemaker P.J.H, *Sources of Bias in Assessment Procedures for Utility Functions*, Management Science, Vol 28, No 8, pp 936-954, 1982
- [14] Hershey J.C & Schoemaker P.J.H, *Probability versus Certainty Equivalence Methods in utility Measurement: Are They Equivalent?*, Management Science, Vol 31, No 10, pp1213-1231, 1985
- [15] Johansson H, *Beslutsanalys och investeringskalkyler avseende brandskydd*, Brandteknik, LTH, Lund, Rapport 3118, 2000
- [16] Johansson H, *Decision Analysis in Fire Safety Engineering*, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden, Report 1027, 2003
- [17] Johansson H, *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*, Brandteknik, LTH, Rapport 3105, 1999
- [18] Johansson H, *Osäkerhetshantering i riskanalyser avseende brandskydd*, Brandteknik, LTH, Rapport 3113, 2000
- [19] Karlsson H.T, *Risikanalysetoder*, Avdelningen för kemisk teknologi, Lunds Universitet, 1997

- [20] Karmarkar U.S, *Subjectively Weighted Utility: A Descriptive Extension of the Expected Utility Model*, Organizational Behavior and Human Performance 21, pp 61-72, 1978
- [21] Kemikontoret, *Riskehantering 3 – Tekniska Riskanalysetoder*, 2001
- [22] Laughhunn D.J & Payne, J.W & Crum R, *Managerial Risk Preferences for Below-Target Returns*, Management Science, Vol 26, No 12, pp 1238-1249, 1980
- [23] Levinson S.H & Yeater M.L, *Methodology to Evaluate the Effectiveness of Fire Protection Systems in Nuclear Power Plants*, Nuclear Engineering and Design 76, pp 161-182, 1983
- [24] Mattson M, *Kostnad-Nytta av Industrins Brandskyddsåtgärder – En pilotstudie av beslutsanalysens faktiska förutsättningar*, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Sweden, Report 3098, 1997
- [25] McCord & de Neufville, *Lottery equivalents: Reduction of the certainty effect problem in utility assessment*, Management Science, vol. 32, No 1, 1986
- [26] Nilsson J, *Introduktion till riskanalysetoder*, Avdelningen för Brandteknik, LTH Rapport 3124, 2003
- [27] Spetzler C.S & Stael von Holstein C-A.S, *Probability Encoding in Decision Analysis*, Management Science, vol. 22, No 3, pp. 340-358, 1975

Internetkällor

- [28] www.infovoice.se/fou/, Göteborgs Universitet, Forskningsmetodik, 2003-12-03
- [29] www.konj.se, Konjunkturinstitutet, 2004-02-19
- [30] www.nfsa.org, NFSA, 2004-01-22
- [31] www.srv.se, Statens Räddningsverk, 2003-10-12
- [32] www.forsakringsforbundet.se, Sveriges Försäkringsförbund, 2003-10-09

Muntliga källor

- [33] Björnsson P, Lektor, Avdelningen för teknisk logistik, LTH, 2003-12
- [34] Eriksson H, Säkerhetschef, Volvo Aero Corp., Trollhättan 2003-12-10
- [35] Gillek A, Stf Räddningschef, Norra Älvsborgs Räddningstjänstförbund, 2004-02-18
- [36] Lövgren D, Brandchef, Volvo Aero Corp., Trollhättan, 2003-12-2004-02
- [37] Mårtensson T, Försäkringsansvarig, Volvo Aero Corp., 2003-09 - 2004-02
- [38] Olsson A, Riskingenjör, Försäkringsbolaget Zurich, 2003-12-15
- [39] Rychlik I, Professor, Institutionen för matematisk statistik, LTH 2004-03

Övriga källor

- [40] Canipeanu R, *Brandskyddsdocumentation*, Volvo Aero Corp. 1998
- [41] Hagberg O, *Programkod Matlab 6,5*, Institutionen för matematisk statistik, LTH, 2004-03-21

- [42] Hansson B, *Kurskompendium i kursen Hantering och värdering av finansiell risk*, Nationalekonomiska institutionen Lunds Universitet, Lund, 2003
- [43] Karlsson S, *Att lära av tillbud*, Volvo Aero Corp. intranät 2002-12-05
- [44] Karlsson S, *Reviderad rutin för tillbudsrapportering*, Volvo Aero Corp. intranät 2002-12-05
- [45] Lundin J, *Regler för examensarbete*, LTH, Lund, 2002
- [46] Olsson A, *Risk assessment Report på Volvo Aero Corp., Trollhättan*, Försäkringsbolaget Zurich, 2002
- [47] Rychlik I et al., *Kurskompendium i kursen Statistiska datametoder för säkerhetsanalys*, Institutionen för matematisk statistik, LTH, Lund, 2002
- [48] *Räddningstjänst i siffror 2001*, Projekt Tvärsäkerhet, Karlstad, 2002
- [49] Sveriges Försäkringsförbund, *Antal brandskador i industri + företag*, 2002
- [50] Volvo Aero Corp, Trollhättan, *Företagspresentation*, 2003

Bilagor

- Bilaga I:** **Blockbeskrivning**
Bilagan ger en beskrivning av de block som den aktuella verkstaden delats in i.
- Bilaga II:** **Intervjuunderlag för skattning av sannolikheten att personalen släcker**
- Bilaga III:** **Händelseträäd**
Händelseträdet är ett utdrag ur det program som använts för att göra beräkningarna.
- Bilaga IV:** **Nyttofunktionsundersökning**
Bilagan visar hur de lotterier var utformade i undersökningen som utgjorde grunden för de nyttofunktioner som togs fram.
- Bilaga V:** **Sannolikhetsfördelningar för sannolikheten att personalen släcker en brand**
- Bilaga VI:** **Matlab, programkod**
Programkod för interpolering av nyttofunktion
- Bilaga VII:** **Brandscenarier i A-verkstaden**
- Bilaga VIII:** **Inparametrar till beräkningar**
- Bilaga IX:** **Investeringskalkyl**
Investeringskalkylen är ett utdrag ur programmet som använts.

Bilaga I: Blockbeskrivning

Block	Area (kvm)	Andel av total area	Sannolikhet för brand i detta rum	Beskrivning	Brännbart material	Tidigare bränder	Riskenivå	Brandpotential	Brandfrekvens $P_{bf} = a \cdot A^b$ $a = 0,00086$ $b = 0,59$
1	1335	12 %	0,050	Kombinerad verkstads- och kontorsmiljö	Mycket papper och personligt ”pynt”, växter, pallställage med träpallar och plastemaballage		1	L: 0,7 M: 0,25 S: 0,05	0,060 Bf med hänsyn till risknivå: 0,060
2	2821	25 %	0,16	Tvättanläggning för motordelar. Spolskåp med fotogen. Mindre rum för spricksökning.	Fotogen, lut, syra, kabelstegar, pallställage för förvaring av motordelar, verktygsställ i gång och en truckar.		2	L: 0,675 M: 0,25 S: 0,075	0,093 Bf med hänsyn till risknivå: 0,187
3	150	1,5 %	0,05	Smöten – brandtekniskt avskilt rum.	Lösningsmedel, ugnar		3	L: 0,65 M: 0,20 S: 0,15	0,017 Bf med hänsyn till risknivå: 0,050
4	945	8,5 %	0,12	Maskinbearbetning, flera brandfarliga maskiner (gnistbearbetning - punktskydd), arbetsbänkar, kablage och monitorer.	Maskiner, papperskorgar, arbetsbänkar i trä, elkablage. Mycket tätt placerat.		3	L: 0,675 M: 0,25 S: 0,075	0,049 Bf med hänsyn till risknivå: 0,147
5	348	3 %	0,07	Svetsning och maskinbearbetning	Maskiner		3	L: 0,7 M: 0,275 S: 0,025	0,027 Bf med hänsyn till risknivå: 0,081
6	929	8 %	0,12	Maskinbearbetning och viss kontorsmiljö	Träpallar, papper, truckar, hushållsmaskiner	Brand i plastemaballage som skyddade punktuppvärmd motordel.	3	L: 0,7 M: 0,25 S: 0,05	0,048 Bf med hänsyn till risknivå: 0,145

7	999	8,5 %	0,11	Maskinbearbetning	Maskiner, arbetsbänkar, verktygsställ tät placerade. Pallställage, plastbackar, plastemballage, truckar		3	L: 0,675 M: 0,25 S: 0,075	0,051 Bf med hänsyn till risknivå: 0,151
8	2262	20 %	0,13	Avskild yta avsedd för industrigymnasiets verksamheter, maskinbearbetning, uppställningsplats för motordelar	Gamla maskiner, truckar, kablage, plastemballage.		2	L: 0,7 M: 0,25 S: 0,05	0,082 Bf med hänsyn till risknivå: 0,164
9	396	3,5 %	0,06	Pallställage	Träpallar, plastbackar, kabelstege precis ovanför stället		2	L: 0,7 M: 0,275 S: 0,025	0,029 Bf med hänsyn till risknivå: 0,059
10	1100	10 %	0,13	Mindre rum avsedda för bla svetsning (avskärmade med väggar och skjutdörrar), fikarum.	Kabelstation med 14 elskåp, truckar, pallställage		3	L: 0,7 M: 0,25 S: 0,05	0,054 Bf med hänsyn till risknivå: 0,161

A-verkstadens yta, exklusive CF och YV, uppgår till 11 285 kvm

Total bf: 1,205 bränder per år

Bilaga II: Intervjuunderlag för skattning av sannolikheten att personalen släcker en brand

Detta frågeformulär börjar med en allmän beskrivning av den aktuella verkstaden. Syftet med detta är att Du ska få en bild av rådande förutsättningar. De scenarier som vi kommer att be Dig att tänka igenom är hämtade från verksamheten här. Efter beskrivningen följer en beskrivning av den metod som vi vill att Du försöker använda för att svara på frågorna och sedan följer de olika scenarierna med tillhörande frågor.

Tack för att Du tar Dig tid och svarar på dessa frågor!

Beskrivning av verkstaden

Verkstaden är en reparationsverkstad där civila flygplansmotorer underhålls och repareras. Även begränsad förvaring av reservdelar till flygplansindustrin förekommer.

Reparationsverkstadens yta är 12 800 kvm och utgör en egen brandcell. Stora delar av lokalen är öppen men viss rumsindelning i form av fem tre höga maskinväggar förekommer. Lokalen är helt öppen i taket. Takhöjden är sex meter.

I lokalen finns automatiskt brandlarm. Detekteringen sker med värmedetektorer i kombination med rökdetektorer. Utrymningslarmet aktiveras på brandlarm från minst två sektorer eller intryckt knapp. Underhåll av och besiktning av brandlarm sker regelbundet.

Reparationsverkstaden är inte sprinklad.

Inomhusbrandposter kompletterade med handbrandsläckare finns placerade i hela byggnaden.

Brandposter underhålls vart tredje år, handbrandsläckare en gång om året.

För 3-4 år sedan genomgick all personal tre dagars utbildning. Idag har 80 % självskyddsutbildning där bland annat hantering av handbrandsläckare och teori ingår. Personal som arbetar med mer utsatt verksamhet har särskild utbildning. Personalen förväntas ha en reaktions- och beslutstid på 60 sekunder. De anställdas instruktion vid brandlarm är att utrymma.

Vid nyanställning ingår 2-3 timmars information om brandskydd. Varje avdelning beslutar därefter om ytterligare utbildning av anställda.

Den totala personalstyrkan uppgår till 100 personer. I varje block antas 10 personer befinna sig.

Större delen av arbetsstyrkan arbetar dagtid, men det förekommer även olika typer av skift. Detta innebär att verkstaden alltid är bemannad mellan klockan 06.00 - 23.00 på vardagar. Resterande tider finns det som regel någon eller några personer på plats. Dessutom sker rondering av vaktbolag.

Personalomsättningen för verkstadsarbetare i verkstaden är förhållandevis låg. Under 2002 var personalomsättningen 1,8% och under första kvartalet 2003 var den 2,75%.

Ordningen i verkstaden bedöms som mycket god. Gångarna är helt fria från lösa föremål. Verktyg och annan utrustning förvaras på för dessa avsedda platser.

Vid alla bränder som antas nedan förutsätts att det finns gott om brännbara objekt som ex filter, olja, slangar och plastkåpor i maskinerna.

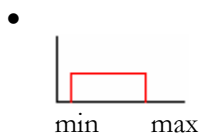
Svarsmetodik

Vi kommer nedan att beskriva ett antal scenarier. Försök att besvara varje fråga enligt metodiken nedan. Det är viktigt att Du försöker tänka på samma sätt inför varje fråga.

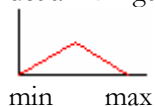
- Tror du sannolikheten är över 10 %?
- Är sannolikheten under 90% ?
- Är sannolikheten under eller över 50 %?

Fortsätt på detta sätt och försök ringa in sannolikhetsvärdet i ett intervall, till exempel sannolikheten ligger mellan x % och y %, där x är minvärdet och y är maxvärdet.

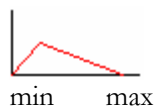
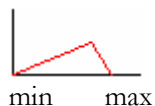
- Försök nu ange *det mest troliga* värdet för sannolikheten att personalen släcker respektive brand.
- Om Du inte kan säga ett max- min- eller mest sannolikt värde, tänk då efter om Du tycker att det är lika troligt att det är till exempel 10 % chans att personalen släcker branden som att det är till exempel 50 % chans att de släcker. Om Du tycker att det är så innebär detta att alla sannolikheter är lika sannolika och detta kan beskrivas av rektangelfördelningen nedan. Stämmer detta med din uppfattning?



- Om Du har angett ett värde för mest troligt, min- och maxvärde, tycker Du då att det är rimligt att beskriva dina värden enligt triangel fördelningen nedan?



Toppen i triangeln motsvarar det värde som Du tycker är mest troligt. Om du tror att toppen (det mest troliga värdet) ligger närmare max- eller minvärdet kanske någon av fördelningarna nedan passar bättre?



Om du inte tycker att någon av fördelningarna passar det sannolikhetsintervall som Du har kommit fram till kan rita en egen fördelning alternativt beskriva den med ord.

Ange min, max och mest troligt värde för varje fråga *i-iv* nedan.

Använd gärna mer svarsutrymme om Du behöver!

Scenario 1

20 tvättkar står på rad på en yta av 10 × 45 meter.

I tvättanläggningen tvättas motordelar i dragskåp. Vid rengöringen används acetone, fotogen och tvättbensin.

Inga lösa föremål finns på detta område. Verktyg förvaras på avsedd plats.

Tvätten är arbetsplats för flera anställda, men är inte alltid bemannad.

Tvättområdet är öppet vilket gör att rök från en brand lätt kan upptäckas från alla positioner i tvättanläggningen

Handbrandsläckare som är avsedda för att släcka denna typ av bränder finns inom ca 10 meters avstånd och är väl utmärkta och synliga.

Antag att det brinner i ett tvättkar med fotogen, hur stor är sannolikheten att personalen släcker branden om

- i) personalen befinner sig inom området med tvättkar och larmet fungerar?
- ii) personalen står inom området med tvättkar men larmet fungerar inte?
- iii) personalen är inte inom området med tvättkar men larmet fungerar?
- iv) personalen är inte inom området med tvättkar och larmet fungerar inte?

Scenario 2

Maskinhallens yta är 25×15 meter. Hallen är i stort sett öppen men vissa fönsterförsedda väggar finns runt maskiner. Väggarna kan skapa vissa skydda utrymmen. I rummet finns fyra maskiner med väggar. En maskin är mellan $3 \times 3 \times 3$ meter och $5 \times 5 \times 3$ meter. Mellan maskinerna finns gångar som är två meter breda.

Ordningen är god. Gångarna är helt fria från lösa föremål. Alla verktyg förvaras på avsedd plats.

Maskinhallen är arbetsplats för flera personer, men är inte alltid bemannad.

Handbrandsläckare finns inom 15 meters avstånd. De är väl utmärkta, men kan vara skydda från vissa platser i maskinhallen. Vissa dörrar kan behöva passeras på väg till släckutrustningen.

Antag att en slang med hydraulolja har brutit så att olja läcker ut på golvet i en pöl, med diametern 1 meter, och antänds. Hur stor är sannolikheten att personalen släcker branden om

- i) personalen står nära maskinen och brandlarmet fungerar?
- ii) personalen står nära maskinen men brandlarmet inte fungerar?
- iii) personalen inte står nära maskinen men brandlarmet fungerar?
- iv) personalen inte står nära maskinen och brandlarmet inte fungerar?

Scenario 3

Blocket har en yta på 30×30 meter. I blocket finns avskärmade arbetsytor med arbetsbord samt två mindre maskiner. Längs ena sidan av rummet finns ett pallställage som är 3 meter högt, 1,20 meter brett och 15 meter långt. Inga truckar kör mellan arbetsytorna i rummet, all hämtning och lastning sker från gångarna som omger rummet. Vissa ytor i rummet kan skymmas av stället.

I rummet råder god ordning, inga lösa föremål förekommer. Verktyg förvaras på avsedd plats.

Rummet utgör arbetsplats för flera anställda, men är inte alltid bemannad.

Släckutrustning finns inom 15 meter och är väl utmärkt.

Antag att ett elfel i en truck placerad nära stället orsakar en brand som sprider sig till stället. Brandtillväxten antas följa en snabb utveckling. Maximal effekt på ca 20 MW uppstår efter 11 minuter och förväntas kunna ytterligare ett par minuter på full effekt.

Hur stor är sannolikheten att personalen släcker branden i stället om

- i) personalen befinner sig nära stället och brandlarmet fungerar?
- ii) personalen befinner sig nära stället men brandlarmet fungerar inte?
- iii) personalen befinner sig inte nära stället men brandlarmet fungerar?
- iv) personalen befinner sig inte nära stället och brandlarmet fungerar inte?

Scenario 4

Litet rum, 5 × 5 meter, för lokal värmebehandling. Rummet avgränsas mot övriga verkstaden av knappt tre meter höga väggar. Ovanför väggarna är rummet inte avskilt från den övriga verkstaden. I rummet finns ställ för verktygsförvaring samt en maskin för punktuppvärmning av motordelar. Vissa lösa föremål finns i rummet.

Rummet är inte konstant bemannat.

Rummet är litet, vilket gör att röken från en brand lätt kan upptäckas från alla positioner inom rummet. Utifrån sett kan väggarna vara skymmande, men när röken stigit över tre meter är den synlig i övriga fabriken.

Släckutrustning finns inom 15 meter från rummet och är väl utmärkt.

Antag att det brinner i det plastemballage som skyddar motordelen som värmebehandlas, hur stor är sannolikheten att personalen släcker branden om

- i) personalen är i rummet och larmet fungerar?
- ii) personalen är i rummet men larmet fungerar inte?
- iii) personalen är inte i rummet men larmet fungerar?
- iv) personalen är inte i rummet och larmet fungerar inte?

Scenario 5

Rum där anställda fikar. Rummet avgränsas mot övriga verkstaden av tak och fönsterförsedda väggar. I lokalen finns stolar och bord samt ett pentry. De anställda använder rummet som fikarum och det är därför endast bemannat under vissa tider.

Släckutrustning finns utanför fikarummet inom 15 meters avstånd.

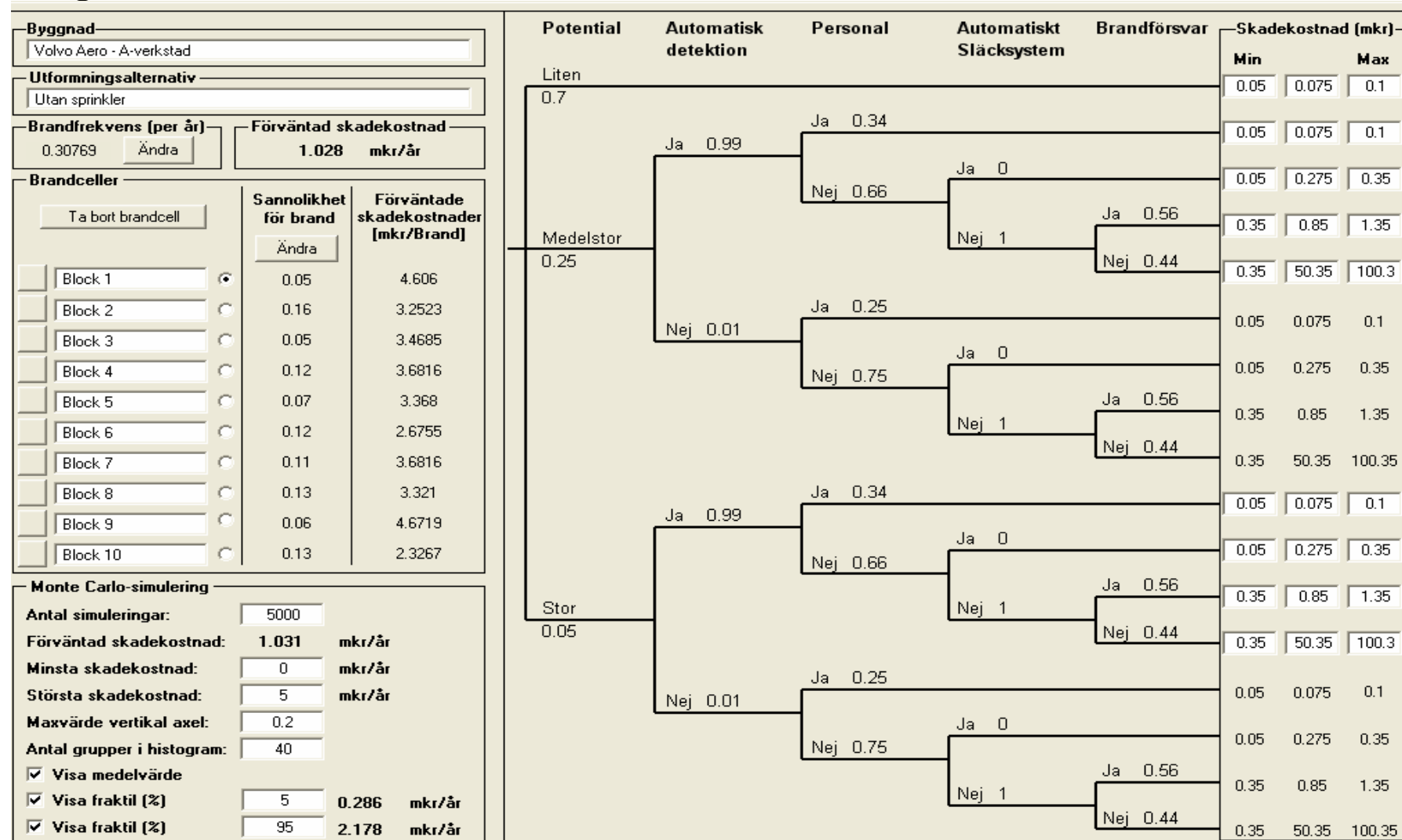
Rummet är öppet och rök från en brand kan upptäckas relativt lätt av personal som befinner sig i rummet. Utifrån sedd kan väggarna skymma röken.

Brandlarm finns i fikarummet.

Antag att en kaffebryggare orsakat en brand som spridit sig till ett skåp ovanför, hur stor är sannolikheten att personalen släcker branden om

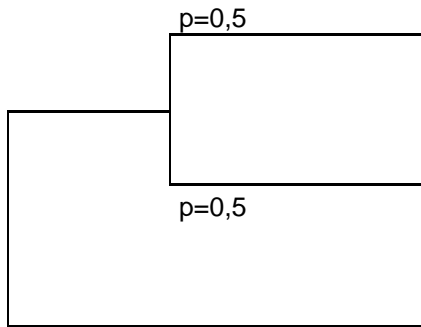
- i) personalen är i fikarummet och larmet fungerar?
- ii) personalen är i fikarummet men larmet fungerar inte?
- iii) personalen är inte i fikarummet men larmet fungerar?
- iv) personalen är inte i fikarummet och larmet fungerar inte?

Bilaga III: Händelseträd



Bilaga IV: Nyttofunktionsundersökning, lotteri 1 av 4

Lotteri 1.1:

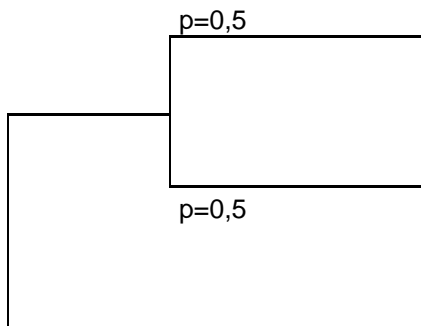


Xmin
-2500

Xmax
0

X11

Lotteri 1.2

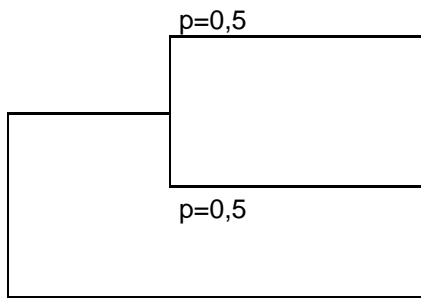


Xmin
-2500

Xmax
X11

X12

Lotteri 1.3

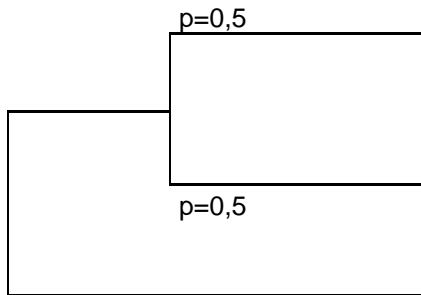


Xmin
-2500

Xmax
X12

X13

Lotteri 1.4



Xmin
-2500

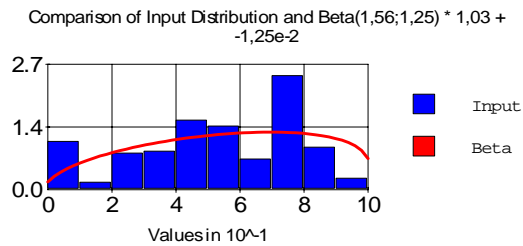
Xmax
X13

X14

Bilaga V: Fördelningar för sannolikheten att personalen släcker en brand

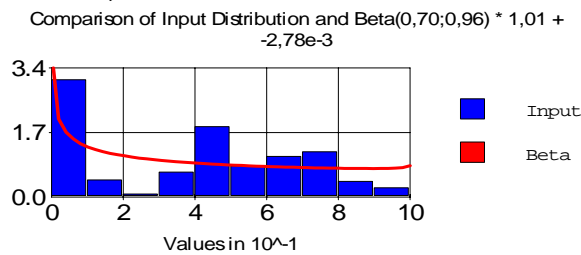
a motsvarar att brandlarmet fungerar (a+c), b att det inte fungerar (b+d) för respektive scenario som presenteras i Bilaga II.

Scenario 1 a)



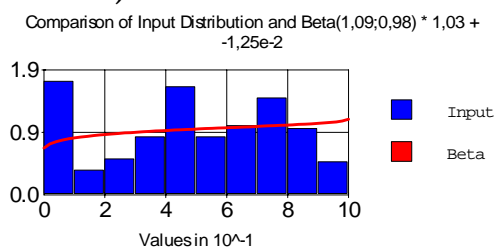
Fördelning: Beta
 medel: 0,556875
 stdev: 0,260777

Scenario 1 b)



Fördelning: Beta
 medel: 0,42125
 stdev: 0,304015

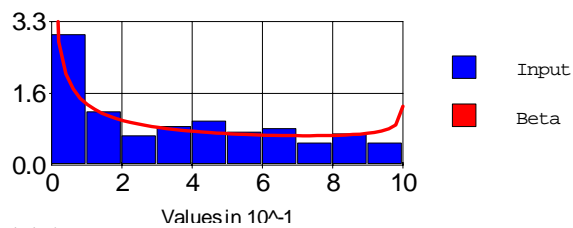
Scenario 2 a)



Fördelning: Beta
 medel: 0,526875
 stdev: 0,292222

Scenario 2 b)

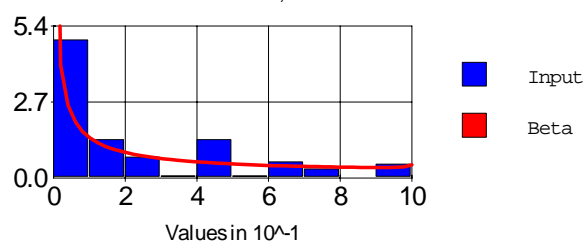
Comparison of Input Distribution and $\text{Beta}(0,52;0,82) * 1,01 + -2,78e-3$



Fördelning: Beta
 medel: 0,387708
 stdev: 0,320807

Scenario 3 a)

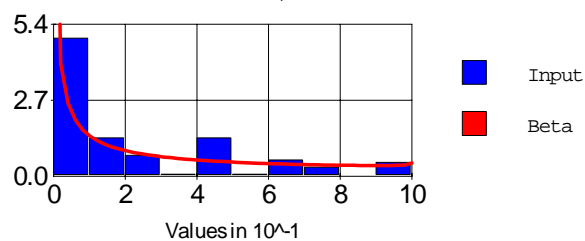
Comparison of Input Distribution and $\text{Beta}(0,31;0,92) * 1,01 + -2,78e-3$



Fördelning: Beta
 Medel: 0,336458
 Stdev: 0,30206

Scenario 3 b)

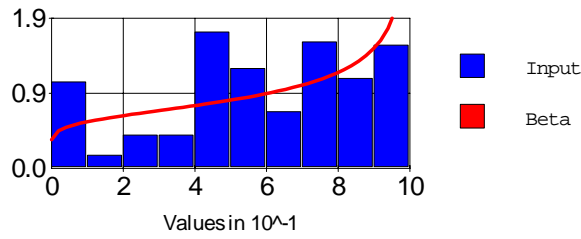
Comparison of Input Distribution and $\text{Beta}(0,31;0,92) * 1,01 + -2,78e-3$



Fördelning: Beta
 Medel: 0,251042
 Stdev: 0,292366

Scenario 4 a)

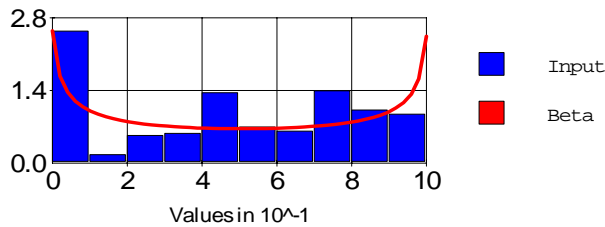
Comparison of Input Distribution and $\text{Beta}(1,13;0,69) * 1,01 + -2,78e-3$



Fördelning: Beta
 Medel: 0,620417
 Stdev: 0,290901

Scenario 4 b)

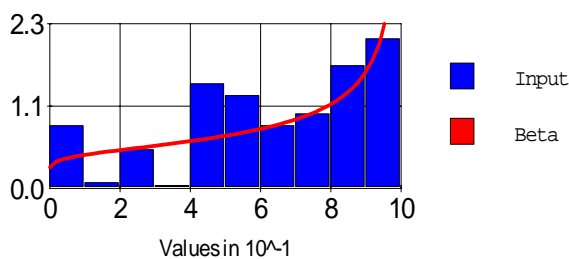
Comparison of Input Distribution and $\text{Beta}(0,56;0,57) * 1,03 + -1,25e-2$



Fördelning: Beta
 Medel: 0,495833
 Stdev: 0,351451

Scenario 5 a)

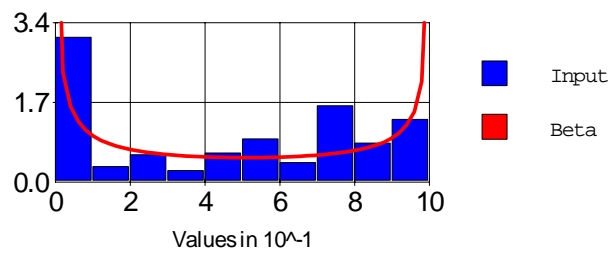
Comparison of Input Distribution and $\text{Beta}(1,11;0,54) * 1,01 + -2,78e-3$



Fördelning: Beta
 Medel: 0,673333
 Stdev: 0,289563

Scenario 5 b)

Comparison of Input Distribution and $\text{Beta}(0,37;0,40) * 1,01 + -4,09e-3$



Fördelning: Beta

Medel: 0,484583

Stdev: 0,378783

Bilaga VI: Matlab

```

function y0=benefit(x,y,x0,plotstr)
% benefit(x,y)
%
% fits a curve to values x>0 and 0<y<1 and plots log10(x) aganst y
% and predicted values.
%
% y0=benefit(x,y,x0)
%
% makes a predicion of the function in the values specified by x0.
%
% y0=benefit(x,y,x0,'plot')
%
% both plots the preditction curve and predicts the values.
if min(x)<=0
    error('x values out of range')
end
if min(y)<=0|max(y)>=1
    error('y values out of range')
end
x=x(:);
y=y(:);

logx=log(x);
if nargin==0|nargin==4
    log10x=log10(x);
    hold off
    figure(gcf)
    plot(log10x,y,'+')
end

logity=log(y./(1-y));
X=[ones(length(logx),1) logx logx.^2] ;
b=X\logity;
logitp=X*b;
if nargin==0|nargin==4
    xaxln=(min(logx):(max(logx)-min(logx))/50:max(logx));
    xaxlg=min(log10x):(max(log10x)-min(log10x))/50:max(log10x);
    X1=[ones(length(xaxln),1) xaxln xaxln.^2];
    yax=exp(X1*b)./(1+exp(X1*b));
    hold on
    plot(xaxlg,yax)
    hold off
    set(gca,'xticklabel',10.^(get(gca,'xtick')))
end
if nargin>2
    sizey0=size(x0);
    x0=x0(:);
    logx0=log(x0);
    x1=[ones(length(logx0),1) logx0 logx0.^2];
    y0=exp(x1*b)./(1+exp(x1*b));

    if nargin==4
        hold on
        plot(log10(x0),y0,'+r')
        hold off
    end
    y0=reshape(y0,sizey0);
end

```

Bilaga VII: Brandscenarier

Följande brandscenarier bedöms vara möjliga utifrån de risker som har identifierats. Dessa brandscenarier ligger till grund för den slutgiltiga skada som kan uppstå och således även för de kostnader som uppstår i samband med branden. Gemensamt för alla bränder är att om mycket rök och brandgaser bildas kan omfattande skador i verksamheten uppstå om saneringsarbetet tar lång tid.

Ställagebrand

En brand som får fäste i ett pallställage förväntas utveckla väldigt hög energi och antas kunna sprida sig till omgivningen. Enligt brandchef Dick Lövgren är en sådan brand mycket svår att kontrollera. Pallställagen i A-verkstaden är placerade så att om branden tar sig i ena sidan går det knappast att se från andra hållet vad som händer. En ställagebrand bedöms ha stor brandpotential.

Brand i gnistbearbetningsmaskin

En brand i en gnistbearbetningsmaskin förväntas få en mycket snabb brandutveckling eftersom det är brandfarliga vätskor som fattar eld. Gnistbearbetningsmaskinen är dock utrustad med punktskydd i form av kolsyresläckare. En brand i en gnistbearbetningsmaskin bedöms ha en medelstor brandpotential.

Brand i tvättanläggningen

Idag är brandrisken i tvättanläggningen förhållandevis låg sedan man övergått till alkaliska tvättmedel. Det finns endast ett kritiskt område idag, fotogentvätten med fotogen av brandklass 3. Brandbelastningen här är låg men risken att en brand uppstår bedöms vara något högre. En brand i tvättskåpet med fotogen förväntas kunna bli begränsad så länge karet är intakt. Det finns dock en risk för att röken sotar ner och kan förstöra flera viktiga maskiner i närheten eller medföra att tvättanläggningen måste stängas för sanering.

Brand i Smöten

I det avskiljda rummet avsett för sprutmålning finns risk för en kall men väldigt intensiv brand som kan skada personalen. Vid brand i lösningsmedel uppstår en flamma som slocknar när lösningsmedlet är slut. En brand i smöten bedöms ha medelstor brandpotential.

Kabelbrand

Kabelbrand kan uppstå på flera ställen. Kabelbrand i en maskin där kablarna som brinner är inneslutna i maskinen förväntas stanna i sin omslutning och inte sprida sig till omgivningen. En brand av detta slag slår då enbart ut startföremålet. Risken för spridning anses vara liten och är beroende av om det finns anhopningar av plastemballage, träpall och dylikt i närheten.

Kabelbrand i taket via en kabelstege kan orsaka rökavgivning av oförbrända gaser och därmed innebära risk för övertändning eller antändning av brandgaser om de inte ventileras bort tillräckligt snabbt.

Ett elfel i en truck kan orsaka brand som förväntas bli intensiv. Beroende var trucken är placerad vid haveriet kan en sådan brand få stor spridning. Truckhaverier utgör således en brandrisk i hela byggnaden.

Kabelbränder i maskiner och i kabelstegar bedöms ha en medelstor brandpotential, medan kabelbrand i en truck kan uppnå stor brandpotential beroende på var trucken är placerad vid olyckstillfället.

Brand vid truckladdningsplats

Skadade kablar där trucken ansluts till sin laddare kan orsaka brand vid truckladdningsplatser. Risken för spridning varierar beroende på laddningsplatsens placering i förhållande till brännbart material. Truckladdningsplatserna är avskiljda med avstånd från övrig verksamhet, men pallar eller emballage kan tillfälligt ha placerats för nära. Med undantag för dessa

tillfälligheter bedöms en brand vid en truckladdningsplats kunna uppnå en medelstor brandpotential.

Brand i svets

I anslutning till svetsar finns acetylgas. Ett haveri i en uttagspost eller brand i en läckande slangrulle utgör de största riskerna. En sådan brand förväntas brinna så länge det finns gas tillgänglig. Beroende på närheten till lättantändligt material finns viss spridningsrisk. Brand i svets bedöms ha en medelstor brandpotential.

Kontorsbrand

De främsta brandstiftarna i kontorsmiljön är radioapparater eller annat som tagits med av personalen. Spridningsmöjligheterna är goda på grund av tillgången på papper, träskrivbord och stolar med stoppning och brandpotentialen bedöms därför vara medelstor.

Brand på grund av hantverkare

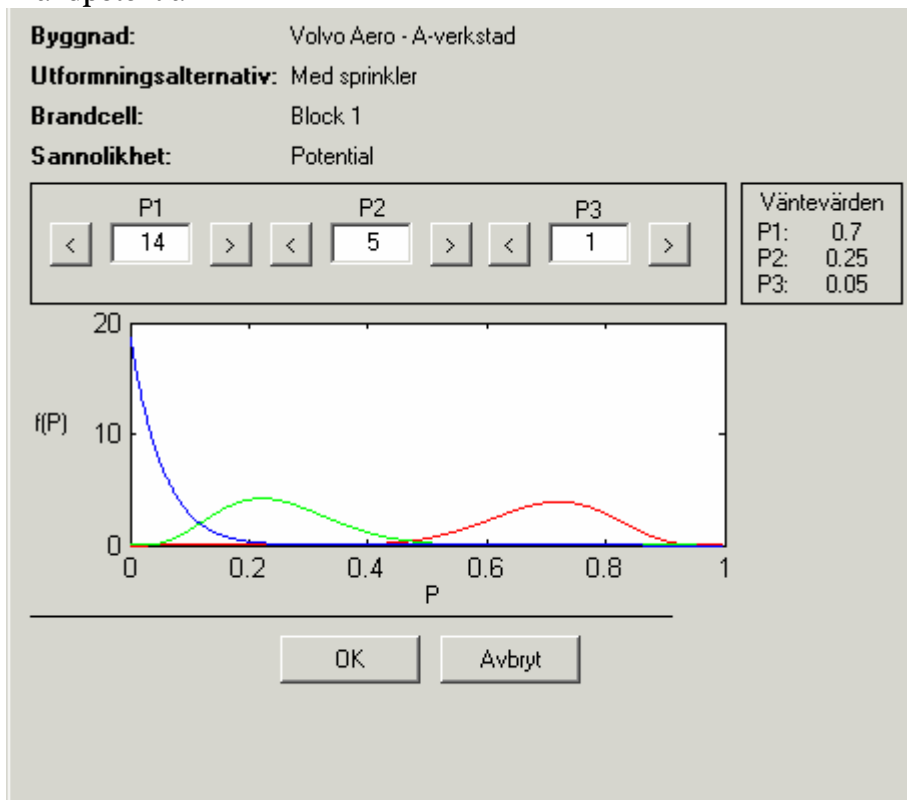
Vid hetarbete som utförs i taket, exempelvis reparationer på ventilationssystemet, finns risk för att gnistor faller ner. Beroende på var arbetet utförs kan stora spridningsmöjligheter finnas. Gnistor som faller ner i pallställage med mycket träpallar och emballage förväntas orsaka kraftig brandspridning. Beroende på var branden får fäste kan brandpotentialen variera, men om den uppstår i ett ställage bedöms brandpotentialen bli stor.

Brand i ugn

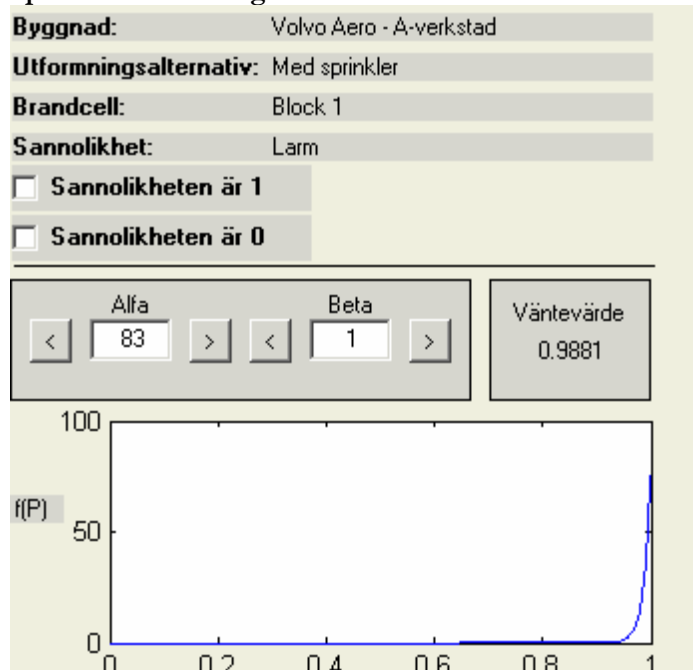
Temperaturen i ugnar som används för upphettning är mycket hög. Ett haveri eller felaktig hantering kan orsaka en intensiv brand, som förväntas kunna få kraftig spridning och således en stor brandpotential.

Bilaga VIII: Inparametrar till beräkningar

Brandpotential



Sprinklers tillförlitlighet

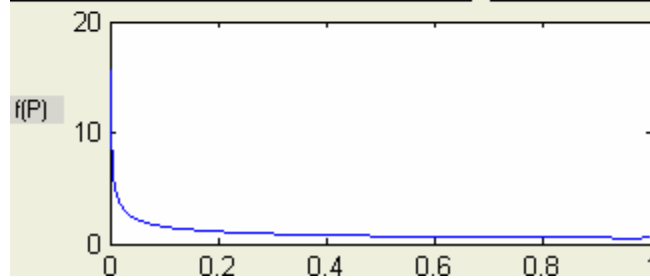


Sannolikhet för att personalen släcker en brand givet att brandlarmet fungerar

Byggnad: Volvo Aero - A-verkstad
Utformningsalternativ: Med sprinkler
Brandcell: Block 1
Sannolikhet: Personal/Larm fungerar

Sannolikheten är 1
 Sannolikheten är 0

Alfa: < 0.5 > Beta: < 0.98 > Väntevärde: 0.33784

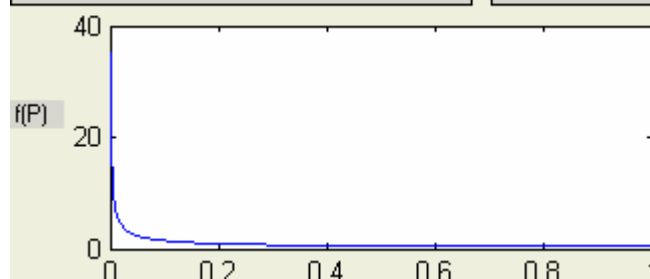


Sannolikhet för att personalen släcker en brand givet att brandlarmet inte fungerar

Byggnad: Volvo Aero - A-verkstad
Utformningsalternativ: Med sprinkler
Brandcell: Block 1
Sannolikhet: Personal/Larm fungerar ej

Sannolikheten är 1
 Sannolikheten är 0

Alfa: < 0.31 > Beta: < 0.91 > Väntevärde: 0.2541



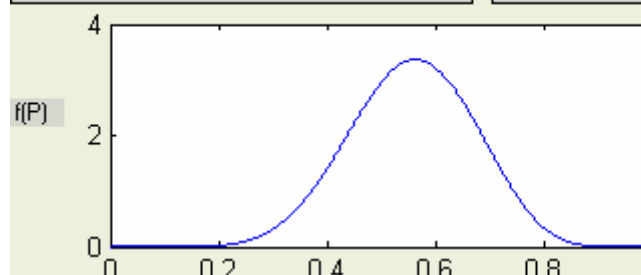
Sannolikhet att brandförsvaret släcker en brand givet att brandlarmet fungerar

Byggnad: Volvo Aero - A-verkstad
Utformningsalternativ: Med sprinkler
Brandcell: Block 1
Sannolikhet: Brandförsvär/Larm fungerar

Sannolikheten är 1
 Sannolikheten är 0

Alfa: Beta:

Väntevärde: 0.55556



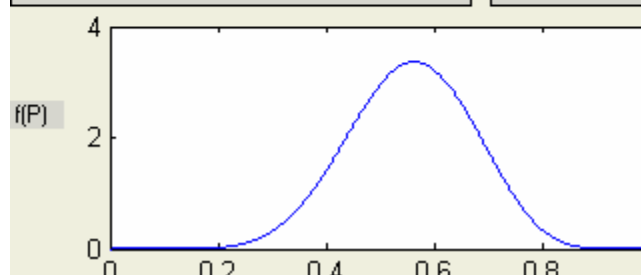
Sannolikhet att brandförsvaret släcker en brand givet att brandlarmet fungerar

Byggnad: Volvo Aero - A-verkstad
Utformningsalternativ: Med sprinkler
Brandcell: Block 1
Sannolikhet: Brandförsvär/Larm fungerar ej

Sannolikheten är 1
 Sannolikheten är 0

Alfa: Beta:

Väntevärde: 0.55556



Bilaga IX: Investeringskalkyl

Alternativ 1				Alternativ 2																																																																																																			
Byggnad:	Volvo Aero - A-verkstad			Byggnad:	Volvo Aero - A-verkstad																																																																																																		
Utformningsalternativ:	Utan sprinkler			Utformningsalternativ:	Med sprinkler																																																																																																		
Brandfrekvens (per år):	0.307692			Brandfrekvens (per år):	0.307692																																																																																																		
Förväntad skadekostnad (mkr/år):	1.028			Förväntad skadekostnad (mkr/år):	0.07																																																																																																		
Investeringskostnad (mkr):	<input type="text" value="0"/>			Investeringskostnad (mkr):	<input type="text" value="4.3131"/>																																																																																																		
Årlig kostnad (mkr/år):	<input type="text" value="0.343135"/>			Årlig kostnad (mkr/år):	<input type="text" value="0.03"/>																																																																																																		
Fil: C:\slask\Volvo\utansprinkler.alt				Fil: C:\slask\Volvo\medsprinkler.alt																																																																																																			
Brandceller				Brandceller																																																																																																			
<input type="radio"/> Block 1 <input type="radio"/> Block 2 <input type="radio"/> Block 3 <input type="radio"/> Block 4 <input type="radio"/> Block 5 <input type="radio"/> Block 6 <input type="radio"/> Block 7 <input type="radio"/> Block 8 <input type="radio"/> Block 9 <input checked="" type="radio"/> Block 10				<input type="radio"/> Block 1 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input type="radio"/> Block 2 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input type="radio"/> Block 3 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input type="radio"/> Block 4 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input type="radio"/> Block 5 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input type="radio"/> Block 6 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input type="radio"/> Block 7 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input type="radio"/> Block 8 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input type="radio"/> Block 9 Samma som Alternativ 1.Ej samma system. <input checked="" type="radio"/> Block 10 Samma som Alternativ 1.Ej samma system.																																																																																																			
Systeminformation				Systeminformation																																																																																																			
<table border="1"> <tr> <td>* Block 10</td> <td colspan="3">0.13</td> </tr> <tr> <td>* Automatisk detektion</td> <td colspan="3">0.988</td> </tr> <tr> <td>* Personal givet detektion</td> <td colspan="3">0.673</td> </tr> <tr> <td>Personal givet ej detektion</td> <td colspan="3">0.481</td> </tr> <tr> <td>* Automatiskt släcksystem</td> <td colspan="3">0</td> </tr> <tr> <td>* Brandförsvar givet detektion</td> <td colspan="3">0.556</td> </tr> <tr> <td>Brandförsvar givet ej</td> <td colspan="3">0.556</td> </tr> <tr> <td>* Brandpotential</td> <td>Liten</td> <td>Medel</td> <td>Stor</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.7</td> <td>0.25</td> <td>0.05</td> </tr> </table>				* Block 10	0.13			* Automatisk detektion	0.988			* Personal givet detektion	0.673			Personal givet ej detektion	0.481			* Automatiskt släcksystem	0			* Brandförsvar givet detektion	0.556			Brandförsvar givet ej	0.556			* Brandpotential	Liten	Medel	Stor		0.7	0.25	0.05	<table border="1"> <tr> <td>* Block 10</td> <td colspan="3">0.13</td> <td><input type="button" value="Samma"/></td> <td><input type="button" value="Skilda"/></td> </tr> <tr> <td>* Automatisk detektion</td> <td colspan="3">0.988</td> <td><input type="button" value="Samma"/></td> <td><input type="button" value="Korrelerade"/></td> <td><input type="button" value="Skilda"/></td> </tr> <tr> <td>* Personal givet detektion</td> <td colspan="3">0.673</td> <td><input type="button" value="Samma"/></td> <td><input type="button" value="Korrelerade"/></td> <td><input type="button" value="Skilda"/></td> </tr> <tr> <td>Personal givet ej detektion</td> <td colspan="3">0.481</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>* Automatiskt släcksystem</td> <td colspan="3">0.96</td> <td><input type="button" value="Samma"/></td> <td><input type="button" value="Korrelerade"/></td> <td><input type="button" value="Skilda"/></td> </tr> <tr> <td>* Brandförsvar givet detektion</td> <td colspan="3">0.556</td> <td><input type="button" value="Samma"/></td> <td><input type="button" value="Korrelerade"/></td> <td><input type="button" value="Skilda"/></td> </tr> <tr> <td>Brandförsvar givet ej</td> <td colspan="3">0.556</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>* Brandpotential</td> <td>Liten</td> <td>Medel</td> <td>Stor</td> <td><input type="button" value="Samma"/></td> <td><input type="button" value="Skilda"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.7</td> <td>0.25</td> <td>0.05</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				* Block 10	0.13			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Skilda"/>	* Automatisk detektion	0.988			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Korrelerade"/>	<input type="button" value="Skilda"/>	* Personal givet detektion	0.673			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Korrelerade"/>	<input type="button" value="Skilda"/>	Personal givet ej detektion	0.481						* Automatiskt släcksystem	0.96			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Korrelerade"/>	<input type="button" value="Skilda"/>	* Brandförsvar givet detektion	0.556			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Korrelerade"/>	<input type="button" value="Skilda"/>	Brandförsvar givet ej	0.556						* Brandpotential	Liten	Medel	Stor	<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Skilda"/>		0.7	0.25	0.05		
* Block 10	0.13																																																																																																						
* Automatisk detektion	0.988																																																																																																						
* Personal givet detektion	0.673																																																																																																						
Personal givet ej detektion	0.481																																																																																																						
* Automatiskt släcksystem	0																																																																																																						
* Brandförsvar givet detektion	0.556																																																																																																						
Brandförsvar givet ej	0.556																																																																																																						
* Brandpotential	Liten	Medel	Stor																																																																																																				
	0.7	0.25	0.05																																																																																																				
* Block 10	0.13			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Skilda"/>																																																																																																		
* Automatisk detektion	0.988			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Korrelerade"/>	<input type="button" value="Skilda"/>																																																																																																	
* Personal givet detektion	0.673			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Korrelerade"/>	<input type="button" value="Skilda"/>																																																																																																	
Personal givet ej detektion	0.481																																																																																																						
* Automatiskt släcksystem	0.96			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Korrelerade"/>	<input type="button" value="Skilda"/>																																																																																																	
* Brandförsvar givet detektion	0.556			<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Korrelerade"/>	<input type="button" value="Skilda"/>																																																																																																	
Brandförsvar givet ej	0.556																																																																																																						
* Brandpotential	Liten	Medel	Stor	<input type="button" value="Samma"/>	<input type="button" value="Skilda"/>																																																																																																		
	0.7	0.25	0.05																																																																																																				
Monte Carlo-simulering				Monte Carlo-simulering																																																																																																			
Kalkylränta	<input type="text" value="14.4"/>	Minvärde horisontell axel:	<input type="text" value="-25"/>	mkr	<input checked="" type="checkbox"/> Visa medelvärde																																																																																																		
Antal år:	<input type="text" value="10"/>	Maxvärde horisontell axel:	<input type="text" value="25"/>	mkr	<input checked="" type="checkbox"/> Visa fraktil (%)	<input type="text" value="5"/>	-1.286 mkr																																																																																																
Antal simuleringar:	<input type="text" value="5000"/>	Maxvärde vertikal axel:	<input type="text" value="0.5"/>		<input checked="" type="checkbox"/> Visa fraktil (%)	<input type="text" value="95"/>	8.055 mkr																																																																																																
		Antal grupper i histogram:	<input type="text" value="40"/>																																																																																																				
				<table border="1"> <tr> <td>Simulera</td> <td>Histogram</td> <td>Tidsanalys</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Risk-justerat kapitalvärde:</td> <td>2.232 mkr</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Robusthet:</td> <td>76.5 %</td> </tr> </table>				Simulera	Histogram	Tidsanalys	Risk-justerat kapitalvärde:		2.232 mkr	Robusthet:		76.5 %																																																																																							
Simulera	Histogram	Tidsanalys																																																																																																					
Risk-justerat kapitalvärde:		2.232 mkr																																																																																																					
Robusthet:		76.5 %																																																																																																					