



LUND UNIVERSITY

Ekonomisk riskanalys av ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358

Tehler, Henrik

1999

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Tehler, H. (1999). *Ekonomisk riskanalys av ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358*. (LUTVDG/TVBB--3102--SE; Vol. 3102). Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University.

Total number of authors:

1

General rights

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

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

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

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

Take down policy

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

LUND UNIVERSITY

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

Ekonomisk riskanalys av ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358

Henrik Johansson

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 3102, Lund 1999



**Ekonomisk riskanalys av
ABB Automation Products
verksamhet i byggnad 358**

Henrik Johansson

Lund 1999

Henrik Johansson

Report 3102

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--3102--SE

Number of pages: 76

Illustrations: Henrik Johansson

Keywords

Risk analysis, economical optimisation, cost-benefit, industrial fire protection

Abstract

The aim of this report has been to perform a risk analysis of ABB Automation Products activity in building 358. The risk analysis consequences are expressed in economical terms and the measurement of the risk is presented as the expected annual cost due to fire. The model used is based on an event tree which describes what happens if a fire breaks out in the building. The effect of different fire prevention measures, such as sprinkler, fire compartments etc. is modelled by using a combination of expert judgement and statistics. Since the scope of the risk analysis deals with the complete building, some relatively simple and partly unvalidated models have been used in order to make the analysis practicable.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 1999.

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

Sammanfattning

Denna rapport är utförd på uppdrag av Styrelsen för Svensk Brandforskning, BRANDFORSK.

Målet har varit att undersöka hur en kvantitativ riskanalysmetodik med inriktning mot ekonomi kan tillämpas på en industrianläggning.

I rapporten analyseras ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358 med hänsyn till brand. Metodiken som använts i analysen är en riskanalysmetodik som bygger på ett händelsetråd, vilket beskriver vad som kan inträffa om en brand uppstår i byggnaden. För att modellera inverkan av brandtekniska system (sprinkler), brandkårens ingripande mm. används expertbedömningar tillsammans med enkla beräkningsmodeller. Eftersom ett av syftena med analysmetodiken har varit att göra den praktiskt användbar har grova och i många fall bara delvis validerade modeller använts för att bedöma effekterna av t.ex. personalens inverkan på brandförloppet. Om mer avancerade modeller använts skulle tidsåtgången för att göra denna typ av analys troligtvis öka väsentligt och det är inte säkert att den ökade precision som i så fall erhållits kan kompensera denna extra tidsåtgång. Därför har (med vetskap om modellernas brister) relativt enkla modeller använts i denna rapport och förhoppningsvis kommer dessa i framtiden att kunna utvecklas och valideras utan att det medför en orimligt stor förlängning av analysiden.

Med hjälp av riskanalysen beräknas sannolikheter för vissa typer av brandscenarier (totalt innefattar analysen över 1000 möjliga brandscenarier). Till varje brandscenario beräknas skadekostnaden som uppkommer om just det aktuella scenariot inträffar.

Med kännedom om kostnaderna för varje delscenario kan skadekostnaden som drabbar ABB respektive ett fiktivt försäkringsbolag räknas ut. Med hjälp av sannolikheterna för varje delscenario räknas den förväntade skadekostnaden per år ut som 154 kkr/år för ABB Automation Products och 98 kkr/år för försäkringsbolaget.

En analys utförs också av två alternativa brandskyddsutformningar. Den ena utformningen innebär att hela byggnaden sprinklas (nuvarande utformning) och den andra utformningen innebär att byggnaden utformas som idag, men utan sprinklersystem. För ca. 5 år sedan hade byggnad 358 inget sprinklersystem och meningen med denna jämförelse är att undersöka om beslutet att installera sprinkler kan stödjas eller inte med hjälp av en ekonomisk riskanalys. I analysen jämförs den förväntade totala kostnaden på grund av brand och brandskydd för de båda alternativen. Den förväntade totala kostnaden för sprinkleralternativet blev mycket mindre (401,5 kkr/år) än den förväntade totala kostnaden då byggnaden inte försågs med sprinkler (3349 kkr/år). Analysen visar alltså att installationen av sprinkler i byggnaden stöds av en ekonomisk riskanalys.

Eftersom ingen osäkerhetsanalys har planerats i fas 1 av projektet så går det ännu inte att avgöra hur säkert resultatet från analysen är. En sådan undersökning är planerad under fas 2, vilket innebär att bättre slutsatser med avseende på risknivån i byggnaden kan erhållas då.

En analys av denna typ borde kombineras med en studie av de dolda kostnader (kostnader som inte täcks av försäkringsskyddet) som drabbar ABB. Om både en osäkerhetsanalys och undersökning av dolda kostnader utförs i kombination med en analys av detta slag kan värdefullt material angående risknivå i byggnaden, samt jämförelser mellan olika brandskyddsalternativ erhållas.

Summary

The aim of this report has been to investigate how a quantitative risk analysis with respect to economical damage can be applied to an industrial facility. The analysis is performed in a building owned by ABB, called building 358.

In the report an event-tree based risk analysis method was used. The benefit from sprinklers, fire compartmentation etc. was modelled using expert judgement in combination with statistics and simple calculation models. Since one goal with the analysis has been to make it practicable, crude and sometimes partly unvalidated models has been used in order to minimize the analysis time. If more advanced models had been used, the time to do an analysis would probably increase dramatically and it is not certain that the increased accuracy in such a model would justify the extra analysis time. Hopefully, the relative simple models that were used in this project will be developed and validated, so that this approach will become frequently used in the future.

From the risk analysis of the building, probabilities for different fire scenarios can be calculated (the analysis contains more than 1000 possible fire scenarios). For each fire scenario a cost due to that particular scenario is calculated.

With knowledge of the costs of each scenario and the probability, the expected annual cost due to fire can be calculated for ABB and for a fictitious insurance company. For ABB the expected damage cost was calculated to be 154000 SEK/year and for the insurance company 98000 SEK/year.

An analysis of two different fire protection alternatives was made. The alternative differences involved the decision whether to sprinkle the whole building or not. Five years ago the building had no sprinkler system and the aim of this comparison is to investigate whether the decision to install sprinkler can be supported or not by an economical risk analysis. In the analysis the expected total cost from fire *and* fire-protection is calculated and compared for the two alternatives. The expected total cost for the sprinkler-alternative was 401500 SEK/year and 3349000 SEK/year for the alternative without sprinkler. This result shows that the decision to install sprinkler is supported by the economical risk analysis. It is however very important to point out that the part of the analysis that involved the calculation of the costs to ABB was performed using crude judgements by the author. This means that this analysis should not be used as an indication of the safety level in the building. If the goal had been to explicitly calculate a measure of the fire risk in the building, this analysis would have to be combined with an investigation of costs that effects ABB for each of the fire-scenarios. During phase 2 of the project, an uncertainty analysis of this report is planned. That analysis will result in a more precise statement concerning the two fire protection alternatives and the safety level in the building.

This kind of report can be very useful when assessing the risk level and comparing different fire protection alternatives in an industrial facility. This analysis will however need to be combined with an uncertainty analysis and an analysis of the hidden losses in order to achieve good precision in the results.

The author wishes to thank the Swedish Fire Research Board (BRANDFORSK), who has financed the report.

Henrik Johansson

Report 3102

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--3102--SE

Number of pages: 76

Illustrations: Henrik Johansson

Keywords

Risk analysis, economical optimisation, cost-benefit, industrial fire protection

Abstract

The aim of this report has been to perform a risk analysis of ABB Automation Products activity in building 358. The risk analysis consequences are expressed in economical terms and the measurement of the risk is presented as the expected annual cost due to fire. The model used is based on an event tree which describes what happens if a fire breaks out in the building. The effect of different fire prevention measures, such as sprinkler, fire compartments etc. is modelled by using a combination of expert judgement and statistics. Since the scope of the risk analysis deals with the complete building, some relatively simple and partly unvalidated models have been used in order to make the analysis practicable.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 1999.

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

Sammanfattning

Denna rapport är utförd på uppdrag av Styrelsen för Svensk Brandforskning, BRANDFORSK.

Målet har varit att undersöka hur en kvantitativ riskanalysmetodik med inriktning mot ekonomi kan tillämpas på en industrianläggning.

I rapporten analyseras ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358 med hänsyn till brand. Metodiken som använts i analysen är en riskanalysmetodik som bygger på ett händelsetråd, vilket beskriver vad som kan inträffa om en brand uppstår i byggnaden. För att modellera inverkan av brandtekniska system (sprinkler), brandkårens ingripande mm. används expertbedömningar tillsammans med enkla beräkningsmodeller. Eftersom ett av syftena med analysmetodiken har varit att göra den praktiskt användbar har grova och i många fall bara delvis validerade modeller använts för att bedöma effekterna av t.ex. personalens inverkan på brandförloppet. Om mer avancerade modeller använts skulle tidsåtgången för att göra denna typ av analys troligtvis öka väsentligt och det är inte säkert att den ökade precision som i så fall erhållits kan kompensera denna extra tidsåtgång. Därför har (med vetskap om modellernas brister) relativt enkla modeller använts i denna rapport och förhoppningsvis kommer dessa i framtiden att kunna utvecklas och valideras utan att det medför en orimligt stor förlängning av analysiden.

Med hjälp av riskanalysen beräknas sannolikheter för vissa typer av brandscenarier (totalt innefattar analysen över 1000 möjliga brandscenarier). Till varje brandscenario beräknas skadekostnaden som uppkommer om just det aktuella scenariot inträffar.

Med kännedom om kostnaderna för varje delscenario kan skadekostnaden som drabbar ABB respektive ett fiktivt försäkringsbolag räknas ut. Med hjälp av sannolikheterna för varje delscenario räknas den förväntade skadekostnaden per år ut som 154 kkr/år för ABB Automation Products och 98 kkr/år för försäkringsbolaget.

En analys utförs också av två alternativa brandskyddsutformningar. Den ena utformningen innebär att hela byggnaden sprinklas (nuvarande utformning) och den andra utformningen innebär att byggnaden utformas som idag, men utan sprinklersystem. För ca. 5 år sedan hade byggnad 358 inget sprinklersystem och meningen med denna jämförelse är att undersöka om beslutet att installera sprinkler kan stödjas eller inte med hjälp av en ekonomisk riskanalys. I analysen jämförs den förväntade totala kostnaden på grund av brand och brandskydd för de båda alternativen. Den förväntade totala kostnaden för sprinkleralternativet blev mycket mindre (401,5 kkr/år) än den förväntade totala kostnaden då byggnaden inte försågs med sprinkler (3349 kkr/år). Analysen visar alltså att installationen av sprinkler i byggnaden stöds av en ekonomisk riskanalys.

Eftersom ingen osäkerhetsanalys har planerats i fas 1 av projektet så går det ännu inte att avgöra hur säkert resultatet från analysen är. En sådan undersökning är planerad under fas 2, vilket innebär att bättre slutsatser med avseende på risknivån i byggnaden kan erhållas då.

En analys av denna typ borde kombineras med en studie av de dolda kostnader (kostnader som inte täcks av försäkringsskyddet) som drabbar ABB. Om både en osäkerhetsanalys och undersökning av dolda kostnader utförs i kombination med en analys av detta slag kan värdefullt material angående risknivå i byggnaden, samt jämförelser mellan olika brandskyddsalternativ erhållas.

Summary

The aim of this report has been to investigate how a quantitative risk analysis with respect to economical damage can be applied to an industrial facility. The analysis is performed in a building owned by ABB, called building 358.

In the report an event-tree based risk analysis method was used. The benefit from sprinklers, fire compartmentation etc. was modelled using expert judgement in combination with statistics and simple calculation models. Since one goal with the analysis has been to make it practicable, crude and sometimes partly unvalidated models has been used in order to minimize the analysis time. If more advanced models had been used, the time to do an analysis would probably increase dramatically and it is not certain that the increased accuracy in such a model would justify the extra analysis time. Hopefully, the relative simple models that were used in this project will be developed and validated, so that this approach will become frequently used in the future.

From the risk analysis of the building, probabilities for different fire scenarios can be calculated (the analysis contains more than 1000 possible fire scenarios). For each fire scenario a cost due to that particular scenario is calculated.

With knowledge of the costs of each scenario and the probability, the expected annual cost due to fire can be calculated for ABB and for a fictitious insurance company. For ABB the expected damage cost was calculated to be 154000 SEK/year and for the insurance company 98000 SEK/year.

An analysis of two different fire protection alternatives was made. The alternative differences involved the decision whether to sprinkle the whole building or not. Five years ago the building had no sprinkler system and the aim of this comparison is to investigate whether the decision to install sprinkler can be supported or not by an economical risk analysis. In the analysis the expected total cost from fire *and* fire-protection is calculated and compared for the two alternatives. The expected total cost for the sprinkler-alternative was 401500 SEK/year and 3349000 SEK/year for the alternative without sprinkler. This result shows that the decision to install sprinkler is supported by the economical risk analysis. It is however very important to point out that the part of the analysis that involved the calculation of the costs to ABB was performed using crude judgements by the author. This means that this analysis should not be used as an indication of the safety level in the building. If the goal had been to explicitly calculate a measure of the fire risk in the building, this analysis would have to be combined with an investigation of costs that effects ABB for each of the fire-scenarios. During phase 2 of the project, an uncertainty analysis of this report is planned. That analysis will result in a more precise statement concerning the two fire protection alternatives and the safety level in the building.

This kind of report can be very useful when assessing the risk level and comparing different fire protection alternatives in an industrial facility. This analysis will however need to be combined with an uncertainty analysis and an analysis of the hidden losses in order to achieve good precision in the results.

The author wishes to thank the Swedish Fire Research Board (BRANDFORSK), who has financed the report.

	Sida
Sammanfattning	i
Summary	ii
1. Inledning.....	1
2. Beskrivning av byggnaden och verksamheten	3
2.1. BYGGNADSUPPDELNING	3
3. Brandfrekvens och typbränder	5
3.1. BAYES SATS	6
3.2. FÖRDELNING AV BRÄNDER	8
3.3. TYPBRÄNDER	12
3.3.1. Icke termiska skador	13
3.3.2. Termiska skador	17
3.3.3. Typbrandsfördelningar	17
4. Brandkårens ingripande	21
4.1. TIDSÅTGÅNG	21
5. Personalens ingripande	23
6. Brandscenarier	25
6.1. BRANDFREKVENNS OCH BRANDFÖRDELNING	25
6.2. BRANDLARMETS TILLFÖRLITLIGHET	26
6.3. SPRINKLERSYSTEMETS TILLFÖRLITLIGHET	27
6.4. BRANDKÅRENS INSATS	28
6.5. EFFEKTUTVECKLING	32
6.6. SPRIDNING AV BRAND MELLAN BRANDCELLER	34
7. Skadekostnader.....	37
7.1. OMRÅDE 1, NYA PK VERKSTADEN	40
7.1.1. Medelstor brand	40
7.1.2. Stor brand	40
OMRÅDE 2, A VERKSTADEN	41
7.1.3. Medelstor brand	41
7.1.4. Stor brand	41
7.2. OMRÅDE 3, FÖRRÅD, NORRA DELEN	42
7.2.1. Medelstor brand	42
7.2.2. Stor brand	42
7.3. OMRÅDE 4, ABB TRAINING CENTER	42
7.3.1. Medelstor brand	42
7.3.2. Stor brand	42
7.4. OMRÅDE 5, EMC	43
7.4.1. Medelstor brand	43
7.4.2. Stor brand	43
7.5. OMRÅDE 6, PS VERKSTADEN	44
7.5.1. Medelstor brand	44
7.5.2. Stor brand	44
7.6. OMRÅDE 7, P KONTORET	45
7.6.1. Medelstor brand	45
7.6.2. Stor brand	45
7.7. OMRÅDE 8, PK VERKSTADEN	46
7.7.1. Medelstor brand	46
7.7.2. Stor brand	46
7.8. SAMMANFATTNING	47
8. Förväntad skadekostnad och riskprofil.....	49
8.1. HÄNDELSETRÄD	49
8.2. FÖRVÄNTAD SKADEKOSTNAD	51
8.3. RISKPROFIL	52
8.4. RISKATTITYD	53
8.5. JÄMFÖRELSE MELLAN OLIKA BRANDSKYDDSSALTERNATIV	55
8.5.1. Exempel	56
8.6. ACCEPTANSKRITERIER	58
9. Resultat och diskussion	61
10. Referenser	63
BILAGA 1: Byggnad 358.....	65
BILAGA 2: Händelseträäd för brand i byggnad 358.....	67

1. Inledning

Föreliggande rapport behandlar byggnad 358 på Finnslättens industriområde i Västerås. Byggnaden tillhör ABB Fastighet och hyrs av andra bolag inom ABB koncernen. För tillfället bedriver ABB Automation Products, ABB Relay och ABB Installation verksamhet i byggnaden.

Syftet med rapporten är att göra en riskanalys (med avseende på brand) av de delar av byggnaden som används av ABB Automation Products, vilket är större delen av byggnaden. Meningen är att riskvärderingen skall vara kvantitativ, d.v.s. risknivån skall uttryckas som den förväntade årliga skadekostnaden till följd av brand. Metodiken, som har redovisats i Mattsson /2/ och Johansson /1/, är under utveckling och därför tjänar detta arbete även som en test för att se om något i metodiken behöver ändras eller kompletteras.

Brandfrekvensen (hur ofta det brinner i byggnaden) skattas först med hjälp av generella ekvationer och bedömningar av författaren. Denna skattning uppdateras sedan med hjälp av tillbudsstatistik från byggnaden.

Med hjälp av den skattade brandfrekvensen kan sannolikheten för 1 brand/år, 2 bränder/år, o.s.v. beräknas. För att beskriva vad som händer när det brinner används ett händelseträd till vilket olika delmodeller ansluts. Dessa delmodeller beskriver till exempel personalens möjligheter att släcka branden, sprinklersystemets tillförlitlighet mm. I händelseträdet representeras de olika delmodellerna med sannolikhetsnoder som visar sannolikheten för en lyckad insats eller ej.

I "toppen" på de olika grenarna i händelseträdet som redovisas i bilaga 2 finns ett antal delscenarier, vilket är en beskrivning av ett brandförlopp. Varje delscenario är förknippade med en sannolikhet som räknas ut genom att utvärdera händelseträdet. Delscenarierna är också förknippade med en skadekostnad (d.v.s. vad det aktuella skadescenariet kostar ABB).

Genom att beräkna summan av alla sannolikheter och kosekvenser för de olika delscenarierna fås den förväntade skadekostnaden vid *en brand*. Med hjälp av detta värde kan den förväntade skadekostnaden *per år* beräknas genom att multiplicera brandfrekvensen med den förväntade skadekostnaden vid *en brand*. Den förväntade skadekostnaden per år utgör tillsammans med riskprofilen ett bra mått på riskerna i byggnaden. Riskprofilen beskriver hur skadekostnaderna är fördelade, d.v.s. hur stor sannolikheten är att skadekostnaden överstiger ett viss värde, och den beräknas också med hjälp av händelseträdet.

2. Beskrivning av byggnaden och verksamheten

Byggnad 358 är till största delen en enplansbyggnad. Den totala ytan av lokalerna omfattar cirka 55000 m². ABB Automation Products disponerar den största delen av byggnaden, men även andra hyresgäster såsom ABB Relay och ABB Installation finns representerade. Byggnaden uppfördes 1967 och har byggts till i omgångar. Den senaste tillbyggnaden skedde 1995.

Bärande väggar och bjälklag är utförda i betong. Takets bärande konstruktion består av betong och stålbalkar. Ovanpå dessa stålbalkar vilar trapetsprofilerad plåt med mineralullsisolering. Taket har ett väderskydd av tjärpapp. Invändigt är takhöjden cirka 10 meter.

Byggnaden är försedd med ett heltäckande sprinklersystem och automatiskt bandlarm vidarekopplat till den kommunala brandkåren. Det automatiska brandlarmet aktiverar även ett internt utrymningslarm. När utrymningslarmet aktiveras via brandlarmet sker endast en lokal larmning, d.v.s. larmet ljuder endast i de lokaler som är placerade närmast branden. För att aktivera larmet i resten av byggnaden krävs en manuell aktivering. Vissa av maskinerna i byggnaden är försedda med fasta släcksystem där koldioxid är det släckande mediet.

Byggnaden är indelad i brandceller enligt bilaga 1. Brandcellernas ytor är generellt sett stora. De största brandcellerna är PS-verkstaden och A-verkstaden som båda upptar en yta av cirka 7500 m².

Inom ABB Automation Products finns fem divisioner varav tre disponerar lokaler i byggnad 358. Kraftmätarprodukter (A) bedriver tillverkning av stressometersystem, valskraftsmätare mm. i område 2 (se ritning i bilaga 1), Automationsprodukter och system monterar automationssystem i område 6 och Kretskortsdivisionen producerar kretskort i område 1 och 8.

Totalt arbetar cirka 1200 personer i byggnaden.

2.1. Byggnadsuppdelning

Byggnad 358 är uppdelad i ett antal brandceller, vilka kan ses på ritningen i bilaga 1. Till stor del följer den uppdelning som används i analysen brandcellsindelningen.

Följande uppdelning är tänkt att användas:

Område 1, Nya PK verkstaden. Detta utrymme är en kretskortsverkstad där cirka 360 personer arbetar med de olika automatiserade produktionslinjerna som monterar elektronikkomponenter på kretskort.

Område 2, A verkstaden. Hela detta område är en enda brandcell. I A verkstaden tillverkas stressometersystem, vilka kan användas för att mäta krafter inom t.ex. metallindustrin. I A verkstaden arbetar cirka 75 personer.

Område 3, Förråd. Detta utrymme används som förråd och påminner om ett lager. Lagringshöjden på vissa ställen är omkring 4 meter.

Område 4, ABB Training Center. I dessa skollokaler utbildas ABB Automation Products kunder i att använda automationssystemen som säljs. Omkring 40 elever vistas dagligen i detta område.

Område 5, EMC. I detta område testas elektronikkomponenter. Ungefär halva området är kontor och andra halvan en avancerad testanläggning. Kontoret ser ut som vilket annat kontor som helst och utgör ingen speciell brandrisk. Det speciella rum där provningarna genomförs är klätt med absorbenter för att reducera läckage av elektromagnetisk strålning. Beklädnaden är inte brännbar, men eftersom rummet utnyttjas för tester kan i princip vad som helst finnas där. Vanligtvis rör det sig om en mindre mängd elektrisk utrustning, där den största brandrisken anses vara elkablar och eventuell brännbart material för förvaring (t.ex. träpallar).

Område 6, PS Verkstaden. I denna lokal sker manuell montering av automationssystem. Montering sker vid arbetsstationer som är spridda över lokalen. Vid arbetsstationerna förekommer en hel del kartonger och annat brännbart material. I lokalen förekommer också en del lagring. Lagringshöjden är i många fall (längs väggarna) ända upp till taket. Förutom lagringen längs väggarna förekommer också lagerhyllor ute i lokalen, dessa är dock något lägre (cirka 5 meter). I utrymmet finns också en kontorsavdelning som är placerad längs den östra ytterväggen.

Område 7, P kontoret. I detta område finns kontorslokaler. Taket består av ett nerpendlat undertak och takhöjden är normal rumshöjd. P kontoret är uppbyggt som ett traditionellt kontorslandskap med skärmväggar som skiljer arbetsplatserna åt. P kontoret bemannas av personal som tillhör kretskortstillverkningen.

Område 8, PK verkstaden. I PK verkstaden tillverkas kretskort i fyra produktionslinjer. Förutom dessa linjer finns 22 stycken testplatser där de färdiga komponenterna testas innan förpackningen.

Område 9, Övriga byggnaden. I den resterande delen av byggnaden som inte disponeras av ABB Automation Products finns andra ABB företag. Denna analys innefattar inte skador som uppstår inom dessa områden.

3. Brandfrekvens och typbränder

I en industribyggnad uppstår alltid bränder med en viss frekvens. Det kan tyckas att det "aldrig brinner" i vissa typer av industrier där det endast finns minimalt med brännbart material, men detta innebär inte att det inte *kan* brinna i byggnaden. I dessa typer av byggnaden är dock brandfrekvensen så låg att människor uppfattar de som om det aldrig brinner.

Byggnad 358 betraktas som ett teknisk system i vilket fel (brand) uppstår med en viss genomsnittlig brandfrekvens λ . För att skatta brandfrekvensen i byggnaden som helhet används bedömningar av författaren, ekvationer som redovisats i /1/ samt tillbudsinformation från byggnad 358. Genom att kombinera dessa tre informationskällor kan osäkerheterna vad gäller brandfrekvensen minskas.

Som utgångsläge för skattningen av brandfrekvensen används följande ekvation från /3/:

Ekvation 1

$$\lambda = a A_F^b$$

där

λ = Brandfrekvensen (år^{-1})

A_F = Arean av den industri som brandfrekvensen skall beräknas för (m^2)

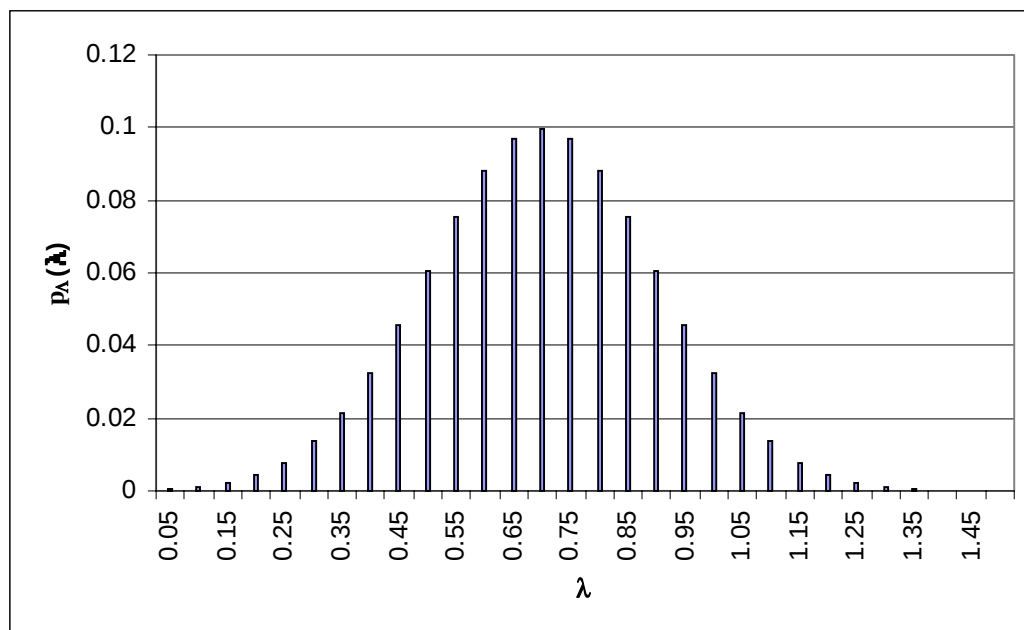
a = Konstant beroende på verksamheten i lokalen.

b = Konstant beroende på verksamheten i lokalen.

Faktorerna a och b beror av verksamheten i lokalerna. De kategorier som skulle kunna tänkas representera byggnad 358 är "All tillverkningsindustri", "Elektrisk industri" och "Annan tillverkning". Beroende på vilken typ av industri som byggnaden tillhör resulterar användandet av Ekvation 1 i följande brandfrekvenser: 0.6, 3.8 och 0.7 år^{-1} . Vad kategorin "Elektrisk industri" innebär är svårt att säga eftersom dokumentationen av detta är bristfällig i referens /3/. Kategorin "Elektrisk industri" resulterar i en brandfrekvens som är cirka 6 gånger så hög som i kategorin "All tillverkningsindustri" och "Annan tillverkning". Ett grövre verktyg för att skatta brandfrekvensen i en byggnad redovisas av Rahikainen och Keski-Rhakonen i /4/ där brandfrekvensen uttrycks som $10^{-5} \text{ m}^{-2} \text{ år}^{-1}$. Detta resulterar i brandfrekvensen $0,55 \text{ år}^{-1}$ för byggnad 358.

Vid besiktning av lokalerna i byggnad 358 bedömdes sannolikheten för brands uppkomst kunna representeras med brandfrekvensen $0,7 \text{ år}^{-1}$.

En viss osäkerhet finns naturligtvis i denna skattning, därför antas att frekvensen kan representeras med en fördelning i stället för ett enskilt värde. Denna fördelning antas vara diskret och se ut som Figur 1. Medelvärdet av fördelningen är $0,7 \text{ år}^{-1}$, alltså det värde som precis skattades. Eftersom brandfrekvensen i fortsättningen kommer att betraktas som en stokastisk variabel (slumpvariabel) används stora lambda (Λ) som symbol för variabeln (brandfrekvensen) och lilla lambda för argumentet.



Figur 1 Apriorifördelning för brandfrekvensen i byggnad 358.

Den fördelning som precis skattats för brandfrekvensen i byggnaden kallas apriorifördelning och representerar kunskapen om brandfrekvensen i byggnaden innan några mätningar har genomförts, d.v.s. innan tillbudsstatistiken har undersökts. Observera att Figur 1 visar ett stolpdiagram, d.v.s. det är staplarnas höjd som är av intresse, inte deras yta.

3.1. Bayes sats

Med hjälp av Bayes sats kan en skattning av en frekvens uppdateras genom att även ta hänsyn till mätningar av fenomenet som skall beskrivas. I detta fall representeras mätningarna med den tillbudsstatistik som ABB Automation Products har samlat sedan 1996. Inte alla händelser som finns upptagna i tillbudsstatistiken kan klassas som bränder, varför en bedömning av vilka tillbud som faktiskt var en initialbrand måste göras.

De fyra tillbud som klassas som initialbränder redovisas i Tabell 1.

Datum	Orsak	Position
96-10-30	Brand i blästerfilter.	område 2
97-05-03	Kretskort fastnade i ugn, kolade.	område 1
97-06-05	Kretskort fastnade i ugn, kolade.	område 1
97-07-27	Golvslipmaskin började brinna.	korridor mellan områden

Tabell 1 Brandtillbud under 1996 och 1997.

Sannolikheten att 1,2,3... bränder skall uppkomma under en viss tidsperiod kan beskrivas med en Poisson-fördelning. En Poisson-fördelning uppträder då händelser inträffar slumpmässigt i tiden eller rummet, d.v.s. när händelserna är oberoende av varandra och kan inträffa när som helst. Dessutom förutsätts det att händelserna inträffar med en konstant frekvens så att Λ händelser inträffar i genomsnitt per tidsenhet. Dessa villkor anses gälla för bränder i byggnad 358.

Ekvation 2

$$p_x(x) = e^{-(\Lambda \cdot t)} \cdot (\Lambda \cdot t)^x / x!$$

X =	Antalet bränder under tidsperioden.
$p_x(x)$ =	Sannolikheten att just x bränder inträffar under tidsperioden.
Λ =	Brandfrekvensen (år ⁻¹).
t =	Tidsperioden som är aktuell (år).

Antalet bränder per år betraktas som en Poisson-fördelning (se Ekvation 2). Brandfrekvensen (Λ) i Ekvation 2 kan beskrivas med fördelningen i Figur 1 (osäkerhet råder om vilket värde brandfrekvensen antar). Med hjälp av Bayes sats kan vår ursprungliga skattning av brandfrekvensen Λ uppdateras genom användandet av information som finns i tillbudsstatistiken. Bayes sats (se t.ex. /9/) beskrivs i Ekvation 3.

Ekvation 3

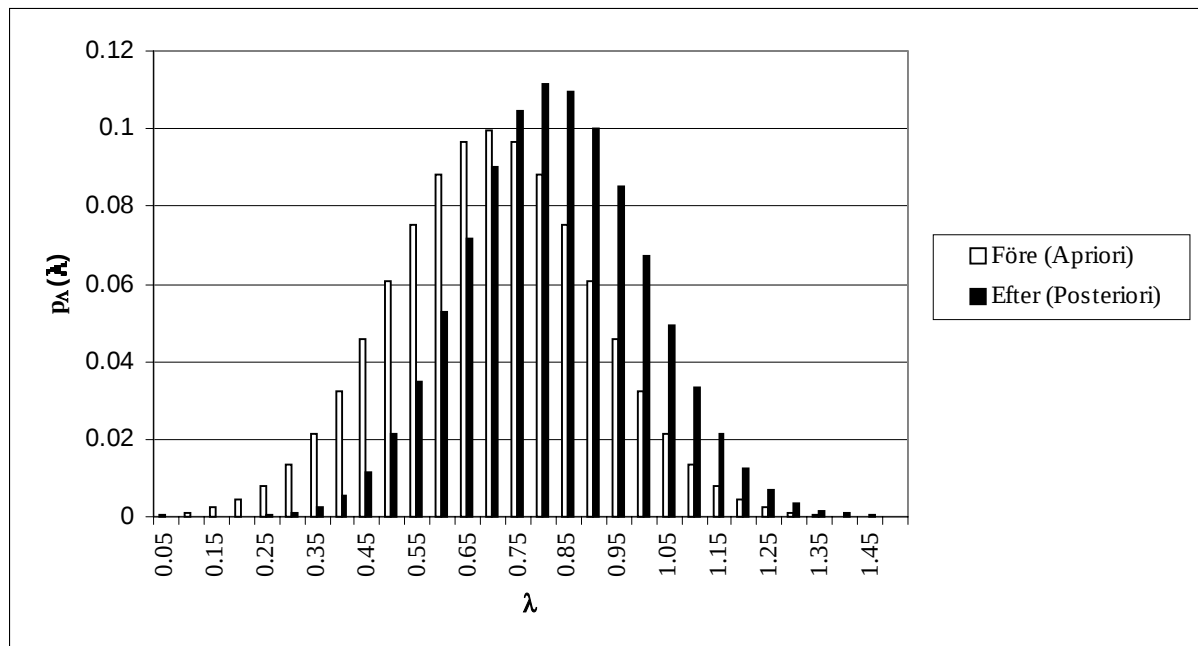
$$P(\lambda_i / A) = \frac{P(\lambda_i) \cdot P(A / \lambda_i)}{\sum_{j=1}^n P(\lambda_j) \cdot P(A / \lambda_j)}$$

$P(\lambda_i / A)$ innebär sannolikheten för att brandfrekvensen Λ skall anta värdet λ_i givet att informationen i tillbudsstatistiken är känd (händelsen A). $P(\lambda_i)$ är sannolikheten att brandfrekvensen skulle anta värdet λ_i innan informationen i tillbudsstatistiken beaktats (apriorifördelningen) och $P(A / \lambda_i)$ är sannolikheten att händelsen A (tillbudsstatistiken) skulle inträffat om λ_i var den korrekta brandfrekvensen.

För ABB Automation Products kan följande värden utläsas ur tillbudsstatistiken (endast 1996 och 1997 års statistik används):

t = 2 år (antal år som mätningen pågått)
x = 4 st (antal bränder som uppkommit)

Genom att använda Bayes sats tillsammans med tillbudsstatistiken, samt antagandet att antalet bränder under ett år är Poisson-fördelat kan apriorifördelnigen uppdateras och resultatet blir en posteriorifördelning, vilken kan ses i Figur 2.



Figur 2 Brandfrekvensens apriorifördelning (före uppdatering med tillbudsstatistik) och posteriorifördelning (efter uppdatering).

Medelvärdet för den nya skattningen av brandfrekvensen ($\bar{\lambda}$) blir 0,82 bränder per år, vilket är en ökning (jämfört med innan uppdateringen) med 17%.

0,82 bränder per år är den nya skattningen av brandfrekvensen i byggnad 358.

3.2. Fördelning av bränder

När en brand börjar i en byggnad kan den i princip uppstå var som helst, men det finns vissa utrymmen där sannolikheten för en brand är större. Detta faktum visas i Tabell 2 där den procentuella fördelningen av bränder i industrigruppen "Annan tillverkningsindustri" under 1996 redovisas. Som synes i tabellen är det utrymmena "Produktionslokal" och "Hall" som bränder oftast uppkommer i. Den fördelning som redovisas i Tabell 2 är hämtade från Räddningsverkets insatsstatistik för 1996 /5/. Det kan vara svårt att definiera ett utrymme i en industri som produktionslokal, verkstad eller hall. Därför kan det vara aktuellt att slå ihop t.ex. två grupper till en. I byggnad 358 kommer hall och verkstad att ingå i gruppen produktionslokal.

I förra avsnittet räknades brandfrekvensen för den totala byggnaden ut som $0,82 \text{ år}^{-1}$. Eftersom skillnaden i konsekvens blir stor beroende på om branden börjar i t.ex. kretskortsverkstaden eller i utbildningslokalen måste även sannolikheten för att branden börjar i olika områden skattas. Dessa sannolikheter skattas med förutsättningen att brand har uppkommit i byggnaden, d.v.s. det är givet att brand har uppstått. Att någonting är givet symboliseras med "/" . $P(O_1/\text{Brand})$ betyder alltså "sannolikheten för brand i område 1 givet brand i byggnaden".

För att kunna beräkna t.ex. $P(O_1/\text{Brand})$ används statistiken som redovisats i Tabell 2 för att få en första skattning av förhållandena mellan de olika utrymmen.

Eftersom alla utrymmen som redovisas i Tabell 2 inte finns i byggnad 358 tas dessa bort (inklusive kategorierna "Inte angivet", "Annat" och "Okänd") och fördelningen modifieras så att förhållandet mellan de olika utrymmena bibehålls. Resultatet visas i Tabell 3 (kolumnen "före justering").

	Annan Tillverkningsindustri
Startutrymme	
Inte angivet	10,1
Utomhus	2,3
Fristående hus	1,3
Förråd	0,3
Kök	1,0
Skorsten	0,6
Pannrum	2,6
Luftbehandlingsutrymme	2,9
Hall	14,0
Verkstad/Hobbyrum	1,0
Vind	1,6
Elcentral	4,2
Produktionslokal	27,6
Personalutrymme	1,9
Kontor	0,3
Datacentral	0,3
Lastbrygga	1,3
Lager	1,6
Höupplag/Loge/Lada	0,3
Cistern	0,6
Silo	2,6
Annat	18,8
Okänd	2,6
Totalt antal bränder	308 st

*Tabell 2 Brandfördelning i gruppen "annan
tillverkningsindustri" under 1996.*

Kategorin utomhus innebär att en brand startar utanför byggnaden och sprider sig in. Vid visuell besiktning av byggnad 358 har det konstaterats att ordningen utanför byggnaden är god, d.v.s. det finns inget eller mycket lite material lagrat under skärmtak, vid fönster etc. Omfattningen av lagring under de skärmtak som finns är ringa och dessutom är båda dessa områden placerade på avspärrat område som låses nattetid. Fasaderna är till största delen av tegel, vilket försvårar spridning till fasad och upp på taket. Brandspridning utifrån och in i byggnad 358 bedöms mindre sannolikt än normalt i denna typ av byggnad och kommer att bortses från i analysen.

Kategorierna Hall och Verkstad anses ingå i kategorin Produktionslokal.

Sannolikheten för lagerbränder justeras från 2,6 till 2% eftersom anläggningen bedöms ha mindre andel lager än normalt för denna storlek av byggnad. Det är möjligt att lagringsvolymen är normal, men eftersom lagring till stor del sker ute i produktionslokalerna innebär detta att förhållandena blir mer som i en produktionslokal än som i en lagerlokal.

Startutrymme	Före justering	Efter justering
Utomhus	3,7	0
Förråd	0,5	0,5
Kök	1,6	0
Skorsten	1	0
Pannrum	4,2	0
Luftbehandlingsutrymme	4,7	5
Hall	22,6	0
Verkstad	1,6	0
Elcentral	6,8	7
Produktionslokal	44,5	81,5
Personalutrymme	3,1	4
Kontor	0,5	0,5
Datacentral	0,5	0,5
Lastbrygga	2,1	0
Lager	2,6	2

Tabell 3 Brandfördelning i byggnad 358 före och efter justering med hjälp av bedömningar.

Innan beräkningen av brandfrekvens i de olika anläggningsdelarna inleds måste areorna av de olika verksamhetsområdena uppskattas. Denna beräkning görs med väldigt stora osäkerheter eftersom det är upp till författaren att bedöma vilken kategori som verksamheten i de olika delarna skall placeras. Dessutom är det svårt att uppskatta ytorna av de olika verksamheterna eftersom de vanligtvis inte finns utmärkta på ritningar. Den bedömning som gjorts redovisas i Tabell 4.

Område	Delarea								Total area
	Produktions-lokal	Elcentral	Kontor	Lager	Personal-utrymme	Datacentral	Luft-behandling	Förråd	
1	1200	40	250	900	250	10	40	3000	5690
2	7650	40	900	0	300	10	300	0	9200
3	0	0	0	600	0	0	300	1000	1900
4	0	10	4100	0	0	0	0	400	4510
5	290	0	650	0	0	0	30	0	970
6	6600	20	600	800	250	10	50	0	8330
7	0	0	2500	0	100	0	0	0	2600
8	5250	40	0	600	100	10	30	0	6030
9	9000	70	3800	2000	500	30	400	0	15800
Summa	29990	220	12800	4900	1500	70	1150	4400	55030

Tabell 4 Uppskattade areor i byggnad 358.

Dessa areor används för att bedöma sannolikheten att branden uppstår i just det aktuella området, givet att brand uppstått i byggnaden. Dessutom tas hänsyn till vilken verksamhet som bedrivs i området.

Följande beteckningar kommer att användas i fortsättningen:

Pr = Brand i produktionslokal

El = Brand i elcentral

La = Brand i lagerlokal

Pe = Brand i personalutrymme

Da = Brand i datacentral

Lu = Brand i luftbehandlingsutrymme

Fö = Brand i förråd

Ko = Brand i kontor

O_k = Brand i område k

Brand = Brand i byggnaden

A_{V,O(k)} = Area där verksamheten V bedrivs i område (k).

A_{V,T} = Total area i byggnaden där verksamheten V bedrivs

Där V är kontor, lager, produktionslokal etc. och k = 1,2,3,4,...,9

För att bedöma sannolikheten för brand i ett viss område, givet brand i byggnaden, används en metod där sannolikheterna bestäms med hänsyn till vilken storlek det aktuella området har respektive vilken verksamhet som bedrivs där (se Ekvation 4). Detta innebär att ju större området är desto större sannolikhet är det att branden börjar där och om verksamheten i området till största delen är produktionslokal så är sannolikheten för brand större än om området varit kontor. Sannolikheten att branden börjar i en viss typ av verksamhet (t.ex. P(Pr/Brand) fås från Tabell 3).

Ekvation 4

$$P(O_k/Brand) = \sum_{V=Pr,El,...,Ko} P(V/Brand) \cdot \frac{A_{V,O(k)}}{A_{V,T}}$$

P(V/Brand) = Sannolikheten att en brand börjar i verksamhet V givet att brand utbrutit i byggnaden.

A_{V,O(k)} = Arean i område k där verksamhet V bedrivs.

A_{V,T} = Arean av samtliga utrymmen där verksamhet V bedrivs i byggnaden.

V = Pr, El, La, Pe, Da, Lu, Fö, Ko. Se övre delen av denna sida.

Ekvation 4 innebär att sannolikheten för att branden startar i just det aktuella området viktas med avseende på områdets storlek och verksamheten i området.

Beräkning av P(O_k) för de olika områdena resulterar i Tabell 5.

Område	P(O _k /Brand)
1, Nya PK verkstaden	6.1
2, A verkstaden	24.0
3, Förråd, norra delen	1.7
4, ABB Training center	0.5
5, EMC	0.9
6, PS Verkstaden	19.7
7, P Kontoret	0.4
8, PK Verkstaden	16.1
9, Övriga delar av anläggningen	30.6

Tabell 5 Sannolikheten för brand i ett visst område, givet brand i byggnaden.

De sannolikheter som redovisas i Tabell 5 är de som används för att beskriva fördelningen av bränder i händelseträdet (bilaga 2).

3.3. Typbränder

Nu när sannolikheten för brand har skattats för de olika områdena i anläggningen måste typbränder för var och en av delarna ansättas. Typbränder skall väljas så att de på bästa sätt representerar de bränder som kan tänkas uppstå. Det är också av intresse att veta ungefär vilka objekt i de olika delarna som vid brand kan medföra ett förlopp som hotar de övriga brandcellerna. Här nedan sker en genomgång av samtliga områden och en bedömning av typbrandsfördelningen genomförs.

Typbränderna delas in i tre grupper: stor, medelstor och liten. Gruppen stora bränder är sådana bränder som *kan* växa till en omfattning då de totalförstör ett område och hotar att bryta igenom en brandcellsgräns. De medelstora bränderna kan orsaka stor skada inom den egna brandcellen, men sprids inte till andra brandceller. Den lilla branden utvecklar endast en begränsad mängd värme och rök och den innebär vanligtvis ingen större ekonomisk skada. Merparten av bränderna hör till den sista gruppen.

Det bör observeras att när det bedöms huruvida en brand i ett föremål är liten, medelstor eller stor sker det utifrån *potentialen* hos branden. Detta betyder att även om en brand klassas som stor brand kan det tänkas att denna brand släcks på ett tidigt stadium och konsekvenserna av branden blir som vid en liten brand.

När fördelningen mellan dessa bränder skall väljas används följande metodik:

- 1) Tabell 3 ger en bra uppfattning om i vilka verksamheter i de olika områdena som risken för brand har bedömts som störst. Tillsammans med Johansson /1/ där tabeller över första brinnande föremål i liknande industrier under 1996 finns redovisade kan en bra bedömning av sannolika brandstiftare fås.
- 2) För att en brand skall bedömas som medelstor brand måste den utveckla så mycket rök att hela brandcellen (eller åtminstone större delen) kräver sanering. För att bedöma vilka bränder som kan åstadkomma detta används de kriterier som redovisas under avsnittet 3.3.1 Icke termiska skador.

- 3) För att en brand skall bedömas som stor brand krävs att dess maximala brandeffekt överstiger 11 MW (se /1/) samt att den medför så omfattande skador på resten av brandcellen att all utrustning som är placerad där förstörs. Bedömningarna av de stora bränderna redovisas i avsnitt 3.3.2 Termiska skador.

Till varje typbrand anges en sannolikhet som representerar hur ofta den brandtypen uppkommer, givet att brand uppkommit i lokalen. Dessa sannolikheter bedöms genom besiktning av lokalerna och användning av metodiken ovan.

Typbränderna beräknas med förutsättningen att aktiva släcksystem inte fungerar. Detta innebär att vid bedömning om branden klassas som liten, medelstor eller stor tas ingen hänsyn till om det finns mycket personal som kan släcka eller om sprinklersystemet troligtvis släcker branden. Hänsyn till dessa släcksystem kommer att tas senare i analysen.

3.3.1. Icke termiska skador

När fördelningen av typbränder skall bedömas måste ett kriterium för när hela brandcellen måste saneras skapas. Meningen är att dessa kriterier skall ligga till grund för bedömningen av om ett föremål orsakar en liten, medelstor eller stor brand då det brinner. Observera att denna bedömning görs med förutsättningen att inget aktivt skyddssystem fungerar (inte heller mänskliga ingripanden).

Det antas att om personalen släcker branden så uppkommer inte icke termiska skador i brandcellen. Det kan tänkas att skador uppstår på viss utrustning, men inte i den omfattningen att det kommer få effekt på slutresultatet i analysen.

Eftersom de icke termiska skadorna endast antas kunna anta två tillstånd (hela brandcellen saneras eller ingen sanering alls) måste ett kriterium för när brandcellen skall betraktas som nersmutsad, d.v.s. när fullständig sanering är nödvändig fastställas. Följande modell kommer att användas för att finna kriteriet.

Bränslet som kan brinna i brandcellen delas in i två grupper, korrosionsbenäget och icke korrosionsbenäget. Bränsle som är korrosionsbenäget alstrar saltsyra (eller andra mycket korrosiva gaser) när det brinner, vanliga bränslen med denna karaktär är plaster t.ex. PVC. Icke korrosionsbenägna bränslen antas orsaka den största skadan på utrustning genom nersotning. Självklart kan det finnas ämnen som kan tillhöra båda grupperna, men i denna analys delas ämnen endast in i de två grupperna som redovisats ovan.

Då kriterier för saneringsskada skall etableras antas att all rök som produceras i branden stannar kvar i brandcellen. Detta anses inte vara ett realistiskt antagande eftersom byggnaden inte är försedd med rökluckor eller ventilation förutom komfortventilation. Det kan tänkas att rök tränger ut till andra brandceller eller ut ur byggnaden, men under den tid det tar för brandkåren att komma till branden (mindre än 20 minuter) antas effekten av detta vara marginell för analysen. Vid stora bränder (som kan orsaka stora övertryck i brandområdet) förlorar beräkningarna angående de termiska skadorna sin relevans eftersom hela brandcellen då betraktas som förstörd. Det är alltså bara för de medelstora bränderna som denna beräkning görs, och dessa bränder skapar troligtvis inte så stora övertryck att det får någon effekt på analysen.

Vid bedömningen av koncentrationen (HCl eller sot) på maskiner antas att den mängd (HCl eller sot) som produceras vid förbränningen fördelar sig jämt över hela brandcellens omslutningsyta. Detta är ett mycket grovt antagande eftersom det är troligare att en större koncentration tyngre partiklar kommer att återfinnas på golvet och större koncentration lätta partiklar på väggar, men i väntan på lämplig modell för icke termiska skador accepteras antagandet ovan. Den koncentration som nu kan räknas ut jämförs med ett skadekriterium för elektronisk utrustning som fås genom att studera Tabell 6 och Tabell 7.

Contamination Level ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Ambient Conditions Typical Environment	Effects on Metallic Surfaces	Effects on Electronics
Above 77	Very reactive RH>50% Hot plastics fire Sea water spray	Flash rust Etched surfaces	Heavy corrosion Catastrophic failures
30	Reactive, RH>50% Medium to heavy smoke	Light rust Long term	Active corrosion Short term
16	Factory environment RH 30-90% uncontrolled	Marginal effects Long term	Moderate corrosion Long term
8	Controlled environment RH 45-55%, T 65-75 °F	None	Slight surface corrosion Long term
3	Mil std spec. High reliability	None	None

Tabell 6 Effekter på metaller och elektronikkomponenter av olika jonkoncentrationer. Tabellen är hämtad från Karydas /6/.

Chloride ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	Ion	Level	Damage/Cleaning/Restoration
2		1	No damage expected. No cleaning and restoration required.
<30		2	Equipment can easily be restored to service by cleaning, with little impact on long-term reliability.
30 – 90		3	Equipment can also be restored to service by cleaning, as long as no unusual corrosion problems arise, and the environment is strictly controlled soon after the fire.
>90		4	The effectiveness of cleaning the equipment dwindles, and the cost of cleaning quickly approaches the replacement cost. Equipment contaminated with high chloride levels may require severe environmental controls even after cleaning, in order to provide potentially long-term reliable operation.

Tabell 7 Effekter på elektronisk utrustning på grund av förhöjd kloridjonkoncentration på ytan. Tabellen är hämtad från Tewarson /8/.

Tabell 7 och Tabell 6 sammanfattar effekterna av förhöjd kloridjonkoncentration på ytan av elektronisk utrustning. Med ledning av informationen i Tabell 6 och Tabell 7 bedöms det som sannolikt att ABB Industrial Product inte chansar och avstår från en fullständig sanering i ett läge då en kloridjonkoncentration på $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ konstaterats. Om saneringen inte skulle genomföras skulle ju risken att drabbas av kostsamma produktionsavbrott i framtiden på grund av korrosionen vara överhängande. Gränsen för när den medelstora branden inträffar bedöms alltså gå vid en Cl^- koncentration på $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ i hela brandcellen uträknat enligt Ekvation 5.

Sanering av brandcellen på grund av sot från bränder i icke korrosiva material beräknas krävas vid en sotkoncentration av $20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. Detta är ett mycket osäkert antagande eftersom inga referenser angående skadekriterium för denna typ av bränder hittats.

Ekvation 5

$$C_{Cl^-} = 100 \cdot \frac{m_b \cdot Y_{HCl} \cdot (35,453/36,461)}{2(b \cdot l) + 2(b \cdot h) + 2(l \cdot h)}$$

där

C_{Cl^-} =	Koncentrationen av kloridjoner på ytorna i brandcellen ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).
m_b =	Total massa bränsle som förbränts (g).
Y_{HCl} =	Producerat antal gram HCl per gram förbränt material (g/g).
b =	Lokalens bredd (m).
l =	Lokalens längd (m).
h =	Lokalens höjd (m).

Resonemanget ovan innebär att gränsen mellan den lilla branden och den medelstora branden kan uttryckas med hjälp av en viss massa bränt material. Till exempel så måste ca 6 kg korrosionsbenäget material förbrännas för att område 2, A Verkstaden skall behöva genomgå en totalsanering. De mängder förbränt material som finns redovisade i Tabell 8 har använts då fördelningarna mellan de olika typbränderna har bedömts.

Då bränslet inte är korrosionsbenäget används Ekvation 6 för att bestämma när brandcellen måste saneras. Den koncentration sot som produceras i branden antas fördelad på ytorna i brandcellen på samma sätt som för korrosionsbenägna materialen. Den kritiska koncentrationen sot är dock svår att bedöma, men i denna rapport antas $20 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ utgöra den sotkoncentration vid vilken sanering är nödvändig.

Ekvation 6

$$C_{Sot} = 100 \cdot \frac{m_b \cdot Y_{Sot}}{2(b \cdot l) + 2(b \cdot h) + 2(l \cdot h)}$$

där

C_{Sot} =	Koncentrationen sot per kvadratmeter omslutningsyta ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).
m_b =	Total massa bränsle som förbränts (g).
Y_{Sot} =	Producerat antal gram sot per gram förbränt material (g/g).
b =	Lokalens bredd (m).
l =	Lokalens längd (m).
h =	Lokalens höjd (m).

Med hjälp av de kriterier som redovisats för sanering av ett område och omslutningsarean kan en erforderlig massa räknas ut. Detta betyder att om inte den erforderliga massan bränsle brinner i en brand kommer inte sanering av området vara nödvändigt. Skillnad görs på om bränslet är korrosionsbenäget eller inte. Skadekoncentrationer och erforderliga mängder bränsle redovisas för de olika områdena i Tabell 8.

Område	Bredd (m)	Längd (m)	Höjd (m)	Skadekoncentration HCl (g/m ²)	Skadekoncentration Sot (g/m ²)	Massa HCl (g)	Massa Sot (g)
1) Nya PK Verkstaden	100	45	10	10	20	4656	47600
2) A Verkstaden	100	65	10	10	20	6377	65200
3) Förråd, Norra delen	50	50	10	10	20	2739	28000
4) ABB Training Center	40	50	10	10	20	2269	23200
5) EMC	20	40	5	10	20	861	8800
6) PS Verkstaden	95	70	10	10	20	6495	66400
7) P Kontoret	92	22	6	10	20	2119	21664
8) PK Verkstaden	95	45	10	10	20	4441	45400

Tabell 8 Skadekoncentration och motsvarande mängd förbränt bränsle i de olika delarna av anläggningen. Kolumnen "Massa HCl" innebär den mängd korrosionsbenäget material som måste förbrännas för att sanering skall ske. Kolumnen "Massa Sot" innebär samma sak för icke korrosionsbenäget material.

Y_{Sot} har antagits vara 0,05 för icke korrosiva material (se t.ex. /8/ för exempel på material). Y_{HCl} har antagits vara 0,263 (PVC kabel /8/).

Till slut presenteras här en liten sammanfattning av resonemanget i detta avsnitt. Det har antagits att vid en brand så kan bränslet bestå av två typer av material, korrosionsbenäget och icke korrosionsbenäget. Då material i en brandcell brinner produceras en viss mängd saltsyra (HCl), om det är ett korrosionsbenäget material och en viss mängd sot om det är ett icke korrosionsbenäget material. Den producerade mängden beror på massan bränsle och vilket förhållande som råder mellan antal gram förbränt material och antal gram producerade restprodukter (sot eller HCl). Den totala massan producerad sot eller HCl antas sedan fördelas jämt i taket, på golvet och på väggarna. Det antas alltså att inget försvinner ut ur brandcellen.

Den koncentration av sot eller HCl på väggarna jämförs sedan med kriterier när elektronisk utrustning behöver saneras. Om medelkoncentrationen i brandcellen överstiger detta värde klassas brandcellen som nersmutsad och skall därför saneras. Om medelkoncentrationen är lägre betraktas brandcellen som ren och inget stopp i produktionen för att sanera behöver ske. Med hjälp av resonemanget ovan kan en så kallad kritisk mängd bränsle av både korrosionsbenäget och icke korrosionsbenäget material räknas ut.

Vad skall denna kritiska mängd bränsle användas till då? Jo, vid visuell besiktning av lokalen bedöms fördelningen av typbränder, d.v.s. vad är sannolikheten att en brand som uppstår i lokalen klassas som liten brand, medelstor brand eller stor brand. Definitionen på den medelstora branden är att den orsakar så mycket icke termiska skador att brandcellen måste saneras. Eftersom de kritiska massorna bränsle som räknats fram i detta avsnitt utgör gränsen mellan sanering och inte sanering kan de användas för att bedöma huruvida en brand i ett visst föremål är en liten eller medelstor brand (eventuellt också stor brand, men då måste också branden kunna utveckla en maximal brandeffekt över 11 MW). Till exempel så finns det i område 6 PS Verkstaden många arbetsplatser med pappkartonger och diverse annat material. Från Tabell 8 fås att hela 66 kg icke korrosivt material måste förbrännas för att hela området skall behöva saneras. Eftersom arbetsplatserna med tillhörande material inte bedöms innehålla mer än 66 kg brännbart material och spridning till andra föremål är osannolik kommer en brand där att klassas som liten.

3.3.2. Termiska skador

Vid liten och medelstor brand bortses från eventuella termiska skador som kan tänkas uppkomma i brandens närhet. Vid stora bränder, d.v.s. då hela området involveras i branden, betraktas all utrustning i brandcellen som förstörd på grund av termiska skador. 11 MW har satt som gränsvärde för vad en rökdykare klarar av att släcka. Om brandeffekten är större betraktas brandkårens släckförsök som misslyckat och branden kan fortsätta att sprida sig till hela det område där den började, förutsatt att branden har potential att bli stor.

3.3.3. Typbrandsfördelningar

I detta avsnitt redovisas bedömningar av typbrandsfördelningar för de olika utrymmena. $P(\text{Liten}/O_1)$ representerar sannolikheten att branden är liten, givet att den uppstått i område 1.

Område 1, Nya PK Verkstaden.

Liten brand: I område 1 finns mycket elektrisk utrustning och även kartong för förvaring, vilka kan tänkas antändas och orsaka en liten brand.

$$P(\text{Liten}/O_1) = 0,78$$

Medelstora bränder: De medelstora bränderna i området kan tänkas uppstå i områden för lagring i mindre omfattning. Detta kan vara någon typ av elektrisk utrustning tillsammans med kartong och eventuellt lastpallar som brinner.

$$P(\text{Medel}/O_1) = 0,15$$

Stora bränder: De stora bränderna anses endast kunna inträffa då någonting antänder lagerhyllorna som är placerade utefter väggarna. Om dessa lagerhyllor börjar brinna kommer branden troligtvis utvecklas till att omfatta hela området (förutsatt att alla släckförsök misslyckas).

$$P(\text{Stor}/O_1) = 0,07$$

Område 2, A Verkstaden.

Liten brand: En brand som uppstår vid någon av arbetsstationerna eller i kontorsdelarna blir troligtvis inte större än att den endast medför marginell ekonomisk skada. Den höga takhöjden i utrymmet medverkar till ett långsamt brandförlopp.

$$P(\text{Liten}/O_2) = 0,80$$

Medelstor brand: En brand i kontorsdelen kan tänkas medföra övertändning i kontoret som är placerat på ett entresolplan denna brand bedöms kunna producera tillräckligt med förbränningsprodukter så att A-verkstaden måste saneras. Dessutom kan brand i vissa av lagringshyllorna innebära samma konsekvens.

$$P(\text{Medel}/O_2) = 0,10$$

Stor brand: Lagringshyllorna är det enskilda objekt som bidrar mest till att öka sannolikheten för en totalförstörd brandcell. En brand som får fäste i dessa hyllor kommer troligtvis att innebära en totalskada för brandcellen.

$$P(\text{Stor}/O_2) = 0,10$$

Område 3, Förråd norra delen.

Liten brand: Godset är ganska tätt lagrat så en liten brand är mindre sannolik här än i t.ex. Nya PK verkstaden, men en liten brand skulle kunna tänkas vara en brand i något material som inte har direkt kontakt med de stora mängderna brännbart material i förrådet.

$$P(\text{Liten}/O_3) = 0,6$$

Medelstor brand: Den medelstora branden bedöms uppkomma vid färre tillfällen än den lilla och stora branden.

$$P(\text{Medel}/O_3) = 0,3$$

Stor brand: Den stora branden innebär att större delen av de material som samlats i det stora utrymmet tar eld. Detta innebär troligtvis att branden sprider sig till hela brandcellen (möjligen med undantag för något rum).

$$P(\text{Stor}/O_3) = 0,1$$

Område 4, ABB Training Center

Liten brand: Den lilla branden bedöms som den mest sannolika branden i område 4. Området har ganska glest med brännbart material, förutom i kontorsrummen. Den lilla branden kan tänkas vara en papperskorgsbrand eller en brand i elektrisk utrustning.

$$P(\text{Liten}/O_4) = 0,75$$

Medelstor brand: Den medelstora branden kan tänkas vara ett kontorsrum som blir övertänt, men där branden inte lyckas sprida sig till övriga delar i brandcellen. Ett större föremål som brinner kan också tänkas producera tillräckligt med rök för att branden skall klassas som medelstor.

$$P(\text{Medel}/O_4) = 0,2$$

Stor brand: Den stora branden är mindre sannolik än de övriga typerna och kan tänkas uppkomma då ett kontorsrum blir övertänt och lyckas sprida branden till övriga rum.

$$P(\text{Stor}/O_4) = 0,05$$

Område 5, EMC

Liten brand: Den lilla branden kan uppstå i kontorsmaterial som är separerat från övrigt brännbart material, eller så kan det tänkas att den uppstår i elektrisk utrustning i själva testlokalen.

$$P(\text{Liten}/O_5) = 0,8$$

Medelstor brand: En möjlig medelstor brand uppstår i en kontorsmodul och får fäste i större delen av papper och föremål i anslutning till modulen. Branden sprider sig dock inte till hela brandcellen utan blir begränsad till en eller ett antal moduler. Det kan också tänkas att en medelstor brand uppstår inne i testlokalen, men detta förutsätter att en större mängd brännbart material ansamlats där.

$$P(\text{Medel}/O_5) = 0,15$$

Stor brand: Den stora branden kan uppkomma då någon typ av försök som kräver mycket utrustning utförs. En omfattande lagring av brännbart material antingen i eller utanför testlokalen anses kunna bidra till att öka sannolikheten för detta utfall.

$$P(\text{Stor}/O_5) = 0,05$$

Område 6, PS Verkstaden

Liten brand: En liten brand kan tänkas uppstå vid någon arbetsstation i verkstaden eller kontoret. Branden blir begränsad till ett eller ett par föremål, viss rökspridning kommer att ske, men efter att branden självslocknat kan lokalen snabbt vädras ut och ingen skada är skedd förutom i de objekt som brunnit.

$$P(\text{Liten}/O_6) = 0,70$$

Medelstor brand: Den medelstora branden kan till exempel uppstå i någon av de mindre lagringshyllorna som inte är placerade längs lokalens väggar, eller så kan det tänkas att någon arbetsstation i kontoret antänds och brandspridningen blir mer omfattande än de föremål som antogs brinna vid den lilla branden.

$$P(\text{Medel}/O_6) = 0,2$$

Stor brand: Den stora branden uppstår då branden får fäste i någon av de lagringshyllor som är placerade längs väggarna. Det är möjligt att en brand i skräpet (kartonger och dylikt) vid någon arbetsstation sprids till lagringshyllorna.

$$P(\text{Stor}/O_6) = 0,1$$

Område 7, P Kontoret

Liten brand: Liten brand i fikarum eller arbetsplats innebär inte någon större ekonomisk kosekvens.

$$P(\text{Liten}/O_7) = 0,85$$

Medelstor brand: En eller ett par kontorsplatser som brinner kan orsaka rökskada över hela brandcellen och innebär en sanering av allt viktigt material.

$$P(\text{Medel}/O_7) = 0,10$$

Stor brand: Stor brand kan inträffa om branden snabbt får fäste i ett antal arbetsplatser där stora mängder papper, eller annat brännbart förvaras.

$$P(\text{Stor}/O_7) = 0,05$$

Område 8, PK Verkstaden

Liten brand: Detta område liknar område 1 med den skillnaden att arean är större. Kartongbrand, brand i någon typ av elektrisk komponent kan tänkas utgöra den lilla branden.
 $P(\text{Liten}/O_8) = 0,78$

Medelstor brand: Begränsad brand i någon av lagerhyllorna, kabelbrand eller annan mindre brand som utvecklar höga halter HCl kan innebära att hela området måste saneras.
 $P(\text{Medel}/O_8) = 0,15$

Stor brand: En brand som får fäste i någon av lagerhyllorna längs väggarna bedöms som den enda troliga branden som kan orsaka en totalförstörd brandcell.
 $P(\text{Stor}/O_8) = 0,07$

Område 9, Övriga delar av anläggningen

När brand uppstår utanför de områden som ABB Automation Products bedriver verksamhet i är endast de bränder som orsakar en totalförstörd brandcell av intresse. Detta eftersom den lilla och medelstora branden endast antas drabba den brandcell i vilken den uppkommit.

Stor brand: En brand som får fäste i lagerhyllor kan innebära att hela området som angränsar till PK verkstaden (område 8) eller området som angränsar till nya PK verkstaden (område 1) involveras i branden.
 $P(\text{Stor}/O_9) = 0,05$

I Tabell 9 sammanfattas de olika typbrandsfördelningarna i områdena.

Område	Liten brand	Medelstor brand	Stor brand
1) Nya PK Verkstaden	0,78	0,15	0,07
2) A Verkstaden	0,80	0,10	0,10
3) Förråd, Norra delen	0,6	0,3	0,1
4) ABB Training Center	0,75	0,2	0,05
5) EMC	0,8	0,15	0,05
6) PS Verkstaden	0,7	0,2	0,1
7) P Kontoret	0,85	0,1	0,05
8) PK Verkstaden	0,78	0,15	0,07
9) Övriga byggnaden			0,05

Tabell 9 Typbrandsfördelning i de olika områdena.

4. Brandkårens ingripande

Finnslättns industriområde har ingen egen industribrandkår. Från det att brandlarmet utlöst tar det ungefär 6 minuter för Västerås Brandkår att nå byggnaden. Vid larm kör befälsbilen direkt till centralapparaten som är placerad vid ingång som är markerad med ett C i bilaga 1. Där fås information om vilken sektion som har utlöst larmet. Befälet kan då meddela första släckbilen vilken angreppsväg som skall användas. Denna släckbil anländer normalt mellan 1 och 2 minuter efter ledningsbilen.

Eftersom det är först då ledningsbilen kommit fram till centralapparaten som släckstyrkan kan se vilken sektion som utlöst larmet är det först då som val av angreppsväg kan göras. Om det vid framkomst till centralapparaten konstateras att sektionen som larmat finns i norra delen av byggnaden kan räddningsmanskaper bli tvunget att vända och köra tillbaka för att få kortast möjliga inträngningsväg. Köravståndet från centralapparaten till den norra delen av korridoren som korsar byggnaden är ungefär 1 km, vilket betyder att det kan ta brandkåren omkring 1 minut att göra denna förflyttning.

När larmet inkommer till Västerås brandförsvär skickas normalt 10 man plus ett befäl till platsen. Om det redan vid utlarmningen kan konstateras att det brinner kan 11 man skickas.

Brandkåren har små praktiska möjligheter att genomföra en rökdykningsaktion med långa inträngningsvägar i byggnad 358. Långa inträngningsvägar innebär att två rökdykargrupper används. Den ena tränger in för att lokalisera och släcka branden och den andra följer med som skyddsgrupp. Skyddsgruppen kan maximalt tränga in 25 meter och den första gruppen ytterligare 25 meter. Detta ger en räckvidd på 50 meter, vilket i många fall inte räcker för att nå alla delar av brandcellerna i byggnad 358. Om däremot skyddsgruppen inte används kan rökdykarna endast tränga in 25 meter, vilket i de flesta fall är alldeles för lite.

I analysen kan brandkåren påverka utgången av en brand med medelstor eller stor potential om sprinklersystemet och personalen misslyckats med släckningen. Beroende på hur snabb brandkåren är kan de påverka huruvida ett område drabbas av saneringsskador eller ej då branden har potential att bli medelstor. När branden har potential att bli stor kan brandkåren förutom saneringsskador även påverka om brandcellen totalförstörs eller ej.

4.1. Tidsåtgång

För att bedöma sannolikheten att brandkåren släcker en brand innan den utvecklats till en medelstor brand (se avsnitt 3.3 för definition av medelstor brand) används uppskattningar av tidsåtgång för olika moment i deras insats. Eftersom byggnad 358 är försedd med ett heltäckande brandlarm kommer larm att ges tidigt i brandförloppet (förutsatt att brandlarmet fungerar). Larmet vidarebefordras direkt till larmcentralen som meddelar brandkåren. I normala fall åker 10 man från brandkåren ut till byggnad 358 när larmet gått. Den första bilen, som vanligtvis är befälsbilen kör till centralapparaten och kontrollerar i vilken sektion som larmet har utlöst.

Observera att detta scenario förutsätter att branden är medelstor eller stor, vilket med största säkerhet innebär omfattande rökutveckling då brandkåren kommer till platsen. Om branden är liten gör räddningstjänstens ingripande ingen skillnad för konsekvensen.

I Tabell 10 redovisas de tidsintervall som har bedömts för olika momenten i brandkårens insats.

Moment	Min (s)	Medel (s)	Max (s)
Larm	60		300
Körtid	300		500
Insats	180		600
Summa	540	970	1400

Tabell 10 Bedömning av tidsåtgång för olika moment i räddningstjänstens insats.

Med "larm" i Tabell 10 menas tiden från det att branden börjat till det att larmet når räddningstjänsten. Raden "körtid" innebär tiden från det att räddningstjänsten fått larmet till det att första rökdykargruppen är redo för insats. "Insats" Innebär tiden från det att första rökdykargruppen går in i byggnaden tills vatten appliceras på branden.

Summan av tiderna som redovisas i Tabell 10 antas uppkomma olika ofta. I 50% av insatserna antas insatstiden vara lika med medeltiden och i 25% av insatserna antar insatstiden det minsta värdet och i 25% av insatserna antar den det största värdet.

Dessa tider som redovisats som summa i Tabell 10 är alltså tiden från det att branden startar tills första rökdykargruppen applicerar vatten på branden. Denna tid kommer i rapporten att benämnas insatstid (t_I).

Insatstiden används då sannolikheten att brandkåren kan släcka en brand skall bedömas. Insatstiden jämförs då med tiden det tar för branden att växa så stor att brandkåren inte klarar att släcka utan tvingas inrikta arbetet på att begränsa branden. Tiden vid vilken branden inte kan släckas antas vara samma tid då branden utvecklar en total brandeffekt som är större än 11 MW /1/. Benämningen på denna tid är t_{11MW} .

Det är också av intresse att veta om brandkåren klarar att släcka en brand innan den medför en totalsanering av brandcellen som den uppstod i. Därför jämförs även insatstiden med den så kallade t_{Skada} vilket är den tidpunkt i brandförloppet som innebär att hela brandcellen tvingas saneras. Om t_I är mindre än t_{Skada} uppstår inga skador på utrustningen i brandcellen förutom på det objekt som börjat brinna. Om t_I är större än t_{Skada} , men mindre än t_{11MW} kommer brandcellen där branden uppstått att behöva saneras. Däremot kommer utrustningen och maskinerna i brandcellen att kunna användas efter saneringen (d.v.s. de förstörs inte).

t_{Skada} och t_{11MW} redovisas i kapitel 6 "Brandscenarier".

5. Personalens ingripande

Personalen i byggnad 358 har under 1996 och 1997 genomgått en utbildning som innefattade brandsläckning och förebyggande brandskydd. Tillgången till handbrandsläckare och fast vattenslang är god, vilket gör att personalen förväntas kunna ingripa och släcka en mindre brand. I analysen antas personalen ha en viss sannolikhet att upptäcka och släcka branden. Bedömningen av denna sannolikhet baseras på tillgången till släckutrustning och personaltäthet i området som branden uppstår. Denna bedömning redovisas för varje område som P(Personal) i Tabell 11.

Personalen anses inte kunna göra någon skillnad för konsekvensen ”liten brand”, men för medelstor och stor brand innebär en lyckad insats från personalen att brandens konsekvens minskas från medelstor respektive stor till liten.

Sannolikheten att en uppkommen brand släcks av personalen är svår att bedöma. Skattningen görs genom att tre faktorer som anses påverka sannolikheten att personalen släcker branden bedöms var för sig och sedan används dessa bedömningar tillsammans för att räkna ut sannolikheten att personalen släcker branden.

Eftersom utbildningsnivån är likartad för all personal i byggnaden bedöms inte den faktorn för alla områden. Utbildningsnivån i byggnaden bedöms vara hög, vilket påverkar absolutvärdet av sannolikheten att personalen släcker branden.

Område	Släckutrustning	Persontäthet	Siktbarhet	P(Personal)	P(Personal) , utan brandlarm
1, Nya PK verkstaden	3	3	3	0,9	0,8
2, A Verkstaden	2	2	2	0,59	0,5
3, Förråd, norra delen	2	1	2	0,44	0,2
4, ABB Training Center	2	2	1	0,59	0,5
5, EMC	2	2	2	0,59	0,5
6, PS Verkstaden	2	2	2	0,59	0,5
7, P Kontoret	2	3	3	0,8	0,75
8, PK Verkstaden	3	3	2	0,8	0,70
9, Övriga byggnaden	2	2	2	0,59	0,5

Tabell 11 Sannolikheten att personalen upptäcker och släcker branden i de olika områdena.

De tre faktorerna som bedöms för de olika områdena är släckutrustning, persontäthet och siktbarhet. Nedan ges förklaringar till poängsättningen av de olika faktorerna. 1 är det sämsta alternativet och 3 är det bästa.

Släckutrustning

- 1) Inga rutiner för kontroll av handbrandsläckare. Mer än 25 meter till närmaste handbrandsläckare. Blockerade släckare eller slangrullar.
- 2) Rutiner för kontroll av handbrandsläckare. Släckutrustning tillgänglig inom 25 från varje plats i lokalen. Handbrandsläckare och brandposter är väl utmärkt och synliga.
- 3) Goda rutiner för kontroll av handbrandsläckare. Intern kontroll av att handbrandsläckare finns på utmärkta platser. Handbrandsläckare utplacerade i närhet av maskiner, speciellt sådana där brandrisken av erfarenhet är stor. Flera olika typer av handbrandsläckare där så är nödvändigt.

Persontäthet

- 1) Låg persontäthet. Personer vistas endast tillfälligt i lokalen. Lokalen är troligtvis någon typ av förråd.
- 2) Lokalen utgör arbetsplats för ett antal personer, men alla delar av lokalen är inte konstant bemannade.
- 3) Personer vistas konstant i hela lokalen (utom möjligtvis vid pauser i arbetet).

Siktbarhet

- 1) Det finns många dolda utrymmen och rum där personer normalt inte vistas. Huvuddelen av området består av mindre utrymmen.
- 2) Stora delar av lokalen är öppen, men viss rumsindelning förekommer. Även skymda ytor (p.g.a. till exempel lagerhyllor) förekommer.
- 3) Lokalen är öppen och röken från en brand kan lätt upptäckas från i princip alla positioner i lokalen.

Sannolikheten för att personalen skall släcka en brand räknas ut genom att summera tre värden som beror av poängsättningen av de olika faktorerna.

Ekvation 7

$$p_{\text{Personal}} = f_{\text{Sl}} + f_{\text{P}} + f_{\text{Si}}$$

där f_{Sl} , f_{P} och f_{Si} beräknas på följande sätt:

Släckutrustning (f_{Sl})	Personaltäthet (f_{P})	Siktbarhet (f_{Si})
1 = 0,07	1 = 0,1	1 = 0,07
2 = 0,17	2 = 0,25	2 = 0,17
3 = 0,27	3 = 0,36	3 = 0,27

Det framgår att persontätheten anses betyda mer för sannolikheten att personalen släcker branden än vad tillgång till släckutrustning och siktbarhet gör. Det största värde som p_{Personal} kan anta är 0,9 (då alla faktorer värderas till 3) och det lägsta värdet är 0,24 (då alla faktorer värderas till 1).

Faktorerna för släckutrustning, persontäthet och siktbarhet förutsätter att brandlarmet fungerar. Om brandlarmet inte fungerar justeras $P(\text{Personal})$ ner enligt kolumnen "P(Personal), utan brandlarm" i Tabell 11.

6. Brandscenarier

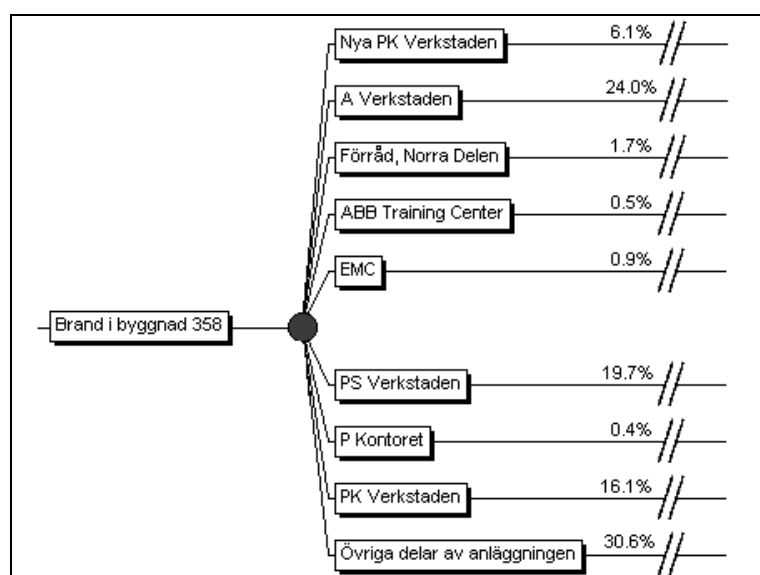
Detta kapitel är tänkt att summera stora delar av vad som gjorts tidigare i rapporten. Hittills har endast bitar av helheten studerats, men nu är det dags att passa ihop allting så att en bild av hela analysen framträder.

Brandscenarierna kommer att presenteras i form av händelseträd där den första händelsen är ”Brand i byggnad 358”. Därefter kan flera andra viktiga händelser (t.ex. brandkårens insats) påverka utgången av branden. Detta representeras med hjälp sannolikhetsnoder i händelseträdet. Händelseträdet konstrueras med hjälp av programvaran Precision Tree /7/ och är väldigt stort, vilket innebär att det inte kan presenteras på en A4 sida. Därför kommer endast bitar av det att redovisas i detta kapitel. I bilaga 2 redovisas hela händelseträdet.

För att visa var de olika delarna som hittills behandlats i rapporten passar in i händelseträdet sker en kort genomgång av trädstrukturen.

6.1. Brandfrekvens och brandfördelning

I Figur 3 kan första sannolikhetsnoden i händelseträdet ses. Sannolikhetsnoden som visas i figuren symboliserar brandfördelningen i byggnaden, vilket diskuterades i avsnitt 3.2. Brandfördelningens betyder att det är större sannolikhet att branden uppkommer på vissa ställen än på andra.



Figur 3 Första sannolikhetsnoden i händelseträdet för byggnad 358.

I Figur 3 kan ses att branden antas kunna uppkomma i 9 områden.

6.2. Brandlarmets tillförlitlighet

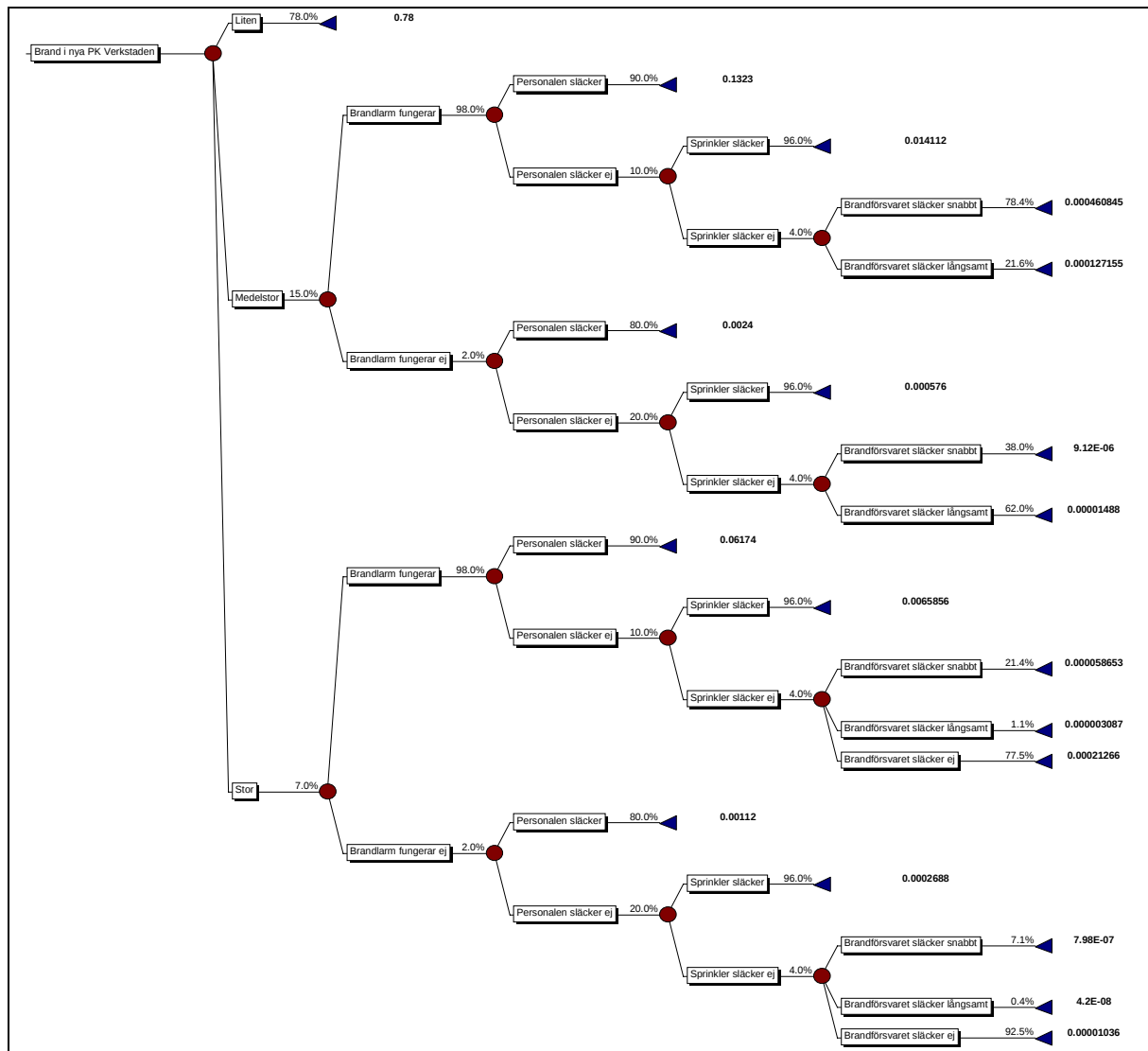
Brandlarmets funktion vid brand är viktig för att i ett tidigt skede göra personalen uppmärksam på att det brinner. Deras chanser att släcka och larma brandkåren innan branden vuxit sig för stor ökar om brandlarmet fungerar.

I Figur 4 visas en av de 9 grenarna som är placerade efter den inledande sannolikhetsnoden. I figuren kan ses att grenen innehåller 19 olika delscenarier, d.v.s. 19 olika möjliga händelseutvecklingar. Till exempel kan ett delscenario vara följande:

Brand uppkommer i Nya PK Verkstaden i byggnad 358 (grenen "Nya PK Verkstaden" väljs). Branden börjar i lagret, vilket innebär att den har potential att växa till en stor brand (grenen "Stor brand" väljs). Vid tillfället då branden uppstår fungerar brandlarmet och detekterar branden snabbt (grenen "Brandlarm fungerar" väljs), men trots detta är personalen inte tillräckligt snabb för att kunna släcka branden själva (grenen "Personal släcker ej" väljs). På grund av slarv vid underhåll av sprinklercentralen har en ventil glömts i stängt läge, vilket innebär att sprinklersystemet inte fungerar. Branden växer snabbt och rökfyller lokalen, men tack vara brandkårens snabba insats (och att branden snabbt lokaliserades nära ingången kan första rökdykargruppen släcka branden innan några större skador på utrustningen uppstår. Sannolikheten att just detta delscenario skall inträffa (givet att brand uppstår i Nya PK Verkstaden) kan i figuren avläsas som 0,000059.

Huruvida brandlarmet fungerar eller ej avgörs vid den första sannolikhetsnoden efter typbrandsfördelningen. Om brandlarmet inte fungerar (grenen som löper nedåt från sannolikhetsnoden) ses att personalens och brandkårens chanser att släcka branden minskar.

I denna rapport har brandlarmets tillförlitlighet bedömts till 98% per behov.



Figur 4 Grenen "Nya PK Verkstaden" i det stora händelseträdet för byggnad 358.

6.3. Sprinklersystemets tillförlitlighet

Om inte personalen lyckas släcka branden är sprinklersystemets funktion mycket viktig för att undvika skador på utrustningen i brandcellen. Då sprinklersystemet fungerar, vilket det bedömts göra i 96% av fallen slås branden ner eller begränsas. Om däremot sprinklersystemet misslyckas, d.v.s. det utlöser inte eller så lyckas det inte kontrollera branden kommer brandeffekten att fortsätta att öka och sprinklersystemet antas inte ha någon effekt på det fortsatta brandförloppet.

Även om sprinklersystemet utlöser korrekt och begränsar branden kan skadorna ändå bli så omfattande att området måste saneras. Detta kan t.ex. inträffa om branden uppstår på golvet i en produktionslokal med 10 meter i takhöjd. I detta fall kommer sprinklersystemet att utlösas sent och det är möjligt att branden redan har producerat stora mängder HCl och sot. I analysen tas ingen hänsyn till detta. Om sprinklersystemet fungerar betraktas branden som liten.

6.4. Brandkårens insats

I kapitel 4 har det konstaterats att tiden från det att branden börjat till det att brandkåren kan applicera vatten på branden tar det mellan 540 och 1400 sekunder beroende på omständigheterna. Dessa tider förutsätter att brandlarmet fungerar. Om inte brandlarmet fungerar måste personal på ABB ringa in larmet till SOS, vilket kan ta ganska lång tid. Om brandlarmet inte fungerar antas Tabell 12 gälla för brandkårens insats. Skillnaden mot det fall då larmet fungerar är att den maximala larmtiden har förlängts från 300 s till 600 sekunder. Denna övre gräns för larmtiden är svår att uppskatta, men 600 s anses vara en rimlig övre gräns eftersom en brand efter 10 minuters tillväxt utvecklar en stor del rök och det anses osannolikt att ingen människa har luktat sig till branden efter 600s.

Moment	Min (s)	Medel (s)	Max (s)
Larm	90		600
Körtid	300		500
Insats	180		600
Summa	570	1135	1700

Tabell 12 Tider för brandkårens insats om brandlarmet inte fungerar.

Tidigare i rapporten har det konstaterats att sannolikheten att brandkåren kan släcka branden innan vissa kritiska händelser (saneringsskada och totalskada) inträffar beror av brandkårens insatstid och brandens tillväxthastighet. I detta avsnitt skall sannolikheten att brandkåren lyckas släcka branden *snabbt*, *långsamt* eller inte alls räknas ut.

Att brandkåren släcker branden *snabbt* innebär att inga icke termiska skador uppkommer i området.

Att brandkåren släcker branden *långsamt* innebär att icke termiska skador uppkommer, men området totalförstörs inte av termiska skador.

Att brandkåren inte släcker branden innebär att hela området totalförstörs och att det finns risk för spridning till andra områden. Detta förutsätter dock att branden har potential att bli stor.

Om det antas att det brinnande materialet i fallet då korrosionbenäget material brinner har en förbränningsvärme på 16,4 kJ/g (PVC /8/) och att det för varje gram brunnet material produceras 0,263 gram HCl (PVC kabel /8/) kan massan producerat HCl översättas till en kritisk tid då saneringsskada uppkommer, om det antas att branden växer enligt en αt^2 -kurva.

Tiden till dess att den kritiska mängden HCl och sot (se Tabell 8) bildats kan nu räknas ut för alla områden i byggnaden (se Tabell 13).

Område	Snabb brand		Medelsnabb brand	
	Tid till saneringsskada p.g.a. HCl (s)	Tid till saneringsskada p.g.a. Sot (s)	Tid till saneringsskada p.g.a. HCl (s)	Tid till saneringsskada p.g.a. Sot (s)
1) Nya PK Verkstaden	267	1075	421	1696
2) A Verkstaden	296	1194	467	1884
3) Förråd, Norra delen	223	901	352	1421
4) ABB Training Center	210	846	331	1335
5) EMC	152	612	240	966
6) PS Verkstaden	298	1201	470	1895
7) P Kontoret	205	827	324	1305
8) PK Verkstaden	262	1058	414	1670

Tabell 13 Tid till saneringsskada beroende på tillväxthastighet och bränsle.

De tider som redovisas i Tabell 13 kan jämföras med brandkårens insatstid för att bedöma sannolikheten att branden släcks innan hela brandcellen måste genomgå en total sanering. Innan denna jämförelse görs måste dock brandutvecklingen i de olika brandcellerna beskrivas närmare. Sannolikheten för olika snabba brandförlopp måste bedömas och sannolikheten för att den medelstora och stora branden utvecklar korrosiva gaser.

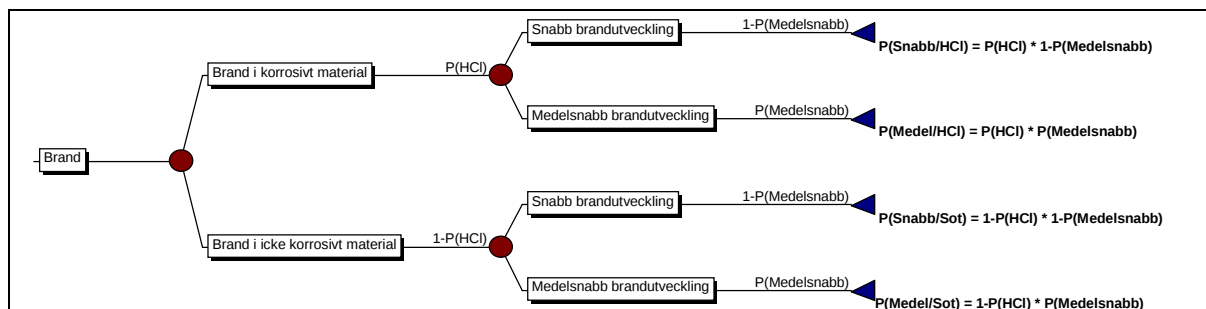
Kolumnen P(HCl) i Tabell 14 beskriver skattningar av sannolikheten att en medelstor brand utvecklar stora mängder korrosiva gaser. Om branden inte gör detta antas de icke termiska skadorna uppkomma till följd av sot.

Kolumnen P(Medelsnabb) beskriver skattningar av sannolikheten att en brand har tillväxthastigheten Medelsnabb (se avsnitt 6.5 Effektutveckling). En brand som inte växer med denna tillväxthastighet antas utvecklas med tillväxthastigheten Snabb (se avsnitt 6.5 Effektutveckling).

Det antas att dessa två sannolikheter är oberoende, d.v.s. sannolikheten att en brand utvecklar korrosiva gaser påverkas inte av huruvida brandtillväxten är Snabb eller Medelsnabb eller tvärt om.

Antagandena om bränderna i byggnaden innebär att en medelstor brand kan anta fyra olika tillstånd. Den kan utvecklas som en Snabb brand med stort inslag av korrosionsbenäget material (P(Snabb/HCl) i Tabell 14), som en medelsnabb brand där bränslet till stor del består av korrosionsbenäget material (P(Medel/HCl) i Tabell 14), som en snabb brand i bränslen som inte alstrar korrosiva gaser (P(Snabb/Sot) i Tabell 14) eller som en medelsnabb brand i bränslen som inte bildar korrosiva gaser vid förbränning (P(Medel/Sot) Tabell 14).

Sannolikheten för de olika tillstånden (givet att en medelstor eller stor brand har uppkommit) räknas ut genom att utvärdera ett händelseträd enligt Figur 5 för varje område. Resultaten från dessa beräkningar samt bedömningarna av sannolikheten för en medelsnabb brand respektive en brand i material som alstrar korrosiva gaser vid förbränning redovisas i Tabell 14.



Figur 5 Händelseträd för beräkning av sannolikheten för en brands olika utvecklingstillstånd.

Område	P(HCI)	P(Medel)	P(Medel/HCI)	P(Medel/Sot)	P(Snabb/HCI)	P(Snabb/Sot)
1) Nya PK Verkstaden	0,05	0,30	0,015	0,285	0,035	0,665
2) A Verkstaden	0,10	0,50	0,05	0,45	0,05	0,45
3) Förråd, Norra delen	0,05	0,50	0,025	0,475	0,025	0,475
4) ABB Training Center	0,02	0,30	0,006	0,294	0,014	0,686
5) EMC	0,05	0,30	0,015	0,285	0,035	0,665
6) PS Verkstaden	0,05	0,50	0,025	0,475	0,025	0,475
7) P Kontoret	0,02	0,30	0,006	0,294	0,014	0,686
8) PK Verkstaden	0,05	0,30	0,015	0,285	0,035	0,665

Tabell 14 Bedömning av sannolikheten för att en brand alstrar stora mängder korrosiva gaser. Bedömning av sannolikheten att brandtillväxthastigheten är Medelsnabb. De fyra sista kolumnerna redovisar sannolikheten att två händelser inträffar, t.ex. att brandtillväxthastigheten är Medelsnabb och branden alstrar stora mängder korrosiva gaser, $P(\text{Medel}/\text{HCI})$.

Från Tabell 14 fås sannolikheten för de olika typerna av bränder i lokalerna. Var och en av de fyra bränderna ger upphov till en kritisk tid, d.v.s. en tid vid vilken hela brandcellen klassas som nedsmutsad och måste saneras. Dessa tider finns redovisade Tabell 13 och kan nu jämföras med brandkårens insatstid för att räkna ut sannolikheten att brandkåren släcker branden innan saneringsskador uppkommer, samt innan området klassas som förstört.

Då en stor brand uppstår i ett område kan den växa med en av två möjliga tillväxthastigheter, snabb eller medelsnabb. Branden kan också innefatta mestadels korrosiva material, eller så kan den uppstå i till största delen icke korrosivt material. Detta innebär att ett brandscenario kan karaktäriseras med ett av fyra "tillstånd": Snabb tillväxt i korrosivt material (Snabb/HCI), snabb tillväxt i övriga typer av material (Snabb/Sot), medelsnabb tillväxt i korrosivt material (Medel/HCI) samt medelsnabb tillväxt i övriga typer av material (Medel/Sot). Vart och ett av dessa "tillstånd" ger upphov till kritiska tider för sanering samt totalförstörelse av ett område. Brandkårens insatstid har tidigare redovisats (se Tabell 10) som tre tider som antas uppkomma med olika sannolikhet. Brandförsvarets tre insatstider tillsammans med brandens 4 olika "tillstånd" (p.g.a. tillväxthastighet och typ av material) ger 12 olika kombinationer av brandförlopp och insatstid för varje område. Sannolikheterna för de kombinationer som innebär att området i fråga totalförstörs kan summeras och benämnas $P(\text{Ej}/\text{Stor})$, vilket betyder sannolikheten att brandförsvaret inte klarar att släcka branden, givet att en stor brand uppkommit. Sannolikheterna för de kombinationer som innebär att området där branden uppkommit måste saneras summeras och benämns $P(\text{Sanering}/\text{Stor})$, vilket innebär sannolikheten att saneringsskador uppkommer, givet att en stor brand uppkommit.

Sannolikheten för de kombinationer som resulterar i att brandförsvaret släcker branden innan saneringsskador uppkommit kallas $P(\text{Släck/Stor})$, vilket betyder sannolikheten att brandförsvaret släcker branden med små skador, givet att en stor brand uppkommit.

Område	Brandlarmet fungerar		
	$P(\text{Släck/Stor})$	$P(\text{Sanering/Stor})$	$P(\text{Ej/Stor})$
1) Nya PK Verkstaden	0.214	0.011	0.775
2) A Verkstaden	0.338	0.038	0.625
3) Förråd, Norra delen	0.356	0.019	0.625
4) ABB Training Center	0.221	0.005	0.775
5) EMC	0.071	0.154	0.775
6) PS Verkstaden	0.356	0.019	0.625
7) P Kontoret	0.221	0.005	0.775
8) PK Verkstaden	0.214	0.011	0.775
9) Övriga delar			0.775

Tabell 15 Sannolikheten att brandkåren inte lyckas släcka en stor brand, att brandkåren släcker branden, men saneringsskador uppstår samt sannolikheten att brandkåren släcker utan att några större skador uppkommer.

Samma metodik används för de medelstora bränderna, men då finns inte sannolikheten att ett område totalförstörs med. Resultatet av dessa beräkningar kan ses i Tabell 15 och Tabell 16.

Område	Brandlarmet fungerar	
	$P(\text{Släck/Medel})$	$P(\text{Sanering/Medel})$
1) Nya PK Verkstaden	0.784	0.216
2) A Verkstaden	0.788	0.213
3) Förråd, Norra delen	0.594	0.406
4) ABB Training Center	0.392	0.608
5) EMC	0.238	0.763
6) PS Verkstaden	0.831	0.169
7) P Kontoret	0.392	0.608
8) PK Verkstaden	0.784	0.216

Tabell 16 Sannolikheten att brandkåren lyckas släcka en medelstor brand innan brandcellen där branden börjat tvingas saneras.

Om brandlarmet inte fungerar finns det risk att brandkåren dröjer längre innan de kan angripa branden. I Tabell 12 finns de insatstider som bedömts då brandlarmet inte fungerar. Dessa tider ger, på samma sätt som beskrivits för bränder då brandlarmet fungerar, upphov till sannolikheter för att brandkåren kan släcka branden innan vissa händelser (sanering, totalförstörd brandcell) inträffar. Sannolikheterna redovisas i Tabell 17 och Tabell 18.

Område	Brandlarmet fungerar inte		
	P(Släck/Stor)	P(Sanering/Stor)	P(Ej/Stor)
1) Nya PK Verkstaden	0.071	0.004	0.925
2) A Verkstaden	0.113	0.013	0.875
3) Förråd, Norra delen	0.119	0.006	0.875
4) ABB Training Center	0.074	0.002	0.925
5) EMC	0.071	0.004	0.925
6) PS Verkstaden	0.119	0.006	0.875
7) P Kontoret	0.074	0.002	0.925
8) PK Verkstaden	0.071	0.004	0.925
9) Övriga delar			0.925

Tabell 17 Sannolikheten för vissa utgångar av brandkårens insats vid en stor brand då brandlarmet inte fungerar.

Område	Brandlarmet fungerar inte	
	P(Släck/Medel)	P(Sanering/Medel)
1) Nya PK Verkstaden	0.380	0.620
2) A Verkstaden	0.788	0.213
3) Förråd, Norra delen	0.475	0.525
4) ABB Training Center	0.392	0.608
5) EMC	0.238	0.763
6) PS Verkstaden	0.831	0.169
7) P Kontoret	0.392	0.608
8) PK Verkstaden	0.380	0.620

Tabell 18 Sannolikheten att brandförsvaret släcker branden innan saneringsskador uppkommer respektive inte släcker innan saneringsskador uppkommer, givet att en medelstor brand uppkommit.

De sannolikheter för brandförsvarets insats som redovisats i Tabell 15, Tabell 16, Tabell 17 samt Tabell 18 används i händelseträdet som beskrivs i bilaga 2.

6.5. Effektutveckling

Effektutvecklingen vid en brand spelar stor roll för brandkåren då dessa skall släcka branden. För sprinklersystem och personal har effektutvecklingen mindre betydelse eftersom skillnaden i effektutveckling mellan en snabb och en långsam brand kort efter antändning är liten. Speciellt eftersom inga bränder antas uppstå i brännbara vätskor (det finns inga större mängder i byggnaden).

Bränders tillväxt brukar karaktäriseras med en så kallad αt^2 -kurva, d.v.s. en brandeffektutveckling där effekten är proportionell mot tiden i kvadrat.

Ekvation 8

$$Q(t) = \alpha * t^2$$

där

Q = Brandeffekten som funktion av tiden (kW).

α = Brandtillväxthastigheten (kW/s²).

t = Tiden (s).

Ekvation 8 är den ekvation som brukar användas för beskrivning av brandeffekten. Brandtillväxthastigheten brukar delas in i fyra kategorier: Ultra Snabb, Snabb, Medelsnabb och Långsam. Dessa kategorier svarar mot var sitt värde på α som kan ses i Tabell 19.

Tillväxthastighet	α (kW/s ²)
Ultra Snabb	0,187
Snabb	0,046
Medelsnabb	0,0117
Långsam	0,0029

Tabell 19 Olika brandtillväxthastigheter.

De flesta material som återfinns i byggnad 358 bedöms ha en tillväxthastighet som kan karaktäriseras som Snabb eller Medelsnabb. 50% av bränderna antas ha tillväxthastigheten Snabb och 50% av bränderna antas ha tillväxthastigheten Medelsnabb.

Ett antal möjliga effektutvecklingar har nu definierat i de olika områdena. Generellt gäller följande:

Två typer av små bränder antas kunna uppstå, en som utvecklas med tillväxthastigheten Snabb och en med Medelsnabb. Tillväxthastigheten på dessa bränder spelar ingen roll för analysen eftersom båda typerna av bränder är för små för att orsaka någon ekonomisk skada.

Två typer av medelstora bränder kan uppstå, vardera med tillväxthastigheten Snabb eller Medelsnabb. Tillväxthastigheten har i detta fall betydelse för om brandkåren hinner släcka branden innan en skada som kräver sanering uppstår i området.

De två typerna av stora bränder kan också växa med tillväxthastigheten Snabb eller Medelsnabb. Tillväxthastigheten har betydelse för om brandkåren hinner släcka branden innan den växer över 11 MW eller över den effekt där hela området antas skadas på grund av röken.

6.6. Spridning av brand mellan brandceller

Då en brand vuxit så stor att den involverar ett helt område (brandcell) finns en viss sannolikhet att den sprider sig till intilliggande områden. I denna rapport används bedömningar av författaren tillsammans med ledning av de av de funktionssannolikheter som anges för väggar i /13/.

Utebliven funktion hos en brandcellsgräns innebär att om det brinner på någon sida av väggen (fullt utvecklad brand) så kommer branden att spridas till det område som är placerat på andra sidan väggen.

I mitten av byggnaden löper två brandcellsgränser parallellt (med en korridor i mellan). I analysen betraktas dessa två brandcellsgränser som en, vilken ges en hög funktionssannolikhet. Om branden skulle bryta igenom denna mittersta brandcellsgräns från något håll antas det att alla områden som är placerade på andra sidan gränsen förstörs. Denna lite speciella brandcellsgräns kallas i analysen för brandcellsgräns A. På samma sätt betraktas utrymmet mellan område 2 och 5 som en enda brandcellsgräns, även om det innefattar förrådet också. Anledningen till denna förenkling är att förrådet inte bidrar med några större kostnader då branden börjat sprida sig mellan områdena. Alltså betraktas spridning mellan område 2 och 5 som för en vanlig brandcellsgräns, men med hänsyn tagen till att ett förråd ingår i gränsen.

För att hålla reda på de olika brandcellsgränserna namnges de enligt Tabell 20.

Brandcellsgräns	Mellan område		Funktionssannolikhet
A	Västra delen	Östra delen	0,98
B	1	9 (Östra delen)	0,95
C	1	2	0,9
D	2	4	0,8
E	2	5	0,8
F	4	5	0,8
G	8	9 (Västra delen)	0,7
H	7	8	0,7
I	6	7	0,7

Tabell 20 Namngivning och funktionssannolikheter för de olika brandcellsgränserna.

I Tabell 20 kan de bedömda funktionssannolikheterna för de olika brandcellsgränserna ses.

Om funktionen hos de olika brandcellsgränserna betraktas som oberoende kan sannolikheten för en viss kombination av fungerande och icke fungerande brandcellsgränser räknas ut. I Tabell 21 och Tabell 22 presenteras sannolikheterna för de olika kombinationerna. Om en bokstav finns med på en rad i tabellerna betyder det att motsvarande brandcell uppfyller sin brandavskiljande funktion.

Kombination	A	B	C	D	E	F	Sannolikhet
1	A	B	C	D	E	F	0.4290048
2	A	B	C	D	E		0.1072512
3	A	B	C	D		F	0.1072512
4	A	B	C	D			0.0268128
5	A	B	C		E	F	0.1072512
6	A	B	C		E		0.0268128
7	A	B	C			F	0.0268128
8	A	B	C				0.0067032
9	A	B		D	E	F	0.0476672
10	A	B		D	E		0.0119168
11	A	B		D		F	0.0119168
12	A	B		D			0.0029792
13	A	B			E	F	0.0119168
14	A	B			E		0.0029792
15	A	B				F	0.0029792
16	A	B					0.0007448
17	A		C	D	E	F	0.0087552
18	A		C	D	E		0.0021888
19	A		C	D		F	0.0021888
20	A		C	D			0.0005472
21	A		C		E	F	0.0021888
22	A		C		E		0.0005472
23	A		C			F	0.0005472
24	A		C				0.0001368
25	A			D	E	F	0.0009728
26	A			D	E		0.0002432
27	A			D		F	0.0002432
28	A			D			0.0000608
29	A				E	F	0.0002432
30	A				E		0.0000608
31	A					F	0.0000608
32	A						0.0000152
33		B	C	D	E	F	0.0225792
34		B	C	D	E		0.0056448
35		B	C	D		F	0.0056448
36		B	C	D			0.0014112
37		B	C		E	F	0.0056448
38		B	C		E		0.0014112
39		B	C			F	0.0014112
40		B	C				0.0003528
41		B		D	E	F	0.0025088
42		B		D	E		0.0006272
43		B		D		F	0.0006272
44		B		D			0.0001568
45		B			E	F	0.0006272
46		B			E		0.0001568
47		B				F	0.0001568
48		B					0.0000392
49			C	D	E	F	0.0004608
50			C	D	E		0.0001152
51			C	D		F	0.0001152
52			C	D			0.0000288
53			C		E	F	0.0001152
54			C		E		0.0000288
55			C			F	0.0000288
56			C				7.2E-06
57				D	E	F	5.12E-05
58				D	E		0.0000128
59				D		F	0.0000128
60				D			0.0000032
61					E	F	0.0000128
62					E		0.0000032
63						F	0.0000032
64							8E-07

Tabell 21 Olika kombinationer av fungerande brandceller då branden uppstått i den östra delen av byggnaden. En bokstav betyder att motsvarande brandcellsgräns fungerar.

Kombination	A	G	H	I	Sannolikhet
1	C	D	E	F	0.33614
2	C	D	E		0.14406
3	C	D		F	0.14406
4	C	D			0.06174
5	C		E	F	0.14406
6	C		E		0.06174
7	C			F	0.06174
8	C				0.02646
9		D	E	F	0.00686
10		D	E		0.00294
11		D		F	0.00294
12		D			0.00126
13			E	F	0.00294
14			E		0.00126
15				F	0.00126
16					0.00054

Tabell 22 Olika kombinationer av fungerande brandceller då branden uppstått i den västra delen av byggnaden. En bokstav betyder att motsvarande brandcellsgräns fungerar.

För varje kombination i Tabell 21 och Tabell 22, samt varje startområde (där branden uppstått) kan antalet totalförstörda områden beräknas. Dessa totalförstörda områden kan i sin tur översättas till en ekonomisk skada med hjälp av skadekostnaderna i kapitel 7.

Det ovanstående resonemanget om brandspridning medför att de delscenarier i bilaga 2 som innebär att ett område totalförstörs skall "förlängas" med ytterligare ett händelsetråd som beskriver spridningen av branden. Detta händelsetråd finns dock inte redovisas i sin helhet, men kan rekonstrueras med hjälp av den information som finns i Tabell 21 och Tabell 22. Innebörden av detta är att hela händelsetrådet egentligen innehåller över 1000 delscenarier, men på grund av praktiska skäl redovisas endast de delscenarier där branden inte sprids till andra områden än det där den uppkommit.

7. Skadekostnader

I detta avsnitt kommer beskrivning av de olika skadornas ekonomiska konsekvenser att redovisas. Det förutsätts i beräkningarna att ABB Automation Products har både avbrotts- och egendomsförsäkring, med en självrisk på 500 kkr. Det förutsätts också att utförandet av byggnad 358 inte ändrar försäkringsvilkoren, d.v.s. om ABB skulle bestämma sig för att göra någon brandteknisk installation så skulle detta inte påverka försäkringspremien eller självrisken.

Skadekostnader delas upp i tre typer: egendoms-, avbrotts- och dolda kostnader.

Egendomskostnader (S_E)

Skadekostnaderna på grund av egendomsskador uppstår genom att material i byggnaden förstörs och måste införskaffas på nytt. Egendomskostnaderna anses i denna rapport utgöras av kostnader för maskiner, byggnaden och i vissa fall övrig utrustning.

Egendomskostnaderna antas ersättas av företagets egendomsförsäkring.

Avbrottskostnader (S_A)

Avbrottskostnaderna uppstår på grund av ett eventuellt produktionsavbrott som följer en brand. Exempel på avbrottskostnader kan vara utebliven vinst och personalkostnader.

I denna rapport antas avbrottskostnaderna ersättas av ABBs avbrottsförsäkring.

Dolda skadekostnader (S_{Do})

De dolda skadekostnaderna är sådana kostnader som inte täcks av försäkringsskyddet. De dolda skadorna är i regel svåra att kvantifiera och kan vara t.ex. förlust av marknadsandelar. Dessa skadekostnader uppkommer först då branden stör ABBs produktion allvarligt, vilket betyder att så länge produktionsuppehållet endast är några veckor så antas inga dolda skadekostnader uppstå, utan endast då någon av de brandceller som innehåller viktiga produktionslinjer (Nya PK Verkstaden, PK Verkstaden och A Verkstaden) totalförstörs.

Vid undersökningar av dolda kostnader i andra företag inom ABB har det visat sig att de dolda kostnaderna (vid en EML skada) i medeltal kan antas uppgå till ungefär 40% av bolagets omsättning. I denna rapport antas därför att de dolda kostnaderna då PK Verkstaden, Nya PK Verkstaden samt A Verkstaden totalförstörs uppgår till 40% av ABB Automation Products omsättning, vilket motsvarar ungefär 1080000 kkr. Observera att detta är en mycket grov uppskattning, vilken har stor effekt på slutresultatet. Om rapporter liknande denna skall få praktisk nytta måste analysen kompletteras med en undersökning av de dolda kostnaderna. Eftersom ingen sådan undersökning gjorts i samband med denna rapport bör resultatet inte användas för att dra slutsatser angående säkerheten i byggnad 358. Däremot kommer denna rapport att fungera som ett exempel på hur en analys kan utföras om de dolda kostnaderna undersökts.

Om bara PK Verkstaden förstörs antas de dolda kostnaderna uppgå till 50% av det maximala beloppet, vilket innebär 540000 kkr. Om bara Nya PK Verkstaden förstörs antas de dolda kostnaderna uppgå till 20% av det maximala beloppet (216000 kkr) och om bara A Verkstaden förstörs antas de dolda kostnaderna uppgå till 30% av det maximala beloppet (324000 kkr).

För vart och ett av de olika områdena i byggnad 358 har tre typbränder ansatts, en liten, en medelstor och en stor. Dessa typer finns beskrivna i kapitel 3.

För den lilla branden antas att egendomskostnaderna är 20 kkr per brand oavsett var branden uppstår. De bränder som har potential att bli medelstora eller stora bränder, men som sedan släcks av t.ex. sprinklersystemet eller brandkåren kan troligtvis orsaka mer ekonomisk skada än en liten brand eftersom brandeffekten kan vara större och därmed även troligtvis vattenpåföringen. Därför bedöms för varje område hur stora direkta kostnader en stor eller medelstor brand som släcks i ett tidigt skede innebär. Bedömningarna redovisas i Tabell 23.

Område	Egendomskostnader vid släckning av medelstor och stor brand. (kkr)
1) Nya PK Verkstaden	200
2) A Verkstaden	100
3) Förråd, Norra delen	20
4) ABB Training Center	50
5) EMC	100
6) PS Verkstaden	50
7) P Kontoret	50
8) PK Verkstaden	200

Tabell 23 Egendomskostnader för släckning av en brand med potential att bli stor eller medelstor.

Bränder som släcks i ett tidigt skede (d.v.s. av sprinklersystem, personal eller snabbt av brandkåren) bedöms inte orsaka några avbrotts- eller dolda skadekostnader.

Egendomskostnaderna då en medelstor eller stor brand släcks långsamt (d.v.s. saneringsskador uppstår) av brandkåren beräknas genom att undersöka vad en totalsanering av hela brandcellen kostar. Dessutom antas att vissa maskinkomponenter tvingas bytas ut. Kostnaden för detta bedöms som 5% av maskinernas värde. För dessa typer av scenario bedöms även avbrottskostnaderna genom att summera personalkostnader, avskrivningskostnader för maskiner och utebliven vinst.

Personalkostnader beräknas genom att anta en generell timkostnad för personalen. 300 kr/h/person beräknas personalen kosta och då inkluderas lönekostnader och lönebikostnader.

Saneringskostnader är den summa som saneringsföretaget tar betalt för saneringstjänsten. Denna summa uppskattades av företaget SKEAB elektronik till ungefär 5000 kr/dag och person. I inledningen av saneringen bedömdes 10 till 15 personer från saneringsföretaget delta. Detta antal trappas sedan ner vartefter arbetet fortskrider. I denna analys antas att i medeltal 8 personer från saneringsföretaget jobbar, vilken ger en dagskostnad på 40 kkr/dag.

Avskrivningskostnaden för maskiner har bedöms av ABB personal.

Bedömningen av utebliven vinst är gjord av författaren och är beroende av hur viktig utrustningen i det aktuella utrymmet är för produktionen. Eftersom egendomskostnaderna och avbrottskostnaderna inte påverkar ABB Automation Product i så hög utsträckning (p.g.a. försäkringsskydd) så kommer dessa bedömningar inte att ha någon effekt på ABBs förväntade skadekostnader, utan endast försäkringsbolagets.

Egendomskostnaderna vid den stora branden beräknas genom att summera kostnaden för inköp av nya maskiner samt uppbyggnad av den skadade brandcellen. Avbrottskostnaderna har bedömts genom att summera personalkostnader, avskrivningskostnader och utebliven vinst under produktionsstoppet. I de fall där avbrottskostnaderna ansetts svåra att uppskatta har de beräknats som halva eigendomskostnaderna.

Byggkostnader beräknas schablonartat genom att anta en byggkostnad på 1400 kr/m². Det förutsätts att då branden begränsats till en brandcell så uppstår inga skador på byggnaden i de övriga brandcellerna.

7.1. Område 1, Nya PK Verkstaden

7.1.1. Medelstor brand

Den medelstora branden innebär att all utrustning i nya PK verkstaden måste saneras. Dessutom antas vissa komponenter ha förstörts och måste bytas ut. Denna kostnad bedöms som 5% av maskinernas inköpspris. I verkstaden arbetar normalt cirka 80 personer, vilka antas hjälpa till med saneringsjobbet. Det kan tänkas att en del av dessa personer hjälper till i den gamla PK verkstaden så att vissa av produkterna kan produceras där, men detta har ej tagits hänsyn till. Tiden för saneringsarbetet har bedömts till 15 dagar. De olika tillverkningslinjerna i detta område är förknippade med olika maskintidsförluster, varför de olika linjerna redovisas var för sig.

Egendomskostnader		
Förstörda komponenter		2500 kkr
Sanering	40 * 15 =	600 kkr
Totalt:		3100 kkr

Avbrottskostnader		
Personal	0,3 * 80 * 15 * 8 =	2880 kkr
<i>Avskrivningar</i>		
Linje 1	1,5 * 15 * 8 =	180 kkr
Linje 2	1,5 * 15 * 8 =	180 kkr
Linje 3	0,8 * 15 * 8 =	96 kkr
Linje 4,5,6 och 7	0,6 * 15 * 8 * 4 =	288 kkr
Utebliven vinst		2250 kkr
Totalt:		5874 kkr

7.1.2. Stor brand

En stor brand innebär att hela område 1 (nya PK verkstaden) förstörs och lokalerna samt maskinparken måste byggas upp på nytt. Dessutom innebär detta skadescenario ett produktionsstopp. Konsekvenserna av detta produktionsstopp kan dock mildras genom att produktionen av kretskort läggs ut på andra tillverkare. ABB Automation Products har utarbetat en plan för detta där också kostnaden för total förstörd PK Verkstad och Nya PK verkstaden beräknats. Denna totala kostnad bedömdes av ABB vara cirka 246000 kkr. I det fall då bara Nya PK Verkstaden förstörs antas ABB belastas med 1/3 av kostnaden som uppkommer då både PK Verkstaden (område 8) och Nya PK Verkstaden förstörs, d.v.s. 82000 kkr

Egendomskostnader	
Maskiner	50000 kkr
Byggnad	7966 kkr
Totalt:	57966 kkr

Avbrottskostnader	
Totalt:	82000 kkr

Dolda kostnader	
Totalt:	216000 kkr

Område 2, A Verkstaden

7.1.3. Medelstor brand

Saneringstiden för A-verkstaden beräknas vara 10 dagar. I saneringen antas de 75 personer som jobbar i verkstaden hjälpa till. Maskintidsförlusten beräknas grovt genom att 10% av investeringskostnaden för maskinerna som är cirka 120 miljoner skrivs av varje år. På ett år beräknas maskinerna kunna arbeta cirka 1800 timmar (225 dagar), vilket resulterar i en kostnad på cirka 6670 kr/h ($12000000/1800 \approx 6670$).

Egendomskostnader		
Förstörda komponenter		6000 kkr
Sanering	$40 * 10 =$	400 kkr
Totalt:		6400 kkr

Avbrottskostnader		
Personal	$0,3 * 75 * 10 * 8 =$	1800 kkr
Avskrivningar	$6,667 * 10 * 8 =$	533 kkr
Utebliven vinst		2200 kkr
Totalt:		4533 kkr

7.1.4. Stor brand

Då A verkstaden totalförstörs av en brand beräknas avbrottskostnaderna som 50% av egendomskostnaderna. Denna förenkling görs därför att ingen information angående de indirekta kostnaderna har funnits tillgänglig.

Egendomskostnader		
Maskiner		120000 kkr
Byggnad	$1,4 * 9200 =$	12880 kkr
Totalt:		132880 kkr

Avbrottskostnader		
Totalt:		66440 kkr

Dolda kostnader		
Totalt:		324000 kkr

7.2. Område 3, Förråd, norra delen

7.2.1. Medelstor brand

En medelstor brand i område 3 medför inga större skador för ABB Automation Products. Möjligtvis krävs det några dagars sanering för att få bort rökluften, men i området finns inga maskiner som kräver noggrann sanering.

<i>Egendomskostnader</i>		
Totalt:		200 kkr

7.2.2. Stor brand

En brand som förstör område 3 medför inga personalkostnader (eftersom ingen normalt jobbar i området) eller kostnader för maskiner. Kostnaden för att bygga upp området igen tas däremot med i analysen.

<i>Egendomskostnader</i>		
Byggnad	$1,4 * 1900 =$	2660 kkr
Totalt:		2660 kkr

7.3. Område 4, ABB Training Center

7.3.1. Medelstor brand

En medelstor brand i område 4 bedöms ta 5 dagar att sanera. Det bedöms att cirka 10 personer drabbas av branden och tvingas arbeta med sanering.

<i>Egendomskostnader</i>		
Sanering	$40 * 5 =$	200 kkr
Totalt:		200 kkr

<i>Avbrottskostnader</i>		
Personal	$0,3 * 10 * 5 * 8 =$	120 kkr
Totalt:		120 kkr

7.3.2. Stor brand

En stor brand i ABB Training Center innebär att all utrustning (bl.a. utrustning för undervisning) förstörs dessutom uppkommer skador på byggnaden som också tas med i analysen. Däremot räknas inte bortfallet av undervisningsmöjligheterna som någon kostnad under avbrottstiden. Tiden att bygga upp lokalerna igen bedöms till $0,5 \text{ h/m}^2$, vilket resulterar i en byggtid på 218 dagar. Kostnaden för utrustningen i området bedöms till ca. 2 kkr/m^2 .

<i>Egendomskostnader</i>		
Byggnad	$1,4 * 4510 =$	6314 kkr
Utrustning	$2 * 4510 =$	9020 kkr
Totalt:		15334 kkr

<i>Avbrottskostnader</i>		
Personal	$0,3 * 10 * 218 * 8 =$	5232 kkr
Totalt:		5232 kkr

7.4. Område 5, EMC

7.4.1. Medelstor brand

Saneringsarbetet efter den medelstora branden bedöms ta 10 dagar för de 6 personer som jobbar där plus saneringspersonal.

Egendomskostnader		
Sanering	$40 * 10 =$	400 kkr
Totalt:		400 kkr

Avbrottskostnader		
Personal	$0,3 * 6 * 10 * 8 =$	144 kkr
Totalt:		144 kkr

7.4.2. Stor brand

En stor brand i EMC innebär att anläggningen måste byggas upp på nytt. Detta beräknas ta cirka 9 månader (21 arbetsdagar per månad). Byggkostnaden när EMC byggdes uppgick till 17 miljoner, varför detta värde används i stället för schablonvärdet 1400 kkr/m².

Egendomskostnader	
Byggnad	17000 kkr
Maskiner	3000 kkr
Totalt:	20000 kkr

Avbrottskostnader	
Totalt:	10000 kkr

7.5. Område 6, PS Verkstaden.

7.5.1. Medelstor brand

Även om PS Verkstaden till ytan är ett av de större områdena antas saneringen endast ta 10 dagar att slutföra. Detta beror på att det inte finns några avancerade maskiner i området. Här monteras endast komponenter i elektronikskåpen. Cirka 100 personer bedöms arbeta i PS Verkstaden med tillhörande kontorsdel.

Egendomskostnader		
Sanering	$40 * 10 =$	400 kkr
Totalt:		400 kkr

Avbrottskostnader		
Personal	$0,3 * 100 * 8 * 10 =$	2400 kkr
Totalt:		2400 kkr

7.5.2. Stor brand

Eftersom PS Verkstaden endast används för montering av elektronikkomponenter i plåtskåp antas det att denna verksamhet kan utlokaliseras till någon annan fastighet under tiden som reparationen av byggnaden pågår. Avbrottet innan denna verksamhet kan komma igång bedöms till 14 dagar. De extra kostnader som uppkommer när verksamheten flyttas bedöms till 1/5 av de kostnader som bedöms uppkomma då kretskortstillverkningen flyttas ut ($1/5 * 246000 \text{ kkr} = 49200 \text{ kkr}$). Utrustningen som måste köpas ny bedöms kosta 15 miljoner kronor.

Egendomskostnader		
Byggnad	$1,4 * 8330 =$	11662 kkr
Utrustning		15000 kkr
Totalt:		26662 kkr

Avbrottskostnader		
Personal	$0,3 * 100 * 14 * 8 =$	3360 kkr
Övriga		49200 kkr
Totalt:		52560 kkr

7.6. Område 7, P Kontoret

7.6.1. Medelstor brand

En medelstor brand i område 7 bedöms ta 10 dagar att sanera.

<i>Egendomskostnader</i>		
Sanering	$40 * 10 =$	400 kkr
Totalt:		400 kkr

<i>Avbrottskostnader</i>		
Personal	$0,3 * 100 * 8 * 10 =$	2400 kkr
Totalt:		2400 kkr

7.6.2. Stor brand

Om P Kontoret skulle förstöras antas en del förseningar i leveranser uppkomma, men det antas inte stoppa produktionen i PK verkstäderna och därför räknas ingen kostnad till följd av utebliven försäljning. Tiden att bygga upp lokalerna igen bedöms till $0,5 \text{ h/m}^2$, vilket resulterar i en byggtid på 160 dagar. Kostnaden för utrustningen i området bedöms till ca. 2 kkr/m^2 .

<i>Egendomskostnader</i>		
Byggnad	$1,4 * 2600 =$	3640 kkr
Utrustning	$2 * 2500 =$	5000 kkr
Totalt:		8640 kkr

<i>Avbrottskostnader</i>		
Personal	$0,3 * 100 * 160 * 8 =$	38400 kkr
Totalt:		38400 kkr

7.7. Område 8, PK verkstaden

7.7.1. Medelstor brand

Samma förutsättningar som för område 1 (nya PK verkstaden) gäller för område 8 (PK verkstaden), förutom att antalet personer som arbetar där är 360 stycken och saneringstiden bedömts till 20 dagar. Maskintidsförlusterna för de 22 testplatserna i området har bedömts till mellan 600 och 800 kr/h för 12 av platserna och mellan 500 och 600 kr/h för 10 stycken. I denna analys används medelvärdena av bedömningarna, d.v.s. 700 kr/h och 550 kr/h.

Egendomskostnader		
Sanering	$40 * 20 =$	800 kkr
Förstörda komponenter		5000 kkr
Totalt:		5800 kkr

Avbrottskostnader		
Personal	$0,3 * 360 * 20 * 8 =$	17280 kkr
<i>Avskrivningar</i>		
Linje 1	$2 * 20 * 8 =$	320 kkr
Linje 2	$2 * 20 * 8 =$	320 kkr
Linje 3	$1,5 * 20 * 8 =$	240 kkr
Linje 4	$1,5 * 20 * 8 =$	240 kkr
Testplatser (12 st)	$0,7 * 12 * 20 * 8 =$	1344 kkr
Testplatser (10st)	$0,55 * 10 * 20 * 8 =$	880 kkr
Utebliven vinst		7400 kkr
Totalt:		28024 kkr

7.7.2. Stor brand

En stor brand innebär att hela område 1 (nya PK verkstaden) förstörs och lokalerna samt maskinparken måste byggas upp på nytt. Dessutom innebär detta skadescenario ett produktionsstopp. Konsekvenserna av detta produktionsstopp kan dock mildras genom att produktionen av kretskort läggs ut på andra tillverkare. Kostnaden för detta (då både PK Verkstaden och Nya PK Verkstaden förstörs) har beräknats av ABB Automation Products och det antas att 2/3 av den kostnaden uppkommer då endast PK Verkstaden förstörs.

Egendomskostnader		
Byggnad	$6300 * 1,4 =$	8820 kkr
Maskiner		100000 kkr
Totalt:		108820 kkr

Avbrottskostnader		
Övriga kostnader		164000 kkr
Totalt:		164000 kkr

Dolda kostnader		
Totalt:		540000 kkr

7.8. Sammanfattning

Vid beräkning av kostnader för de olika skadescenarierna har tre typer av kostnader för varje område (brandcell) uppskattats (egendoms-, avbrotts- och dolda kostnader). Skador till följd av en liten brand har antagits kosta 20 kkr oavsett var branden uppstår. Skadorna till följd av den medelstora branden beräknas genom att bedöma kostnaden för en totalsanering av området i fråga. Dessa kostnader kan innefatta kostnad för saneringsföretag, personalkostnader (egen personal) mm. under den tid som saneringen pågår. För att beräkna skadorna till följd av den stora branden summeras kostnaden för nyanskaffning av maskiner, reparation av byggnaden mm.

Bedömningar av kostnaderna för den stora och medelstora branden för de olika områdena redovisas i Tabell 24.

Område	Skadekostnader		
	Egendom, S_E (kkr)	Avbrott, S_A (kkr)	Dolda, S_{D_0} (kkr)
1) Nya PK Verkstaden			
Saneringsskada	3100	5874	
Totalförstörd	57966	82000	216000
2) A Verkstaden			
Saneringsskada	6400	4533	
Totalförstörd	132880	66400	324000
3) Förråd, Norra delen			
Saneringsskada	200	-	
Totalförstörd	2660	-	
4) ABB Training Center			
Saneringsskada	200	120	
Totalförstörd	15334	5232	
5) EMC			
Saneringsskada	400	144	
Totalförstörd	20000	10000	
6) PS Verkstaden			
Saneringsskada	400	2400	
Totalförstörd	26662	52560	
7) P Kontoret			
Saneringsskada	400	2400	
Totalförstörd	8640	38400	
8) PK Verkstaden			
Saneringsskada	5800	28024	
Totalförstörd	108820	164000	540000

Tabell 24 Sammanfattning av kostnaderna för medelstor (saneringsskada) och stor brand (totalförstörd).

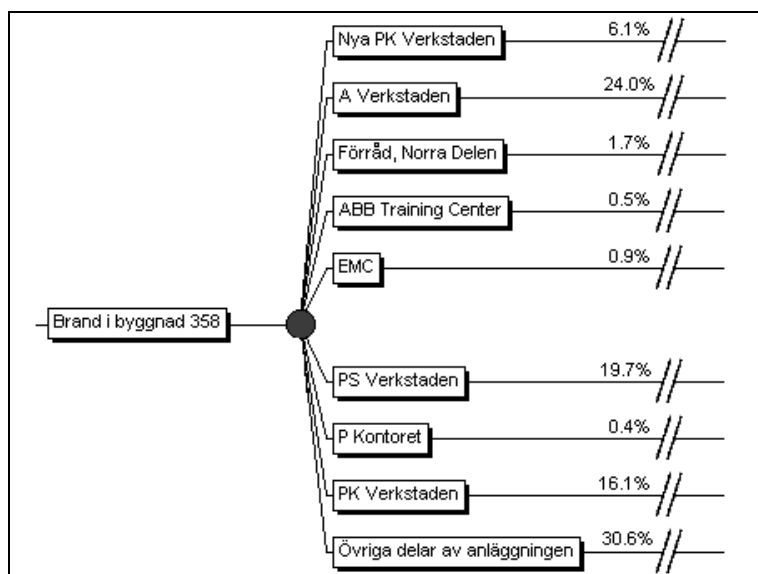
8. Förväntad skadekostnad och riskprofil

I detta kapitel kommer analysens slutprodukt att beräknas, nämligen den förväntade skadekostnaden och riskprofilen för byggnaden. Dessa två mått på risken, som båda behövs för att på ett rättvist sätt kunna beskriva riskerna i en industri, kan fås fram via det händelsetråd som presenteras i bilaga 2. Detta händelsetråd är stort (med mycket liten text tar det upp cirka 4 A4 sidor) och därför presenteras det i ett uppdelat tillstånd i bilaga 2.

Den förväntade skadekostnaden kommer att beräknas både för ABB Automation Products och ett fiktivt försäkringsbolag. Självrisken har antagits vara 500 kkr.

8.1. Händelsetråd

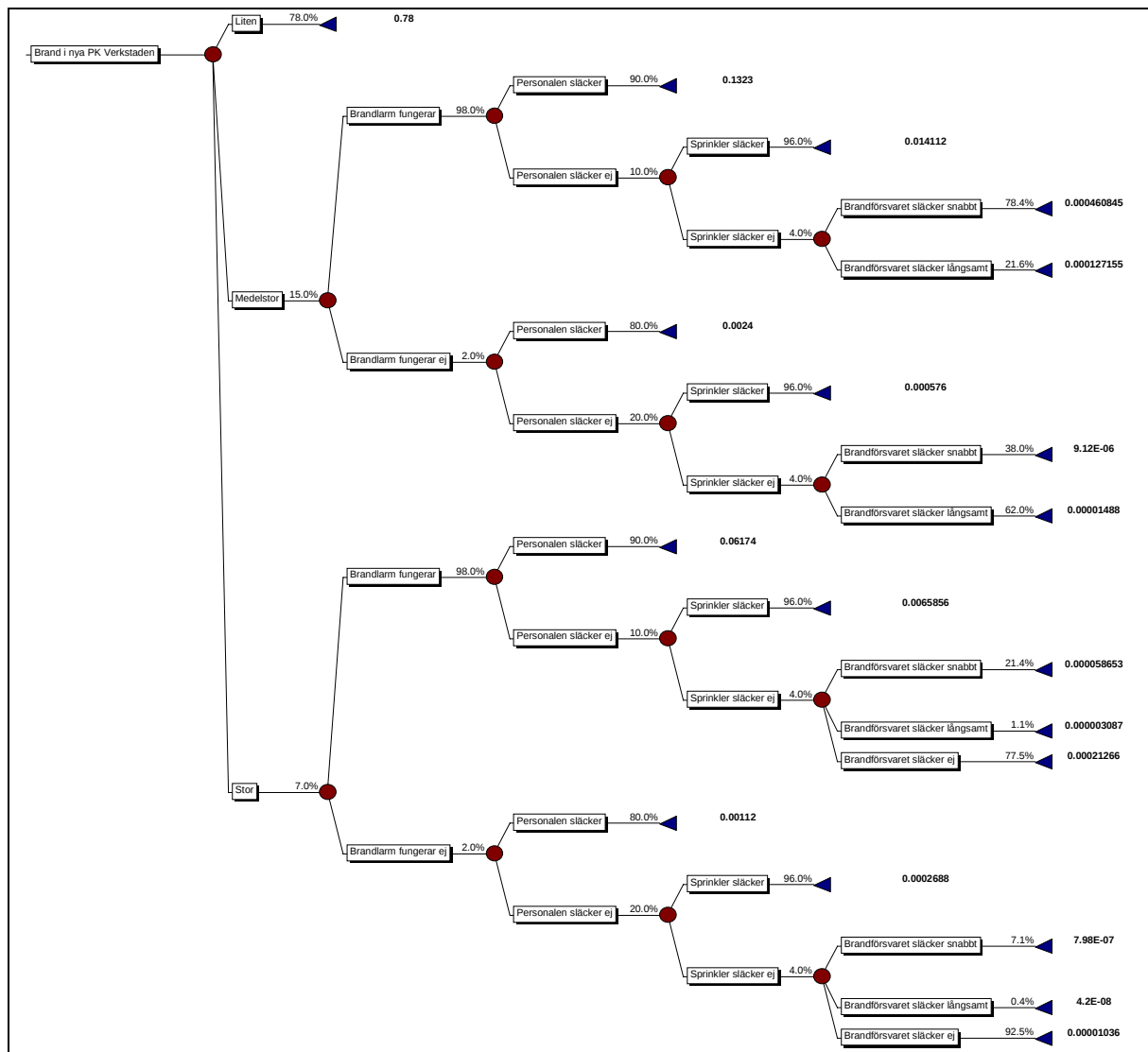
Ett händelsetråd beskriver vad som kan hända givet att en viss initialhändelse inträffat. I detta fallet är initialhändelsen "Brand i byggnad 358". Från initialhändelsen sker en förflyttning "uppåt" i trädet tills någon typ av förgrening påträffas. Den första förgreningen i händelsetrådet för byggnad 358 är en sannolikhetsförgrening (eller sannolikhetsnod) som beskriver sannolikheten att branden börjar i olika delar av byggnaden, d.v.s. vad är sannolikheten att branden börjar i Nya PK Verkstaden, EMC etc. (givet att brand uppkommit i byggnaden).



Figur 6 Första förgreningen i händelsetrådet för brand i byggnad 358.

Sannolikheterna som redovisas vid den första sannolikhetsnoden (se Figur 6) kommer ifrån avsnitt 3.2 som handlar om brandfördelningen inom byggnaden.

I Figur 6 kan ses att de olika grenarna i händelsetrådet är avhuggna. Detta beror på att händelsetrådet är så stort att det inte får plats på en A4 sida, men i bilaga 2 finns hela trädet samlat. I Figur 7 finns resten av grenen "Nya PK verkstaden" redovisad och där kan ses att den första noden i grenen "Nya PK Verkstaden" är en sannolikhetsnod som beskriver sannolikheten att den brand som uppstår har potentialen att bli en stor, medelstor eller liten brand. Dessa fördelningar kommer ifrån kapitel 3 där typbränder diskuterades. Vidare ner i trädet ses ett antal andra sannolikhetsnoder som beskriver olika saker som kan inträffa under brandförloppet. Alla sannolikheter som presenteras vid de olika grenarna kommer ifrån andra delar av rapporten (t.ex. kommer sannolikheten att personalen släcker branden från kapitel 5).



Figur 7 Grenen "Nya PK Verkstaden" i händelseträdet för brand i byggnad 358.

I änden på alla grenar i händelseträdet finns en trekant, som symboliserar ett specifikt scenario. Till höger om trekanten finns en siffra. Siffran beskriver sannolikheten att just detta scenario skall inträffa, givet att brand har uppkommit i denna del av byggnaden (vanligtvis är dessa siffror väldigt små). Ett delscenario kan till exempel vara: "Brand uppstår i Nya PK Verkstaden i byggnad 358. Branden uppstod i en lagerhylla, vilket innebär att den har potential att utvecklas till en stor brand. Brandlarmet fungerar och detekterar branden, personalen misslyckas dock med att släcka branden och av någon anledning är sprinklersystemet avstängt. Brandkåren kommer till platsen och inleder en släckinsats, vilken slutar med att branden släcks, men hela brandcellen blir rökskadad och en sanering är nödvändig." Sannolikheten att detta scenario skall inträffa (givet att brand uppstått i Nya PK Verkstaden) kan i Figur 7 avläsas som ungefär 0,0000031.

Sannolikheten för varje delscenario räknas fram genom att multiplicera de sannolikheter som står givna vid varje ny gren i trädet. Till exempel så beräknas sannolikheten för det sjunde delscenariot (räknat uppifrån i Figur 7) genom att sannolikheten för brand i Nya PK Verkstaden (0,061) multipliceras med sannolikheten att branden har potential att bli medelstor (0,15), sannolikheten att brandlarmet inte fungerar (0,02), sannolikheten att personalen inte

släcker (0,20) och sannolikheten att sprinklersystemet släcker branden (0,96). Detta medför att sannolikheten att just detta delscenario uppkommer är ($0,061 * 0,15 * 0,02 * 0,20 * 0,96$) $3,5 \cdot 10^{-5}$ per brand.

Med hjälp av händelseträdet som skapats i datorprogrammet Precision Tree /7/, kan sannolikheten för de olika delscenarierna räknas ut. I händelseträdet för brand i byggnad 358 finns 167 delscenarier. Varje delscenario är förknippad med en skadekostnad, t.ex. kostnaden för att sanera en brandcell plus avbrottet som uppkommer. Under kapitel 7 har skadorna i de olika områdena diskuterats och det har antagits att endast tre typer av skadekostnader kan uppkomma, egendoms-, avbrotts- och dolda kostnader. Med hjälp av dessa skadekostnader kan skadekostnaden som drabbar ABB respektive försäkringsbolaget räknas ut för varje delscenario.

Förutom de 167 delscenarierna i det stora händelseträdet så finns ytterligare två händelseträd som beskriver spridningen av branden när ett helt område är involverat i branden (se avsnitt 6.6). Dessa händelseträd kan ses som en förlängning av de delscenarier i bilaga 2 som slutar med att ett helt område förstörs. Detta innebär att det kompletta händelseträdet (inklusive spridning) består av över 1000 delscenarier, vart och ett associerat med en egendoms-, avbrotts- och dold kostnad.

8.2. Förväntad skadekostnad

Vad skall nu alla dessa konsekvenser och sannolikheter vara bra för? Jo, genom att summera konsekvensen multiplicerat med sannolikheten för alla delscenarier fås den förväntade skadekostnaden *per brand* ($\bar{S}_{ABB}$ eller $\bar{S}_{Försäkring}$).

Ekvation 9

$$\bar{S}_{ABB} = \sum_{n=1}^i P(n/Brand) \cdot S_{ABB,n}$$

Ekvation 10

$$\bar{S}_{Försäkring} = \sum_{n=1}^i P(n/Brand) \cdot S_{Försäkring,n}$$

I Ekvation 9 och Ekvation 10 innebär $\bar{S}_{ABB}$ eller $\bar{S}_{Försäkring}$ den förväntade skadekostnaden (för ABB Automation Products respektive försäkringsbolaget) vid *en* brand. $P(n/Brand)$ innebär sannolikheten att just delscenario n inträffar, givet att brand uppstått i byggnaden och (i) är antalet delscenarier. $\bar{S}_{ABB,n}$ och $\bar{S}_{Försäkring,n}$ innebär skadekostnaden för ABB respektive försäkringsbolaget om delscenario n inträffar.

$$\bar{S}_{ABB} = 187\text{kr/brand}$$

$$\bar{S}_{Försäkring} = 119\text{kr/brand}$$

Den förväntade skadekostnaden vid *en* brand ger information om riskerna vid en brand, men normalt önskas den förväntade skadekostnaden uttryckt per år. För att översätta den förväntade skadekostnaden per brand till förväntad skadekostnad per år multipliceras $\bar{S}_{ABB}$ och $\bar{S}_{Försäkring}$ med brandfrekvensen 0,82 bränder per år. Då erhålls den förväntade skadekostnaden *per år*.

Ekvation 11

$$\bar{S}_{\text{År,ABB}} = \bar{\Lambda} \cdot \bar{S}_{\text{ABB}}$$

Ekvation 12

$$\bar{S}_{\text{År,Försäkring}} = \bar{\Lambda} \cdot \bar{S}_{\text{Försäkring}}$$

Under inledningen av denna rapport (kapitel 3) betraktades brandfrekvensen som en stokastisk variabel, men det framgick i slutet av kapitlet att endast medelvärdet av denna stokastiska variabel skulle användas i analysen, d.v.s. nu. I Ekvation 11 och Ekvation 12 beskrivs medelvärdet av brandfrekvensen som $\bar{\Lambda}$, den förväntade skadekostnaden vid *en* brand som $\bar{S}_{\text{ABB}}$ eller $\bar{S}_{\text{Försäkring}}$ beroende på om skadekostnaden drabbar ABB Automation Products eller försäkringsbolaget. $\bar{S}_{\text{År,ABB}}$ samt $\bar{S}_{\text{År,Försäkring}}$ representerar den förväntade skadekostnaden under *ett* år.

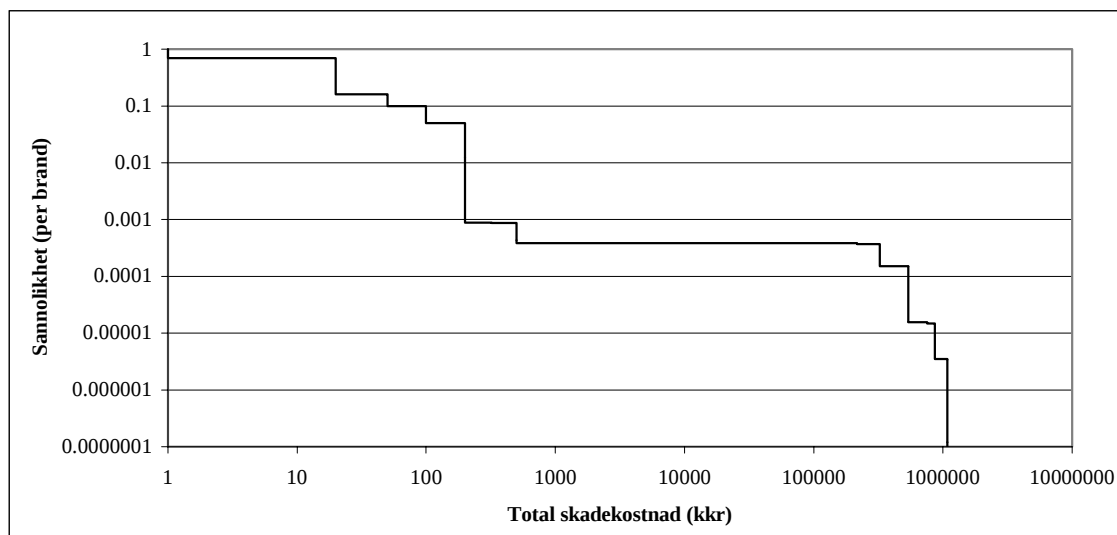
$$\bar{S}_{\text{År,ABB}} = 154 \text{ kkr/år}$$

$$\bar{S}_{\text{År,Försäkring}} = 98 \text{ kkr/år}$$

8.3. Riskprofil

Den förväntade skadekostnaden per år som räknades ut i föregående avsnitt är inte tillräcklig för att beskriva riskerna i byggnaden eftersom ingen information om spridningen av skador finns. Detta innebär att den förväntade skadekostnaden måste kompletteras genom en beskrivning av fördelningen av skador. För att göra detta kommer det i denna rapport att användas en så kallad riskprofil.

Riskprofilen visar hur konsekvenserna och sannolikheterna för de olika delscenarierna är fördelade. Eftersom det är vanligt med både delscenarier som har hög sannolikhet, men låg konsekvens och delscenarier som har låg sannolikhet, men hög konsekvens brukar logaritmerade skalor användas när riskprofilen ritas.



Figur 8 Riskprofil för ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358.

Riskprofilen som visas i Figur 8 beskriver sannolikheten att en brand skall medföra x kkr kostnad *eller mer*. Till exempel så kan frågan "vad är sannolikheten per brand att skadekostnaden för ABB Automation Products skall uppgå till mer än 1 miljon kronor?" besvaras genom att söka upp 1000 kkr på x -axeln och dra en linje upp till riskprofilen. Värdet som står på sannolikhetsaxeln är det sökta värdet, alltså ungefär 0,0005 per brand, eller en gång på 2000 bränder.

Vad kan då den förväntade skadekostnaden och riskprofilen användas till? Det är möjligt att med hjälp av den förväntade skadekostnaden och riskprofilen jämföra olika utfromningsalternativ. Till exempel kan alternativet att utforma byggnaden med sprinkler eller ej jämföras med hjälp av förväntad skadekostnad och riskprofil. Det är också möjligt för ett företag att skapa acceptanskriterier med hjälp av förväntad skadekostnad och riskprofil, d.v.s. en klart uttryckt risknivå som utgör gränsen mellan risker som accepteras av företaget och risker som inte accepteras.

Det finns dock ett problem med att jämföra brandskyddsalternativ enbart med hjälp av förväntad skadekostnad och riskprofilen eftersom det i så fall förutsätts att företaget är risk-neutralt. Vad detta innebär kommer kortfattat att förklaras i nästa avsnitt och mer ingående under fas 2 i detta projekt.

8.4. Riskattityd

Vad som menas med riskattityd illustreras bäst genom att betrakta någon typ av lotteri. Detta är endast ett hypotetiskt lotteri och bör i stället uppfattas som en generell beslutssituation som involverar osäkerheter.

Ett företag inbjuds att delta i ett lotteri där reglerna är följande:

Med 90% sannolikhet erhåller företaget 1000 kkr och med 10% sannolikhet förlorar företaget 8000 kkr. Det kostar inget att delta i lotteriet, men om företaget anmäler sig går det inte att dra sig ur. Frågan är nu, skall företaget anmäla sig till lotteriet eller ej?

Den nästan "säkra" vinsten på 1000 kkr verkar lockande, men å andra sidan är en förlust på 8000 kkr svår att bära även om den är osannolik. Om beslutet fattas av ett företag som är risk-neutralt innebär det att lotteriet skulle accepteras eftersom beslut i så fall fattas med ledning av det förväntade värdet av lotteriet och eftersom den förväntade vinsten i detta fallet är 100 kkr ($1000 \cdot 0,9 - 8000 \cdot 0,1$), d.v.s. större än 0 så kommer företaget att delta.

Vissa skulle troligtvis fatta beslutet att vara med i lotteriet som beskrevs ovan, men vad händer om de ekonomiska värdena ökas? Låt oss anta att lotteriet i stället innebär en vinst på hela 100000 kkr eller en förlust på 800000 kkr. Den förväntade vinsten i detta lotteri är fortfarande positiv (10000 kkr), men nu skulle troligtvis många företag välja att inte delta i lotteriet. Ett risk-neutralt företag skulle dock fortfarande vilja vara med i lotteriet eftersom den förväntade vinsten är positiv. För det risk neutrala-företaget spelar det ingen roll hur stora summor som lotteriet rör sig om, det enda som betyder något för om företaget skall vara med eller ej är huruvida den förväntade vinsten är positiv eller ej.

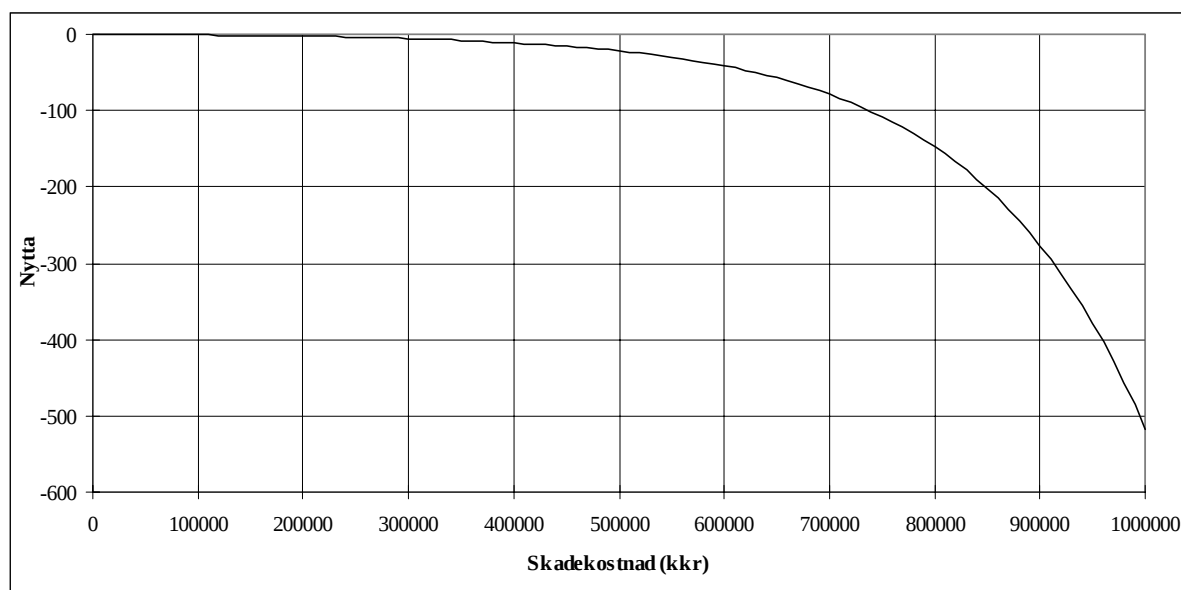
Howard /11/ föreslår att företags riskattityd skall modelleras med en exponentiell nyttofunktion. Med hjälp av nyttofunktionen kan ett summa pengar översättas till "nytta" och i stället kan den förväntade nyttan av två beslutsalternativ (att vara med i lotteriet eller inte) jämföras. Det alternativ som innebär den största förväntade nyttan är det mest fördelaktiga

alternativet. Den exponentiella nyttofunktionen som kommer att användas i denna rapport presenteras i Ekvation 13.

Ekvation 13

$$U(x) = 1 - e^{-(x/R)}$$

$U(x)$ är nyttan med det monetära värdet x och R är den så kallade risktoleransen i företaget. Risktoleransen kan enligt Howard /11/ grovt beräknas som ungefär 6% av företagets omsättning. Risktoleransen för ABB Automation Products skulle kunna undersökas genom att ställa ett antal frågor till ledningen, men eftersom någon sådan undersökning inte genomförts används den mer generella beräkningen av risktoleransen. ABB Automation Products risktolerans blir i så fall 160000 kkr (6% av en omsättning på 2700000 kkr). Den nyttofunktion som används för ABB Automation Products visas i Figur 9.



Figur 9 Nyttofunktion för ABB Automation products.

Med hjälp av nyttofunktionen $U(x) = 1 - e^{-(x/160000)}$ kan nyttan med de olika utfallen i lotterierna som presenterades i inledningen av detta avsnitt räknas ut. Utfallen och motsvarande "nyttovärde" presenteras i Tabell 25.

Utfall (kkr)	Nytta
+1000	+0,0062
-8000	-0,0513
+10000	+0,0606
-80000	-0,6487

Tabell 25 Lotteriutfall och motsvarande "nyttavärde".

Med hjälp av Tabell 25 och sannolikheterna för de olika utfallen kan den *förväntade* nyttan räknas ut för varje lotteri. Resultatet kan ses i Tabell 26 där lotteri 1 motsvarar lotteriet som involverade de minsta beloppen och lotteri 2 det som involverade de största.

Nu framgår tydligt att den förväntade nyttan med de båda lotterierna skiljer sig åt och en sak som är ännu viktigare är att nyttan med lotteri 1 är positiv, medan nyttan med lotteri 2 är negativ. Detta innebär att om alternativet att inte delta i något lotteri hade inneburit 0 kkr så skulle ABB Automation Product valt att delta i lotteri 1 (eftersom den förväntade nyttan är större än 0), men inte i lotteri 2 (eftersom den förväntade nyttan är negativ).

Lotteri	Förväntad nytta
1	+0,00045
2	-0,01033

Tabell 26 Förväntad nytta med de två lotterierna.

Om den förväntade nyttan i Tabell 26 översätts till monetära termer med hjälp Ekvation 14 erhålls det belopp som gör att beslutsfattaren värderar alternativet att erhålla det aktuella beloppet lika attraktivt som att delta i lotteriet. Med andra ord, beslutsfattaren tycker att alternativen är lika bra (eller dåliga). Det belopp som räknas fram Ekvation 14 kallas Certain Equivalent eller $\hat{x}$.

Ekvation 14

$$\hat{x} = -R \cdot \ln(1 - \bar{U})$$

Om det belopp (eller mer) som ABB Automation Products skulle vilja ha för att inte delta i lotteriet ($\hat{x}$) räknas fram med hjälp av Ekvation 14 erhålls resultatet som redovisas i Tabell 27.

Lotteri	$\hat{x}$ (kkr)
1	72
2	-1644

Tabell 27 $\hat{x}$ (Certain Equivalent) för de två lotterierna.

Enligt Tabell 27 skulle ABB Automation Products inte delta i lotteri 1 om de i stället erhöill mer än 72 kkr. I fallet med lotteri 2 innebär minustecknet att ABB Automation Products skulle kunna tänka sig att betala maximalt 1644 kkr för att inte delta i lotteriet.

Denna korta genomgång av nyttofunktioner är avsedd att ge en kort introduktion för dem som inte är bekanta med nytto-teori, men inte ge någon omfattande redogörelse för ämnet. En större redogörelse för hur nytto-teori kan användas vid beslutsfattande planeras under fas 2 i detta projekt. För den som är intresserad av en bra introduktion i ämnet rekommenderas /12/.

8.5. Jämförelse mellan olika brandskyddsalternativ

Hur skall nu den modell som presenterats kunna hjälpa ABB Automation Products att välja det optimala brandskyddsalternativet? Jo, eftersom alla skadeutfalls (i modellen) sannolikheter och konsekvenser är kända så kan den förväntade totala kostnaden för brand och brandskydd beräknas för alla skadeutfallen och utformningsalternativ.

I exemplet som redovisas jämförs en osprinklad byggnad med en sprinklad. För ca 5 år sedan hade nämligen inte byggnad 358 något sprinklersystem och meningen med denna jämförelse är att undersöka om beslutet att installera sprinkler skulle ha fattats om de metoder som beskrivits i denna analys använts.

Först jämförs den förväntade total årliga kostnaden till följd av brand och brandskydd för de två alternativen. Den förväntade total årliga kostnaden på grund av brand och brandskydd definieras enligt Ekvation 15, där $\bar{T}$ är den förväntade total kostnaden för brand och brandskydd per år, $\bar{S}_{Ar,ABB}$ är den förväntade skadekostnaden per år och I är investeringskostnaden i brandskydd (per år).

Ekvation 15

$$\bar{T}_{Ar,ABB} = \bar{S}_{Ar,ABB} + I$$

På grund av resonemanget angående riskattityder i föregående avsnitt så kommer beslutet angående vilket alternativ som skall väljas även att innefatta företagets riskattityd. Detta innebär att nyttan med varje möjligt utfall av den totala kostnaden måste beräknas. Sedan skall den förväntade nyttan beräknas för samtliga alternativ och det är först då som alternativen kan jämföras sinsemellan. När nyttan med de olika alternativen jämförs kommer endast den förväntade nyttan vid *en* brand att räknas ut. Denna förväntade nytta vid en brand multipliceras sedan med brandfrekvensen. Nyttan med att inga bränder uppstår under ett år räknas ut genom att översätta investeringskostnaden i brandskydd till nytta (om ingen investering gjorts blir nyttan 0).

Den ovan beskrivna metodiken är en förenkling som medför att nyttan med två större bränder under ett år bortses ifrån. Antagandet är troligtvis inte orimligt eftersom om anläggningen drabbas av en storskada, så kan den inte drabbas av en storskada till under innevarande år eftersom anläggningen ännu inte byggts upp då. Om detta tillvägagångssätt är rätt eller fel bör studeras senare i projektet, men i nuläget accepteras den förenkling som precis beskrivits.

För att beräkna den förväntade nyttan vid en brand används Ekvation 16, där $\bar{U}(t)_{Brand}$ är den förväntade nyttan vid en brand, $U(t_n)$ är nyttan då delscenario n inträffar och $P_N(n)$ är sannolikheten att just delscenario n inträffar.

Ekvation 16

$$\bar{U}(t)_{Brand} = \sum_{n=1}^i U(t_n) \cdot P_N(n)$$

Den förväntade nyttan med ett specifikt brandskyddsalternativ ($\bar{U}(t)$) beräknas sedan genom att multiplicera nyttan vid en brand ($\bar{U}(t)_{Brand}$) med brandfrekvensens medelvärde ($\bar{\Lambda}$) och sedan addera nyttan då inga bränder uppstår under ett år ($\bar{U}(t)_{Ej Brand}$) multiplicerat med sannolikheten att detta skall inträffa ($P_X(0)$). Detta beskrivs i Ekvation 17.

Ekvation 17

$$\bar{U}(t) = \bar{U}(t)_{Brand} \cdot \bar{\Lambda} + \bar{U}(t)_{Ej Brand} \cdot P_X(0)$$

8.5.1. Exempel

I detta exempel skall beslutsfattare på ABB Automation Products ta ställning till huruvida ett heltäckande sprinklersystem skall installeras i byggnaden eller ej. Sprinklersystemet antas kosta 180 kr/m², vilket innebär att den total kostnaden blir ungefär 9900 kkr.

I detta exempel antas den ekonomiska livslängden för sprinklersystemet vara 40 år, vilket innebär att avskrivningskostnaden blir 247,5 kkr/år.

De två alternativ som föreligger är nu följande:

1. Behåll byggnaden i befintligt skick (utan sprinklersystem).
2. Investera i ett sprinklersystem.

Den förväntade totala årskostnaden (summan av brandskyddskostnader och skadekostnader) för alternativ 2 har redan räknats ut i denna rapport (det är så byggnaden ser ut idag). Resultatet presenterades i början av detta kapitel och var 154 kkr/år.

För alternativ 1 däremot har inte den förväntade skadekostnaden beräknats ännu, men genom att sätta sannolikheten för att sprinklersystemet fungerar till 0 så kan också denna förväntade skadekostnad enkelt beräknas. Resultatet blir 3349 kkr/år, och eftersom detta alternativ inte innebar några investeringar så blir den totala kostnaden lika med skadekostnaden.

Sammanfattningsvis:

Alternativ 1 (Behåll byggnaden utan sprinklersystem)

$$\bar{S}_{Ar,ABB} = 3349 \text{ kkr/år}$$

$$I = 0 \text{ kkr/år}$$

$$\bar{T}_{Ar,ABB} = 3349 \text{ kkr/år}$$

Alternativ 2 (Investera i ett sprinklersystem)

$$\bar{S}_{Ar,ABB} = 154 \text{ kkr/år}$$

$$I = 247,5 \text{ kkr/år}$$

$$\bar{T}_{Ar,ABB} = 401,5 \text{ kkr/år}$$

Den förväntade totala årskostnaden för brand och brandskydd beräknas alltså till ungefär 8 gånger lägre då alternativet att installera sprinkler valdes i stället för att ha kvar byggnaden osprinklad.

Den förväntade nyttan med båda alternativen kan nu beräknas genom att utvärdera händelseträdet i bilaga 2 med avseende på nytta i stället för skadekostnad och använda Ekvation 17, där $\bar{U}(t)_{\text{Brand}}$ fås från händelseträdet i bilaga 2, $\bar{\Lambda}$ fås från kapitel 3, $\bar{U}(t)_{\text{Ej Brand}}$ fås genom att beräkna nyttan med investeringskostnaden (I) och $P_X(0)$ fås från kapitel 3.

Alternativ 1 (Behåll byggnaden utan sprinklersystem)

$$\bar{U}(t) = -0,2734$$

Alternativ 2 (Investera i ett sprinklersystem)

$$\bar{U}(t) = -0,0100$$

Även med nyttoteori framstår alltså alternativ 2 (att installera sprinkler) som det bästa eftersom den förväntade nyttan är större i det alternativet än den är i alternativet utan sprinkler.

8.6. Acceptanskriterier

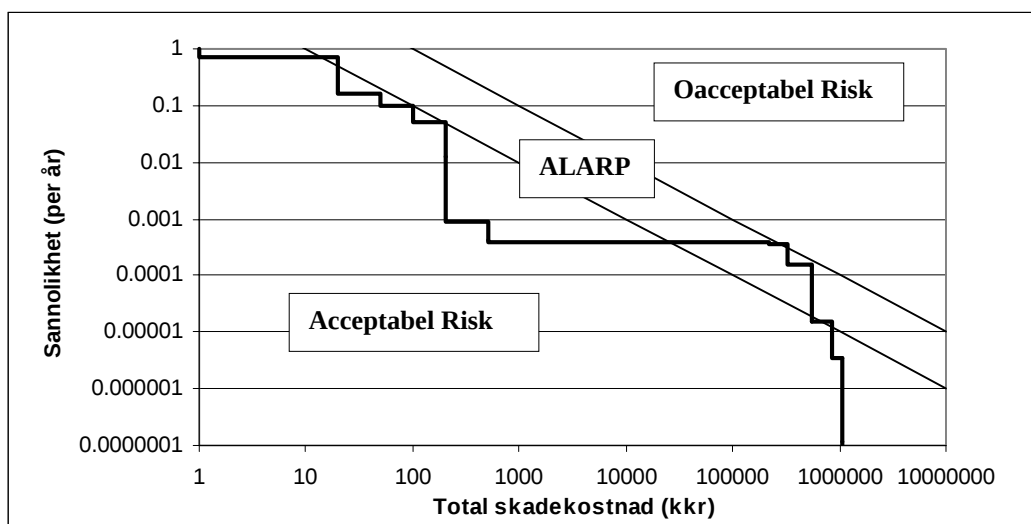
Detta avsnitt är inte tänkt att bli särskilt omfattande utan avser bara belysa vad författaren anser borde kunna göras inom området acceptanskriterier för företag. Eftersom denna rapport är den första i sitt slag (som kommit författaren till kännedom) är underlaget för att skapa generella acceptanskriterier för ABB Automation Products, och i ännu mindre grad för resten av industrisektorn, magert. Avsikten med denna diskussion är heller inte att få fram några absoluta kriterier utan endast att belysa de möjligheter som finns då metodiken förhoppningsvis mognat och visat sig vara praktiskt användbar.

Genom en kvantitativ riskanalys identifieras de risker som är relevanta för en industrianläggning med hjälp av sannolikheter och konsekvenser. I riskanalysen har ett mått på riskerna skapats, som sedan kan värderas av företaget och genom att införa acceptanskriterier på företagsnivå kan denna värdering av riskerna underlättas.

Eftersom det för beslutsfattare kan vara svårt att ta ställning till risker som presenteras i form av sannolikheter och konsekvenser (t.ex. sannolikheten är 10^{-3} att företaget drabbas av en skada som är 1 miljon eller större) används acceptanskriterierna för att översätta risken till att vara acceptabel eller oacceptabel.

Acceptanskriterier skulle kunna utformas enligt följande:

Företaget fastställer en gräns för hur mycket den förväntade skadekostnaden får uppgå till varje år, samt en gräns i diagrammet där riskprofilen ritas (hur dessa gränser kan tas fram behandlas inte här). Denna gräns mellan det acceptabla området och icke acceptabla området kan till exempel se ut som den övre gränsen i Figur 10.



Figur 10 Gräns mellan acceptabel risk, oacceptabel risk samt ALARP området

Förutom gränsen mellan oacceptabla och acceptabla risker kan ett område där riskerna är acceptabla, men bör minskas om det kan göras med rimliga medel definieras. Detta område brukar kallas ALARP område. ALARP står för As Low As Reasonable Practicable. Den lite oklara definitionen på ALARP området innebär i praktiken att om en riskprofil kommer innanför ALARP områdets gränser bör åtgärder vidtas för att minska risken, men inte om det innebär väldigt stora kostnader eller andra stora problem.

Genom att införa ett ALARP område försvinner lite av analysens instabilitet. Med det menas att genom ALARP området finns en liten "buffert" för osäkerheter i analysen. Att en kvantitativ analys är förknippad med vissa osäkerheter är självklart, men hur stora de är vet vi inte ännu (detta borde undersökas i en annan rapport). Antag att riskprofilen på ett ställe precis tangerar ALARP områdets nedre gräns. Om denna riskprofil dessutom är förenad med osäkerheter skulle det kunna tänkas att den "verkliga" riskprofilen är placerad inne i ALARP området, eller till och med i det oacceptabla området. Sannolikheten att den "verkliga" riskprofilen skulle vara placerad i det oacceptabla området är dock ganska liten (med tanke på att det skiljer en tiopotens i både konsekvens och sannolikhet mellan den övre och den undre ALARP gränsen).

Men vad händer om den "verkliga" riskprofilen är placerad i ALARP området? Det som sker är att företaget *bör* minska risken om det kan göras med rimliga medel, men inte annars. Risken är alltså inte oacceptabel. Det som företaget inte uppmärksammar vid situationen som precis beskrivits är att risken bör utvärderas och minskas om det är ekonomiskt försvarbart. Denna utvärdering får i så fall vänta till nästa gång då en mer noggrann analys utförs.

Om riskprofilen är placerad i ALARP området? Då är det ju plötsligt mycket mer sannolikt att risken är oacceptabel, d.v.s. den "verkliga" riskprofilen är placerad i det oacceptabla området. Det stämmer att risken med större sannolikhet kan vara placerad i det oacceptabla området, men företaget har ju genom att risken är placerad i ALARP området fått en varning om att risken bör utvärderas och om möjligt sänkas. I samband med denna mer noggranna utredning är det troligt att de osäkerheter som rådde i den ursprungliga analysen minskas och alltså upptäcker företaget att risken är oacceptabel.

Om acceptanskriteriet i stället bestod av en enda linje som skilde acceptabelt område från oacceptabelt skulle riskerna för felaktiga värderingar av risker öka. En riskprofil skulle i det fallet kunna vara placerad i det acceptabla området och företaget gör aldrig någon utredning av osäkerheterna i riskprofilen utan nöjer sig med att konstatera att risken är acceptabel, fast den "verkliga" riskprofilen mycket väl kan vara placerad i det oacceptabla området.

Det finns mycket mer att kommentera inom området acceptanskriterier, men eftersom detta avsnitt bara är tänkt som en introduktion till ämnet och inte ett försök att skapa acceptanskriterier för varken ABB Automation Products eller något annat företag kommer ingen djupare utredning att ske i denna rapport.

9. Resultat och diskussion

I denna riskanalys, som behandlat de ekonomiska konsekvenserna av bränder, har det kunnat konstateras att trots ibland grova förenklingar i de olika delmodellerna så är analysmetodiken användbar för att kvantitativt beskriva risknivån i en byggnad.

Resultatet i form av förväntad skadekostnad och riskprofil är användbara riskmått, som kan vara till nytta när beslut om skyddsnivåer, respektive val av utformningsalternativ skall genomföras. Den största nyttan med denna typ av analyser i nuläget, är då olika alternativ av brandskydd skall utvärderas. Om till exempel ett företag står inför ett beslut att investera i ett sprinklersystem eller ej, kan en ekonomisk riskanalys av båda förslagen ge en bild av hur mycket den förväntade skadekostnaden sänks då sprinklersystemet installeras. Denna sänkning skall ställas i relation till vad systemet kostar att installera, underhåll o.s.v. Vid sådana analyser, då två alternativ jämförs borde rimligtvis de osäkerheter som dessa typer av utredningar alltid är förknippade med minskas. Detta eftersom det i stora delar är samma information som används, t.ex. så ändras inte sannolikheten att personalen släcker en brand av att ett sprinklersystem finns installerat.

I analysen för ABB Automation Products verksamhet i byggnad 358 har det konstaterats att den förväntade skadekostnaden per år är **154 kkr/år** till följd av brand och riskprofilen ser ut som Figur 8. Vad kan ABB Automation Products använda detta resultat till?

Resultatet kan i det korta perspektivet användas om man från ABB Automation Products sida önskar bygga till eller göra förändringar i sin verksamhet och undrar hur denna ombyggnad/förändring kommer att påverka riskerna. I detta fallet kan en liknande utredning göras för det nya förslaget och vid jämförelsen med denna rapport kan det konstateras om risknivån höjs eller sänks. Det kan tänkas att kravet är att risknivån skall vara oförändrad och i så fall kan olika förslag som innebär samma risk som det nuvarande utarbetas.

För några år sedan installerades ett sprinklersystem i byggnaden. Som ett exempel på hur jämförelser mellan olika brandskyddsalternativ kan genomföras utförs en analys av beslutssituationen innan sprinklersystemet fanns i byggnaden. De två alternativen (att ha kvar byggnaden utan sprinklersystem, eller att investera i ett heltäckande sprinklersystem) jämförs med hänsyn till den förväntade total kostnaden av brand och brandskyddsinvesteringar. I denna totala kostnad ingår summan av de förväntade skadekostnaderna för båda alternativen och för sprinkleralternativet ingår också kostnaden för sprinklersystemet. Dessa två totala kostnader jämförs och det kan konstateras att den totala förväntade kostnaden (för brand och brandskyddsinvesteringar) minskas mycket om sprinkler installeras.

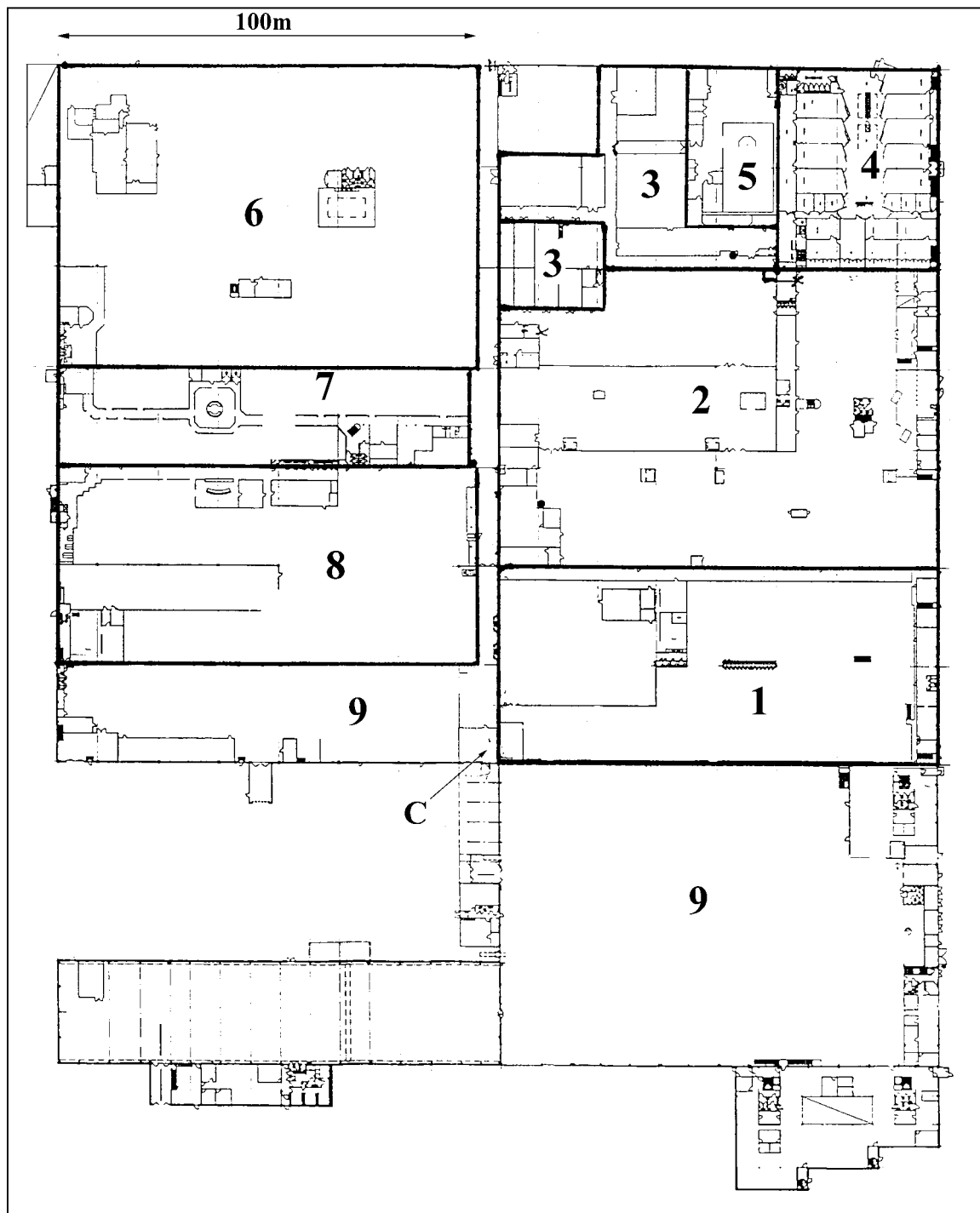
I det långa perspektivet kan det tänkas att ABB Industrial Products (eller ABB koncernen) upprättar riktlinjer eller acceptanskriterier som skall gälla för bolagets risktagande (det här resonemanget kan appliceras på andra risker än bara brand). Dessa acceptanskriterier kan växa fram som följd av ett antal ekonomiska riskanalyser av bolagets verksamheter eller genom att intervjuer angående risktagande genomförs med beslutsfattare på ledningsnivå. Hur dessa acceptanskriterier kan se ut diskuteras kort i rapporten, men ingen ledning om hur de kan tas fram ges. Detta är något som skulle kunna studeras senare i projektet.

Till slut bör nämnas att denna rapport är utförd som ett *exempel* på hur en ekonomisk riskanalys kan utföras. Rapporten bör alltså inte användas för att dra slutsatser angående säkerheten i byggnad 358. Detta beror på att den del av analysen som innefattar de dolda kostnaderna och avbrottskostnaderna bygger på grova bedömningar av författaren. Om en undersökning av de dolda kostnaderna, samt avbrottskostnaderna genomfördes i samband med denna typ av analys skulle däremot resultatet av analysen avspegla verkligheten på ett bättre sätt. Under fas 2 i detta projekt planeras en osäkerhetsanalys av denna rapport. Efter osäkerhetsanalysen kommer resultatet lättare att kunna användas för att dra slutsatser angående brandskyddet i byggnad 358.

10.Referenser

- /1/ Johansson, H., *Brandfrekvenser och typbränder i industrianläggningar*, Lunds Universitet, Brandteknik, Lund 1998.
- /2/ Mattsson, M., *Kostnad-nytta av industrins brandskyddsåtgärder*, Brandteknik, Lunds universitet, Lund 1997.
- /3/ Rutstein R., The Estimation of the Fire Hazard in Different Occupancies, *Fire Surveyor* vol.8 no.2, 1979.
- /4/ Keski-Rahkonen, O., Rahikainen, J., Determination of Ignition Frequency of Fire in Different Premises in Finland, *EUROFIRE 98*, Brussels 1998.
- /5/ Räddningsverket, Statistik från räddningstjänstinsatser under 1996.
- /6/ Karydas D.M., A probabalistic methodology for the fire and smoke hazard analysis of electronic equipment, *Interflam –93*, Interscience Communication Ltd., London 1993.
- /7/ Palisade Corporation, *Precision Tree, User´s guide*, Newfield 1996.
- /8/ Tewarson, A., Generation of heat and chemical compounds in fires, *SFPE Handbook, 2nd edition*, 1995.
- /9/ Blom, G., *Sannolikheteori och statistikteori med tillämpningar, Fjärde upplagan*, Studentlitteratur, Lund 1989.
- /10/ Aven, T., *Reliability and risk analysis*, Elsevier, 1992.
- /11/ Howard, R.A., Decision analysis: practice and promise, *Management Science* vol.34, No 6, June 1988.
- /12/ Clemen, R.T., *Making Hard Decisions*, Second edition, Duxbury Press, Belmont 1996.
- /13/ Buchanan, A. et.al., *Fire Engineering Design Guide*, Centre for Advanced Engineering, University of Canterbury, Christchurch, 1994.

BILAGA 1, Byggnad 358



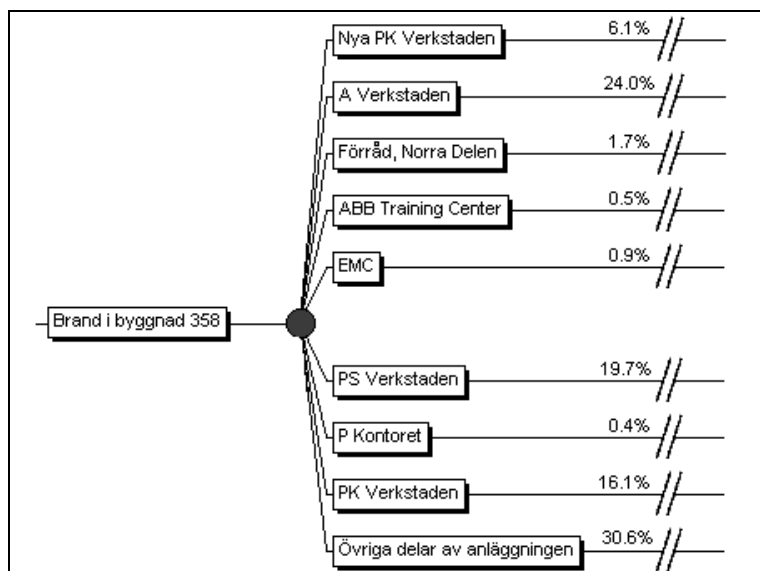
Figur B1 Ritning över byggnad 358.

- 1 = Nya PK Verkstaden
- 2 = A Verkstaden
- 3 = Förråd, Norra delen
- 4 = ABB Training Center
- 5 = EMC
- 6 = PS Verkstaden
- 7 = P Kontoret
- 8 = PK Verkstaden
- 9 = Övriga delar
- C = Brandlarmscentral och sprinklercentral

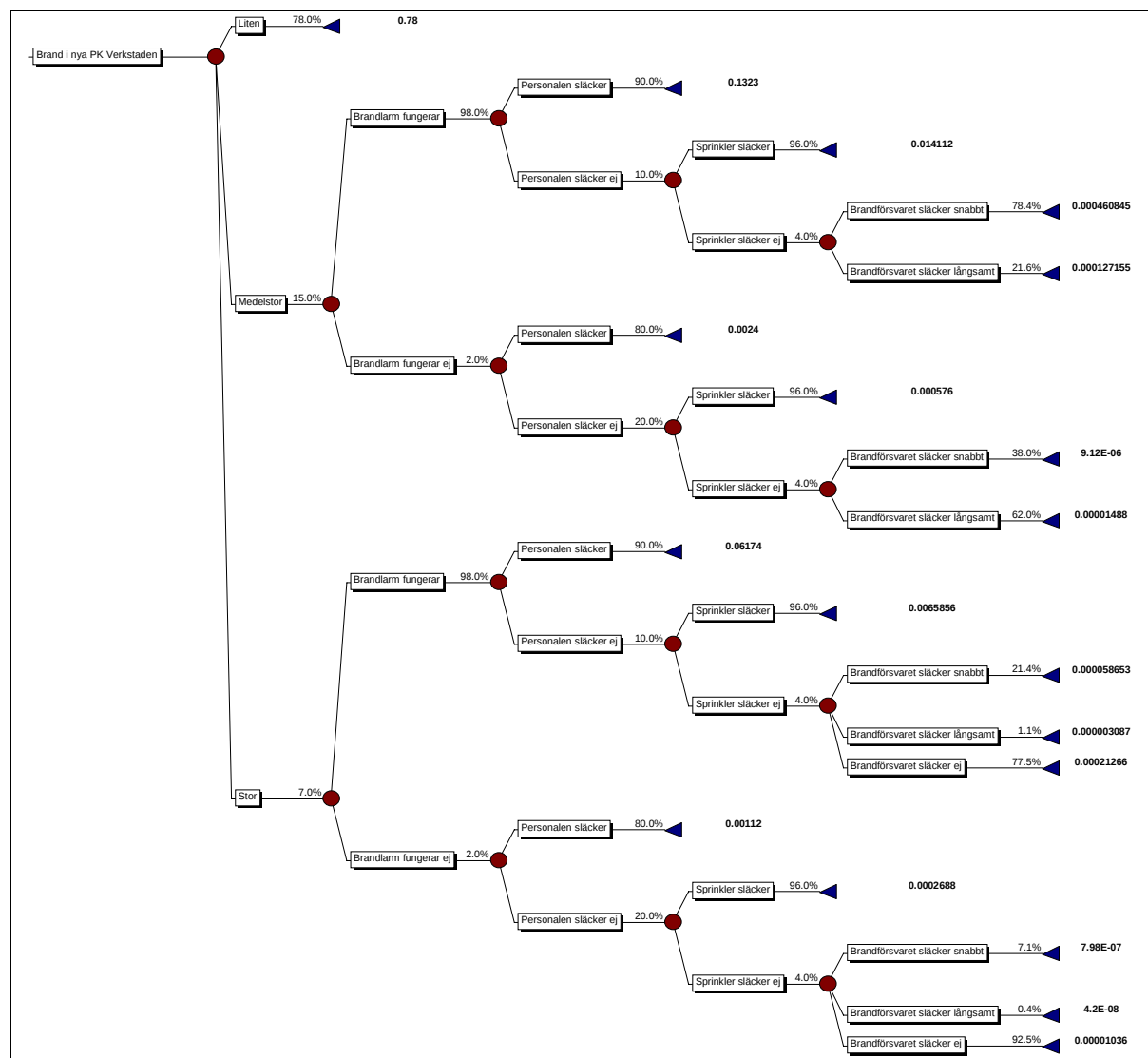
Bilaga 2, Händelseträd för brand i byggnad 358

Händelseträdets då brand uppkommit i byggnad 358 är större än att det kan presenteras på en A4 sida. Därför kommer trädets att delas upp i mindre delar som presenteras efter varandra i denna bilaga.

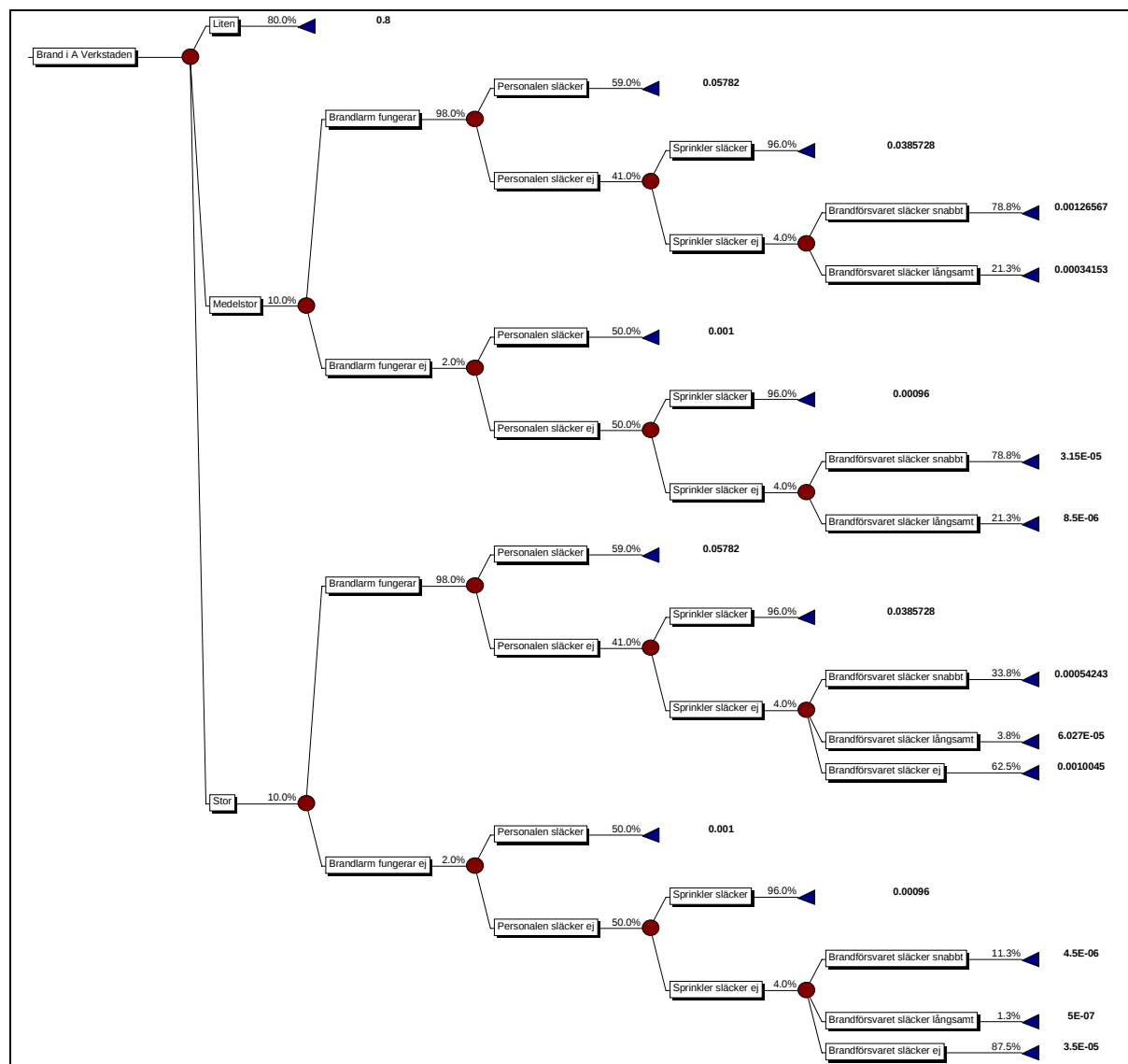
- Figur B1: Initialhändelse och första sannolikhetsnoden med beskrivning av brandfördelningen mellan de olika områdena.
- Figur B2: Grenen "Nya PK Verkstaden"
- Figur B3: Grenen "A Verkstaden"
- Figur B4: Grenen "Förråd, norra delen"
- Figur B5: Grenen "ABB Training Center"
- Figur B6: Grenen "EMC"
- Figur B7: Grenen "PS Verkstaden"
- Figur B8: Grenen "P Kontoret"
- Figur B9: Grenen "PK Verkstaden"
- Figur B10: Grenen "Övriga byggnaden"



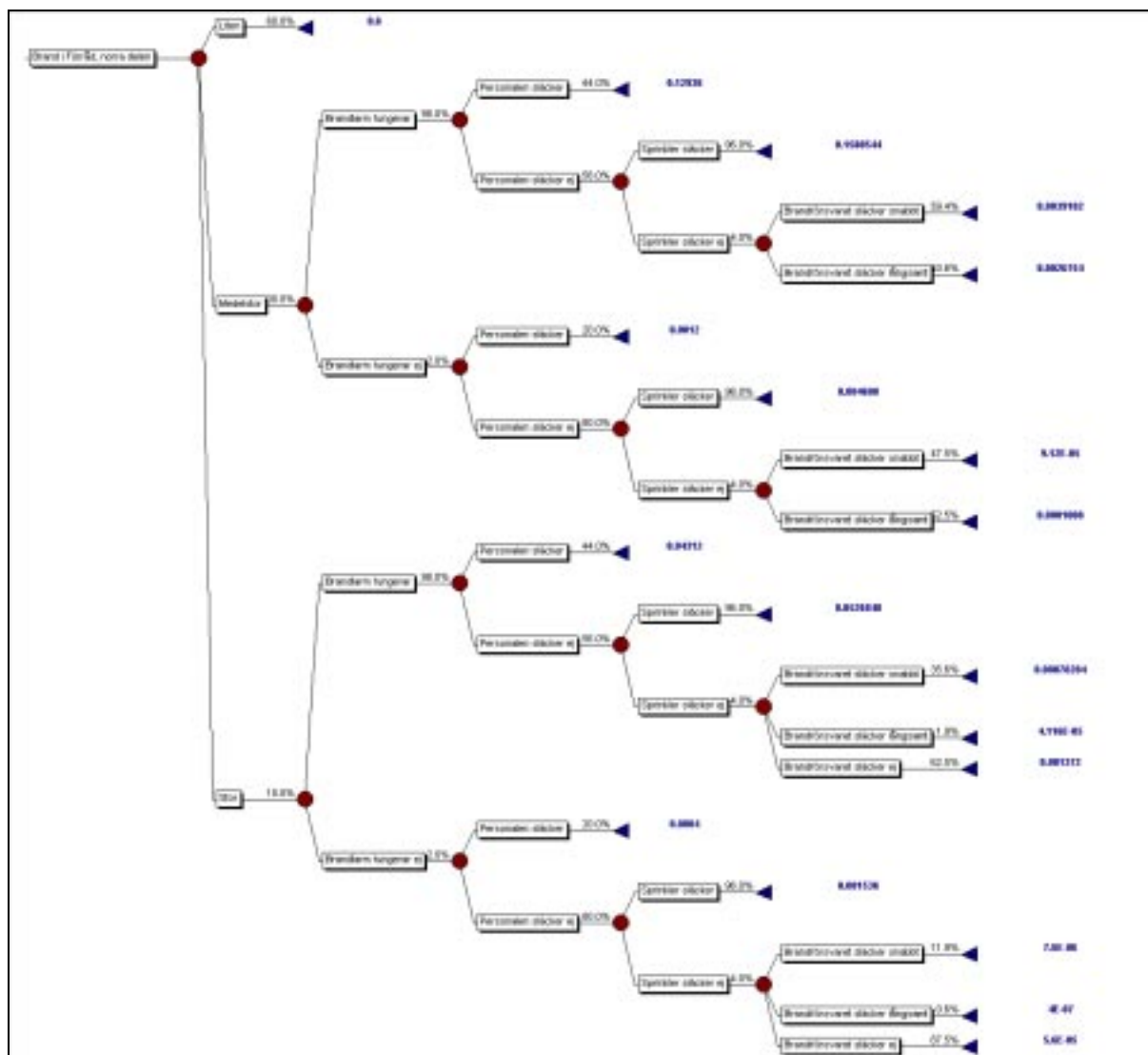
Figur B2 Initialhändelsen och första sannolikhetsnoden.



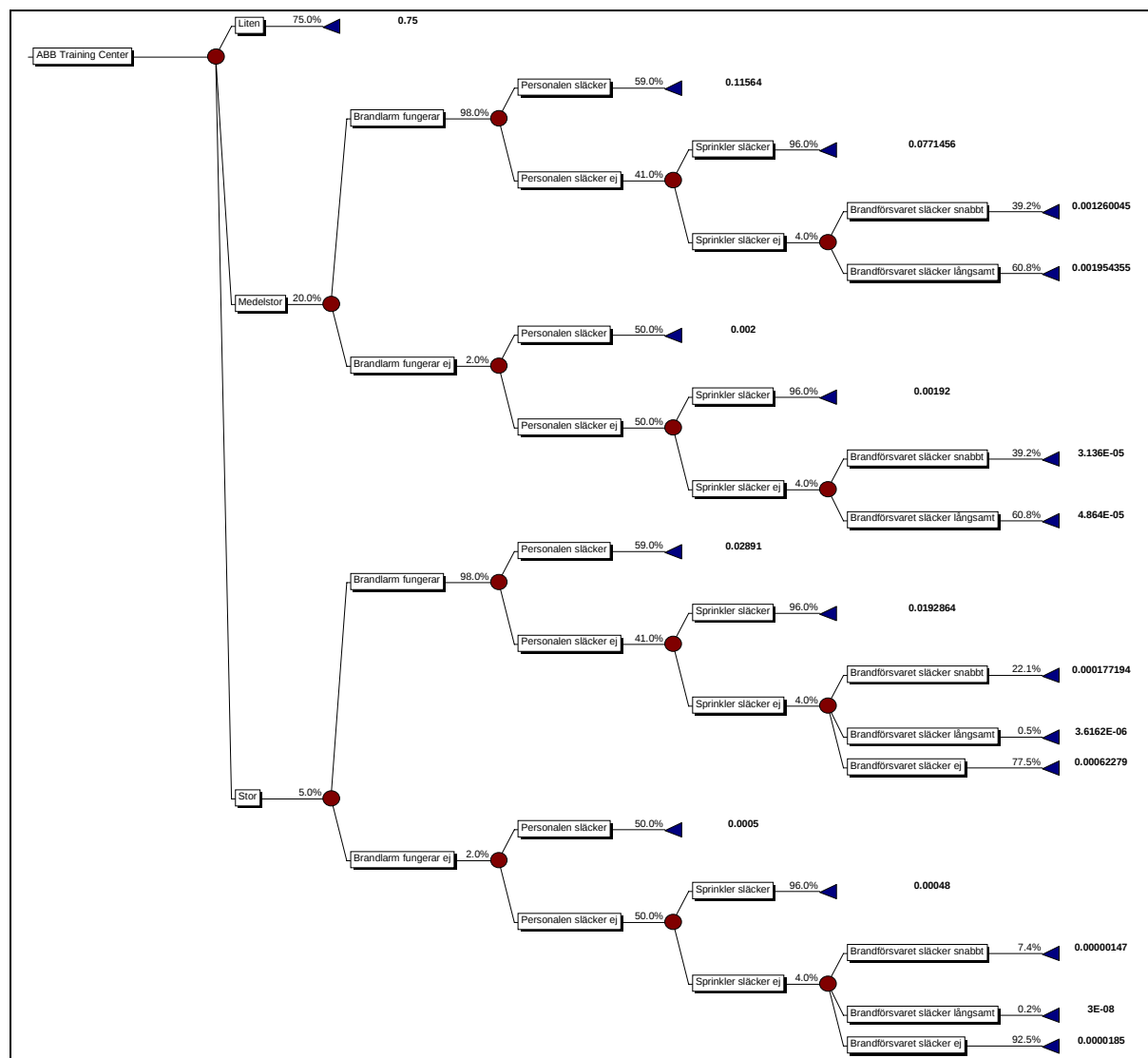
Figur B3 Grenen "Nya PK Verkstaden".



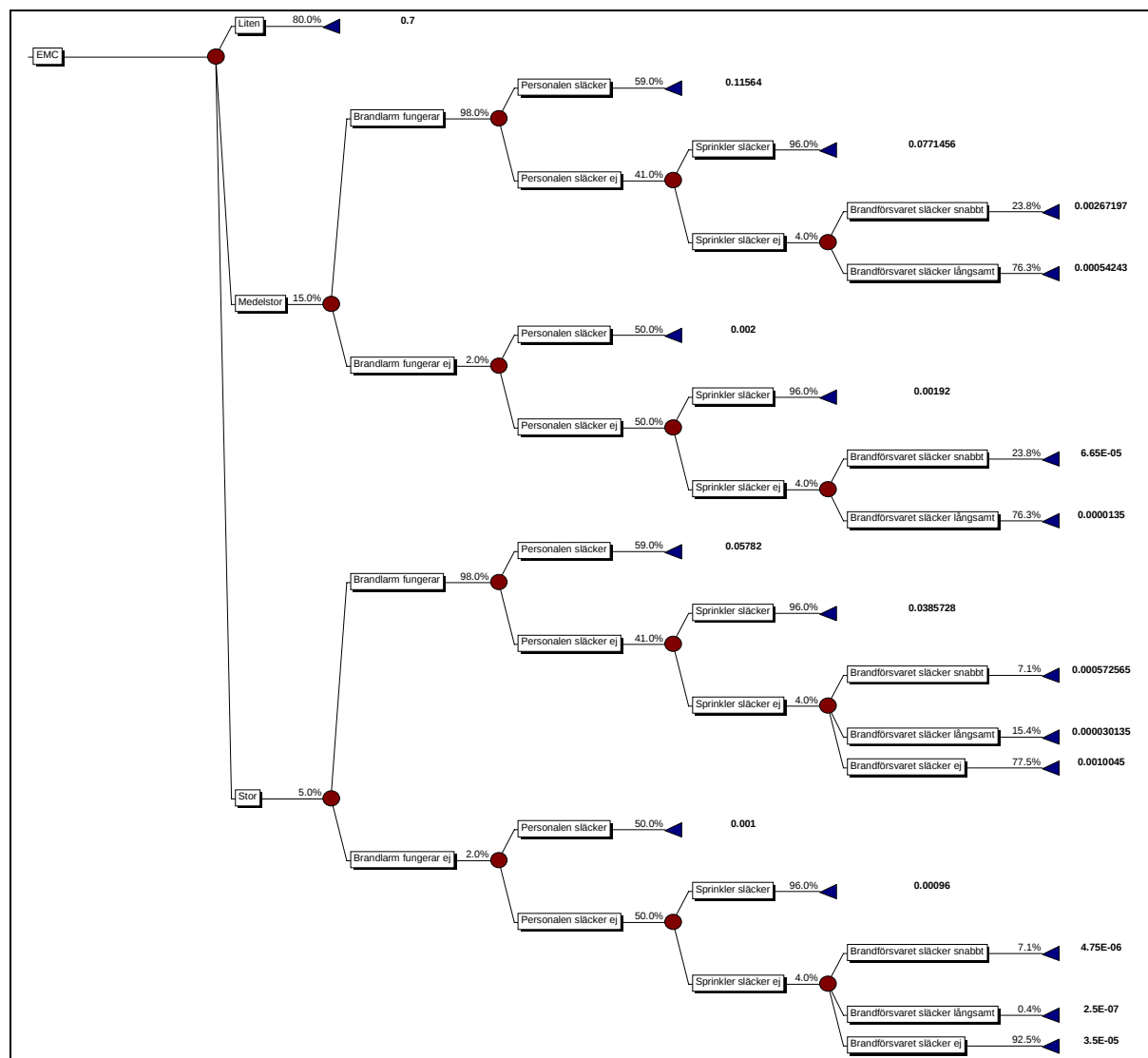
Figur B4 Grenen "A Verkstaden".



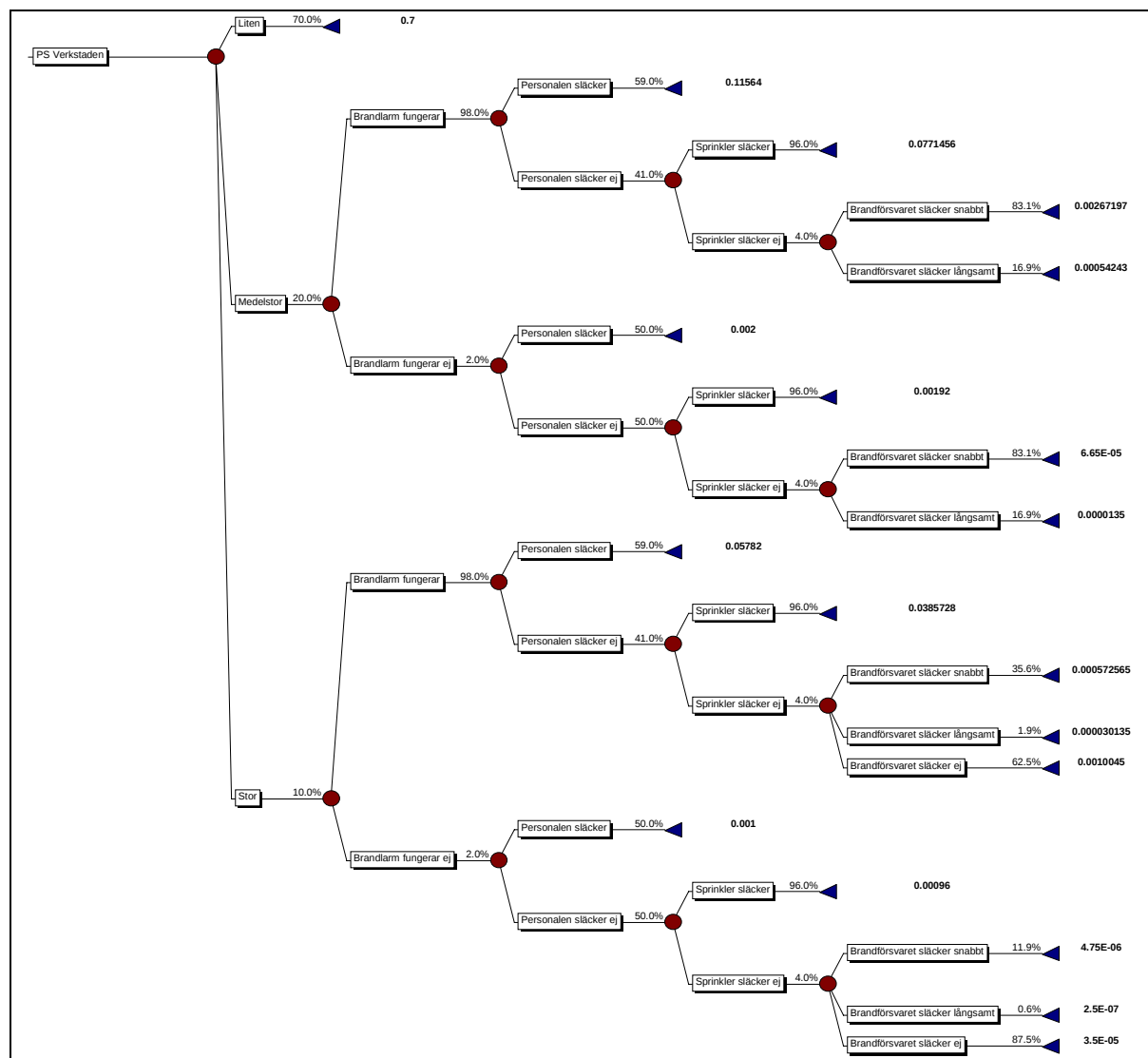
Figur B5 Grenen "Förråd, Norra Delen".



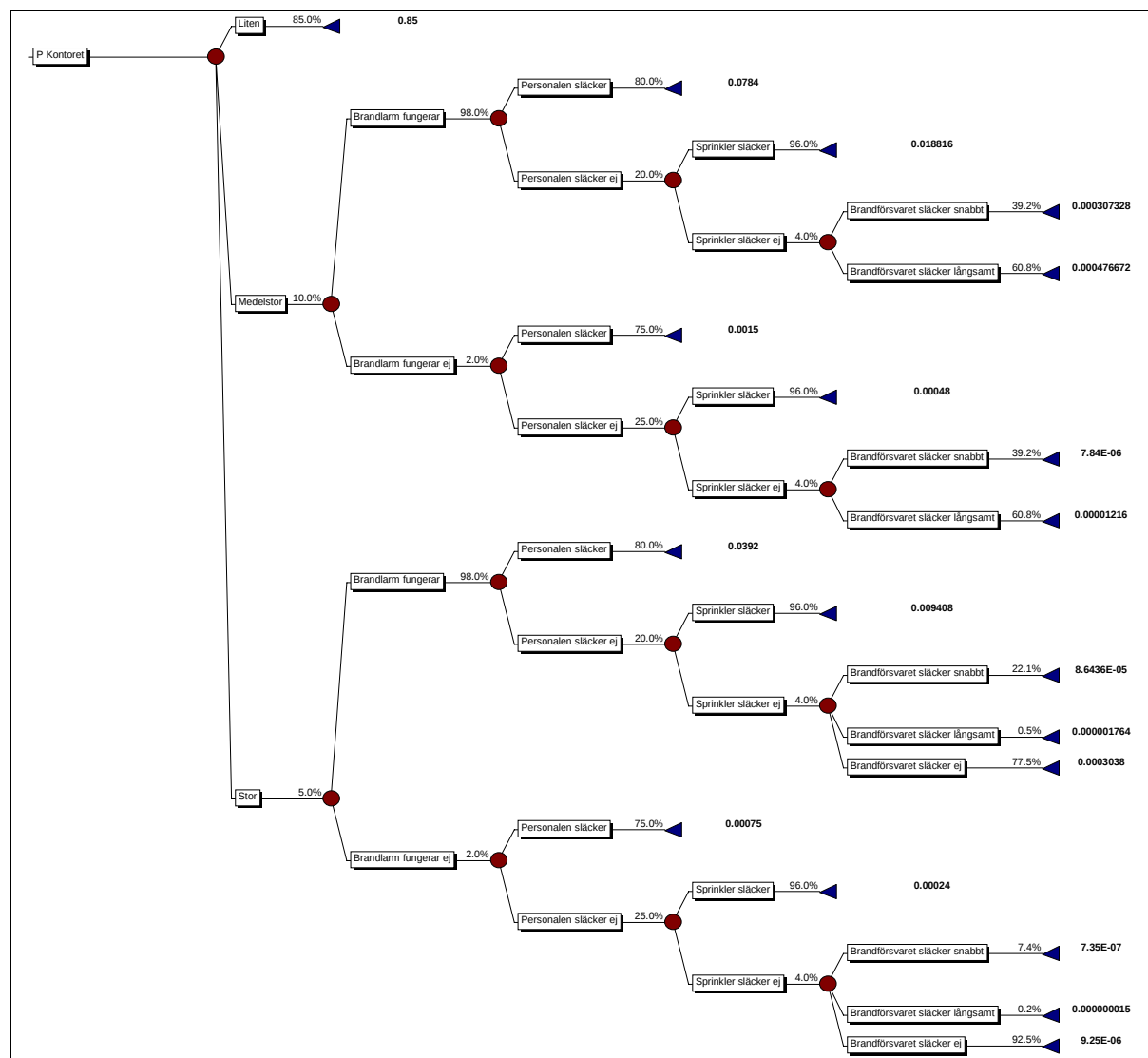
Figur B6 Grenen "ABB Training Center".



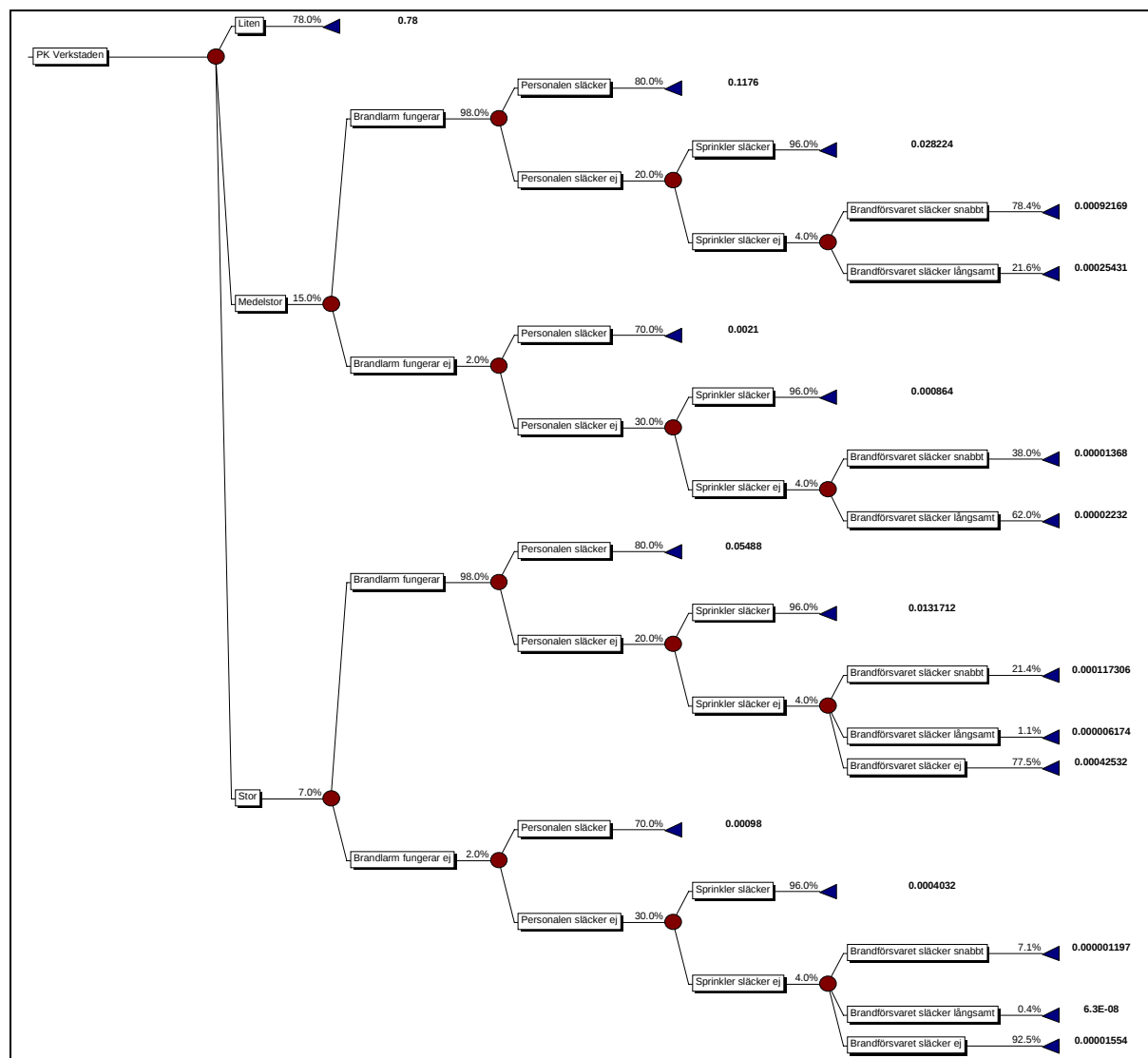
Figur B7 Grenen "EMC".



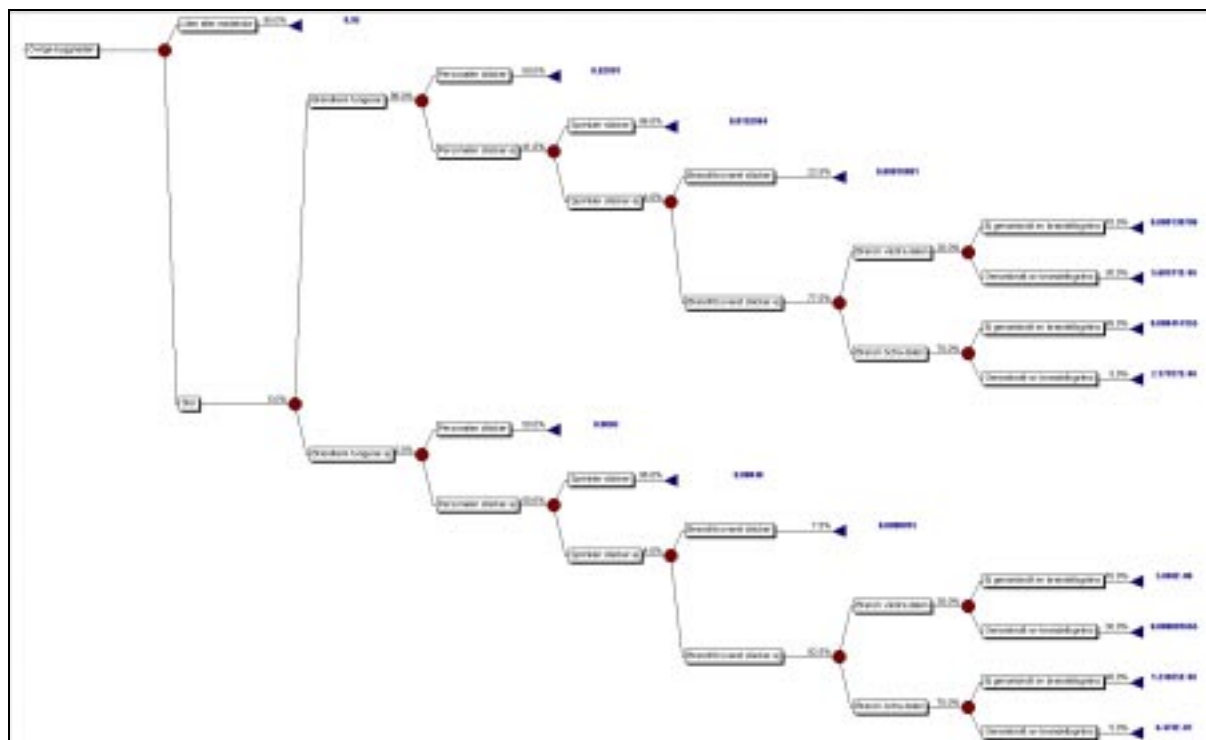
Figur B8 Grenen "PS Verkstaden".



Figur B9 Grenen "P Kontoret".



Figur B10 Grenen "PK Verkstaden".



Figur B11 Grenen "Övriga byggnaden".