



LUND UNIVERSITY

Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning

Becker, Per

2000

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Becker, P. (2000). *Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning*. (LUTVDG/TVBB--3109--SE; Vol. 3109). 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

Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning

Per Becker

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

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 3109, Lund 2000

Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning

Per Becker

Lund 2000

Rapporten har finansierats av BRANDFORSK och SBUF

Metod för riskbaserad dimensionering genom beräkning

Per Becker

Report 3109

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--3109--SE

Number of pages: 70

Illustrations: Per Becker

Sökord

Brand, risk, brandskyddsgenomgång, BSG, probabilistisk dimensionering.

Keywords

QDR, Risk analysis, performance based codes, probabilistic fire risk evaluation, fire protection alternatives, verification of fire safety.

Abstract

The purpose of the report is to present a risk based method to design the fire protection of a building. This method makes it possible to compare the efficiency of different fire protection designs. The method also takes the possibility into account that certain measures don't always work. The method is divided into three main parts; the BSG (swedish for qualitative design review), the Risk analysis and the Risk evaluation. The report is written in Swedish.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2000.

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

Syftet med rapporten är att presentera en riskbaserad metod för brandteknisk dimensionering genom beräkning samt att exemplifiera hur denna kan användas.

Det finns olika metoder att dimensionera en byggnad så att egenskapskraven angående brandsäkerhet följs.

En av dem är att följa de råd som finns i byggreglerna och därigenom dimensionera brandsäkerheten genom så kallad förenklad dimensionering. Om råden frångås måste brandsäkerheten verifieras på något annat sätt. Detta sker med dimensionering genom beräkning och kan utföras genom olika beräkningsmetoder.

För att kunna komma runt svårigheter med att jämföra och verifiera säkerheten för olika brandtekniska lösningar har en ny metod för att dimensionera en byggnads brandskydd vuxit fram. Denna kan kallas riskbaserad dimensionering genom beräkning. Delar av metoden lämpar sig dock till att användas tillsammans med andra dimensioneringsmetoder för att på ett strukturerat sätt behandla problemen.

Riskbaserad dimensionering genom beräkning skiljs från de flesta andra metoder genom att den ger möjligheten att kvantitativt jämföra risken för personerna i byggnaden för olika lösningar. Den ger även möjligheten att analysera hur säkerhet beror av tillförlitlighet hos åtgärder och tekniska system.

Resultatet av metoden presenteras som riskprofiler för olika analyserade lösningar. Det är på detta sätt enkelt att jämföra de risker som lösningarna genererar för personerna i byggnaden och utifrån det verifiera om en lösning ger tillräcklig säkerhet.

När en lösning har valts ut skrivs brandskyddsdokumentationen och kontrollplanen upprättas. Kvalitetssäkringen av brandskyddsprojektering och utförande genomförs under ledning av kvalitetsansvarig och kallas egenkontroll. Om byggnadsnämnden så beslutar skall även brandskyddet i byggnaden kvalitetssäkras av en fristående sakkunnig kontrollant.

För att brandsäkerheten skall tillgodoses under byggnadens hela livslängd måste brandskyddsdokumentationen uppdateras om några förutsättningar ändras. Detta även om ändringarna inte medför nytt bygglov. Om detta dokument inte hålls levande finns det en stor risk att brandsäkerheten inte uppehålls på en acceptabel nivå.

Denna rapport är skriven för Brandteknik vid Lunds tekniska högskola och är finansierad av BRANDFORSK och Svenska byggbranschens utvecklingsfond, SBUF.

Förord

Rapporten utgör en del i projektet Dimensionering efter beräknad risk: Säkerhetsfaktorer, riskanalys och kostnadseffektivitet vilket har bedrivits under tiden 1997 till 1999.

Projektet har finansierats av Brandforsk vilket är statens, försäkringsbranschen och näringslivets gemensamma organ för att initiera, bekosta och följa upp olika slag av brandforskning samt av Svenska byggbranschen utvecklingsfond (SBUF). Projektet är kopplat till följande projektnummer för respektive anslagsgivare:

Brandforsk: 302-971, 309-981 och 312-991

SBUF: 7056.

Till projektet har en referensgrupp varit knuten med följande representanter (december 1999):

Håkan Frantzich (projektledare), Brandteknik

Yngve Anderberg, Fire Safety Design AB

Michael Hårte, SAAB AB

Henrik Johansson, Brandteknik

Robert Jönsson, Brandteknik

Martin Kylefors, Räddningsverkets skola i Revinge

Johan Lundin, Brandteknik

Sven Erik Magnusson, Brandteknik

Janne Malmtorp, Banverket

Hans Ohlson, Stockholms stadsbyggnadskontor

Fredrik Olsson, Brandteknik

Tomas Rantatalo, Boverket

Jan Rasmusson, NCC AB

Jonas Svensson, Sycon Energikonsult

Bo Wahlström, Swepro

Kai Ödeen, KTH

Projektet har redovisats i rapport- och artikelform samt som presentationer vid internationella konferenser och seminarier.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	I
FÖRORD.....	III
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	V
1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 UPPGIFT	2
1.3 METOD.....	3
2 BRANDSKYDDSGENOMGÅNG, BSG.....	5
2.1 GENOMGÅNG AV UTFÖRANDE	7
2.2 KARAKTERISERING AV OBJEKT	9
Byggnaden	9
Inre och yttre miljö.....	9
Personer i byggnaden	10
Hantering av brandsäkerhet	10
2.3 MÅL FÖR BRANDSKYDD	11
2.4 ACCEPTANSKRITERIUM.....	11
2.5 BRANDSCENARIER	12
Riskidentifiering.....	12
Grovanalys.....	12
Val av brandscenarier.....	13
2.6 KRITISK PÅVERKAN VID UTRYMNING.....	15
2.7 BRANDSKYDD	16
Identifiering av tänkbara åtgärder.....	16
Grovanalys.....	16
Val av brandskyddsåtgärder	17
2.8 UTRYMNINGSSTRATEGI.....	18
3 RISKANALYS	19
3.1 HÄNDELSER	21
3.2 HÄNDELSETRÄD.....	21
3.3 ANALYS AV BRAND	22
3.4 ANALYS AV SKADA	23
3.5 FRAMTAGNING AV RISKPROFIL	23
4 RISKVÄRDERING	25
5 EXEMPEL PÅ TILLÄMPNING.....	27
5.1 BRANDSKYDDSGENOMGÅNG.....	27
Genomgång av utförande.....	27
Karakterisering av objekt.....	29
Mål för brandskydd.....	30
Utrymningsstrategi.....	30
Kritisk påverkan vid brand	30
Acceptanskriterium	30
Brandscenarier	31
Brandskydd	36
5.2 RISKANALYS	42

	<i>Händelser</i>	42
	<i>Händelsetråd</i>	45
	<i>Analys av brand</i>	46
	<i>Analys av skada</i>	49
	<i>Framtagning av riskprofil</i>	51
5.3	RISKVÄRDERING	52
6	DISKUSSION	59
7	REFERENSER	61

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Det finns i lagstiftningen¹ bestämmelser som formulerar olika byggnaders egenskapskrav. Ett av dessa är säkerhet i händelse av brand. Mer specifikt uttrycks denna brandsäkerhet genom följande punkter:

Byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att²

1. byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid,
2. utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas,
3. spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas,
4. personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt, och
5. räddningsmanskapets säkerhet vid brand beaktas.

Förutom lagar och förordningar finns föreskrifter som preciserar vissa av de krav och regler som de förstnämnda innehåller.

Det finns olika metoder att dimensionera en byggnad så att egenskapskraven angående brandsäkerhet följs.

Historiskt sett dimensionerades byggnaders brandskydd utifrån regelverk^{3, 4} som mer eller mindre detaljrikt angav vilka byggnadstekniska åtgärder som krävdes för att en byggnad skulle godkännas. Dessa regelverk styrde alltså genom preskriptiva regler hur en byggnad skulle utformas. Regelverken medförde att byggnadsnämnden hade en funktion att kontrollera att kraven åtföljdes ute på byggarbetsplatserna. Då utformningen av byggnaden eller verksamheten i den samma medförde att dessa regler inte kunde följas kunde ett s.k. tekniskt byte göras. Med detta menades att en alternativ lösning kunde användas förutsatt att denna *ansågs ge* tillräcklig säkerhet. Detta skedde oftast genom tumregler eller erfarenhet från tidigare projekteringar.

Svårigheterna med de preskriptiva regelverken var att de var mycket oflexibla. Detta banade väg för en ny typ av byggregler.

Den nya typen av byggregler, de funktionsbaserade byggreglerna, kom till Sverige i mitten av 1990-talet med BBR-94⁵, vilka några år senare även de omarbetades och trädde i kraft som BBR⁶. Precis som namnet indikerar ställer denna typen av byggregler till största delen krav på funktionen hos byggnaden och inte den byggnadstekniska lösningen i sig. Det finns dock kvar preskriptiva lösningar som råd i byggreglerna.

Vid införandet av denna nya typ av byggregler tydliggjordes byggherrens ansvar att egenskapskraven för byggnader följs. Därmed ändrades byggnadsnämndens roll en aning. För att säkerställa kvalitén i en byggnad

utser byggherren en kvalitetsansvarig. Denne ansvarar i byggherrens ställe för kvalitetssäkringen av byggnaden och arbetet kallas för egenkontroll. Byggnadsnämndens roll är endast att kontrollera att byggherren tar sitt ansvar.⁷ Ett sätt att kontrollera detta är att utse en fristående sakkunnig kontrollant vars uppgift är att helt opartiskt kontrollera den projekterade byggnadens brandsäkerhet.

Dagens byggregler medför att olika metoder för att verifiera en byggnads brandsäkerhet kan användas⁸. Den första är att följa de råd som finns i byggreglerna och därigenom dimensionera brandsäkerheten på traditionellt vis med allt som det innebär. Detta kallas förenklad dimensionering. Om istället råden frångås måste brandsäkerheten på något annat sätt verifieras. Detta kallas dimensionering genom beräkning och kan ske genom olika beräkningsmetoder⁹.

Det stora problemet med tekniska byten i de gamla byggföreskrifterna samt dimensionering genom beräkning i de nya är bristen på väletablerade metoder för att jämföra och verifiera säkerheten med olika brandtekniska lösningar. Dessa jämförelser grundas lätt på rena bedömningar och tumregler. Detta kan medföra felaktiga beslut då dessa bedömningar endast baseras på samt berör en liten del av problemställningen. Ett annat problem är att dessa bedömningar sällan tar hänsyn till vad som händer om säkerhetssystemen inte fungerar.

För att bearbeta dessa problem initierade Brandteknik vid LTH projektet *Brandteknisk dimensionering efter beräknad risk* där denna rapport är en del. En sammanfattning av hela projektet finns publicerad i [8]. Projektet finansieras av Styrelsen för svensk brandforskning, BRANDFORSK och Svenska byggbranschens utvecklingsfond, SBUF.

1.2 Uppgift

För att lösa de problem som presenterats ovan har en riskbaserad dimensioneringsmetod vuxit fram. Denna metod baseras på ett synsätt som tidigare använts inom andra ingenjörsområden för att strukturera och analysera problem. I denna metod har riskanalysen som verktyg fått en betydande roll. Metoden har fördelarna av att den kan jämföra olika alternativa lösningars brandsäkerhet och därigenom även jämföra hur dessa alternativ klarar de krav som satts upp i olika acceptanskriterier. Kostnadsaspekten på dimensioneringen tas ej upp i denna rapport utan presenteras i en separat rapport under samma projekt¹⁰. Även om delar av metodiken fungerar vid dimensionering som inte är riskbaserad kommer denna rapport att endast behandla de speciella fall då riskbaserad dimensionering genom beräkning används.

Syftet med denna rapport är att klargöra samt att ge exempel på hur denna metod kan användas för att dimensionera brandskydd.

1.3 Metod

Den riskbaserade dimensioneringsmetod som presenteras här är uppdelad i tre steg. Denna metod skall ligga till grund för samt leda fram till en brandskyddsdokumentation där det valda alternativets brandskydd dokumenteras. Detta är ett tydligt krav i BBR 5 :12.

Vissa delar av denna metodik härstammar från olika utländska handböcker i brandteknisk dimensionering^{11,12}, men har omarbetats för att passa svenska förhållanden bättre. Andra delar har utvecklats av Brandteknik vid Lunds tekniska högskola, LTH.

De funktionsbaserade byggreglerna kan medföra följande fördelar^{9,10}:

- Utveckling av det byggnadstekniska brandskyddet.
- Större flexibilitet och anpassningsmöjligheter till den enskilda byggnaden.
- Totalt sett billigare brandskydd med bibehållen säkerhet.

Det är även en eller flera av dessa fördelar som måste identifieras för att motivera användandet av brandteknisk dimensionering genom beräkning.

Det första steget är den s.k. brandskyddsgenomgången där relevant information samlas in och bearbetas. Målet med detta steg är att på ett systematiskt sätt samla in och bearbeta information om projektet. Vid riskbaserad dimensionering genom beräkning fungerar detta steg även för att ta fram indata till det efterföljande steget; Riskanalysen. Denna indata rör allt från målet med brandskyddet till dimensionerande brandscenarier. Det är i denna del av arbetet som olika tänkbara alternativa lösningar, för att nå de uppsatta målen, tas fram.

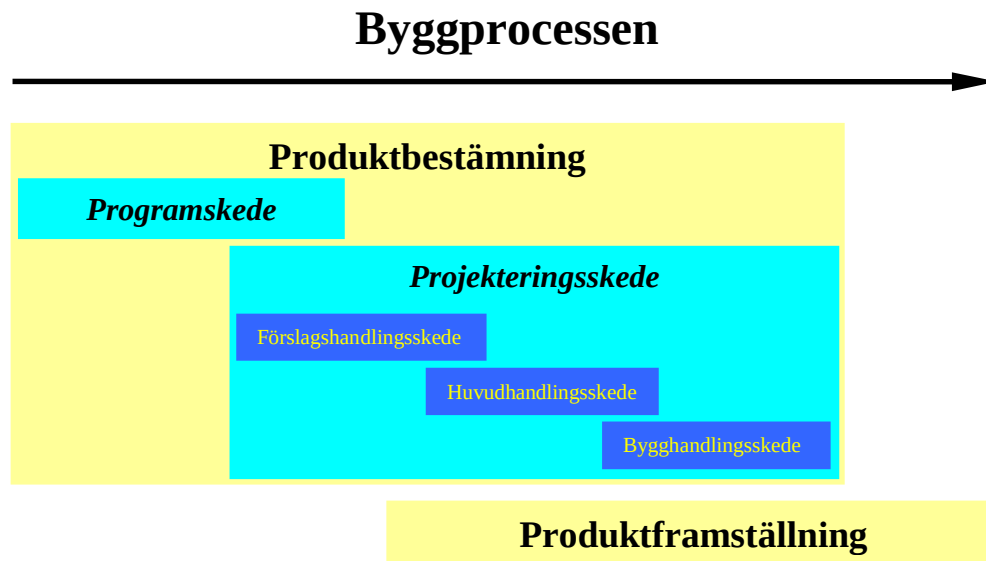
I riskanalysen används informationen från brandskyddsgenomgången för att genom händelseträdsanalys ta fram riskprofiler för samtliga framtagna alternativ¹³. I denna del analyseras bl.a. olika brandförlopp samt vilka skador dessa brandförlopp ger upphov till.

Den sista delen av metodiken är riskvärderingen där resultaten från riskanalysen sammanställs genom att tillsammans presentera riskprofilerna för de olika lösningarna så att de på så sätt kan jämföras.

För att exemplifiera metoden följer även ett kapitel, *kapitel 5*, där metodiken används på ett fiktivt exempel.

Arbetet kommer in tidigt i den traditionella byggprocessen¹⁴, se *figur 1*.





Figur 1. Byggprocessen.¹⁴

Arbetet med brandskydd bör påbörjas redan under programskedet i byggprocessen, se *figur 1*, med att information om den planerade verksamhetens och dess krav på byggnaden inhämtas. Under projekteringsskedets första fas, förslagshandlingsskedet, bearbetas olika förslag på hur byggnaden kommer att se ut i färdigt skick. Det kan här vara viktigt att brandtekniska frågeställningar tas upp då dessa kan påverka byggnadens utseende. Det är även i detta skede viktigt att ta fram och analysera olika brandtekniska lösningar för byggnaden. I huvudhandlingskedet och senare har ett alternativ för byggnadens utformning valts så därefter är det troligt att eventuella ändringar medför stora kostnader.

Vid större projekt där många aktörer är inblandade kan detta arbete förläggas i samband med projekteringsmöten och förberedande samråd. Ibland kan det vara lämpligt med speciella så kallade brandmöten. Dessa brandmöten är möten mellan brandkonsult och en eller två av övriga aktörer i taget. Denna uppdelning av möten medför att arbetet kan effektiviseras då det kan vara lättare att arbeta i mindre grupper samt att aktörer som inte har med varandra att göra slipper spilla tid med att blandas in i varandras arbete. Arbetet bör då vara klart till och presenteras på byggsamrådet. Även vid mindre projekt bör detta arbete presenteras på samrådet.

Arbetet skall kvalitetssäkras av kvalitetsansvarig och om byggnadsnämnden så anser även av fristående sakkunnig kontrollant. Hur denna kvalitets-säkring skall gå till diskuteras i *kapitel 6, Diskussion*.

2 Brandskyddsgenomgång, BSG

En brandskyddsgenomgång, eller en BSG som det även kallas senare i rapporten, är det första steget mot målet att göra det möjligt att jämföra risken i olika lösningar.

Målet med en brandskyddsgenomgång är att på ett systematiskt vis klarlägga information som rör den planerade byggnadens brandsäkerhet. Denna del utgör förarbetet till den riskanalys som följer i *kapitel 3*.

I stora och/eller komplicerade projekt bör brandskyddsgenomgången utföras av en arbetsgrupp där flera kompetens- och erfarenhetsområden tillsammans kan ge klarhet i aktuella problem. Denna grupp kan vara uppbyggd av konsulter, arkitekter, kvalitetsansvariga och om möjlighet finns även den framtida objektsinnehavaren. Det är i de fall då en insatsplan skall uppföras även bra om den lokala räddningstjänsten är insatt i projektet i detta stadiet. Denna gruppns arbete kan enkelt knytas till ordinarie projekteringsmöten. För något större projekt kan en BSG sträcka sig över flera möten för att bli komplett. I mindre komplicerade projekt klaras detta arbete givetvis av färre personer och kompetensområden.



Figur 2. Många kompetens- och erfarenhetsområden inblandade i BSG.



2. Brandskyddsgenomgång, BSG



En BSG är uppdelad i flera steg, vilka presenteras i tur och ordning senare i kapitlet.

Dessa steg är följande:

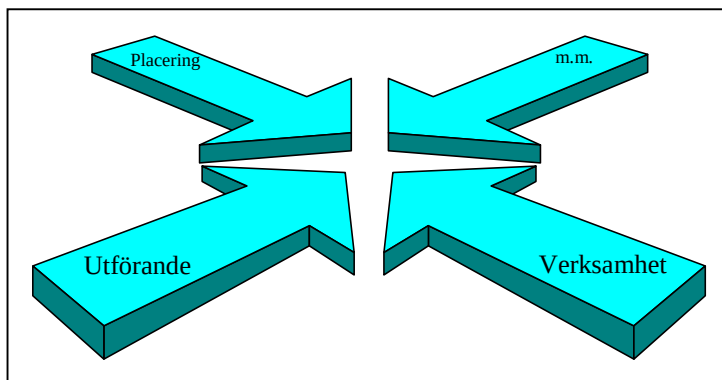
- Genomgång av utförande.
- Karakterisering av lokalen, dess omgivning, människorna i den samt den framtida hanteringen av brandsäkerheten.
- Mål för brandskydd.
- Acceptanskriteria för brandsäkerheten.
- Identifiering, analysering och val av brandscenarier.
- Kritisk påverkan vid utrymning.
- Identifiering, analysering och val av brandtekniska skyddsåtgärder.
- Utrymningsstrategi för lokalen.

Mot slutet av brandskyddsgenomgången bör de involverade fått klarhet i den aktuella problemställningen. Om de då kan identifiera någon eller flera av de fördelar som kommer med dimensionering genom beräkning, se *kapitel 1.1*, fortsätter arbetet med nästa steg, Riskanalys.



2.1 Genomgång av utförande

I denna första del av BSG inhämtas relevant information som t.ex. idéer från arkitekt, beställarens specifikationer, diskussioner med andra konsulter m.m.. Delar av detta kan komma in som schematiska ritningar eller grova modeller över byggnadens utförande och placering. Det är även viktigt att det inkommer så mycket annan information som möjligt om byggnadens tilltänkta användningsområde och annat som rör byggnadens brandsäkerhet, se *figur 3*.



Figur 3. Inhämtning av information.

Intressant information är t.ex. planlösning, verksamhet, antal personer i lokalen, ventilation m.m.. I *tabell 1*, på följande sida, följer en checklista där flera viktiga områden tas upp.

I denna fas är det viktigt att vara öppen för förändringar och att därför även genom en dialog med övriga inblandade inhämta information om vad som kan ändras i utformningen. Kostnaden av ändringar ökar drastiskt med tiden under byggprocessen. Det är på grund av detta som det är viktigt att arbetet inleds så tidigt som möjligt för att minimera eventuella extra kostnader för brandskydd. Ökningen av kostnader till följd av ändringar följer schematiskt förloppet i *figur 4*.



Figur 4. Schematisk bild för kostnad till följd av ändringar.



2. Brandskyddsgenomgång, BSG

Område	Parameter
Byggnad	Byggnadens storlek, antal våningar samt yttre utseende. Brandteknisk klass på byggnad. Avstånd och inbördes orientering till närliggande byggnader. Tillgänglighet för räddningstjänst. Typ av konstruktion. Byggnadsdelarnas brandtekniska klass. Brandteknisk klass på beklädnad och ytskikt. Brandteknisk klass på trapphus. Byggnadens inre geometri (brandcellsindelning mm). Brandsluss eller luftsluss. Placering av och brandmotstånd för schakt, kanaler och andra gömda utrymmen. Verksamhet Lokaler med brandfarlig verksamhet. Vindsutrymmen. Ventilationssystem. Spridningsvägar för brand och brandgas. Lokalisering av huvud- och nödutgångar. Tillgängliga utrymningsvägar. Nödbelysning. Vägvisande markeringar. Automatiskt brandlarm. Utrymningslarm. Automatisk släckanläggning. Tillgänglig fast släckutrustning. Bullernivå/ljudnivå. Insatstid för räddningstjänst. Tillgänglighet för räddningstjänsten inne i byggnaden. Drift och underhåll. Tidigare erfarenheter från liknande byggnader, (brandsyn, inträffade bränder o.dyl.) Förväntad nivå på fortsatt brandsäkerhetsarbete.
Personer	Antal. Fördelning inom byggnaden. Rörlighet. Medvetenhet. Vana att vistas i byggnaden. Utbildning i brandsäkerhet. Social gruppstillhörighet. Strategi för utrymning.
Brand	Potentiella tändkällor. Brännbara material. Brandbelastning. Brandfrekvens.

Tabell 1. Checklista för genomgång av utförande.

2.2 Karakterisering av objekt

I denna fas av BSG behandlas informationen som inhämtats under den tidigare genomgången. Den relevanta informationen sätts samman i fyra olika block där det första rör byggnaden, det andra omgivningen, det tredje personerna i lokalen och det sista den fortlöpande hanteringen av brandsäkerheten. Denna information rör de punkter som redovisas i *tabell 1*. Det är i denna del av arbetet eventuella begränsningar i vilka lokaler som skall analyseras görs.

Som tidigare nämnts grundas karakteriseringen av objektet på specifik information från många olika håll vilken sedan skall användas för att analysera, värdera samt välja ut lämpligaste alternativet. Detta medför att ändringar av byggnad eller verksamhet som påverkar den information som hela dimensioneringen grundas på givetvis påverkar brandsäkerheten. Detta medför att brandskyddsdokumentationen måste vara ett levande dokument för att brandsäkerheten skall bibehållas, se *kapitel 6, Diskussion*.

Byggnaden

Hur byggnaden kommer att se ut och vara uppbyggd borde ha framkommit under det tidigare steget, genomgång av utförande. Det är dock i detta steg som den information som senare skall användas som indata i analysen av olika alternativa utformningar tas fram.

Byggnadens storlek och läge i förhållande till omgivningen samt tillgänglighet för räddningstjänsten är mycket viktig information för att analysera eller bedöma risken för brandspridning till andra byggnader. För analys av brandspridningsrisken inom byggnaden behövs annan information som t.ex. verksamhet, planerad planlösning, brandcellsindelning samt byggheders brandmotstånd. För analys av personrisken måste även information om utrymningsvägar finnas tillgänglig.

Inre och yttre miljö

När den yttre miljön beskrivs är det viktigt att bedöma vilka klimatiska faktorer som påverkar brandsäkerheten. Denna typ av påverkan är normalt sätt relativt liten men kan i extrema fall vara helt avgörande för en byggnads brandsäkerhet.

På våra nordliga breddgrader kan det t.ex. falla stora mängder snö som kan störa eller i värsta fall helt omintetgöra brandgasventilation speciellt vid användning av rökluckor. Snö kan även blockera dörrar i utrymningsvägar. Andra klimatfaktorer som kan påverka brandsäkerheten är hård vind och extrema temperaturer.

Även inne i byggnaden kan lufterörelser och temperatur spela en viss roll för brandsäkerheten t.ex. turbulens vid användning av kraftig mekanisk ventilation eller stora temperaturskillnader på olika höjd i atrium.



Personer i byggnaden

I karakteriseringen av personerna som förväntas befinna sig i lokalen ingår en bedömning av hur lokalen används, hur många personer som kommer att finnas där och var i lokalen de kommer att befinna sig. Då sannolikheten för och konsekvensen av en brand till stor del beror på hur människor reagerar och agerar är det även viktigt att karakterisera själva människorna i byggnaden.

Det är då viktigt att samtliga grupper av människor i byggnaden karakteriseras t.ex. vårdare och patient, personal och besökare, lärare och elev.

Denna karakterisering av människorna berör olika fysiska och psykiska kriterium som tillsammans avgör hur människorna beter sig vid tillfälle av brand. Dessa kriterier beskrivs kortfattat i *tabell 2*.

Kriterium	Beskrivning
Perception	Förmåga att korrekt uppfatta fysiska signaler. T.ex. att höra en larmklocka, se brandgas m.m.
Kognition	Förmåga att korrekt tolka den fysiska signalen samt att agera på ett korrekt sätt.
Rörlighet	Förmåga att röra sig. Hastighet m.m.
Känslighet	Känslighet för brandprodukter. Metabolism, allergier, hälsa m.m.

Tabell 2. Kriterier för karakterisering av personer¹⁵.

Hantering av brandsäkerhet

Det fjärde blocket under karakterisering av objekt rör hur brandsäkerheten kan förväntas hanteras under den fortlöpande driften av lokalen.

Här är det intressant att ta fram information om vem som är ansvarig för brandsäkerheten i byggnaden, dennes kompetens m.m.. Enligt lagstiftningen har byggherren ansvaret för brandsäkerheten säkerställs under byggtiden¹⁶ medan ägare eller innehavare ansvarar för brandsäkerheten efter det att bygget är avslutat¹⁷. Det är också intressant att ta reda på vilka åtgärder som kontinuerligt kommer att utföras för att minimera brandrisken t.ex. internkontroll och verkställande av underhållsplan samt vilken utbildning personerna i byggnaden kommer att ha med avseende på brandsäkerhet.

2.3 Mål för brandskydd

I detta tredje steg av brandskyddsgenomgången är det dags att bestämma och klart definiera vilka mål som skall styra dimensioneringen av brandsäkerheten i lokalen.

Här är det viktigt att besluta om målet med arbetet är att hitta en miniminivå som accepteras eller om målsättningen skall sättas högre.

De fyra stora grundmålen vid brandteknisk dimensionering är att begränsa sannolikheten för uppkomst av brand samt att skydda liv, egendom och miljö¹⁸.

Syftet med denna rapport är att visa hur metodiken kan användas för att jämföra och kontrollera brandsäkerheten för olika alternativa utformningar av en byggnad, vid dimensionering av brandskydd utifrån funktionsbaserade regler. Då denna jämförelse skall analysera personsäkerhet avgränsas arbetet i rapporten till att behandla de två första målen; begränsa sannolikheten för brand samt skydd av liv.

2.4 Acceptanskriterium

Vid analysen av brandsäkerheten för olika alternativa utformningar måste någon form av kriterium bestämmas vilket ger godtagbar eller acceptabel nivå på brandskyddet. Hur detta kriterium ser ut beror på vilka mål analysen har samt vilken analysmetod som använts.

Riskanalyser kan delas in i sex grupper¹⁹ med avseende på hur komplicerade och omfattande de är. Denna uppdelning berör hur de behandlar osäkerheter samt vilken informationsmängd de ger i beslutsunderlaget, se *kapitel 3*. Vilken nivå som bör användas beror helt på vad som skall dimensioneras, samtliga nivåer har något lämplighetsområde. Det finns dock andra metoder att dimensionera brandskydd som inte faller in under dessa sex grupper.

Metodiken som presenteras i rapporten är uppbyggd kring en typ av riskanalys som bygger på händelseträdsanalys. Hur denna typ av analys fungerar samt hur den används presenteras i *kapitel 3*. För riskanalyser av denna typen där brandsäkerheten analyseras finns inget av samhället uttalat och fastlagt acceptanskriterium.

Det som kan göras för att skapa ett riktvärde för vad som kan accepteras är att analysera risknivån för ett lösningsförslag där förenklad dimensionering används, alltså där alla råd för hur kraven kan uppfyllas följs. Då byggnader som byggs efter dessa regler accepteras måste den nivå på brandsäkerheten som reglerna ger kunna användas som riktvärde. Om det visar sig att brandsäkerheten för en lösning med dimensionering genom beräkning är bättre än den förenklade dimensioneringens lösning så anses båda lösningarna vara acceptabla.²⁰ Det är med detta inte sagt att samhället accepterar samma risker efter att de har blivit utredda.



2.5 Brandscenarier



I denna del tas för lokalen aktuella brandscenarier fram. Brandscenarierna bör sedan på något sätt rangordnas så att de, för en så verklighetstrogen analys som möjligt, dimensionerande scenarierna kan väljas ut. Processen för att genomföra detta bör vara grundlig och noggrann då om detta inte görs på ett korrekt sätt kan onödigt stora osäkerheter vävas in i analysen redan från början. I rangordningsprocessen bör både konsekvensen av och sannolikheten för brandscenarierna på något sätt behandlas.

Riskidentifiering

Första steget för att kunna välja ut brandscenarier är att på något sett identifiera tänkbara brandkällor i byggnaden. Detta kan t.ex. utföras genom studier av redan inträffade bränder/incidenter på liknande objekt eller av relevant statistik²¹ samt ritningar och information om den planerade verksamheten m.m.. Det är viktigt att genom information om den planerade byggnadens utseende och verksamhet även försöka fånga upp tänkbara brandscenarier som inte inträffat. Detta på grund av det faktum att statistiken inte är heltäckande samt att bränder aldrig verkar sluta att förvåna betraktare. Generellt sett ger riskidentifieringen bättre resultat ju fler olika informationskällor som används.

Grovanalys

Syftet med grovanalysen är att analysera brandscenarier för att efter analys kunna välja ut de scenarier som genererar en så verklighetstrogen risk för personerna i byggnaden som möjligt.

För att kunna ge ett så bra underlag som möjligt för vilka brandscenarier som är dimensionerande för den kommande riskanalysen måste de på något sett rangordnas.

Denna rangordning bör baseras på en grovanalys där sannolikheten för att det aktuella brandscenariot ska inträffa vägs samman med konsekvensen av om det inträffar. Om denna sammanvägning inte utförs utan att endast en av parametrarna sannolikhet eller konsekvens analyseras utförs den aktuella dimensioneringen på dåligt underlag vilket medför följande:

Om valet av brandscenarier endast grundas på de olika brandscenariernas sannolikhet så kommer brandskyddet övervägande att dimensioneras efter de vanligaste bränderna. Konsekvensen av dessa kan vara hur obetydliga som helst och knappast kräva några brandtekniska åtgärder. Om det istället är så att valet av brandscenarier helt grundas på konsekvensen av de olika brandscenarierna så kommer brandskyddet att dimensioneras efter de värsta katastrofbränderna. Dessa skulle kunna vara hur sällsynta som helst men ändå ställa lika extremt höga krav på den brandtekniska dimensioneringen, vilket innebär orimliga kostnader.

Med en grovanalys där sannolikheten och konsekvensen vägs samman kan dimensionerande brandscenarier väljas, vilka vid analys ger rimliga krav på brandsäkerheten.

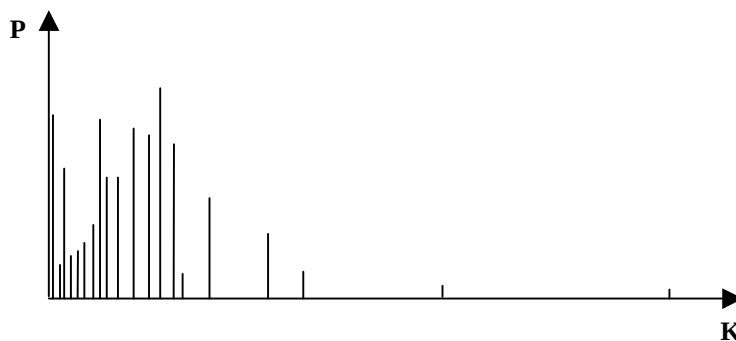
Det finns en mängd olika metoder för att utföra detta. Några av dem är t.ex. Jonsson-analysen²², HAZOP metoden²³, riskklassificeringsmetod²⁴ eller olika indexmetoder¹³. Senare i *kapitel 5, Exempel på tillämpning*, visas en ny förenklad indexmetod vilken kan användas i lokaler där den största delen av personerna befinner sig i samma rum.

Val av brandscenarier

När grovanalyseringen av de framtagna brandscenarierna är utförd väljs de brandscenarier som har störst inverkan på byggnadens totala riskprofil.

I det ideala fallet med obegränsade resurser tillgängliga för analys kan samtliga brandscenarier analyseras. Detta skulle ge den mest verklighetstroga riskprofilen. De verkliga förhållanden som råder vid projektering kan snarare liknas vid begränsade ekonomiska resurser och hård tidspress. Det är på grund av detta viktigt att istället analysera de brandscenarier som tillsammans ger så verklighetstrogen risk för personerna i byggnaden som möjligt.

Hur detta åstadkoms beror på hur många brandscenarier som det finns resurser till att analysera. I *figur 5* visas i en schematisk bild sambandet mellan sannolikhet och konsekvens för olika brandscenarier i en byggnad. Varje streck i diagrammet motsvarar ett brandscenario med olika sannolikhet, P och konsekvens, K.

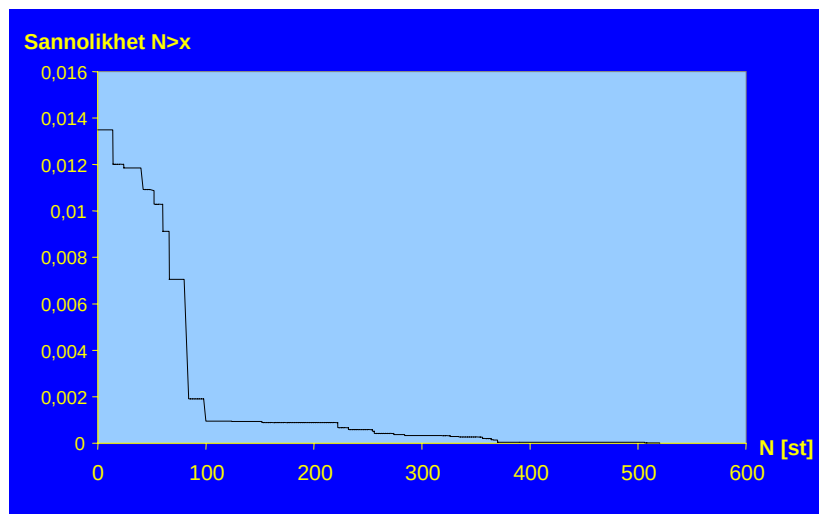


Figur 5. Schematiskt samband mellan sannolikhet och konsekvens för en byggnads brandscenarier.

Generellt kan det sägas att ju fler brandscenarier som skall analyseras desto större spridning mellan brandscenarierna skall det vara. För att åstadkomma någon spridning bör inte riskanalysen baseras på färre än tre brandscenarier.

För att nu välja ut de brandscenarier som påverkar riskprofilens utseende mest bör två parametrar beaktas, hög risk och stor konsekvens. Det är alltså viktigt att de scenarier som ger störst tillskott till byggnadens brandrisk samt

något scenario med stora konsekvenser väljs ut. Detta på grund av att det är dessa brandscenarier som till största del formar utseendet på riskprofilen, se *figur 6*, där det schematiskt visas hur en riskprofil uppbyggd av några utvalda brandscenarier kan se ut. Om det är viktigt att inte överdimensionera och på så vis kanske även kostnadseffektivisera brandskyddet är det även viktigt att värdera brandscenarier som ligger till vänster, i *figur 5*, om de med störst risktillägg. Dessa påverkar riskprofilens utseende genom att den totala sannolikheten för brand även utgörs av scenarier med små konsekvenser.



Figur 6. Exempel på en riskprofils utformning.

Om endast brandscenarier med störst risk hade valts för exemplet i *figur 6* så hade riskprofilen tappat den del med större konsekvenser än ca 100 st. Att istället endast dimensionera efter de brandscenarier med mycket stor konsekvens skulle i exemplet leda till överdimensionering av brandskyddet. Kurvan i figuren beskriver frekvensen för större konsekvenser än värdet på den horisontella axeln. Händelsen att fler än cirka 100 personer utsätts sker ungefär med en frekvens motsvarande $0,0007 \text{ år}^{-1}$. En kurva representerar bättre förhållanden ju längre ner mot det vänstra hörnet den är belägen.

2.6 Kritisk påverkan vid utrymning

I denna del av brandskyddsgenomgången är det dags att bestämma vilken påverkan som skall fungera som gränsvärde för uppkomst av kritiska förhållanden, d.v.s. hur stor påverkan på människor som antas börja ge upphov till konsekvenser. Detta gränsvärde beror givetvis på vilka mål som satts upp för brandskyddet.

I Boverkets byggregler för 1999 (BBR kap. 5:36) finns det råd om dimensionerande förutsättningar vid dimensionering av personsäkerheten. Dessa förutsättningar ställer kravet att förhållandena i byggnaden inte får bli sådana att gränsvärdena för kritiska förhållanden överskrids under den tid som behövs för utrymning.

I denna del av BSG skall alltså dessa kritiska förhållandena för personsäkerheten vid utrymning definieras. Med detta menas att gränser måste sättas upp för vilken påverkan på människor som accepteras innan dess att de anses vara i fara.

De parametrar som kan vara intressanta att titta närmare på är t.ex. siktnedsättning för de utrymmade personerna, värmestrålning och temperatur i utrymningsväg, samt hög koncentration av giftiga gaser m.fl..

BBR ställer inte bara funktionskraven utan innehåller också en del råd om acceptabla gränsvärden för några parametrar. Dessa råd presenteras tillsammans med en del andra i *tabell 3*.

Parameter	Gränsvärde
Siktbarhet	Brandgasnivå lägst $1.6 + (0.1 \cdot H)$ meter, där H är rumshöjden ⁶ . Lägst 5 meter sikt i små utrymmen och lägst 10 meter sikt i övriga utrymmen ²⁵ .
Värmestrålning	En kortvarig strålningsintensitet på max 10 kW/m^2 ⁶ . En maximal strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 ⁶ . En strålningsintensitet på 2.5 kW/m^2 ²⁶ .
Temperatur	Högst 80°C i lufttemperatur ⁶ .
Koncentration syre	Lägsta koncentration syre (O_2) $15 \text{ vol}\%$ ²⁶ .
Koncentration giftiga gaser	Högsta tillåtna koncentration kolmonoxid (CO) är $0.2 \text{ vol}\%$ ²⁶ . Högsta tillåtna koncentration koldioxid (CO_2) är $5 \text{ vol}\%$ ²⁶ .

Tabell 3. Råd om kritiska förhållanden för personsäkerheten.



2.7 Brandskydd



Målet med det arbetssätt som presenteras i denna rapport är att efter flera olika arbetsmoment kunna jämföra effekten av olika lösningar. För att effektivisera detta arbete bör endast ett fåtal alternativ analyseras i den riskanalys som följer brandskyddsgenomgången.

För att ta fram de effektivaste och/eller mest ekonomiska lösningarna bör en grovanalys genomföras där effekten av olika åtgärder och kombinationer av åtgärder på något sätt analyseras.

Identifiering av tänkbara åtgärder

Det första steget i arbetet att ta fram den bästa utformningen av brandskyddet är att identifiera relevanta brandskyddsåtgärder. Som hjälp i detta följer på nästa sida en lista, *tabell 4*, över en del olika åtgärder. I *tabell 4* presenteras även en del av den information om åtgärderna som behövs för den senare analysen.

Grovanalys

När de tänkbara åtgärderna har tagits fram är det dags att börja fundera över vilka olika brandskyddsåtgärder eller kombinationer av brandskyddsåtgärder som kan medverka till en tillräcklig brandsäkerhet. Till hjälp i detta funderande används kunskap, erfarenhet och fantasi. För att detta arbete skall kunna genomföras på ett effektivt sätt är det viktigt att de inblandade har en grund att utgå ifrån. Denna grund utgörs av skisser från arkitekt, specifika krav från byggherren, information från andra konsulter m.m..

För att sedan välja ut vilka alternativ som är intressanta för vidare analys måste de framtagna lösningarna på något sätt jämföras med varandra. Denna jämförelse bör givetvis behandla hur och hur effektivt åtgärderna påverkar brandsäkerheten. Jämförelsen bör dock även behandla hur stor tillförlitlighet åtgärden har, d.v.s. hur ofta den fungerar, samt vilka konsekvenser det får om den inte skulle fungera.

Åtgärd	Viktig information för analys
Automatiskt släckanläggning	Tillgänglighet och typ av släckmedel Påföringsflöde Teknisk uppbyggnad Tillförlitlighet
Automatisk detektionssystem	Typ av detektor Teknisk uppbyggnad Tillförlitlighet
Brandcellsindelning	Brandmotstånd Placering Tillförlitlighet
Brandgasventilering	Typ av system Kapacitet Teknisk uppbyggnad Tillförlitlighet
Automatiska system	Typ av system, (dörrmagneter, dörrstängare, osv) Tillförlitlighet
Alarmsystem	Typ av system, (ringklocka, talat meddelande, osv) Tillförlitlighet
Manuell släckningsutrustning	Typ av utrustning, (brandsläckare, brandslang, osv) Effektivitet mot tänkbara brandscenarier
Utrymningsvägar	Fri bredd Gångavstånd Typ av trappor/dörrar Hissar Säker plats
Utrymningsstrategi	Typ av utrymning, (samtidig eller uppdelad) Vart utrymningen skall ske Organisatoriska åtgärder
Information och förberedelser för räddningstjänst	Insatstid Resurser tillgängliga Yttre och inre brandposter Angreppsvägar Stigarledning Brandhissar Tillförlitlighet
Organisatoriska åtgärder	Kvalité på intern brandskyddskontroll Personalens kompetens Tillsyn och underhåll

Tabell 4. Checklista för brandtekniska åtgärder.

Val av brandskyddsåtgärder

Ur resonemanget i den utförda grovanalysen väljs nu olika möjliga utformningar ut för att analyseras vidare i riskanalysen. Dessa olika lösningar är tänkbara kombinationer av de brandtekniska åtgärderna som identifierats och analyserats tidigare i kapitlet.

2.8 Utrymningsstrategi



Det generella målet med en utrymningsstrategi är att vid en eventuell brand möjliggöra för personerna inne i lokalen att ta sig till en säker plats utan att utsättas för fara. Med fara menas här de kritiska förhållanden som definieras i *kapitel 2.6*.

Det finns olika grundstrategier för utrymning. Den första medför total utrymning, av alla personer, ut ur byggnaden. En annan strategi är att utrymma de personer som befinner sig i fara till en säker plats inom byggnaden för att sedan vid behov kunna fortsätta utrymningen ut ur byggnaden. Den sista strategin är att de utsatta personerna, om förhållandena inte medger utrymning, stannar kvar förutsatt att utformningen av byggnaden ger tillräcklig säkerhet för de utsatta.

Ett exempel på när den sistnämnda strategin används är i vissa operationssalar på sjukhus där ett avbrott i operationen kan medföra att patienten avlider.

Generellt sett skall en utrymningsstrategi kunna genomföras utan hjälp utifrån.

3 Riskanalys

För att jämföra effektiviteten hos de utvalda alternativen måste dessa analyseras med avseende på personsäkerhet. Denna del är andra steget mot målet, att kunna jämföra och verifiera brandsäkerheten för olika lösningar.

Det finns en mängd olika typer av riskanalyser. Dessa går att dela upp i 6 olika grupper¹⁹ beroende på hur de behandlar osäkerheter. Grupperna motsvarar olika nivåer av riskanalys från de allra enklaste till mycket kvalificerade.

1. Den första nivån innefattar endast identifieringen av potentiella riskkällor eller felkällor i ett system utan att på något kvantitativt sett värdera eller analysera risken.
2. Den andra nivån behandlar s.k. "worst-case" analyser där det värsta tänkbara scenariot analyseras utan någon hänsyn till scenariots sannolikhet.
3. Denna nivå på riskanalyser liknar nivå 2, men analysen grundar sig här på det värsta rimliga scenariot. De flesta analyser på denna nivå behandlar ej sannolikhet.
4. Nivå 4-analyser baseras på den bästa uppskattningen av vilka mekanismer och indata som genererar någon form av medel- eller medianvärde för resultatet.
5. Denna femte nivå för riskanalyser behandlar inte enbart konsekvenser kvantitativt utan även sannolikheter. Dessa analyser behandlar samtliga möjliga utgångar av en och samma starthändelse och kan tydligare visa sambanden mellan en viss konsekvens och sannolikhet.
6. Den 6:e och sista nivån baseras på den femte men här tas även osäkerheter i indatan upp. Detta medför att en mycket stor mängd utdata genereras av en enda analys. Dessa resultat motsvarar samtliga möjliga utfall vilket medför att dessa är kända. Utifrån detta kan därför en lämplig säkerhetsnivå väljas.

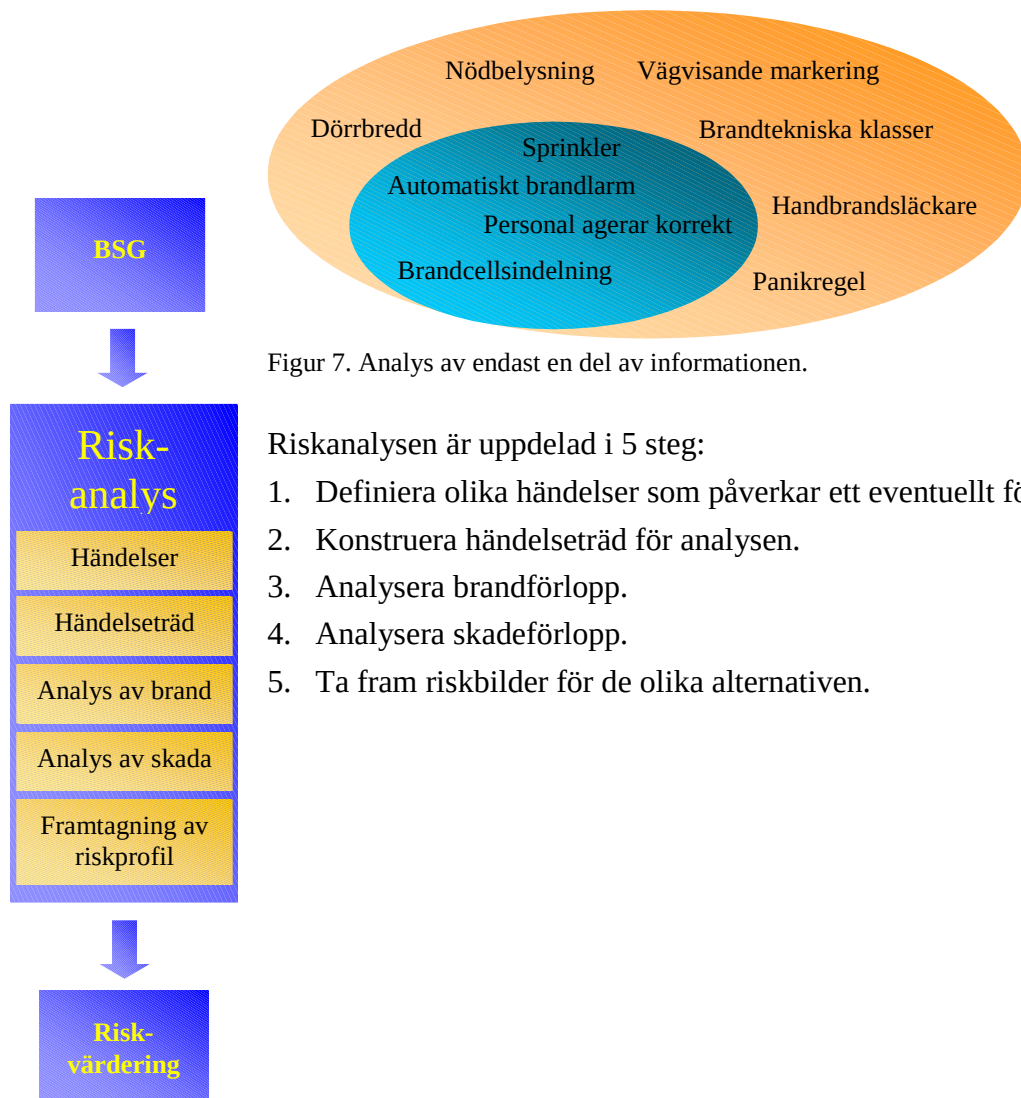
Olika byggnader sätter olika krav på brandsäkerheten. Detta gör att kraven på analysmetoden samt kompetensen hos de som utför analysen också varierar beroende på vad för byggnad som skall dimensioneras. Då rapporten presenterar en riskbaserad metod för den brandtekniska dimensioneringen medför detta att endast vissa typer av analysmetoder kan användas.

Målet med riskanalysen är att på ett systematiskt sätt ta fram riskprofilen för de olika utvalda lösningarna. Det som är viktigt är att de framtagna riskprofilerna skall kunna ställas mot varandra och jämföras. Detta gör att det är fördelaktigt att använda riskanalysmetoder på nivå 5 eller 6 som t.ex. händelseträdanalys. Då nivå 6 är mer tidskrävande väljs händelseträdanalys på nivå 5 som metod. Exempel på hur riskanalyser på dessa båda nivåer kan användas finns i litteraturen¹³.



3. Riskanalys

I analysen undersöks endast vissa skillnader mellan de olika alternativa lösningarna, se *figur 7*. Andra brandtekniska åtgärder eller parametrar är endast med under bedömningsfasen i brandskyddsgenomgången.



Figur 7. Analys av endast en del av informationen.

Riskanalysen är uppdelad i 5 steg:

1. Definiera olika händelser som påverkar ett eventuellt förlopp.
2. Konstruera händelseträd för analysen.
3. Analysera brandförlopp.
4. Analysera skadeförlopp.
5. Ta fram riskbilder för de olika alternativen.

3.1 Händelser

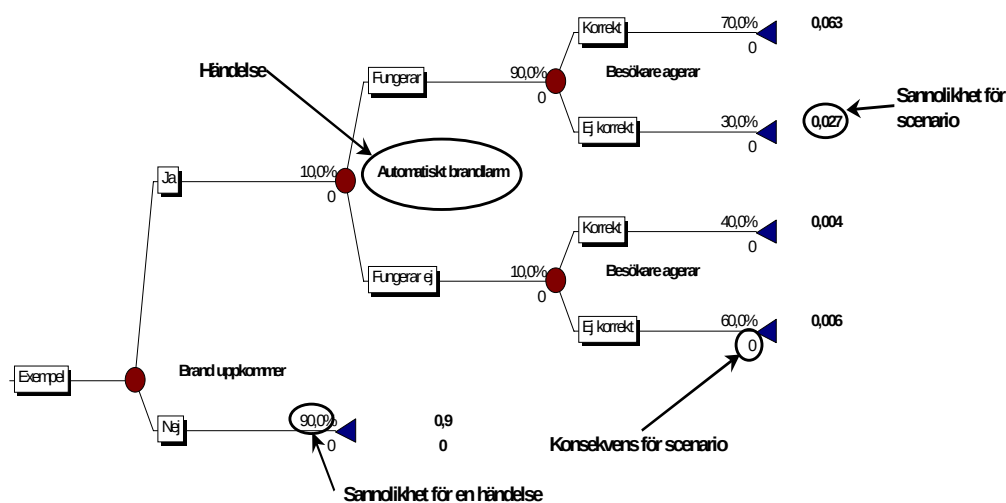
I denna första del av riskanalysen definieras de olika händelser som kommer att påverka händelseförloppet vid en eventuell brand. Dessa händelser kan t.ex. vara knutna till byggnad och verksamhet, personers agerande eller tekniska installationer. Händelserna beror också i allra högsta grad på vilket brandteknisk alternativ som analyseras.

För att analysen skall kunna genomföras behövs sannolikheten för de olika händelserna samt konsekvenserna för om händelsen sker eller inte. Vissa av dessa sannolikheter i händelseträdet motsvarar tillförlitligheten för olika säkerhetssystem.

Dessa händelser ligger sedan till grund för uppbyggnaden av händelsetråd, se *kapitel 3.2*.

3.2 Händelsetråd

För varje utvalt förslag till brandteknisk lösning skapas ett händelsetråd där de olika händelserna som definierats sätts samman. Dessa händelsetråd består i en utgrening av olika händelseförlopp från en starthändelse till en mängd olika grenar där var och en representerar ett scenario som måste analyseras, se *figur 8*.



Figur 8. Exempel på händelsetråd.

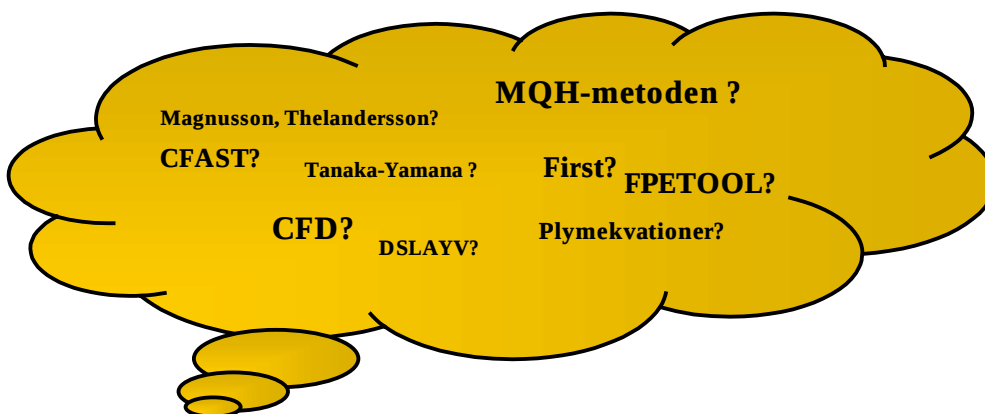


3.3 Analys av brand



För att bedöma konsekvensen av en eventuell brand måste själva branden analyseras. Detta kan utföras genom experimentell utvärdering, erfarenheter från tidigare bränder i liknande lokaler, beräkningar eller simuleringar. Den mest verklighetstroga analysen av en brand erhålls genom fullskaleförsök där relevanta mätningar och observationer görs. Detta är dock också den mest tidskrävande och dyraste metoden. Det är då enklare och billigare att beräkna hur branden kommer att påverka omgivningen eller att med hjälp av datorstödda modeller simulera det samma.

Det finns en mängd olika ekvationer och datorprogram, se *figur 9*, som med hjälp av olika antaganden och förenklingar predikterar hur miljön runt branden påverkas. Hur verklighetstroget detta görs avgörs av hur ekvationen/modellen är uppbyggd likaväl som hur den används. Det är inte bara viktigt att använda rätt modell utan att också använda modellen rätt. En modell som fungerar utmärkt i vissa fall kan i andra fall ge helt felaktiga resultat. Det är därför viktigt att vid val av modell för analys av branden ta reda på för vilka förutsättningar modellen gäller samt bedöma hur väl resultaten återspeglar verkligheten i det aktuella fallet²⁷.



Figur 9. Exempel på verktyg för analys av brand.^{28, 29, 30, 31, 32, 33}

Målet med analysen av branden är att ta fram olika parametrar som påverkas av branden samt hur de varierar med tiden under brandförloppet. Dessa parametrar är t.ex. temperatur, strålning, spridning av brandgas, toxicitet hos brandgaser m.m..

Vid analys av bränder finns en mängd osäkerheter som gör att det ställs höga krav på både ingenjörskunskap och sunt förnuft. En del av dessa osäkerheter kommer ifrån det faktum att det i vetenskapen saknas viss kunskap om vissa fundamentala fenomen eller att den inte helt lyckas applicera kunskapen^{19,27}. En annan typ av osäkerheter är de som grundar sig i mer eller mindre slumpmässiga variabler där val eller begränsning på något sätt måste utföras för att arbetet skall fortgå^{19,27}.

3.4 Analys av skada

För att ta fram vilken risknivå de olika alternativa lösningarna ger måste på något sätt skadan av en eventuell brand analyseras. I detta fall då det är personrisken som analyseras definieras skada som antal personer utsatta för kritiska förhållanden. Med detta menas det antal personer som fortfarande befinner sig inne i lokalen vid den tidpunkt då de kritiska förhållandena enligt *kapitel 2.6* inträffar.

Skademodellen som används vid analys av personrisk är uppbyggd som en tillståndsekvation där olika tider ställs emot varandra för att analysera om människor, i samtliga delscenarier, blir utsatta för kritiska förhållanden eller inte²⁰. Denna ekvation ser ut som följer:

$$t_{kritisk} \geq t_{detektion} + t_{reaktion} + t_{evakuering}$$

Där:

$t_{kritisk}$ = Tid till dess att kritiska förhållanden uppkommer²⁰

$t_{detektion}$ = Tid till dess att branden detekteras²⁰.

$t_{reaktion}$ = Tid från branden detekteras tills evakuering påbörjas²⁰.

$t_{evakuering}$ = Tid från evakuering påbörjas till dess att den är slutförd²⁰.

Om förhållandet ovan inte stämmer undersöks hur många som fortfarande befinner sig inne då kritiska förhållanden uppkommer.

Det som analyseras är antalet personer som blir utsatta för kritiska förhållanden. Det är med detta inte klart hur många människor som blir skadade eller omkommer.

3.5 Framtagning av riskprofil

När händelseträdet är konstruerat samt att sannolikheterna för samtliga händelser och konsekvenserna för de olika delscenarierna är framtagna är det dags att väva samman all denna information. Detta görs genom att illustrera informationen i händelseträdet med hjälp av en så kallad riskprofil¹³.

När sedan riskprofilen för samtliga alternativ är framtagna kan de jämföras och värderas, se *kapitel 4*.

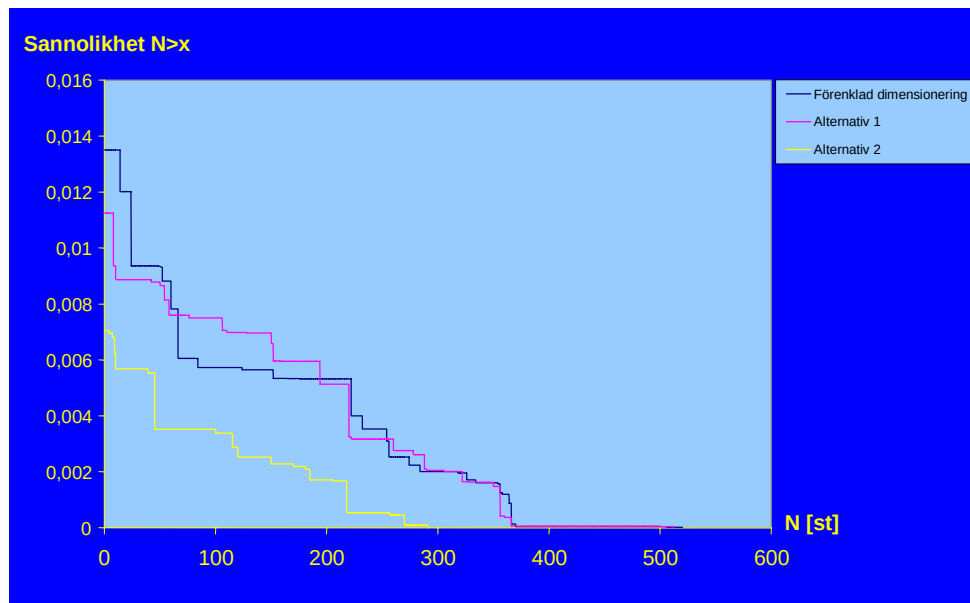




4 Riskvärdering

I detta sista steg av den brandtekniska dimensioneringen jämförs slutligen effektiviteten för de analyserade brandtekniska alternativen.

Denna jämförelse är målet för hela metodiken och är utformad för att ligga till grund för beslut om vilket alternativ som är mest fördelaktig att välja samt om det ger ett brandskydd som kan anses vara accepterat av samhället. För att förklara vilken information riskvärderingen kan ge följer här en diskussion utifrån *figur 10*.



Figur 10. Exempel på underlag för riskvärdering.

I detta exempel har tre olika lösningar analyserats, en lösning med förenklad dimensionering och två lösningar med dimensionering genom beräkning.

Det underlag som *figur 10* ger visar sambanden mellan sannolikhet och konsekvens för de analyserade alternativen.

Den förväntade risken, d.v.s. det genomsnittliga antalet människor utsatta för kritiska förhållanden per år utslaget på många år, motsvaras av arean under riskprofilerna men kan tas fram utan att konstruera riskprofiler.

De förväntade riskerna för de olika lösningsalternativen visar sig vara ca. 1.9 pers/år för alternativ 1 och för den förenklade dimensioneringens lösning samt ca. 0.8 pers/år för alternativ 2.

Om endast förväntade risken analyseras utan att analysera hur riskprofilen ser ut tappas viktig information. Risken 1 pers/år är lika oavsett för små vanliga olyckor vartannat år med två utsatta personer som för katastrofer med 100 utsatta personer en gång per sekel. Detta ligger inte i linje med hur samhället fungerar. Människor sitter hela dagarna i bilar som när som helst



kan krocka utan att mer än bara reflektera över risken för att sedan komma hem och bli förskräckta när ett flygplan störtat eller en färja sjunkit även om risken i de senare fallen är betydligt mindre än i trafiken³⁴. Samhället har på detta sättet lättare att acceptera eller tolerera olyckor med mindre konsekvens även om risken är större, vilket måste avspeglas eller tas hänsyn till vid brandteknisk dimensionering.

Med det resonemang som förts räcker det inte med att den förväntade risken för alternativ 1 är lika med den förenklade dimensioneringens lösning för att den skall anses vara godtagbar givet att den förenklade dimensioneringens lösning är det. Som *figur 10* tydligt visar skär riskprofilen för alternativ 1 den för den förenklade dimensioneringen på flera ställen vilket medför att alternativ 1 i flera intervall ger en högre risk än det riktvärde som skapats genom förenklad dimensionering. Detta medför att alternativ 1 inte klarar kraven även om den förväntade risken var samma som för lösningen baserad på förenklad dimensionering.

I riskvärderingen är det bra att ha ett underlag som visar vilka parametrar som påverkar riskprofilen mest. Detta p.g.a. två saker: För det första är det bra att undersöka hur resultatet kan påverkas genom osäkerheter i parametrarna och för det andra är det bra att veta vilka parametrar som påverkar riskprofilen mest, vilket kan ligga till grund för att veta var krutet skall läggas vid ytterligare förbättringar eller säkerhetsarbete. Detta underlag kan tas fram genom en känslighetsanalys där parametrar ändras för att undersöka hur resultatet påverkas.

5 Exempel på tillämpning

I detta kapitel följer nu ett exempel på hur metodiken som presenterats kan användas. Detta är ett fiktivt exempel baserat på en verklig byggnad. Många av de antaganden som görs är objektsspecifika och kan därför ej utan ny bedömning användas på andra objekt.

Lokalen som projekteras är en danslokal vid namn Disco-2000, vilken kommer att ligga i en större byggnad i de centrala delarna av en storstad.

5.1 Brandskyddsgenomgång

Genomgång av utförande

Danslokalen kommer att uppta ena halvan av en trevåningsbyggnad. Byggnaden är uppförd med bärande stomme i betong och ligger i en slänt.

Byggnadens framsida vetter mot en bred gata med god tillgänglighet för räddningstjänsten. Den västra kortsidan vetter mot en parkering. Baksidan gränsar mot en bakgård och den östra kortsidan mot en annan byggnad.

Danslokalen kommer att sträcka sig över två plan, källare och bottenvåning. Väggarna som ska avgränsa danslokalen från övriga byggnaden är EI 60 och övriga brandcells begränsande väggar utförs också i EI 60.

Våningarna förbinds med öppna trappor via två halvplan vid huvudentrén respektive terrass. Det går även att enkelt att brandtekniskt avskilja källaren från halvplanet och bottenvåningen med dörrar. Dessa måste dock vara självstängande och uppställda på magnet för att danslokalen skall fungera som planerat.

Danslokalen kommer att vara uppdelad i följande brandceller: Samlingslokalen (båda våningarna) tillsammans med toaletterna och halvplanen mellan våningarna, kök, korridor i källare tillsammans med personaltoalett, trapphus mellan våningarna, samtliga driftrum och förråd kommer att utföras som egna brandceller.

5. Exempel på tillämpning

Det kommer att finnas två utrymningsvägar från samlingslokalen på vardera våning, se *figur 11*. Det finns även möjligheter till anläggning av fler utrymningsvägar.



Figur 11. Planskiss över Disco-2000.

I *figur 11* redovisas utrymningsvägarna med gröna pilar.

Ventilationssystemet kommer att vara utfört som ett system utan återluft d.v.s. ett enkelt TF-system.

Utrymningslarm skall installeras.

Manuell släckutrustning kommer att finnas i form av skumsläckare bakom barerna på båda våningarna samt i köket på bottenvåningen.

Räddningstjänstens insatstid till byggnaden är 10 min då byggnaden ligger i centrum av staden. De kan alltså efter 10 min vara på plats och bl.a. understöda utrymning och påbörja släckning.

Det är föreslaget att max 550 personer får vistas i danslokalen varav 400 st på bottenvåningen och 150 st på källarplanet. Dessa kommer att vara gäster och kan inte förväntas ha god lokalkännedom. Det kommer att vara dans på båda våningsplanen och hög musik kommer att spelas. Alkohol kommer att serveras.

Karakterisering av objekt

I denna karakterisering behandlas endast den delen av byggnaden som danslokalen upptar samt utrymningsvägarna från danslokalen.

Byggnaden

Danslokalen kommer att vara uppbyggd runt en samlingslokal som genom öppna förbindelser över halvplan sträcker sig över två våningsplan. Andra verksamheter som t.ex. kök och förråd kommer att vara skilda från samlingslokalen med brandcells begränsande konstruktioner. Eventuell brand och brandgas kommer att kunna spridas mellan planen i samlingslokalen. Det är också där den största delen av personerna kommer att befinna sig.

Takhöjden i källarplanet är 2.5 meter, i halvplanen mellan våningarna 4.95 meter och på bottenvåningen antingen 2.5 eller 3.2 meter beroende på nivåskillnad mellan olika delar av lokalen.

Ett automatiskt brandlarm med rökdetektorer skall installeras. Detta skall vara av modern typ för att fungera i lokalen även vid användning av discorök. Vid larm stängs musiken av och belysningen tänds. Till detta kommer ett utrymningslarm med ett talat meddelande kopplas. Det automatiska brandlarmet kommer även att vara direkt kopplat till räddningstjänsten.

Inre och yttre miljö

Denna danslokal är lokaliserad i mellansverige. Innertemperaturen då lokalen är öppen kommer att vara runt 25°C.

Ute är variationerna större. En sommarkväll kan temperaturen sträcka sig upp till 20°C medan det på vinternätterna kan bli under -20°C. Medeltemperaturerna ligger dock kring 15°C på sommaren och -2°C på vintern.

På vintern snöar det under ca. 3 månader och då ibland rikligt. Byggnaden ligger inne i stadskärnan och ligger där skyddad mot hård vind.

Personer i byggnaden

Danslokalen kommer att vara öppen 5 kvällar i veckan mellan 22:00 till 05:00 och kan då antas vara fullsatt. 550 personer kommer då att vara i danslokalen varav 150 personer på källarvåningen och 400 personer på bottenvåningen.

Personerna i lokalen antas inte känna till den särskilt väl. De flesta kommer att vara friska mellan 20 och 40 år gamla. De flesta kommer dock att vara mer eller mindre påverkade av alkohol och hög musik kommer att spelas på båda planen i samlingslokalen.

Hantering av brandsäkerhet

Den fortlöpande hanteringen av brandsäkerheten kommer i utgångsläget att vara sparsam. Det kommer att finnas en ansvarig för driften av danslokalen och regelbunden brandsyn kommer att utföras varje år. Samtliga av personalen kommer att få utbildning i brandsäkerhet.

Mål för brandskydd

Denna brandtekniska dimensionering kommer endast att utgå ifrån och behandla personskydd. Huvudmålen för denna dimensionering är att förhindra uppkomst av samt minimera konsekvenserna av en eventuell brand.

Utrymningsstrategi

Den utrymningsstrategi som i utgångsläget kommer att användas i danslokalen är en total utrymning av samtliga människor med en planerad uppsamlingsplats på en större parkeringsplats ett kvarter bort från byggnaden. Utrymningen skall styras av de anställda. Det är dock inte i utgångsläget uttalat vilken utbildning dessa skall ha. Planerade utrymningsvägar visas i *figur 11*.

Kritisk påverkan vid brand

Eftersom målet med den brandtekniska dimensioneringen av Disco-2000 är att behandla personsäkerhet förefaller de råd för kritisk påverkan vid utrymning som Boverket anger i sina byggregler, BBR, vara lämpliga.

Efter en kort analys visar det sig att i fallet med danslokalen blir brandgaslagrets höjd den kritiska parametern som inträffar först och därmed den dimensionerande. Då denna parameter beror av takhöjden varierar den beroende av var personerna befinner sig i lokalen mellan 1.85 till 2.10 m över golvet.

Acceptanskriterium

I denna brandtekniska dimensionering av danslokalen kommer en avancerad riskanalys att utföras vilket ställer höga krav på val av acceptanskriterium. Då det som det tidigare nämnts inte finns något fastlagt riskbaserat acceptanskriterium för restaurang/danslokal kommer de analyserade alternativen att jämföras med den lösning som följer de i byggreglerna fastlagda råden. Analysen kommer på så vis att skapa sitt egna acceptanskriterium i form av en specifik riskprofil.

Brandscenarier

För att ta fram dimensionerande brandscenarier används en förenklad indexmetod, vilken kan användas i fall där den största delen av människorna befinner sig i samma utrymme. På grund av begränsade resurser kommer endast tre brandscenarier användas i analysen.

Riskidentifiering

För att kunna identifiera de för danslokalen aktuella riskkällorna studeras det ritningsunderlag som erhållits samt annan information som framkommit under karakteriseringen av objektet. Som hjälp används också Statens Räddningsverks insatsstatistik för 1996. I detta fall behandlas bara den statistik som rör kategorin restaurang/danslokal.

För att strukturera detta arbete delas det upp i 3 steg:

1. Då SRV:s insatsstatistik är lite otydlig och inkonsekvent i inplaceringen av olika händelser under de 37 olika kategorierna för en brands startutrymme är första steget att systematisera den befintliga statistiken. Detta utförs för att försöka hitta samband mellan olika kategorier.

I just detta fall upptäcks att den absolut största riskkällan i kategorierna Vardagsrum och Produktionslokal är spis vilket pekar på att det är rimligt att anta att dessa startutrymmen borde kunna kategoriseras under Kök istället.

På liknande sätt antas kategorin Försäljningslokal höra samman med pub och restaurang verksamhet vilket ger att denna kategori kopplas samman med kategorin Samlingslokal.

2. När sedan systematiseringen är utförd studeras i vilka utrymmen på restauranger och danslokaler det brinner. De utrymmen där det endast har inträffat ett fåtal (<3) bränder sällas bort om det inte är något utrymme där en eventuell brand skulle få mycket stora konsekvenser. Detta kopplas givetvis till den aktuella danslokalen. Om det redan här skulle framkomma att ett troligt brandutrymme inte kunde ge några konsekvenser skulle det på samma sätt sällas bort.

De 5 kategorier som blir kvar är: Kök+Vardagsrum+Produktionslokal, Trapphus/korridor, Samlingslokal+Försäljningslokal, Utomhus samt Toalett.

5. Exempel på tillämpning

3. Det sista steget i riskidentifieringen är att utifrån de valda startutrymmena studera statistik för i vilka olika föremål bränder startar samt orsaken till att de startar. Detta görs för att få ett grundlag för konstruktion av brandscenarier.

De 11 brandscenarier som framträder är:

Kök (bottenvåning):

- Brand i spis.
- Anlagd brand i brandfarlig vätska.
- Brand initierad av lysrör.

Trapphus (halvplan mellan trapporna):

- Anlagd brand i lös inredning.

Samlingslokal:

- Brand i lös inredning. Anlagd, levande ljus eller rökning. (Bottenvåning).
- Brand i lös inredning. Anlagd, levande ljus eller rökning. (Källarvåning).
- Anlagd brand i brandfarlig vätska. (Bottenvåning).
- Anlagd brand i brandfarlig vätska. (Källarvåning).

Utomhus:

- Anlagd brand i fasaden. (Baksidan av bottenvåning).

Toalett:

- Brand i papperskorg. Anlagd eller rökning. (Bottenvåning).
- Brand i papperskorg. Anlagd eller rökning. (Källarvåning).

Efter studie av ritningsunderlag och annan information som framkommit under projektets gång identifieras inte några andra speciella riskkällor, vilka skulle kunna ge upphov till en brand som skulle skilja sig från de redan identifierade brandscenarierna.

Grovanalys

För att grovanalysa de framtagna brandscenarierna kommer följande modell användas.

För att jämföra de olika brandscenarierna tas ett s.k. riskindex, RI fram. Detta riskindex är produkten av **1.** den relativa sannolikheten och **2.** ett konsekvensindex för ett brandscenario.

1. Den relativa sannolikheten tas fram genom att studera Statens räddningsverks insatsstatistik och därigenom ta fram antalet bränder som liknar de framtagna brandscenarierna. Den relativa sannolikheten, Pr är för ett brandscenario antalet likartade bränder genom totalt antal likartade bränder för samtliga framtagna brandscenarier.

2. Konsekvensindex, KI tas fram genom resonemang om brandförlopp och brandgasspridning till samlingslokal.

För varje brandscenario bedöms brandförloppet och brandgasspridningen till samlingslokalen där de flesta personer befinner sig. Dessa bedömningar ligger sedan som grund för tilldelningen av ett index för vart och ett av de två bedömda storheterna. Summan av dessa skattade index är brandscenariots konsekvensindex.

Indexen varierar mellan 0-0.5 där 0 är minst och 0.5 värst.

Brandförloppet bedöms p.g.a. att det styr mängden brandgas som bildas samt hur snabbt den bildas.

Brandförloppets index:

0.0 = Långsamt förlopp/liten maxeffekt.

0.1 = Långsamt förlopp/ganska liten maxeffekt

0.2 = Ganska snabbt förlopp/ganska liten maxeffekt, Långsamt förlopp/ganska stor maxeffekt

0.3 = Mycket snabbt förlopp/ganska stor maxeffekt, Snabbt förlopp/stor maxeffekt

0.4 = Mycket snabbt förlopp/stor maxeffekt

För brandgasspridningen bedöms troligheten för att spridning till samlingslokalen skall ske i ett första skede.

Brandgasspridningens index:

0.1 = Mycket otroligt, t.ex. branden är utomhus eller, i rum med trapphus mellan

0.2 = Otroligt, t.ex. brand i rum med ett eller flera rum med stängda dörrar mellan

0.3 = Troligt, t.ex. brand i intilliggande rum med dörr

0.4 = Mycket troligt, t.ex. brand i intilliggande rum utan dörr

0.5 = Självklart, t.ex. brand i rummet

5. Exempel på tillämpning

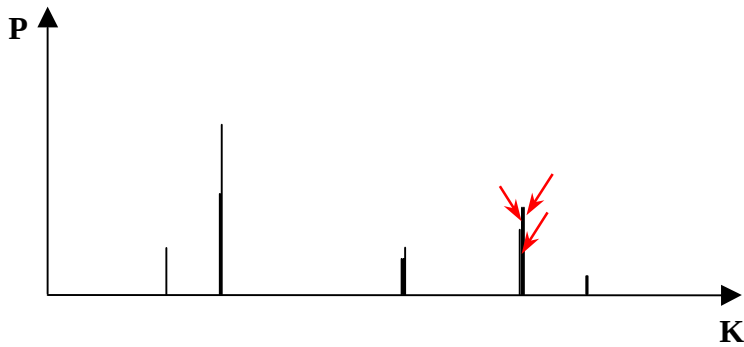
Riskindexet beräknas genom, $RI = P_r * KI$ vilket redovisas i *tabell 5*.

Brandscenario	P_r (tot 36 st)	KI	RI
Kök (bottenvåning):			
Brand i spis.	10 st $\Rightarrow$ 0.28	$0.2 + 0.1 = 0.3$	0.08
Kök (bottenvåning):			
Anlagd brand i brandfarlig vätska.	3 st $\Rightarrow$ 0.08	$0.5 + 0.1 = 0.6$	0.05
Kök (bottenvåning):			
Brand initierad av lysrör.	3 st $\Rightarrow$ 0.08	$0.1 + 0.1 = 0.2$	0.02
Trapphus (halvplan mellan trapporna):			
Anlagd brand i lös inredning.	4 st $\Rightarrow$ 0.11	$0.3 + 0.5 = 0.8$	0.09
Samlingslokal (bottenvåning):			
Brand i lös inredning. Anlagd, levande ljus eller rökning.	5 st $\Rightarrow$ 0.14	$0.3 + 0.5 = 0.8$	0.11
Samlingslokal (källarvåning):			
Brand i lös inredning. Anlagd, levande ljus eller rökning.	5 st $\Rightarrow$ 0.14	$0.3 + 0.5 = 0.8$	0.11
Samlingslokal (bottenvåning):			
Anlagd brand i brandfarlig vätska.	1 st $\Rightarrow$ 0.03	$0.4 + 0.5 = 0.9$	0.03
Samlingslokal (källarvåning):			
Anlagd brand i brandfarlig vätska.	1 st $\Rightarrow$ 0.03	$0.4 + 0.5 = 0.9$	0.03
Utomhus (baksidan av bottenvåning):			
Anlagd brand i fasaden.	6 st $\Rightarrow$ 0.17	$0.2 + 0.1 = 0.3$	0.05
Toalett (bottenvåning):			
Brand i papperskorg. Anlagd eller rökning.	4 st $\Rightarrow$ 0.11	$0.2 + 0.4 = 0.6$	0.07
Toalett (källarvåning):			
Brand i papperskorg. Anlagd eller rökning.	4 st $\Rightarrow$ 0.11	$0.2 + 0.4 = 0.6$	0.07

Tabell 5. Värden i grovanalys av brandscenarier.

Val av brandscenarier

Efter att ha identifierat och grovanalyserat brandscenarierna presenteras resultatet grafiskt i *figur 12*.



Figur 12. Visualisering av resultat efter grovanalys.

De scenarier som markeras med en pil i *figur 12* ger störst riskbidrag för personerna inne i danslokalen och är: Brand i lös inredning någonstans i samlingslokalen (båda våningarna) samt på halvplanen mellan våningarna. Dessa tre brandscenarier kommer att användas för att dimensionera det totala brandskyddet i danslokalen. De kommer dock att ge en konservativ bild av brandsäkerheten i byggnaden då dessa tre brandscenarier med förhållandevis stor risk antas motsvara samtliga brandscenarier.

Brandskydd

Identifiering av tänkbara åtgärder

Som det nämnts i kapitlet angående acceptanskriterium, så skall olika brandtekniska lösningar jämföras med ett alternativ som bygger på förenklad dimensionering enligt BBR. Detta ger att de åtgärder som den förenklade dimensioneringens lösning påtalar måste komma med. Dessa parametrar är gångavstånd, dörrbredd och bredd i utrymningsväg, panikreglar på dörrar i utrymningsväg, automatiskt brandlarm med rökdetektorer, alarmsystem med talat meddelande och manuella brandsläckare.

Andra åtgärder som också kommer att analyseras är automatiskt sprinklersystem, utökad brandcellsindelning, automatiska dörrstängare på magnet, fler utrymningsvägar, styrd utrymning genom högtalaranläggning samt utbildning av personal.

Grovanalys

Varje identifierad brandskyddsåtgärd kommer nu att grovanalyseras med tyngdpunkt på effektivitet och tillförlitlighet. De kommer också att analyseras med utgångspunkt i vad som sker om de inte fungerar.

Den första lösningen som väljs ut är den som baseras på förenklad dimensionering av brandskydd. Detta föreslagna alternativ behöver inte grovanalyseras då den måste vara med i den vidare analysen för att senare fungera som riktvärde för acceptanskriterium.

Gångavstånd: Denna parameter styrs av byggnadens geometri och styr tillsammans med andra parametrar hur snabbt en eventuell utrymning kan ske. Ett kortare gångavstånd kan i många fall ge minskad utrymningstid och därigenom en bättre personsäkerhet.

Denna parameters tillförlitlighet är stor. Det är endast om dörrar i utrymningsvägar skulle vara blockerade som åtgärden med korta gångavstånd inte fungerar. Det är dock ingen skillnad på tillförlitligheten för korta och långa gångavstånd. Om en blockering av en utrymningsväg ändå skulle ske kan konsekvensen bli katastrofal.

Bredd i utrymningsväg: Bredden på utrymningsvägen är också en av de parametrar som styr utrymningstiden då för smala utrymningsvägar kan ge stockningar och köbildningar.

Tillförlitligheten för att den fria bredden i utrymningsvägarna skall vara som planerat beror på hur kunniga och ansvarstagande driftspersonalen är. Om de lagrar eller ställer saker i utrymningsvägar blir den fria bredden mindre vilket kan ge försvårad utrymning och därigenom sämre personsäkerhet.

Panikreglar: Panikreglar på dörrar i utrymningsväg är en åtgärd som i persontäta lokaler avsevärt kan förbättra personsäkerheten. Detta p.g.a. att dörrarna lätt öppnas även i situationer med stort tryck mot dörrarna, t.ex. i paniksituationer.

Panikreglar fungerar i stort sätt alltid och har därför stor tillförlitlighet.

Automatiskt brandlarm: Ett automatiskt brandlarm är en mycket effektiv åtgärd för att öka personsäkerheten i samlingslokaler. Tidig detektion av en eventuell brand kan i många fall vara avgörande för hur stora konsekvenser branden kommer att generera.

Väl skötta moderna brandlarm har hög tillförlitlighet, utländska handböcker för brandteknisk dimensionering anger 90%¹¹ som ett riktvärde för tillförlitligheten vid behov hos system baserade på rökdetektorer. Konsekvensen av att ett automatiskt brandlarm inte fungerar är att detektionen måste ske manuellt precis som om byggnaden inte hade ett brandlarm installerat.

Utrymningslarm: Ett utrymningslarm ger att personerna inne i byggnaden blir varnade att en brand har uppkommit och kan därigenom påverka personsäkerheten drastiskt. Det finns olika typer av varningsmeddelande från en ringklocka/signal till ett mer avancerat meddelande. Dessa typer är olika effektiva genom att personer reagerar olika fort på varningen.

Om det blir utlöst, av automatiskt brandlarm eller manuellt, har ett utrymningslarm mycket hög tillförlitlighet.

Manuella brandsläckare: En åtgärd som kan ha stor inverkan på personsäkerheten i lokalen är utplacering av manuella anordningar för tidig brandsläckning. Om detta kombineras med rätt utbildning kan en brand släckas i ett tidigt stadium och därigenom neutralisera faran.

Om dessa anordningar inte används blir konsekvensen att branden får tillväxa på samma sätt som om de inte fanns utplacerade överhuvud taget.

Sprinkler: Ett sprinklersystem är utformat för att begränsa och/eller släcka en brand. Detta kan ge en ökning av personsäkerheten då faran snabbt kan bli kontrollerad. Det kan dock lokalt bli svårare för personer att utrymma då ett utlöst sprinklersystem kan skapa turbulens och omrörning av brandgaser så att kritiska förhållanden lokalt uppkommer i ett tidigare skede.

På samma sätt som med automatiska brandlarm har ett nytt och/eller väl underhållet sprinklersystem mycket hög tillförlitlighet. I en sammanställning av tillförlitlighetsdata³⁵ varierar denna tillförlitlighet. En utländsk handbok för brandteknisk dimensionering anger dock en tillförlitlighet på 95%¹¹, vilket används i analysen.

Utökad brandcellsindelning: Att dela upp stora brandceller i mindre kan ha stor inverkan på brandsäkerheten. Detta p.g.a. att spridningen av brand och brandgaser hindras och påverkar färre människor.

Tillförlitligheten för brandcells begränsande konstruktioner är hög men beror på hur den fortlöpande hanteringen av brandsäkerheten sker. Om konstruktionen skadas så att brandmotståndet minskar eller i värsta fall upphör måste skadorna åtgärdas efteråt annars fyller inte konstruktionen sin funktion. Konstruktionens brandtekniska funktion kan också nästan upphöra om dörrar eller andra öppningar inte är stängda. Då den utökade brandcellsindelningen i detta fall rör installation av dörrar antas tillförlitligheten för att den nya brandcells begränsningen skall fungera vara helt beroende om dörrarna fungerar som planerat.

Automatiska dörrstängare på magnet: Denna åtgärd kan vara användbar i verksamheter som nästan kräver att en speciell dörr skall vara öppen. Om den då inte ställs upp m.h.a. magnethållare är risken stor att den istället ställs upp med en kil vilket medför att den inte fyller sin brandtekniska funktion.

Tillförlitligheten hos dessa installationer beror liksom de flesta andra åtgärderna på hur de sköts. Igen så används en utländsk handbok vilken 70%¹¹ tillförlitlighet för att branddörrar skall fungera som planerat. Denna siffra antas även motsvara tillförlitligheten för att de automatiska dörrstängarna på magnet skall fungera vid behov.

Fler utrymningsvägar: Tillgången till utrymningsvägar styr också utrymningstiden, både genom att minska trycket på var och en av utrymningsvägarna samt att i möjligaste mån också minska gångavståndet för en större grupp av människor.

Denna parameters tillförlitlighet är stor. Det är endast om utrymningsvägar skulle vara blockerade som åtgärden inte fungerar. Det är dock så att om en utrymningsväg ändå skulle blockeras så medför åtgärden att det finns flera andra utrymningsvägar att använda än i alternativet som följer råden i byggreglerna.

Styrd utrymning genom högtalaranläggning: Denna åtgärd kräver utbildning men skulle kunna medföra sänkt utrymningstid genom att reaktionstiden för människorna i lokalen minskar¹¹ samt att de utrymmande kan styras mot närmaste utrymningsväg.

Det är svårt att kvantifiera tillförlitligheten för denna åtgärd men genom regelbunden träning av personalen kan denna åtgärd fungera.

Utbildning av personal: Denna åtgärd ger flera olika fördelar. För det första ökas förståelsen av brandsäkerhet så att utrymningsvägar inte belamras eller blockeras. Utbildning ökar också beredskapen för hur personalen skall agera samt sänker reaktionstiden för detta agerande.

Denna åtgärds effektivitet är också svår att kvantifiera. Det enda som kan sägas är att övning ger färdighet och mer övning ger större färdighet.

Val av brandskyddsåtgärder

Ur grovanalysen väljs fyra alternativa lösningar ut för vidare analys.

I samtliga utvalda alternativ antas att de regler som rör grundläggande saker som t.ex. nödbelysning, vägvisande markering och klass på ytskikt och brandcellsbegränsade konstruktioner följs helt om inget annat påtalas. Förutom detta utrustas danslokalen i samtliga alternativ med panikreglar på dörrar i utrymningsväg samt manuella brandsläckningsanordningar i form av handbrandsläckare och brandslangar placerade på strategiska ställen som t.ex. bakom barer, discjockeybås och i kök.

Efter att ha reflekterat över brandskyddet vid förenklad dimensionering i förhållande till den information som inhämtats under BSG beslutas att endast alternativ som förväntas ge en bättre säkerhet analyseras. Detta p.g.a. att arbetsgruppen befarar att den risk den förenklade dimensioneringen ger inte kan accepteras för denna danslokal.

I *figur 13-14* markeras de planerade utrymningsvägarna från de två våningarna med grön färg.

Alternativ 1: Schablonlösningen bygger på att danslokalen byggs som planerat, se *figur 11* tidigare i *kapitel 5*, men med ett automatiskt brandlarm uppbyggt av rökdetektorer och ett utrymningslarm med talat meddelande. Brandlarm anläggningen utförs enligt rekommendationerna i *RUS 110:5*³⁶.

Alternativ 2: Den andra totallösningen för brandsäkerheten är att dela upp samlingslokalen i två brandceller, källare och bottenvåning, m.h.a. två dörrar uppställda på magnet i källarplanet i anslutning till halvplanen. Den andra utrymningsvägen från källaren genom ett av halvplanet leds istället genom ett befintligt trapphus och ut på baksidan av byggnaden. En viss ändring i form av att vända på en dörr krävs dock för att utrymningsvägen skall bli godkänd. Denna lösning medför också att ytterligare en utrymningsväg för bottenvåningen enkelt kan tillrättaläggas då även det andra halvplanet blir tillgängligt. För vidare förklaring av lokalens utseende, se *figur 13*. I övrigt utrustas danslokalen med ett automatiskt brandlarm med rökdetektorer samt ett utrymningslarm med talat meddelande. Brandlarm anläggningen utförs enligt rekommendationerna i RUS 110:5³⁶.



Figur 13. Förklarande skiss över alternativ 2.

Alternativ 3: Det tredje alternativet är att bygga danslokalen enligt planerna, se *figur 11*, men att installera ett heltäckande sprinklersystem i lokalen. Sprinklersystemet kommer då att vara uppbyggt enligt de svenska reglerna, RUS 120:4³⁷, och vara av Fast response-typ med ett RTI-värde på max 50 (m²s)^{1/2} samt aktiveringstemperatur på 68°C.

Sprinklersystemet skulle också vara uppkopplat mot ett utrymningslarm med ett talat meddelande.

Alternativ 4: Det sista alternativet som kommer att analyseras är dela upp samlingslokalen i två brandceller med hjälp av två dörrar uppställda på magnet i källarplanet samt att bygga in och utföra halvplanet vid terrassen som ett trapphus. Detta trapphus skulle användas som utrymningsväg för personer i källaren. Den tidigare utrymningsvägen från källaren genom det andra halvplanet leds istället genom ett befintligt trapphus och ut på baksidan av byggnaden. Ytterligare två utrymningsvägar skulle också anordnas på bottenvåningen. En vid den stora baren och en från den upphöjda delen bakom discjockeybåset. Dessa åtgärder skulle medföra att gångavståndet till utrymningsväg inte skulle överstiga 15 meter för någon i samlingslokalen, se *figur 14*. Förutom detta skulle danslokalen utrustas med ett automatiskt brandlarm och rutiner för att genom högtalarsystemet

manuellt kunna styra och påskynda utrymningen. Brandlarm anläggningen utförs enligt rekommendationerna i RUS 110:526.



Figur 14. Förklarande skiss över alternativ 4.

5.2 Riskanalys

Händelser

Händelseförloppet beror av vilket alternativ som analyseras. En del av händelserna återkommer dock för samtliga alternativa lösningar.

De händelser som styr de olika händelseförloppen är:

1. Brand uppkommer.

Den initierande händelsen är i samtliga scenarier att en brand uppkommer någonstans i lokalen. Frekvensen för att detta skall ske grundas på statistik och varierar mellan 0.09-0.12¹¹ bränder/år beroende på vilken referens man studerar. Det första värdet bygger på golvarean för hela lokalen som är ca 930 m².

För analysen väljs brandfrekvensen 0.10 brand/år.

Att i detta sammanhang hålla isär begreppen sannolikhet och frekvens är mycket viktigt då det kan brinna mer än en gång per år. Skillnaden mellan dessa begrepp ökar med ökad brandfrekvens och kan ge upphov till stora fel i resultatet³⁵.

Om en brand inte uppkommer avslutas händelseförloppet. Dessa fall har givetvis ingen konsekvens.

2. Tid på dygnet.

Denna parameter är mycket viktig då en eventuell brand på dagtid eller någon annan tid då danslokalen inte är öppen inte kan ge några stora konsekvenser på människoliv. Denna parameter dras ur SRV:s insatsstatistik för denna typen av verksamhet. Sannolikheten att en brand uppkommer under danslokalens öppettider antas därigenom vara 0.5. Om brand uppkommer vid någon annan tidpunkt antas den inte att ge någon relevant konsekvens på människoliv och kommer därför inte att analyseras vidare.

Denna parameter finns med i analysen av samtliga brandtekniska lösningar.

3. Brandscenario.

En eventuell brand antas starta antingen i samlingslokalen eller i ett av halvplanet mellan våningarna. Den relativa sannolikheten för dessa brandscenarier antas vara proportionell mot golvytan i startutrymmet. Detta ger sannolikheterna:

Samlingslokalen (källare, ca 220 m²) = 0.35

Samlingslokalen (bottenvåning, ca 350 m²) = 0.55

Halvplan mellan våningsplanen (ca 60 m²) = 0.10

4. Branden släcks/slocknar.

En viktig händelse är att branden släcks eller självslocknar innan några allvarliga konsekvenser har hunnit uppkomma. Sannolikheten för att detta skall ske hämtas ur SRV:s insatsstatistik och varierar mellan 0.05-0.10²¹, i de fall som branden blivit rapporterad, beroende på om endast de utvalda brandscenarierna eller hela statistikmassan studeras. Då analysen rör hela byggnaden och brandscenarierna är valda för att i så stor utsträckning som möjligt motsvara den totala riskbilden antas sannolikheten för att branden släcks/slocknar i ett tidigt skede vara 0.10.

Att branden släcks/slocknar finns med i analys av samtliga brandtekniska lösningar med samma sannolikhet.

5. Automatiskt brandlarm fungerar.

Som det redan framkommit i BSG:n är tillförlitligheten för ett modernt automatiskt brandlarm 0.9.

Om detta fungerar eller ej påverkas reaktionstiden och därigenom även utrymningstiden. Vilken typ av utrymningslarm som används påverkar också reaktionstiden, se *tabell 10*.

Denna händelse används vid analys av alternativ 1, 2 och 4.

6. Automatisk dörrstängare fungerar.

Tillförlitligheten för att dessa dörrar fungerar som de ska är enligt den tidigare utförda brandskyddsgenomgången 0.7. Om dörrarna fungerar och hålls stängda antas brandgasspridningen mellan våningsplanen stoppas.

Denna händelse finns med i analysen av alternativ 2 och 4.

7. Personal agerar korrekt.

Med denna händelse menas att personalen handlar efter de rutiner som satts upp angående påskyndning och styrning av utrymningen i de olika brandtekniska lösningarna. Detta ger att om personalen agerar korrekt eller ej så påverkar det reaktionstiden för besökarna, se *tabell 6*, samt att det även påverkar sannolikheten för att besökarna agerar korrekt.

Sannolikheten för att personalen skall agera korrekt beror på vilken utbildning de har och vilka rutiner de skall utföra, alltså vilken brandteknisk lösning som valts. För alternativ 4 anges en lägre sannolikhet för att personalen skall agera korrekt. Detta kommer av att rutinerna för personalen vid en eventuell brand är mer komplicerade än i de övriga alternativen. Personalen har dock, i alternativ 4, mer utbildning vilket medför att skillnaden i sannolikhet blir mindre. Dessa sannolikheter är antaganden grundade på information om utbildning kontra rutiner för personalen.

Alternativ	1	2	3	4
Sannolikhet	0.70	0.70	0.70	0.60

Tabell 6. Sannolikhet för att personal agerar korrekt.

8. Samtliga utrymningsvägar tillgängliga.

Om denna händelse inte inträffar utan att en utrymningsväg på något sätt är blockerad så måste besökarna utrymma genom ett färre antal utrymningsvägar. Detta kan inträffa genom att branden eller något annat hinder blockerar utrymningsvägen.

Denna händelse är med vid analys av samtliga brandtekniska lösningar med samma sannolikhet. I alternativ 4 blir dock konsekvensen lindrigare då fler utrymningsvägar finns att tillgå.

Sannolikheten för att alla utrymningsvägar är tillgängliga antas bero av i vilket utrymme branden startar, se *tabell 7*. Sannolikheten antas vara beroende av utrymmenas golvarea i förhållande till den golvarea som kan antas vara obrukbar för utrymning till följd av branden. Golvytan som antas vara obrukbar motsvarar en cirkel runt branden med en radie på 4 m. Sannolikheten att någon utrymningsväg på något annat sätt är blockerad är i förhållande till de antagna värdena liten och antas därför ingå i dessa värden.

Brandscenario	Samlingslokalen (källare) ca. 220 m ²	Samlingslokalen (bottenvån.) ca. 350 m ²	Halvplan ca. 60 m ²
Sannolikhet	0.75	0.85	0.15

Tabell 7. Sannolikhet för tillgänglighet av samtliga utrymningsvägar.

9. Besökarna agerar korrekt.

Om besökarna agerar korrekt söker de sig till den närmsta utrymningsvägen. Sannolikheten för detta beror på om personalen har agerat korrekt och hur utrymningen styrs. För antagna sannolikheter se *tabell 8*. Om besökarna inte agerar korrekt antas 20% utrymma genom var och än av de skyltade utrymningsvägarna medan de resterande besökarna utrymmer genom den väg de kom in.

Denna händelse är med i analysen av samtliga alternativ.

	Larm system	Talat meddelande	Meddelande genom högtalarsystem
Personal			
Agerar korrekt		60%	80%
Agerar ej korrekt		30%	20%

Tabell 8. Sannolikhet för att besökarna skall agera korrekt.

10. Sprinklersystemet fungerar

Tillförlitligheten hos ett sprinklersystem är enligt den tidigare utförda BSG:n 0.95. Denna tillförlitlighet antas även inkludera det anslutna utrymningslarmet.

Om sprinklersystemet fungerar antas brandtillväxten att avstanna. Detta ger att branden brinner med konstant effekt efter det att sprinklersystemet aktiverats.

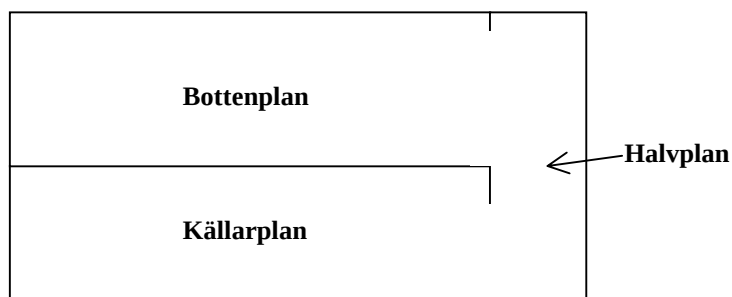
Denna händelse är med vid analys av alternativ 3.

Händelseträd

De fyra händelseträd som skapas för att kunna analysera de olika alternativa lösningarna har en olika mängd delscenarier. Alternativ 1 och 3 har 53 st delscenarier medan alternativ 2 och 4 har 101 st delscenarier. Tillsammans skall alltså 308 delscenarier analyseras. Dessa delscenarier kan systematiseras och bearbetas så att det reella antalet simuleringar o.dyl. som utförs för att analysera delscenarierna minimeras, se följande avsnitt.

Analys av brand

För analys av de utvalda brandscenarierna i danslokalen väljs datormodellen CFAST. Denna modell lämpar sig inte till att simulera hur en brand påverkar miljön i en komplicerad geometri. Speciellt inte i en geometri med flera våningar. I detta fallet väljs dock CFAST ändå då det inte finns resurser att använda mer komplicerade verktyg. Användandet av CFAST i just denna specifika geometri motiveras med att modellen genom antagande om momentan brandgasspridning och stor brandgasplym från källarplan till bottenplan antagligen ger snabbare brandgasspridning än i ett verkligt brandförlopp. Alltså ger CFAST en konservativ bild av verkligheten. Simuleringarna av hur branden påverkar miljön i danslokalen utförs för en förenklad geometri där endast samlingslokalen på båda våningsplanen samt halvplanen mellan våningarna innefattas, se *figur 15*.



Figur 15. Skiss över förenklad geometri i CFAST.

Denna geometri är förenklad så att samtliga utrymmen utgör ett kvadratisk rum med samma golvarea som i den verkliga geometrin. Takhöjderna samt areorna av öppningar är de verkliga men en viss förenkling har utförts som medför att våningsplanen endast är förbundna med ett halvplan fast med öppningar som motsvarar bägge halvplanen.

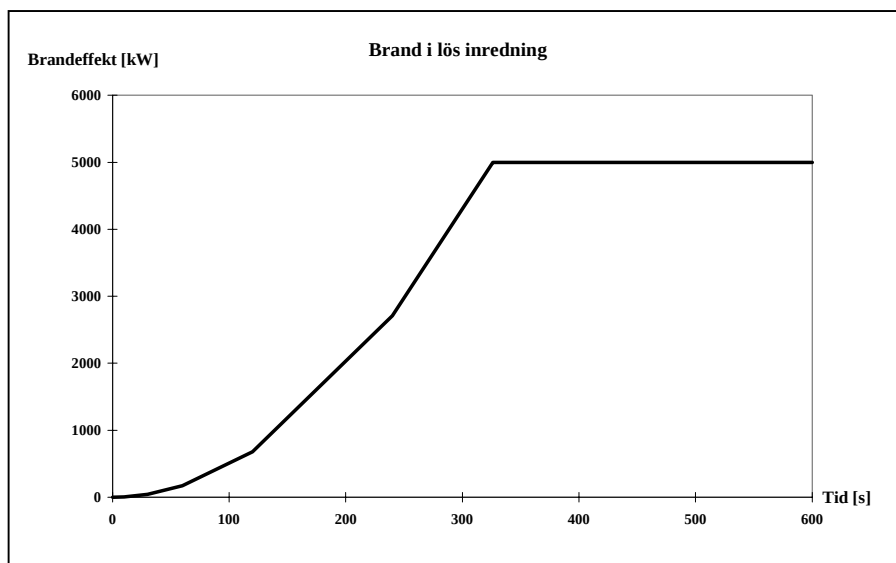
Dessa förenklingar görs p.g.a. att programmet har svårt att hantera en så komplicerad geometri som den verkliga utgör vilket kan medföra stora osäkerheter i hur väl de antaganden och förenklingar som CFAST är uppbyggt kring stämmer. Med de förenklingar som utförs kommer dock en del andra fel men dessa är lättare att hantera då de är mer kända och på så sätt lättare att ta med i bedömningen.

Vid analys av brandscenarierna finns även osäkerheter knutna till själva branden. Det förväntade brandförloppet förenklas till en tillväxtfas och en maxeffektfas. I denna analys av personsäkerhet är det inte intressant att ha med fasen där branden avtar p.g.a. att kritiska förhållanden för utrymning kommer att uppkomma långt tidigare. Osäkerheterna i denna modellering av brandförloppet rör hur snabbt branden tillväxer och vilken maxeffekt den kommer att nå.

För att kunna bedöma inverkan av osäkerheterna utförs en känslighetsanalys där, för ett brandscenario, dessa parametrar varieras. Resultaten av denna

känslighetsanalys visar att maxeffekten i detta fall inte påverkar den kritiska tiden för utrymning. Däremot påverkas den kritiska tiden av tillväxthastigheten. Efter en studie av litteratur där tillväxthastigheten för olika typer av bränder har undersökts dras slutsatsen att tillväxthastigheten för brand i lös inredning ligger mellan medelsnabb och snabb brandtillväxt.

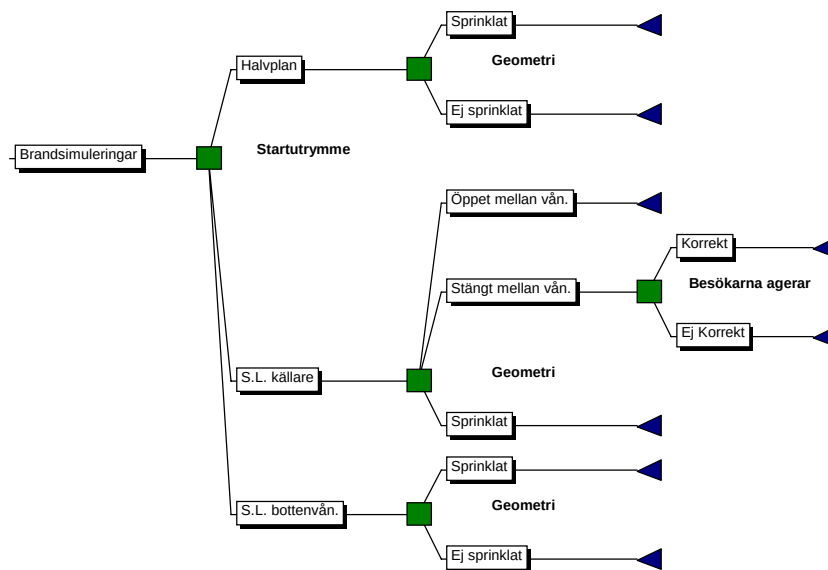
För att vara på säkra sidan väljs snabb brandtillväxt för vidare analys av brandscenarierna. Maxeffekten för brandscenarierna väljs till 5 MW. För visualisering av det förväntade brandförloppet för en ostörd brand i lös inredning se *figur 16*.



Figur 16. Antaget brandförlopp för brand i lös inredning.

För att enkelt visualisera vilka simuleringar som krävs för att kunna bedöma tiden när kritiska förhållanden uppkommer för de olika brandtekniska totallösningarna skapas ett händelseträd uppbyggt av de olika händelser som påverkar brandförloppet, se *figur 17*.

5. Exempel på tillämpning



Figur 17. Visualisering av nödvändiga brandsimuleringar.

Varje möjlig väg mellan början av händelseträdet till någon av slutet (trekanter) ger ett scenario som måste simuleras. Det krävs alltså i detta fall endast 8 simuleringar m.h.a. datorprogrammet CFAST för att kunna analysera brandens påverkan i de 308 delscenarier som definierats för händelseträden i tidigare i kapitlet.

Analys av skada

Då målet för brandskyddet är att minska sannolikheten för brand samt att begränsa konsekvenserna av en eventuell brand med avseende på personsäkerheten kommer här antalet personer som utsätts för kritiska förhållanden att analyseras.

Skada definieras i fallet med danslokalen som person som blir utsatt för kritiska förhållanden, se *kapitel 5.1*. För att analysera om och i så fall hur många personer som blir utsatta för kritiska förhållanden sätt följande tillståndsekvation upp:

$$t_{kritisk} \geq t_{detektion} + t_{reaktion} + t_{evakuering}$$

Där:

- $t_{kritisk}$ = Tid till dess att kritiska förhållanden uppkommer.
- $t_{detektion}$ = Tid till dess att branden detekteras.
- $t_{reaktion}$ = Tid från branden detekteras tills evakuering påbörjas.
- $t_{evakuering}$ = Tid från evakuering påbörjas till dess att den är slutförd.

Om förhållandet ovan inte stämmer undersöks hur många som fortfarande befinner sig inne då kritiska förhållanden uppkommer.

Ekvationen ovan visar att tiden till dess att de utrymmande människorna är i säkerhet kan delas upp i tre delar. Den första delen, detektionstiden, är den tid det tar innan branden detekteras eller upptäcks. Detta kan ske genom att brandlarmet aktiveras eller att människor upptäcker brandgaser eller flammor. I *tabell 9* visas tiderna för detektion i de rum som i utgångsläget inte är direkt påverkade av branden. Tiderna i *tabell 9* är framtagna genom datorprogrammet Detact-T2³⁸.

Detektionsystem	Rökdetektion	Sprinkler	Inget fungerande system
Detektionstid	90 s	150 s	180 s

Tabell 9. Detektionstid.

Den andra delen av ekvationen är reaktionstiden. Denna tid är den tid det tar från dess att branden är detekterad till dess att utrymning påbörjas. De uppskattade reaktionstiderna för människor i ej direkt brandpåverkade rum presenteras i *tabell 10*.

	Larm system	Inspelat talat meddelande	Manuellt meddelande genom högtalarsystem
Personal			
Agerar korrekt		2 min	1 min
Agerar ej korrekt		3 min ¹¹	< 2 min ¹¹

Tabell 10. Reaktionstid för besökarna i rum utan brandpåverkan.

5. Exempel på tillämpning

Referensen i *tabell 10* visar att den angivna tiden egentligen bara motsvarar tiden för att förstå vad larmet betyder, vilken inte innefattar responstid. I fallet med danslokalen är dock responstiden mycket kort, alla är förhoppningsvis påklädda och inga speciella uppgifter måste klaras av innan evakueringen kan påbörjas, alltså försummas responstiden.

Dessa tider är inte applicerbara för detektion och reaktion i rum med direkt brandpåverkan där människor självfallet detekterar branden och på något sätt reagerar innan kritiska förhållanden uppkommer. I dessa rum antas att mänsklig detektions- och reaktionstid är proportionell mot tiden för kritisk påverkan. Med detta menas att människor upptäcker branden och påbörjar evakuering någon gång medan brandgaserna fyller rummet och inte efter brandlarmet aktiveras om denna aktivering sker efter kritiska förhållanden har nåtts.

I analysen används antagandet att de utsatta personerna påbörjar evakuering en minut efter det att en tredjedel av tiden till kritiska förhållanden har förflutit enligt ekvationen:

$$t_{\text{detektion}} + t_{\text{reaktion}} = \frac{1}{3} t_{\text{kritisk}} + 60$$

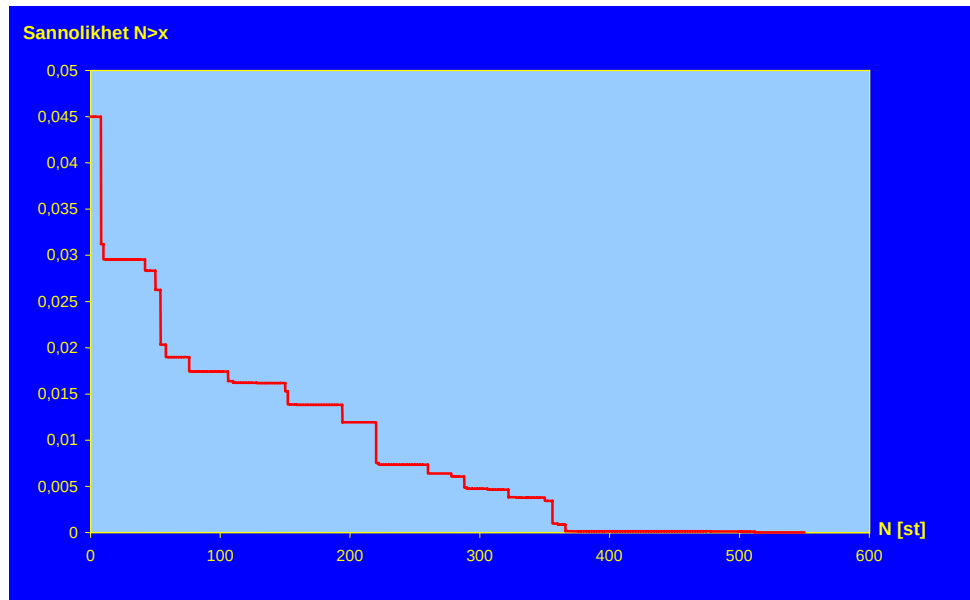
Om personal agerar korrekt subtraheras 60 s på samma sätt som i *tabell 10*.

Den sista delen av gränstillståndsekvationens högerled är evakueringstiden. Evakueringstiden simuleras fram med hjälp av datorprogrammet Simulex. För att på samma sätt som med brandsimuleringarna tidigare visualisera vilka utrymningssimuleringar som krävs för att täcka in de olika utrymningsscenarierna i riskanalysen skapas ett händelseträd. Händelseträdets är uppbyggt av olika händelser som påverkar utrymningen och varje möjlig väg inom trädets motsvarar ett scenario som måste simuleras.

Det krävs i detta fall endast 24 Simulexsimuleringar för att kunna analysera utrymningen för de 308 delscenarier som definierats för händelseträden tidigare i kapitlet.

Framtagning av riskprofil

Efter det att sannolikheterna och konsekvenserna läggs in i händelseträdet tas riskprofilen fram, se *figur 18*.



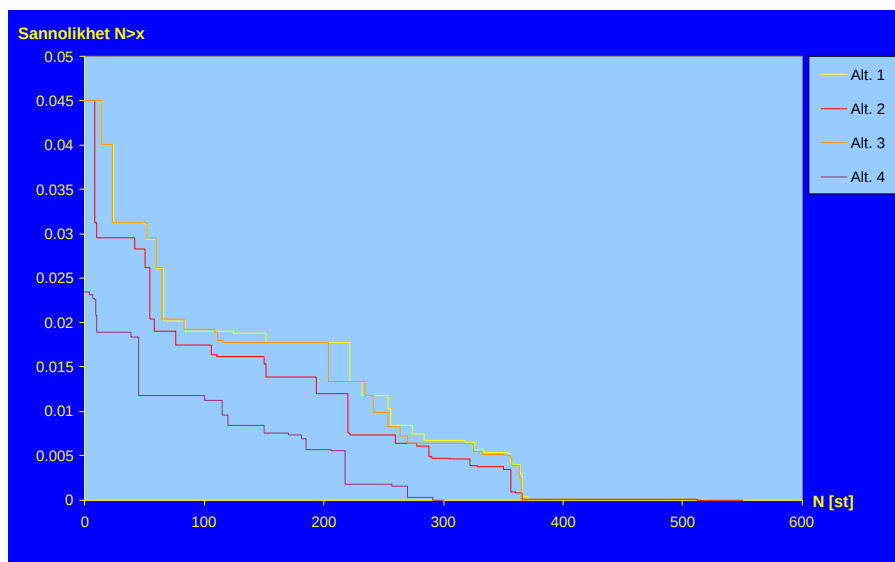
Figur 18. Exempel på riskprofil.

Den förväntade risken, antal personer utsatta för kritiska förhållanden per år, motsvarar arean under riskprofilen. Ett annat ord för förväntad risk är medelrisk.

I *figur 18* är den förväntade risken 5.0 pers/år.

5.3 Riskvärdering

Samtliga brandtekniska alternativ har sin specifika riskprofil, se *figur 19*, och kan därigenom enkelt jämföras. I denna jämförelse följer även en diskussion omkring riskprofilernas utseende.



Figur 19. Riskprofiler för olika alternativa lösningar till Disco-2000.

Den förväntade risken för att personer skall utsättas för kritiska förhållanden i alternativen är:

Alternativ 1 $R = 6.3$ pers/år

Alternativ 2 $R = 5.1$ pers/år

Alternativ 3 $R = 6.1$ pers/år

Alternativ 4 $R = 2.6$ pers/år

Den iakttagelse som direkt kan göras är att inget av alternativ sträcker sig över lösningen baserad på förenklad dimensionering, vilken motsvaras av den gula profilen för alternativ 1. Då det alternativet antas utgöra acceptanskriterium för brandskyddet i byggnaden är samtliga lösningar tillräckliga. Detta acceptanskriterium visar sig dock ge en hög förväntad risk med 6.3 personer om året utsatta för kritiska förhållanden. Detta kombinerat med att det med en ej försumbar sannolikhet kan vara hundratals personer inne i byggnaden vid kritiska förhållanden gör att frågetecknen om effektiviteten hos förenklad dimensionering för det aktuella fallet väcks.

Figuren visar också att alternativ 3 med sprinkler i lokalen inte förbättrar personsäkerheten i någon större utsträckning. Detta beror i detta fallet på att personsäkerheten är definierad utifrån kritiska förhållanden och inte förhållanden som säkert skadar eller dödar en människa. Branden har i de flesta delscenarier redan genererat kritiska förhållanden för utrymning innan

dess att sprinklersystemet aktiveras och kontrollerar branden. Om istället antalet döda hade kunnat analyseras skulle det dock antagligen se annorlunda ut.

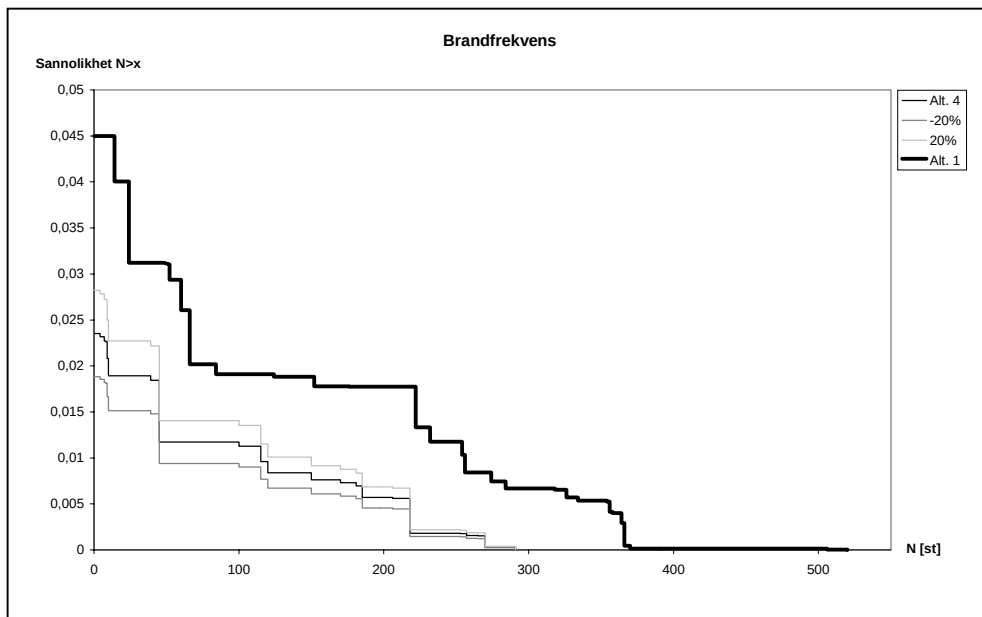
Det visar sig också i *figur 19* att alternativ 2 med brandteknisk avskiljning mellan våningsplanen inte heller påverkar personsäkerheten i samma utsträckning som var väntad. Detta kan förklaras med att i delscenarierna då larmsystemet eller de automatiska dörrarna inte fungerar samt då besökarna inte agerar korrekt utan använder sig av dessa dörrar för sin evakuering fungerar denna brandtekniska avskiljning inte.

Det enda alternativet som tydligt skiljer sig från de andra är alternativ 4 med både brandteknisk avskiljning mellan våningsplanen samt utökade möjligheter för utrymning och kortare gångavstånd. Detta alternativ ger en ca. 60% minskning av den förväntade risken samt att det minskar sannolikheten för scenarier med hundratals utsatta människor. En annan fördel med detta alternativ är att det även minskar maximalt antal utsatta människor med ca. 45%. Alla dessa förbättringar kan till största delen förklaras med fler utrymningsvägar och därigenom ett större personflöde ut ur byggnaden. Kortare gångavstånd spelar i detta fall inte så stor roll då köbildningar ändå styr den enskildes evakueringstid. En annan fördel med fler utrymningsvägar är att det finns fler alternativ då en utrymningsväg är blockerad.

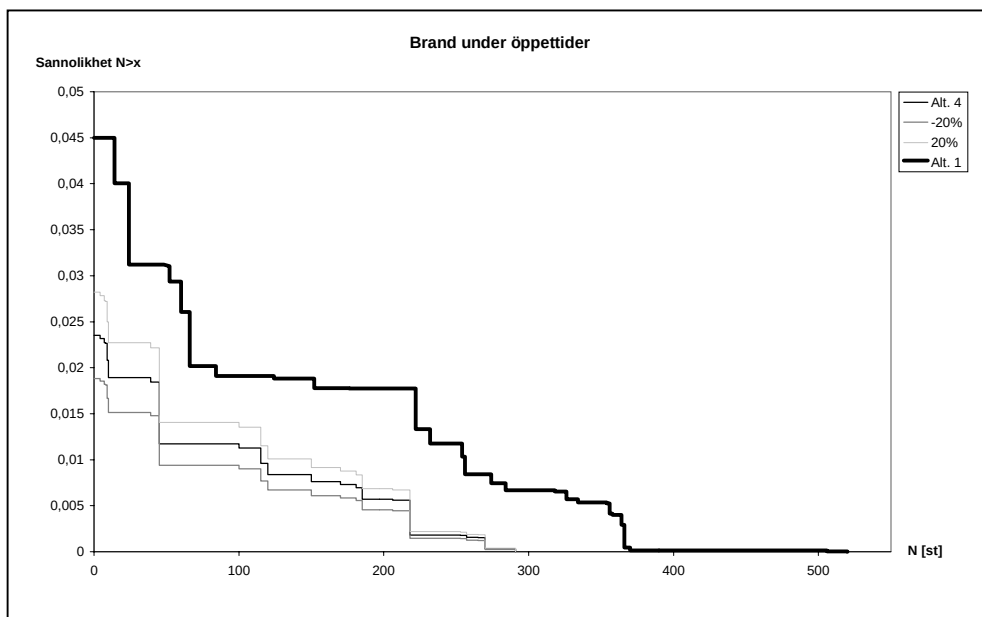
För att analysera hur riskprofilerna påverkas av osäkerheter i indatan utförs även en känslighetsanalys. I denna känslighetsanalys studeras hur riskprofilen ändras då indatan varieras för ett utvalt alternativ. Det utvalda alternativet blir alternativ 4.

I denna känslighetsanalys varieras indatan $\pm 10\text{-}20\%$ beroende på hur osäker den är. Resultaten presenteras i *figur 20-28* där de även jämförs med den förenklade dimensioneringens lösning, alternativ 1.

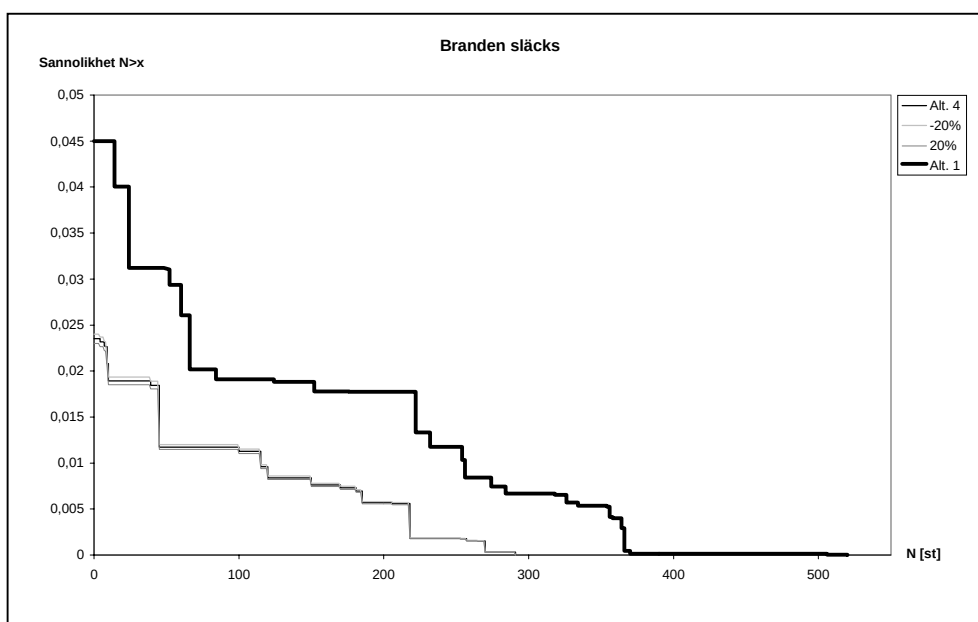
5. Exempel på tillämpning



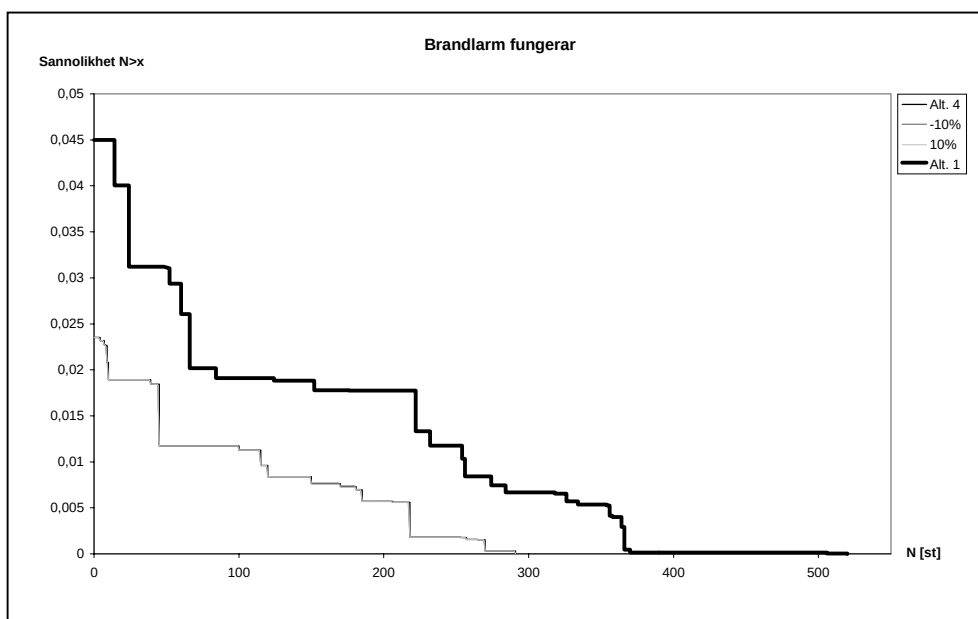
Figur 20. Känslighetsanalys: Brandfrekvens.



Figur 21. Känslighetsanalys: Sannolikhet för brand under öppettiderna.

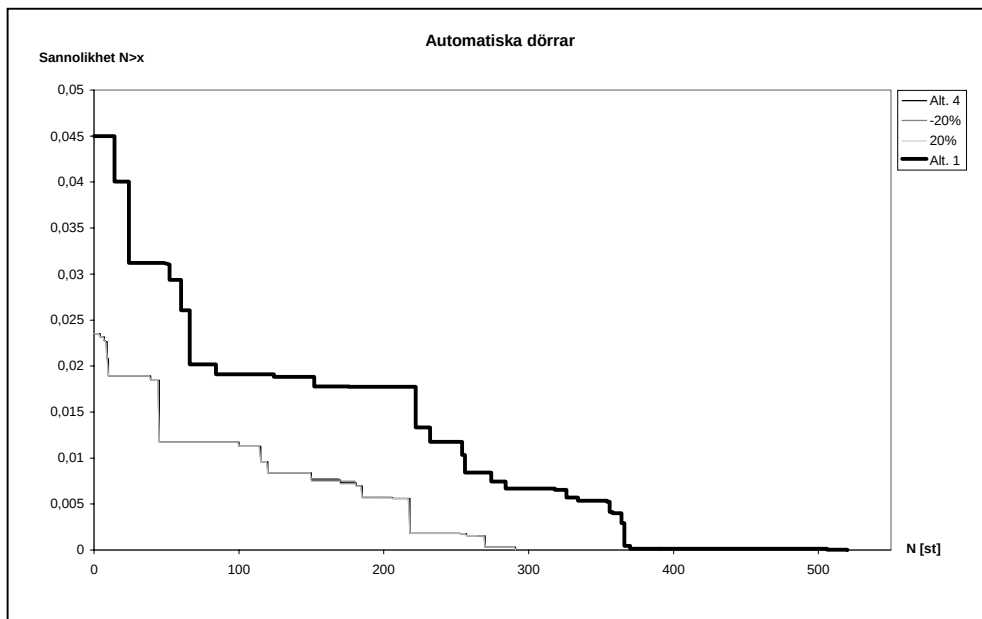


Figur 22. Känslighetsanalys: Sannolikhet för att branden släcks/slocknar i ett tidigt skede.

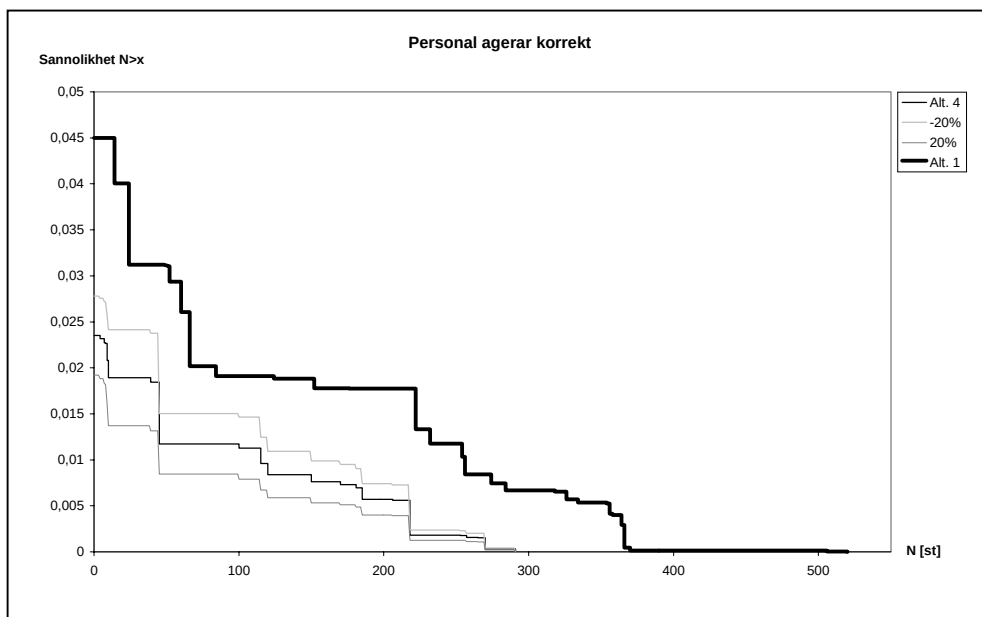


Figur 23. Känslighetsanalys: Sannolikhet att brandlarm fungerar.

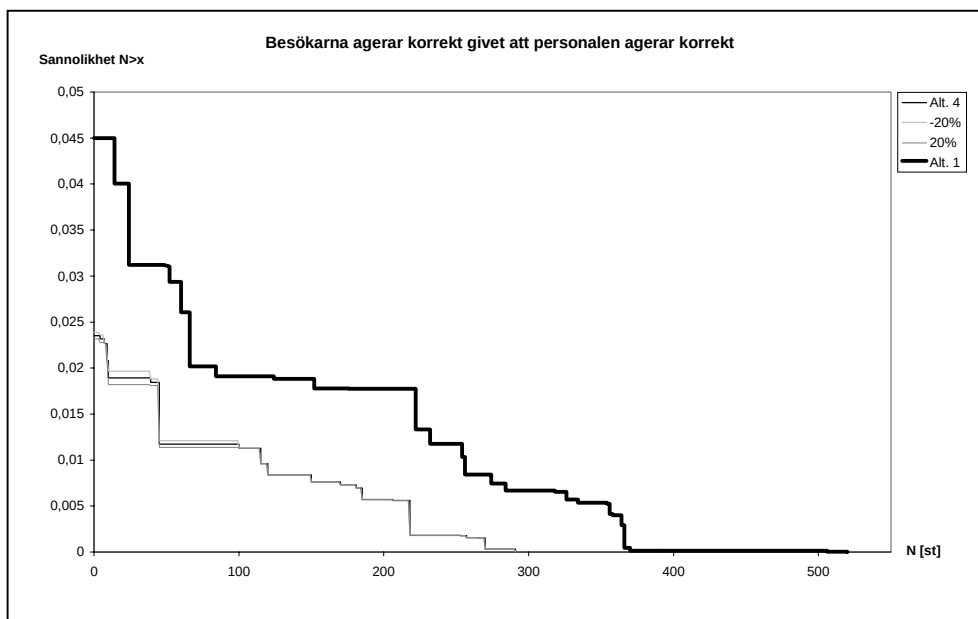
5. Exempel på tillämpning



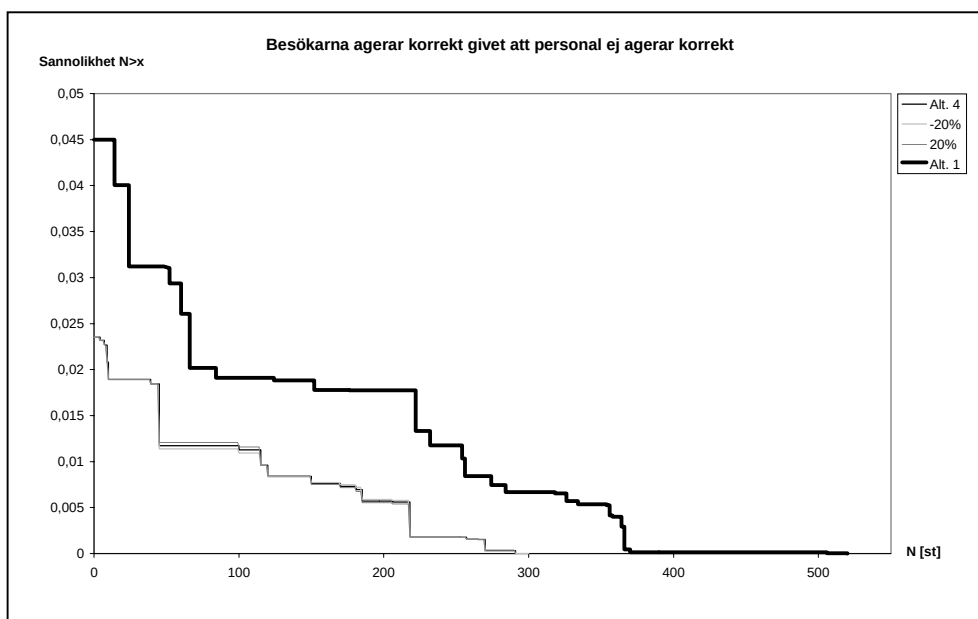
Figur 24. Känslighetsanalys: Sannolikhet att automatiska dörrar fungerar.



Figur 25. Känslighetsanalys: Sannolikhet för att personal agerar korrekt.

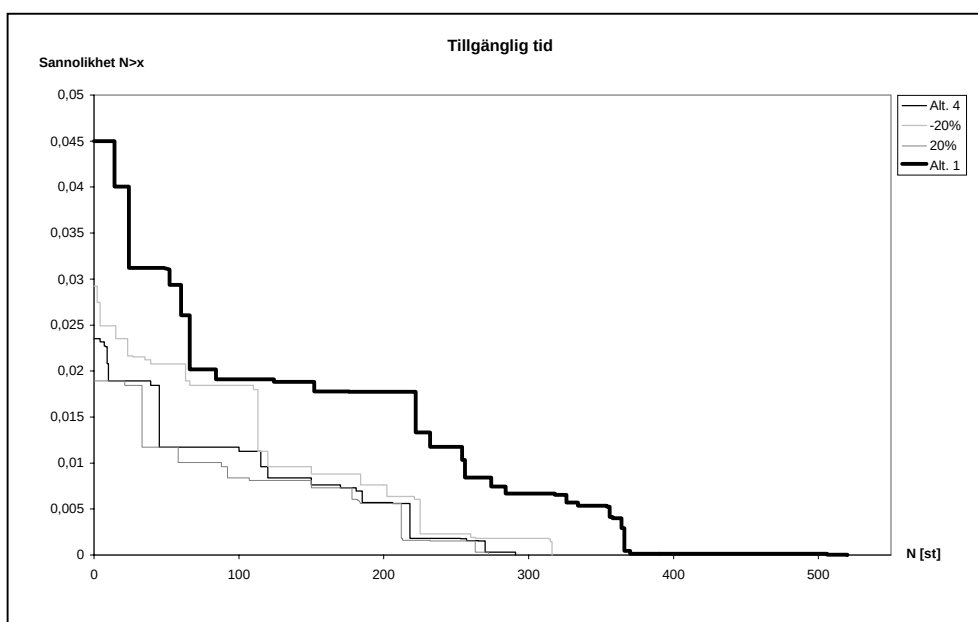


Figur 26. Känslighetsanalys: Sannolikhet för att besökarna agerar korrekt givet att personalen agerar korrekt.



Figur 27. Känslighetsanalys: Sannolikhet för att besökarna agerar korrekt givet att personalen inte agerar korrekt.

5. Exempel på tillämpning



Figur 28. Känslighetsanalys: Tillgänglig tid för evakuering.

De slutsatser som i detta fallet kan dras är att de parametrar som påverkar resultatet mest är hur ofta det brinner, om det brinner under öppettiderna, hur personalen agerar samt den tillgängliga tiden för själva evakueringen.

6 Diskussion

När dimensioneringen av en byggnad frångår de råd som finns presenterade i byggreglerna så är det nödvändigt att använda dimensionering genom beräkning. Detta även om det bara tillkommer extra åtgärder utan att några föreslagna tas bort. För att verifiera brandsäkerheten i dessa fall samt i andra fall där kraven på brandsäkerhet tydligt är tillgodosedda behövs det inte utföras någon riskbaserad dimensionering genom beräkning. Det första steget i metodiken, brandskyddsgenomgången, är dock ett användbart hjälpmedel för att strukturera arbetet även i dessa fall. Sedan kan själva verifieringen av att funktionskraven är uppfyllda göras på många olika sätt, vilka ligger utanför innehållet i denna rapport.

När skall riskbaserad dimensionering genom beräkning användas? Metoden kan med fördel användas för att verifiera brandskyddet för byggnader med krav på speciella lösningar för att ge den framtida verksamhetens dess eftersträlvade funktionalitet¹⁰. Riskbaserad dimensionering genom beräkning kan även användas som ett steg för att verifiera brandsäkerheten hos kostnadseffektiva lösningar. Dessa lösningar ger ofta en nivå på brandskyddet som ligger nära gränsen för vad som accepteras och då är det extra viktigt att utreda om lösningen ligger på rätt sida av denna gräns. För övrigt bör denna metod för brandteknisk dimensionering användas för att dimensionera brandskyddet i byggnader där det redan i brandskyddsgenomgången påvisas en dålig säkerhet för byggnaden.

Då det inte finns några rikstäckande kriterier för vilken säkerhet som kan accepteras i en byggnad är det svårt att definiera vad som är otillräcklig säkerhet. De enda riktvärde som finns är i princip den säkerhet som uppnås med en lösning baserad på förenklad dimensionering där råden i byggreglerna följs. Om sedan den förenklade dimensioneringens lösning ger en hög risk för framtida personer i byggnaden så bör den inte användas som kriterium för vilken brandsäkerhet som kan accepteras. I dessa fall måste, i brist på råd från statliga myndigheter, kommunala myndigheter bedöma vad som är tillräcklig säkerhet i det specifika fallet. Detta ger att klara riktlinjer måste tas fram hur dessa myndigheter skall agera så att alla objekt inom samma kategori får lika behandling.

Den metod som presenteras i rapporten är det förberedande steget för den brandskyddsdokumentation som skall upprättas. Detta dokument skall tydligt ange hur och för vilka förutsättningar brandskyddet är utfört. I brandskyddsdokumentationen presenteras endast den lösning som väljs. Om några förutsättningar ändras skall brandskyddsdokumentationen uppdateras, även om ändringarna inte medför nytt bygglov. Dokumentationen måste vara ett levande dokument annars riskeras byggnadens brandsäkerhet.

Arbetet med att utarbeta brandskydd för en byggnad måste på något sätt kvalitetssäkras. Detta görs under ledning av kvalitetsansvarig och kallas egenkontroll. Om byggnadsnämnden så beslutar skall även en fristående sakkunnig kontrollant enligt PBL anlitas för specifika kontroller. Fristående sakkunnig kontrollant får inte blandas ihop med sakkunniga för olika områden t.ex. sakkunnig brand m.m.. Dessa är konsulter och/eller medlemmar av projektgruppen och är ej fristående. Arbetet med kvalitetssäkringen följer den s.k. kontrollplanen vilken fastställs av byggnadsnämnden. Detta arbete innefattar kvalitetskontroll av både projektering och utförande och kan påbörjas under dimensioneringens gång. Dock kan inte kontrollplanen bestämmas förrän en lösning är utvald. Vid riskbaserad dimensionering genom beräkning bör alltid en fristående sakkunnig kontrollant enligt PBL anlitas för att kontrollera projekteringen. Detta p.g.a. att det inte finns tydliga riktlinjer för vilken indata som kan användas och att resultaten givetvis påverkas av vilken indata som väljs.

7 Referenser

- ¹ SFS 1994:847, *Lag (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.*,
- ² SFS 1994:1215, *Förordningen (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.*,
- ³ Statens planverks författningssamling, PFS 1980:1, *svensk byggnorm, SBN 1980*, Statens planverk, Stockholm, 1980.
- ⁴ Boverket, *Nybyggnadsregler*, Boverket, Karlskrona, 1988.
- ⁵ Boverket, *Boverkets byggregler för 1994*, Boverket, Karlskrona, 1993.
- ⁶ Boverket, *Boverkets byggregler 1999. Upplaga 3:1*, Boverket, Karlskrona, 1998.
- ⁷ Boverket, *Boken om lov, tillsyn och kontroll, Allmänna råd 1995:3*, Boverket, Karlskrona, 1998.
- ⁸ Frantzich, H., Lundin, J. *Riskbaserad brandteknisk dimensionering. Slutredovisning av projektet "Dimensionering efter beräknad risk"*. Report 3112, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund 2000.
- ⁹ Boverket, *Utvärdering av ändringar i byggregleringen: Brand*, Boverket, Karlskrona, 1997.
- ¹⁰ Lundin, J., Olsson, F., *Kostnadseffektiv utformning av brandskydd*, Rapport 3110, Brandteknik, Lunds Universitet, Lund 2000.
- ¹¹ BSI DD240, *Fire Safety Engineering in Buildings, Part 1. Guide to the application of Fire Safety Engineering principles*, British Standards Institute, London, 1997.
- ¹² Fire Code Reform Centre Limited, *Fire Engineering Guidelines, First edition*, Fire Code reform Centre, Sydney, 1996.
- ¹³ Frantzich, H., *Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering*, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 1998.
- ¹⁴ AB Svensk Byggtjänst, *BSAB 96 System och tillämpningar*, AB Svensk Byggtjänst, Stockholm, 1998.
- ¹⁵ Beller, D.K. et.al., *Human Behaviour Approach to Occupancy Classification*, Proceedings of the First International Symposium, Fire SERT, University of Ulster, Belfast, UK, 1998.
- ¹⁶ SFS 1987:10, *Plan- och bygglag (1987:10)*.
- ¹⁷ SFS 1986:1102, *Räddningstjänstlagen (1986:1102)*.
- ¹⁸ De Vos, P., *Firecode, Fire safety design code for buildings in South Africa*, CSIR, Pretoria, South Africa, 1999.
- ¹⁹ Paté-Cornell, M.E., *Uncertainties in risk analysis: Six levels of treatment*, *Reliability Engineering and System Safety* Vol.54, pp 95-11, 1996.
- ²⁰ Olsson, F., *Tolerable Fire Risk Criteria for Hospitals*, Report 3101, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 1999.
- ²¹ Statens Räddningsverk, *Insatsstatistik 1996*, SRV, Karlstad, 1997.
- ²² Hamilton, G., *Risk Management 2000*, Studentlitteratur, Lund, 1996.
- ²³ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.
- ²⁴ Statens Räddningsverk, *Att skydda liv, egendom och miljö*, SRV, Karlstad, 1989.

7. Referenser

- ²⁵ Purser, D.A., *Toxicity assessment of combustion products*, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Second edition, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts, USA, 1995.
- ²⁶ Jönsson, R. et.al., *Brandskydd, teori och praktik*, ISBN 91-630-2875-1, Brandskyddslaget LTH-Brandteknik, Stockholm, 1994.
- ²⁷ Lundin, J., *Model Uncertainty in Fire Engineering*, Report 1020, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 1999.
- ²⁸ Karlsson, B., Quintiere, J., *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press LLC, Boca Raton, 1999.
- ²⁹ Mitler, H.E. et.al., *Users' Guide to First, A Comprehensive Singleroom Fire Model*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA, 1987.
- ³⁰ Häggglund, B., *Comparing Fire Models With Experimental Data*, FOA Report C 20864-2.4, ISSN 0347-3694, Sundbyberg, 1992.
- ³¹ Nelson, H.E., *FPETOOL: Fire Protection Engineering Tools for Hazard Estimation*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA, 1990.
- ³² Peacock, R.D. et.al., *Software User's Guide for the Hazard I Fire Hazard Assessment Method*, NIST Handbook 146, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA, 1991.
- ³³ Carlsson, J., *Fire Modelling Using CFD*, Report 5025, Department of Fire Safety Engineering, Lund University, Lund, 1999.
- ³⁴ Hedman, L., et.al., *Riskkommunikation*, P21-183/97, SRV, Karlstad, 1997.
- ³⁵ Johansson, H., *Osäkerheter i variabler vid riskanalyser och brandteknisk dimensionering*, Report 3105, Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1999.
- ³⁶ Försäkringsförbundet, *Regler för automatisk BRANDLARMANLÄGGNING, RUS 110:5*, ISBN 91-7378-040-5, Försäkringsförbundet, Stockholm, 1992.
- ³⁷ Försäkringsförbundet, *Regler för automatisk VATTENSPRINKLERANLÄGGNING, RUS 120:4*, ISBN 91-7378-042-1, Försäkringsförbundet, Stockholm, 1993.
- ³⁸ Evans D.D., et.al., *Methods of Calculating the Response Time of Heat and Smoke Detectors Installed Below Large Unobstructed Ceilings*, NBSIR 85-3167, National Bureau of Standards, Gaithersburg, USA, 1985.