

# Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan  
på utrymningstiden

*Marcus Knutsmark*

---

Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety  
Lund University, Sweden

Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Report 5412, Lund 2013



**Utrymningsprogram  
- Program och användares  
påverkan på utrymningstiden**

**Marcus Knutsmark**

**Lund 2013**

Utrymningsprogram  
– *Program och användares påverkan på utrymningstiden*  
Evacuation simulation software  
– *Programs' and users impact on evacuation time*

Marcus Knutsmark

**Report 5412**  
**ISSN: 1402-3504**  
**ISRN: LUTVDG/TVBB--5412--SE**

Number of pages: 136  
Illustrations: Marcus Knutsmark

Keywords  
Evacuation, egress, validation, computer simulation, uncertainty

Sökord  
Utrymning, evakuering, validering, datorsimulering, osäkerhet

#### Abstract

In the study, three unannounced evacuation experiments have been carried out in a cinema theatre. The evacuation experiments have been used to create a specific scenario and nine Swedish fire safety consultants have then been given an assignment to accomplish an evacuation simulation of the specific scenario. The study has shown that there are variations in the choice of input data for the evacuation simulations between different fire safety consultants. Besides differences in the selection of specific parameters (for example walking speed), there is also variation in assumption of how this value varies from the mean value. The result from the evacuation simulations showed that the variation in result is large between different fire safety consultants, both for different data points in the cinema theatre and for the total evacuation time. A general conclusion for all scenarios is that the evacuation started later in almost all evacuation simulations than the performed evacuation experiments. Since there is a large variation in results between different evacuation simulations, the results from evacuation experiments is not considered to be comparable with the evacuation simulations in general. However, in some cases the correlation between experiments and simulations are good, especially if only the total evacuation time is considered. In order to reduce the variations in input data and hopefully also the variation in results, one suggestion could be to develop accepted reference values and distributions for different parameters. As all possible scenarios cannot be covered with reference values, it is also important that users are provided with knowledge of reasonable values.

© Copyright: Brandteknik och Riskhantering, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2013.

---

Brandteknik och Riskhantering  
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  
and Systems Safety  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

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

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

## Förord

Under vårterminen 2012 funderade jag över vad jag ville att mitt examensarbete för civilingenjörsprogrammet i Riskhantering skulle handla om samt om jag ville skriva det själv eller tillsammans med någon annan. Det var inte lätt att välja ett ämnesområde då det fanns många intressanta ämnen att välja mellan. Anledningen till att valet föll på detta arbete var för att jag ville göra ett praktiskt, lärorikt och intressant arbete. Då mina andra förslag inte innefattade några praktiska moment i samma utsträckning och då detta arbete var ett av de intressantare förslagen blev valet relativt enkelt. Det finns både för- och nackdelar med att skriva arbetet ensam eller tillsammans med någon annan. Valet föll till slut på att skriva arbetet själv vilket jag i efterhand delvis ångrar, framförallt eftersom det hade varit en stor fördel att kunna diskutera olika upplägg och problem med någon annan. Anledningen till att arbetet har fungerat bra i alla fall är tack vare alla personer som har hjälpt till under arbetets gång. Jag skulle därför vilja ägna ett särskilt tack till de personerna som har ställt upp under arbetets gång men även till alla andra som har hjälpt till!

Jag skulle vilja tacka Håkan Frantzich, avdelningen för brandteknik och riskhantering, för mycket bra handledning under arbetets gång samt för goda tips och idéer. Jag skulle även vilja tacka Karl Harrysson, Brandskyddslaget AB, för tips och idéer till introduktionen av arbetet samt för hjälp under arbetets gång. Arbetet hade inte heller kunnat utföras utan alla deltagande brandkonsulter som jag också skulle vilja tacka för hjälpen!

Det var inte lätt att hitta en lämplig lokal för utrymningsförsöken men valet föll till slut på SF Bio i Helsingborg som jag därmed också vill tacka för att vi fick utföra utrymningsförsöken hos er samt för all hjälp under försöken! Utrymningsförsöken på SF Bio i Helsingborg genomfördes även tillsammans med Joachim Holmström och Erik Sävmark. Inför och under försöken krävdes en hel del förberedelser och det var därmed lyckat att vi kunde genomföra dessa tillsammans. Jag skulle därför vilja ägna ett särskilt tack till Joachim och Erik för ett väldigt bra samarbete och tre trevliga dagar i Helsingborg!

Under utrymningsförsöken hjälpte ett antal funktionärer till med att samla in de utrymmande biobesökarna och informera dessa om utrymningsförsöken. Jag skulle därför även vilja tacka er för hjälpen med utrymningsförsöken. Slutligen skulle jag vilja tacka Joachim Holmström, Henrik Karlsson och Johan Nilsen för genomläsning av delar eller hela arbetet samt för tips och idéer under arbetets gång.

Trevlig läsning!

Marcus Knutsmark  
Lund 2013-05-24

## Utrymningsprogram

*- Program och användares påverkan på utrymningstiden*

---

## Sammanfattning

För att en tillfredsställande utrymning ska kunna genomföras ska tiden till kritiska förhållanden uppstå vara längre än den totala utrymningstiden (varseblivning, förberedelse och förflyttning). Vid analytisk dimensionering av brandskyddet i en byggnad kan förflyttningstiden beräknas med hjälp av utrymningsprogram. Då användare av utrymningsprogram kan ange indata till olika parametrar beror inte resultaten av simuleringen enbart av vilket program som används, utan det beror även på användarens erfarenhet.

Syftet med arbetet är att undersöka om liknande utrymningstider kan erhållas av olika utrymningsprogram respektive olika användare och om de överensstämmer med utrymningsförsök.

I examensarbetet har tre oannonserade utrymningsförsök utförts i salong 2 på SF Bio i Helsingborg. Utrymningsförsöken har legat till grund för att kunna ta fram ett specifikt scenario där endast antalet biobesökare varierade. Information om utrymningsförsöken (lokalens geometri, antal personer samt dess köns- och åldersfördelning) har sammanställts i ett informationsmaterial med bilder och beskrivningar av lokalen. Nio svenska brandkonsulter har sedan fått i uppgift att genomföra en utrymningssimulering av det specifika scenariot för tre olika antal biobesökare. Samtliga brandkonsulter har tagit del av samma information för att förutsättningarna ska vara lika. Utrymningsförsöken har i sin tur jämförts med utrymningssimuleringarna för att avgöra om liknande utrymningstider kan erhållas.

Studien har visat att det finns variationer i val av indata till utrymningssimuleringarna mellan olika brandkonsulter. Förutom att valet av specifika parametrar (exempelvis gånghastighet) skiljer sig åt, finns det även variationer i antagande om hur detta värde varierar från medelvärdet. Resultatet från utrymningssimuleringarna visade att variationen i resultat är stor mellan olika brandkonsulter både för olika datapunkter i salongen samt för den totala utrymningstiden. En generell slutsats för alla scenarierna är att utrymningsförloppet i nästan alla utrymningssimuleringar inleds senare än utförda utrymningsförsök. Då det är en stor variation i resultat mellan olika utrymningssimuleringar, anses inte resultaten från utförda utrymningsförsök vara jämförbara med utrymningssimuleringarna överlag. I en del fall är dock överensstämmelsen mellan försök och simulering god, framförallt om endast den totala utrymningstiden beaktas. Det bör dock observeras att utrymningsförsöken endast utgör ett stickprov och att det är tänkbart att utrymningssimuleringarna är konservativa för att ta hänsyn till olika osäkerheter.

Genom att reducera olika typer av osäkerheter kan förhoppningsvis skillnader i resultat mellan utrymningssimuleringar samt mellan utrymningssimuleringar och utrymningsförsök reduceras. Ett sätt att åstadkomma detta är att förse användare med mer kunskaper om program, grundinställningar, erfarenhet och hur känslighetsanalyser samt kvalitetssäkringar kan utföras.

Ett förslag för att minska variationerna i indata och förhoppningsvis även variationen i resultat är att ta fram accepterade referensvärden och fördelningar för olika parametrar. Eftersom alla tänkbara scenarier inte kan täckas in med referensvärden, är det även viktigt att användare förser med kunskaper om rimliga värden. Om liknande indata används har användaren en mindre påverkan på resultatet och det är därmed även tänkbart att skillnader i resultat mellan

## Utrymningsprogram

*- Program och användares påverkan på utrymningstiden*

---

olika brandkonsulter kan minskas. Om dessa skillnader reduceras är det lättare att uppfylla målet med likvärdigt brandskydd – oavsett vem som utför en utrymningssimulering bör resultatet vara likvärdigt. Då utrymningssimuleringen ligger till grund för den övriga brandskyddsprojektering är det viktigt att ett så korrekt resultat som möjligt kan erhållas.



## Summary

To accomplish a satisfactory evacuation, the time to where critical conditions arise must exceed the total evacuation time (perception, preparation and movement). In analytical design of fire protection in a building, traveling time can be calculated using evacuation simulation software. When users of evacuation simulation software can specify input data to different parameters, the result of the calculation depends not only on the program which is used, but also on the user's experience.

The purpose of this study is to examine whether similar evacuation times can be obtained by different evacuation simulation software's respective different users and if they correspond with evacuation experiments.

In the study, three unannounced evacuation experiments have been carried out in cinema theatre 2 at SF Bio in Helsingborg. The evacuation experiments have been used to create a specific scenario where only the numbers of visitors varied. Information about the evacuation experiments (the room geometry, number of people and their gender and age) have been compiled in an information material with pictures and descriptions of the cinema theatre. Nine Swedish fire safety consultants have then been given an assignment to accomplish an evacuation simulation of the specific scenario for three different numbers of visitors. In order to establish that the conditions will be the same, all fire safety consultants have been given the same information. To determine if similar evacuation times can be obtained, the evacuation experiments have then been compared with the evacuation simulations.

The study has shown that there are variations in the choice of input data for the evacuation simulations between different fire safety consultants. Besides differences in the selection of specific parameters (for example walking speed), there is also variation in assumption of how this value varies from the mean value. The result from the evacuation simulations showed that the variation in result is large between different fire safety consultants, both for different data points in the cinema theatre and for the total evacuation time. A general conclusion for all scenarios is that the evacuation in almost all evacuation simulations started later than the performed evacuation experiment. Since there is a large variation in results between different evacuation simulations, the results from evacuation experiments is not considered to be comparable with the evacuation simulations in general. However, in some cases the correlation between experiments and simulations are good, especially if only the total evacuation time is considered. It should be noted that evacuation experiments represent only a random sample and that it is conceivable that the evacuation simulations are conservative to take into account different uncertainties.

The difference in result between evacuation simulations and between evacuation simulations and evacuation experiments can hopefully be decreased by reducing different types of uncertainties. One way to accomplish this is to provide users with more knowledge about programs, defaults, experience and how sensitive analysis and quality assurance can be performed.

In order to reduce the variations in input data and hopefully also the variation in results, one suggestion could be to develop accepted reference values and distributions for different

## Utrymningsprogram

*- Program och användares påverkan på utrymningstiden*

---

parameters. As all possible scenarios cannot be covered with reference values, it is also important that users are provided with knowledge of reasonable values. If similar input data is used, the user has a minor impact on the result and it is therefore also conceivable that the difference in result between different fire safety consultants can be reduced. If these differences are reduced, it is easier to fulfill the objective of equivalent fire protection – regardless of who perform an evacuation simulation the result should be equivalent. As evacuation simulation is the basis for the other fire protection engineering, it is important that the most correct result as possible can be obtained.

---

## Innehåll

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte och mål.....	10
1.3	Avgränsningar.....	11
1.4	Begränsningar.....	11
2	Metod.....	13
2.1	Litteraturstudie.....	13
2.2	Valideringsunderlag.....	14
2.3	Resultat, analys och slutsatser.....	15
3	Teori.....	17
3.1	Utrymningstid.....	17
3.2	Utrymningsprogram.....	19
4	Valideringsunderlag.....	25
4.1	Val av objekt till utrymningsförsök.....	25
4.2	Objektsbeskrivning.....	25
4.3	Genomförande.....	31
4.4	Etikprövning och kameraövervakning.....	33
4.5	Underlag till utrymningssimulering.....	34
5	Resultat och analys.....	37
5.1	Resultat och analys av utförda utrymningsförsök.....	37
5.2	Resultat handberäkningar.....	41
5.3	Resultat och analys av utförda utrymningssimuleringar samt jämförelse med utförda utrymningsförsök.....	42
5.4	Resultat enkätundersökning.....	63
6	Diskussion.....	67
6.1	Utrymningsförsök.....	67
6.2	Utrymningssimulering.....	67
6.3	Resultat.....	68
6.4	Utrymningsprogram.....	70
6.5	Kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningssimuleringar.....	71
7	Slutsatser.....	73
7.1	Utrymningsförsök och utrymningssimuleringar.....	73
7.2	Kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningssimuleringar.....	74

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

---

7.3 Förslag på framtida studier.....	74
Litteraturlista.....	75
Bilaga A – Intresseanmälan till brandkonsulter .....	77
Bilaga B – Enkätundersökning – utrymningsdimensionering.....	79
B.1 Enkätundersökning – utrymningsdimensionering.....	79
B.2 Resultat enkätundersökning .....	84
Bilaga C – Underlag till utrymningssimulering .....	93
C.1 Uppdaterad instruktion till utrymningssimuleringen .....	93
C.2 Resultatrapporteringsmall till utrymningssimuleringen .....	106
C.3 Rättelseblad .....	107
C.4 DXF-filer.....	109
Bilaga D – Resultatrapportering.....	111

# 1 Inledning

*I detta kapitel redovisas examensarbetets bakgrund, syfte och mål samt frågeställningar. Även arbetets avgränsningar och begränsningar redovisas i kapitlet. Bakgrundsavsnittet innehåller även litteratursökningen som har utförts under arbetets gång.*

## 1.1 Bakgrund

Det finns två olika sätt att dimensionera brandskyddet i en byggnad, antingen genom förenklad eller också genom analytisk dimensionering. Förenklad dimensionering innebär att de lösningar som beskrivs i de allmänna råden i Boverkets regelsamling för byggande, BBR, följs. Om andra lösningar än de allmänna råden väljs kan funktionskraven i föreskrifterna uppfyllas med analytisk dimensionering. För att kunna visa att analytisk dimensionering uppfyller en eller flera föreskrifter ska en verifiering genomföras. En verifiering kan utföras genom en kvalitativ bedömning, scenarioanalys, en kvantitativ riskanalys eller en kombination av dessa (Boverket, 2011b). Vid en scenarioanalys brukar nedanstående förhållande beskriva hur en tillfredsställande utrymning kan utformas (Boverket, 2006).

$$t_{kritisk} > t_{varseblivning} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning}$$

Vid utrymningsdimensionering är avsikten att personer ska kunna utrymma en byggnad vid brand utan att utsättas för kritiska förhållanden. Kritiska förhållanden uppstår vid antingen hög temperatur, värmestrålning, giftiga brandgaser eller dålig sikt som hindrar utrymning till en säker plats. Utrymningstiden består av varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid. För att en tillfredsställande utrymning ska kunna genomföras ska tiden till kritiska förhållanden uppstår ska vara längre än den sammanlagda utrymningstiden (Boverket, 2006). Varseblivnings- och förberedelsetiden kan ansättas ett värde som bedöms vara representativt för varje enskilt fall. Om det finns ett utrymningslarm i byggnaden kan varseblivningstiden beräknas utifrån tidpunkten då utrymningslarmet aktiverar. Förflyttningstiden kan beräknas genom handberäkningar eller med hjälp av utrymningsprogram. Examensarbetets inriktning är utrymningsprogram och därmed kommer inte varseblivnings- och förberedelsetiden att beaktas närmare.

I dagsläget finns ett flertal olika utrymningsprogram för att beräkna förflyttningstiden vilka kan delas in i tre olika kategorier (nätverks-, rutnäts- och partikelmodeller) (Nilsson, 2007). Programmen är uppbyggda på olika sätt vilket kan medföra svårigheter vid en jämförelse av programmen. En jämförelse av programmen kan exempelvis vara intressant för att ta reda på om olika program kommer fram till samma resultat vid samma förutsättningar. Om samma scenario simuleras i två olika program hade det varit önskvärt att båda programmen kom fram till liknande resultat. Då utrymningsprogram är uppbyggda på olika sätt kan det som användare vara svårt att veta vilka begränsningar programmen innehåller samt vilka parametrar som går att justera vid en utrymningssimulering. Beroende på vilken indata som anges i programmet kan simuleringar anpassas efter förutsättningarna i varje enskilt fall. Genom att exempelvis justera personers egenskaper, som till exempel gånghastighet, kan byggnaden utformas för vad som bedöms vara rätt förutsättningar. Det går dock aldrig att veta vad som är ett korrekt resultat men genom att justera och ta hänsyn till kända egenskaper kan förhoppningsvis ett verklighetstroget resultat erhållas.

Vid jämförelse av utrymningsprogram är det viktigt att beakta att olika program inte är utformade på samma sätt. Då antaganden av användare kan behöva genomföras är det svårt att göra en direkt jämförelse av förflyttningstiden. En jämförelse av enbart program utan användarens inblandning är därför svåra att genomföra. Vid undersökning av skillnader mellan utrymningsförsök och utrymningssimuleringar är det även viktigt att beakta att utrymningsförsöken kommer att variera mellan olika försök. För att kunna jämföra utrymningsförsök med utrymningssimuleringar är det därför viktigt att försöken är repeterbara för att undvika eventuella extremfall. Utrymningsförsök innebär även en del begränsningar i förhållande till ett utrymningsscenario där exempelvis gånghastigheter kan tänkas öka vid synlig brand.

Då indata anges på olika sätt i utrymningsprogram kan detta leda till att programmen blir komplicerade och att användare inte kan bedöma hur stor påverkan en viss parameter har på resultatet. Då användare av program kan ange indata till olika parametrar beror inte resultaten av simuleringen enbart av vilket program som används, utan det kan även bero på användarens erfarenhet. Därmed är det tänkbart att det skulle kunna finnas skillnader i resultat av utrymningstiden för ett specifikt scenario mellan olika användare av samma program beroende på val av indata. Oavsett val av program/användare bör simuleringarna ge ett liknande resultat och förhoppningsvis representerar resultaten ett verkligt utrymningsförlopp på ett tillfredsställande sätt. Utrymningsprogram har dock begränsningar att ta hänsyn till, bland annat människors beteende vid brand. Det är därför intressant att undersöka om det finns några skillnader i resultat mellan olika användare/program och utrymningsförsök. Ett sätt att undersöka detta är att genomföra en valideringsstudie.

### 1.1.1 Validering

För att undersöka om det finns några skillnader i resultat mellan användare/program och utrymningsförsök kan en valideringsstudie utföras. Vid en validering kontrolleras exempelvis om ett program är en god representation av verkligheten i förhållande till programmets syfte. I samband med utrymningssimulering kan en validering utreda om simulerade resultat stämmer väl överens med ett verkligt utrymningsscenario. Tidigare har till exempel valideringsstudier genomförts för att undersöka om olika riskanalyser erhåller samma resultat och hur väl olika program återger verkligheten. Exempelvis har en studie undersökt om det förekom några skillnader i resultat mellan olika kvantitativa riskbedömningar av en lagringsanläggning med ammoniak. Studien utfördes i ett europeiskt projekt (Assessment of Uncertainty Risk Analysis of Chemical Establishments) år 1998 av nio olika institutioner i Europa. I undersökningen deltog sju olika deltagare där varje deltagare fick ta del av samma information och studien inleddes med ett platsbesök på lagringsanläggningen. Elva referensscenarier togs fram och utvärderades med avseende på individ- och samhällsrisk. Resultatet av studien visade att det fanns en signifikant skillnad i resultat, både i bedömningen av frekvens men också konsekvensen av olika scenarier trots att alla hade gemensamma förutsättningar (Lauridsen, Christou, Amendola, Markert, Kozine, & Fiori, 2001a, 2001b).

Valideringsstudier med avseende på program har även tidigare genomförts där ett exempel är en rapport av Holmstedt et al. (2008) som utgör en del i ett större forskningsprojekt. Rapportens syfte är att beskriva hur väl olika datorprogram för brandgasspridning återger verkligheten. En jämförelse mellan experimentella resultat och simuleringar med fyra olika koder (CFX, FDS, SMAFS och SOFIE) har utförts för åtta olika brandscenarier. I rapporten konstaterades att ett

problem med validering av CFD-koder är avsaknaden av väldokumenterade experiment. Då CFD-koder är uppbyggda på olika sätt och då det ofta finns flera submodeller att välja mellan beror resultatet av simuleringar inte enbart av vilken kod som används, utan användarens erfarenhet kan också ha stor betydelse. I studien används validitet som ett mått på i vilken utsträckning CFD-program förutspår det som det är avsett att simulera. Då dagens CFD-program huvudsakligen är deterministiska utgör inte reliabiliteten (programmets precision), som är en förutsättning för validiteten, ett problem. CFD-programmen består inte av något slumpmässigt inslag utan variationerna i resultat orsakas av användarens val av submodeller och indata. I studien anses det bekymmersamt att inte några mer omfattande studier har utförts för att validera CFD-program. Flera studier har undersökt simuleringars resultat jämfört med experimentell data men då har användaren haft möjlighet att korrigera indata i förhållande till utförda försök. Vid brandteknisk dimensionering finns inte tillgång till experimentell data och det är då svårt att veta hur väl resultatet överensstämmer med verkligheten.

I samma forskningsprojekt som ovanstående har även en rapport om utvärdering och validering av utrymningsprogram utförts. Även i denna rapport konstaterades att avsaknaden av väldokumenterade försök medför ett problem för att validera utrymningsprogram. För utrymningsprogram är reliabiliteten inte heller ett problem då dessa består av huvudsakligen deterministiska program. Dock kan det finnas ett mindre slumpmässigt inslag i flera program men detta är ofta litet. Exempelvis kan slumpen inverka på utplaceringen av personer vid en simulering där användaren anger antalet personer och aktuellt rum där de placeras ut men inte en exakt position. I studien anses det också bekymmersamt att inte fler omfattande studier om validering av utrymningsprogram har utförts. Det finns en del studier där utrymningsförsök har jämförts med olika program men problemet är ofta att valideringen endast har utförts mot ett experiment. Det finns ett behov inom området brandteknisk utredning att undersöka om program ger ett realistiskt resultat och hur bra denna representation är (Frantzich, Nilsson, & Eriksson, 2007).

### 1.1.2 Modellutvärdering

Ett förslag på en guide för utvärdering av utrymningsmodeller har tagits fram av National Institute of Standards and Technology (NIST). Guiden innehåller en generell metod för utvärdering av modeller och nedan redogörs för de delar som berör utvärdering av utrymningsmodellers förmåga att uppskatta utrymningstiden. Modeller ska bedömas utifrån dess kvantitativa förmåga att uppskatta utrymningstiden av specifika byggnadsdelar eller hela byggnader (Lord, Meacham, Moore, Fahy, & Proulx, 2005).

Vid modellutvärdering hanteras flera olika aspekter av potentiella fel i utformning och användning av utrymningsmodeller. De potentiella felen inkluderar även behov av korrekt indata till scenariot, rätt val av modell, korrekta beräkningar av modellen samt rätt tolkning av modellens resultat. Vid utvärdering av olika utrymningsprogram för ett specifikt scenario finns tre olika tillvägagångssätt, där ett eller flera av tillvägagångssätten kan undersökas i en modellutvärdering. Det första tillvägagångssättet är en blindsimulering där användaren förses med grundläggande information om scenariot som modelleras (geometri, planritningar, höjder med mera) och där ytterligare antaganden genomförs av användaren. Förutom att jämföra olika modeller kan detta testa förmågan hos de som använder modellen för att utveckla lämplig indata till modellerna. Det andra fallet är en specificerad simulering där användaren förses med detaljerad information om scenariot (geometri, planritningar, höjder, personegenskaper samt

intervall med numeriska konstanter som används i det specifika programmet). Till skillnad från blindsimuleringen ger detta testet en mer utförlig beskrivning av de underliggande algoritmerna i modellen. Det sista tillvägagångssättet är en öppen simulering där användaren förses med den mest kompletta informationen om scenariot. Detta inkluderar indata som erhöles i den specificerade simuleringen tillsammans med utrymningsdata eller referensresultat som erhöles vid blindsimuleringen eller i den specificerade simuleringen med samma modell. Det kan även vara resultat från en validerad utrymningsmodell för samma scenario som ska modelleras. Brister i tillgänglig indata som användes i blindsimuleringen blir då synliga i jämförelse med öppna och blinda simuleringar. De tre förslagna tillvägagångssätten kan kräva varierande problembeskrivningar då olika modeller ställer olika krav på exempelvis geometri och populationen i simuleringen. En lämplig problembeskrivning för att kunna undersöka modellutvärderingen är därför nödvändig för vart och ett av de beskrivna scenarierna (Lord et al., 2005).

En modell kan utvärderas med en jämförelse av ett eller flera av följande verktyg. Jämförelse med utrymningsförsök av det valda scenariot, dokumenterade utrymningsförlopp, beprövade referensmodeller eller beräkningar samt kvantifierad modellutvärdering. Vid jämförelse med utrymningsförsök finns det ingen standard för hur data från utrymningsförsök ska samlas in när guiden skrevs men det finns en intern rapport av the National Research Council of Canada som beskriver en metod för utrymningsförsök. Vid jämförelse kan resultatet av modellen testas mot utrymningstiden som uppmättes vid försök. Det är även viktigt att ta hänsyn till osäkerheterna i experimentell data jämfört med osäkerheten av modellresultatet som uppstår på grund av osäkerhet i indata. Vid jämförelse med data från dokumenterade utrymningsförlopp finns det ofta väldigt lite tillgänglig dokumentation för att en utvärdering ska vara möjlig (Lord et al., 2005).

Vid jämförelse med beprövade referensmodeller ska det undersökas om referensmodellen har blivit utvärderad för scenariot som ska undersökas. Modellförutsägelser kan testas mot utrymningstiden som referensmodellen förutspår. När data finns tillgängligt ska modellförutsägelser ses i förhållande till variationer i känslighet av resultat. Studier har indikerat att noggrannheten av modellresultat kan variera kraftigt beroende av vilket scenario som modelleras och intervallet av indata som tillhandahålls. För konstruktioner med enkla vägar är det möjligt att jämföra uppskattade tider av utrymningsprogram med handberäkningar. Denna jämförelse kan även utföras för delar av en byggnads komplexa utrymningsvägar. Vid en kvantifierad modellutvärdering kan utrymningstider användas som ett mått vid en jämförelse av ovanstående metoder. Dock behöver inte utvärderingen begränsas till att enbart beakta den totala utrymningstiden utan även utrymning av olika plan i en byggnad. För alla metoderna ska det när det är möjligt undvikas subjektiva värderingar och resultaten av jämförelsen ska uttryckas i kvantitativa termer (Lord et al., 2005).

### 1.1.3 Olika typer av osäkerheter

Vid användning av program förekommer olika typer av osäkerheter och vissa av dessa kan reduceras med hjälp av exempelvis ökade kunskaper medan andra är svårare att reducera. Det finns två olika typer av osäkerheter och dessa är stokastiska osäkerheter (naturlig variation) och kunskapsrelaterade osäkerheter. I riskanalyser kan det exempelvis finnas en osäkerhet kring vilket värde en specifik variabel har. Osäkerheten kan bero på naturlig variation (otomhustemperatur med mera) eller att det saknas tillräckliga kunskaper om exempelvis



spridningshastighet, modellosäkerhet med mera. I vissa fall finns det inte tillräckliga kunskaper att fastställa ett exakt värde och därmed gäller det att vara medveten om variationen, eller försöka se till att variationen är liten. Vilka osäkerheter som finns i en riskanalys ska framgå samt hur stora dessa är, hur de påverkar resultatet och hur dessa har beaktats. Ett alternativ till att utföra en osäkerhetsanalys är att genomföra en känslighetsanalys där variabelernas känslighet för förändringar undersöks. Syftet med en känslighetsanalys är att ta reda på vilka variabler som har störst påverkan på resultatet och därmed kunna reducera dessa (Räddningsverket, 2003).

Ett sätt att dela upp osäkerheter i riskanalyser är att dela in dem i tre olika grupper. Osäkerheter angående indata och parametrar (naturlig variation med mera), osäkerheter angående modeller och datorprogram samt osäkerheter angående användarnas kompetens. Den första osäkerhetsgruppen kan minskas genom att utföra känslighetsanalyser, Monte Carlo-simuleringar eller Bayesiansk analys (kombinera data med expertbedömningar). Den andra typen av osäkerheter berör modellernas förmåga att återspegla verkligheten (antaganden och förenklingar i modeller). Denna osäkerhet är svår att hantera men genom att exempelvis utöka kunskapen om modellbegränsningar kan osäkerheten minska. Den sista gruppen osäkerheter är svårare att bestämma då den kan bero på avsiktliga (tar ej hänsyn till vissa faktorer) eller oavsiktliga (okunskap) faktorer. Osäkerheter kan introduceras under hela riskanalysarbetet, när beslut fattas eller vid kommunikationen av resultat (missuppfattningar vid tolkning av resultat kan medföra att fel beslut tas). Osäkerheter av denna typ kan exempelvis minskas med ökad kompetens och erfarenhet, kvalitetsplanering, hänsynstagande till kända osäkerheter, sökande efter okända osäkerheter samt bra kommunikation av resultatet (Räddningsverket, 2003). Ett liknande resonemang kan föras för utrymningssimulering då det finns osäkerheter i indata, vilka förenklingar och antaganden olika program har med mera. Då olika program innehåller olika förenklingar och antaganden kan det vara svårt för användare att veta hur olika parametrar påverkar resultatet. Det är därför troligt att resultatet av en utrymningssimulering även beror på användarens erfarenhet.

För att säkerställa att en riskanalys erhåller tillräckligt hög kvalitet är det viktigt att kontinuerligt granska denna. Granskningen av en riskanalys kan delas in i de tre kategorierna egenkontroll, intern verifikation och extern granskning. Egenkontrollen består av en kontinuerlig kontroll av samtliga delar av arbetet som utförs av den eller de som har utfört arbetet. Intern verifikation består av en verifikation av det utförda arbetet av personer inom den egna organisationen som inte har varit delaktiga i arbetet. Extern granskning är en fristående granskning av det utförda arbetet av externa organisationer (Räddningsverket, 2003). Detta är också något som är viktigt inom utrymningsdimensionering men det kan tänkas att det finns variationer i hur detta utförs hos olika företag.

### **Osäkerheter vid utrymningssimulering**

Alla datormodeller är endast en representation av verkligheten vilket grundar sig på en kombination av aktuell teori i modellen, användarens kunskap samt bedömning. Vid användning av avancerade modeller är användaren exempelvis tvungen att ange indata eller välja bland fördefinierad indata. Det finns både positiva och negativa aspekter med att tillhandahålla indata i utrymningsprogram. Indata kan vara användbart när liknande scenarier simuleras som användes för att konstruera programmet. En nackdel är att programmet kan förse användaren med information som inte behövs och därmed hindrar användaren från att förstå indata och erhållit resultat. Utrymningsmodeller varierar i komplexitet och likaså dess

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

---

grundinställningar som används i modellen. Exempelvis varierar kontrollmöjligheten av grundinställningar, utbudet av parametrar, samt grundinställningarnas påverkan på resultatet (Gwynne & Kuligowski, 2012).

Vid utrymningsmodellering måste användaren ange fem grundläggande komponenter. Dessa är förberedelsetid, gånghastighet, tillgängliga utrymningsvägar, användning av utrymningsvägar samt flödesrestriktioner/begränsningar. Förberedelsetiden kan variera mycket beroende på om personen befinner sig i brandrummet eller om personen sover. Antagande om gånghastighet varierar mellan olika modeller där hastigheten exempelvis kan baseras på kön och ålder eller ha ett fast värde. Tillgängliga utrymningsvägar kan varieras från att alla är åtkomliga, specificeras av användaren eller att antalet utrymningsvägar varierar med förhållandena i scenariot. Flödesrestriktioner/begränsningar kan behöva anges för att styra förhållandet mellan tänkbart flöde och persondensiteten som är närvarande. Exempelvis kan det maximala antalet personer som passerar en dörröppning anges (Gwynne & Kuligowski, 2012).

Grundinställningar är ett användbart verktyg för utvecklare att säkerställa att deras modeller är lättanvända och kan användas i ett flertal tänkbara scenarier. Dock är grundinställningarna endast giltiga för en delmängd av de tänkbara scenarierna där de används. Det finns ett antal åtgärder som kan vidtas för att undvika potentiella fallgropar med grundinställningar. Exempelvis bör det dokumenteras att det inte finns en generell standardinställning för alla tänkbara mänskliga handlingar eller de scenarier som kan uppstå. Ingen standardinställning kan till fullo antas representera typiska beteenden eller nödvändigtvis leda till konservativa resultat. Utvecklare ska beskriva vilka grundinställningar som finns, var de härstammar från och var de ingår i modellen. Utvecklare ska även ange modellens tänkbara användningsområde där modellen rimligen kan användas samt ha ett bra användargränssnitt så att det går att förstå grundinställningarna. Även en beskrivning av hur grundinställningarna påverkar resultatet ska anges för att undvika potentiella felkällor. Utvecklare kan också beskriva de variabler som finns tillgängliga och deras tänkta användningsområde, vilket bör minska risken för missuppfattning. Det finns även en rad andra områden att ta hänsyn till som exempelvis generell dokumentation, valideringsprocess och användarträning (Gwynne & Kuligowski, 2012).

Det finns alltså flera osäkerheter att ta hänsyn till vid användning av utrymningsprogram. Nedanstående citat förklarar på ett bra sätt vilka osäkerheter en användare av ett utrymningsprogram kan stå inför.

*As we know, there are known knowns. There are things we know we know. We also know there are known unknowns. That is to say we know there are some things we do not know. But there are also unknown unknowns, the ones we don't know we don't know. – Donald Rumsfeldt, Department of Defense news briefing.*

Vid utrymningsdimensionering av en byggnad är exempelvis dess geometri känd, det maximala antalet personer som får befinna sig i lokalen, tillgängliga utrymningsvägar med mera. Det går därmed att dimensionera byggnaden efter tillgänglig kunskap och vad som kan anses som rimliga antaganden. Dock är det svårt att veta vilka utrymningsvägar som är tillgängliga vid en eventuell brand och hur olika personer genomför sina val av utrymningsstrategi. Därmed kan förutsättningarna som byggnaden dimensionerades för ändras under byggnadens användning och antaganden kan visa sig vara felaktiga. Detta är osäkerheter som kommer att finnas men de kan reduceras med hjälp av att utföra exempelvis känslighetsanalyser. Därmed kan ett antal möjliga utfall tas fram och analyseras och utifrån det kan ett värsta troliga scenario presenteras.

Det finns dock alltid företeelser som inte kan uppskattas i förväg. Genom att utföra en valideringsstudie kan förhoppningsvis osäkerheter angående hur väl ett program återger verkligheten reduceras och bidra till att utveckla tillgängliga modeller.

#### 1.1.4 Jämförelse av utrymningsprogram och utrymningsförsök

I dagsläget finns ett flertal olika utrymningsprogram där varje program har olika egenskaper. Det har genomförts en del studier om jämförelser mellan olika utrymningsprogram men även mellan utrymningsprogram och utrymningsförsök, se nedan. I en amerikansk studie av Kuligowski & Peacock (2005) har 30 olika utrymningsprogram undersökts och beskrivits för att användare ska kunna välja ett eller flera program som passar användarens behov. Nilsson (2007) har genomfört en jämförelse mellan utrymningsprogrammen ERM, EVACNET4, Simulex och STEPS samt att ett förslag på utformning av ett framtida datorprogram har presenterats.

Nordkvist (2012) har genomfört ett examensarbete som har jämfört utrymningsprogrammen Simulex och FDS+Evac med handberäkningar. Resultatet visade att utrymningsprogrammen gav olika förflyttningstider och att handberäkningsmetoden var mer konservativ än programmen. Förflyttningstiden i Simulex är kortare än FDS+Evac vilket enligt författaren beror på att Simulex utrymmer fortare i början av simuleringen. Om personerna hade börjat utrymma samtidigt hade antalet personer som har utrymt med avseende på tiden varit lika i de flesta simuleringarna mellan de båda programmen. Ett problem som författaren hade var att ett flertal personer fastnade mot väggar i anslutning till utgångar i simuleringarna i FDS+Evac. Skillnaden i förflyttningstid kan enligt författaren till stor del förklaras med de vägval som personerna gjorde i respektive program. En felkälla som nämns till FDS+Evac är att användaren måste definiera mycket av indata till programmet. För att jämförelsen i studien skulle blivit mer korrekt skulle fler simuleringar genomförts i samma objekt men även i andra objekt med annan funktion, geometri och storlek (Nordkvist, 2012). Examensarbetet belyser problemet med att samma funktioner inte anges i olika utrymningsprogram och därmed måste användaren ange viss indata vilket kan påverka resultatet. I examensarbetet har inte några utrymningsförsök genomförts så vilka utrymningstider som representerar verkligheten är svårt att uttala sig om.

En ytterligare studie av Haarala & Hagelin (2005) har jämfört utrymningsprogrammen Simulex och STEPS med fältmätningar på Malmö stadion efter tre matcher i fotbollsallsvenskan. Utrymningsförsöken har inte genomförts i samband med ett utrymningslarm utan förflyttningstiden har mätts efter att slutsignalen ljudit och när publiken samlat börjat bege sig mot utgångarna. Eftersom STEPS har fler möjligheter för användaren att påverka indataparametrar har fler antaganden genomförts i STEPS än i Simulex. Studien indikerar att STEPS visar en god överensstämmelse med utförda försök men att den definierade rutnätsstorleken kan medföra stora förändringar i resultat (i STEPS åskådliggörs byggnaden av ett rutnät där endast en person kan befinna sig i respektive ruta). Simulex tenderar däremot att överskatta förflyttningstiden markant och detta beror framförallt på att endast en liten del av utgångarna utnyttjades. Detta beror i sin tur på de förhållanden som uppstår när ett stort antal personer ska genomföra en skarp sväng runt ett hörn, vilket därmed blockerar personerna på ett onaturligt sätt. Enligt Haarala & Hagelin pågår en utveckling av Simulex för att reducera dessa problem. En känslighetsanalys av STEPS visade att bland annat val av personflöde genom öppningar är avgörande för resultatet. Den viktigaste parametern att beakta vid simuleringar i STEPS är rutnätets storlek samt inställningen ”fin grid”. Båda programmen har för- och

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

---

nackdelar vilket även diskuteras i rapporten. Då flera antaganden kan väljas i STEPS är det viktigt att användare har kunskap om olika parametrars påverkan på simuleringen.

Ronchi (2012) har i en avhandling undersökt utrymningsmodellering för bränder i vägtunnlar där en jämförelse mellan utrymningsprogram för evakuering i vägtunnlar har utförts. Utrymningsprogrammen som har undersökts är buildingEXODUS, FDS+Evac, Gridflow, Pathfinder, Simulex och STEPS samt handberäkningar. Utrymningsprogrammen har modellerats både med hypotetiska scenarion och med hjälp av utrymningsförsök utförda av Lunds universitet. Två huvudfrågor har undersökts i arbetet: påverkan av brandgaser på förflyttningshastigheten och inverkan av utrymningsinstallationer på valet av utrymningsstrategi. Bränder i vägtunnlar kräver en analys av komplexa faktorer samt processer relaterade till människors beteende vid bränder. Då programmen tar hänsyn till faktorerna på olika sätt medför det att användare ofta inte har full förståelse för faktorerna och hur dessa påverkar resultatet. De inbyggda funktionerna i utrymningsprogram är en av de avgörande faktorerna som påverkar resultatet och är en viktig faktor att ta hänsyn till vid användandet av programmet. Beroende på vilket program som används kan grundinställningarna eller inställningsområdet till olika program vara komplexa. Programmets öppenhet om vilka grundinställningar som används, variationen av parametrar och grundinställningars påverkan på resultatet skiljer sig åt mellan olika program. Resultatet av studien visade att analytiska beräkningar inte är en tillräcklig metod för att simulera ett utrymningsscenario som innefattar val av utrymningsväg. Användandet av olika programs grundinställningar medför signifikanta skillnader på resultatet. Kalibrering av modellens indata kräver olika grader av ansträngning i förhållande till den lagrade informationen som finns i modellen.

Grundinställningar i utrymningsprogram kan delas in i tre kategorier, där det i den första kategorin inte finns några grundinställningar och användaren är tvungen att definiera alla parametrar till simuleringen. Den andra kategorin innebär att modellen har enstaka inbyggda parametrar vilket påskyndar processen och den sista kategorin är fördefinierade grundinställningar. Modeller till den sistnämnda har ofta en serie av valbara inställningar eller bibliotek som ofta är associerade med olika scenarion. Användarens medvetenhet om grundinställningar till olika utrymningsprogram beror på vilken information som finns tillgänglig samt vilken modell som används. För att få en förståelse för programmet behöver användaren förstå de underliggande grundinställningarna, vilka ofta inte är direkt tillgängliga. Program med öppen källkod kan då istället användas där användaren kan påverka alla grundinställningar. Detta medför dock ett problem för de användare som inte har så stor kunskap och som därmed kan påverka de underliggande inställningarna. Användargränssnittet i programmen har även en stor påverkan på förståelsen av inställningarna i programmet (Ronchi, 2012).

I en annan studie där två program har jämförts med varandra har det konstaterats att skillnader i resultat vid användningen av utrymningsvägar påverkas dels av programmet och dels av användarens expertis. Det har visat sig att simuleringen av en evakuering kan bli missvisande vid godtycklig användning av programmets grundinställningar. I jämförelsen av programmen har utrymningsprogrammet FDS+Evac flera metoder för att simulera val av utrymningsstrategi. Människors beteende vid utrymning kan simuleras genom att ta hänsyn till miljöförhållanden och personlig kunskap av miljön och andra människors agerande. Programmet buildingEXODUS innehåller flera metoder för att kunna representera en persons utrymningsstrategi. Alternativen kan vara enkelt (användandet av närmsta utgång), lokala

(baserat på kännedom) eller dynamiska (utgångarna interagerar med omgivningen). Det sista alternativet försöker åskådliggöra ett verklighetsbaserat scenario. Jämförelsen av modellerna FDS+Evac och buildingEXODUS i studien visade att desto mer information som infördes i modellerna desto närmare kunde referensresultaten återges. Innan ett utrymningsprogram används krävs dock kunskap om programmet samt det tillhörande scenariot som ska simuleras av användaren. Om användaren inte har tillräckliga kunskaper kan det mest avancerade programmet missbrukas, data misstolkas och resultatet av utrymningssimuleringen vara missvisande. I de fall som användaren har tillräcklig kunskap kan programmet åstadkomma användbara resultat (Ronchi, Nilsson, & Gwynne, 2012). I ovanstående studie hade användaren till programmet tillgång till information från utrymningsförsöket och därmed kunde val av indata anpassas för att se hur bra programmet kunde erhålla liknande resultat. Detta är ett tillvägagångssätt för att jämföra utrymningsprogram och utrymningsförsök. Ett annat alternativ är att först genomföra en utrymningssimulering utan att ha tillgång till information från utrymningsförsöket och sedan jämföra resultatet med utförda försök. Därmed måste användaren själv välja vad som bedöms vara korrekt indata för att därefter jämföra resultatet från simuleringen med utrymningsförsöken.

En studie om siktförhållanden jämfört med gånghastighet har undersökt påverkan av grundinställningar på resultatet från utrymningsprogram. Olika utrymningsprogram använder olika grundinställningar och bygger på olika indata. I studien har tre utrymningsprogram studerats, buildingEXODUS, FDS+Evac och Gridflow. Resultatet från studien visar att om olika grundinställningar används ger det olika resultat om samma eller olika program används. Om samma indata används överensstämmer dock resultaten från programmen med varandra. Program med inbyggd indata ställer krav på användarkompetens och erfarenhet för att kunna konfigurera programmet samt för att tolka resultatet. Det finns två olika typer av indata för siktförhållandens påverkan på gånghastigheten (experimentella försök utförda av Jin (1978) och Frantzych & Nilsson (2003)). Ofta används båda typerna av indata ekvivalent men användare bör istället utvärdera scenariot de ska undersöka och därefter välja indata. Antalet försökspersoner och rökkoncentrationer skiljer indata åt och användare bör därmed vara medvetna om skillnaderna mellan försöken och dess påverkan på resultatet. Om användaren inte förstår programmets grundinställningar, indata och de underliggande antaganden kan resultaten missförstås vilket kan leda till att felaktiga slutsatser dras från resultatet (Ronchi, Gwynne, & Purser, 2011).

Resultatet av en studie som har jämfört två olika utrymningsprogram (STEPS och EXIT89) indikerar att det inte finns en uppsättning av variabler som påvisar en signifikant eller icke signifikant skillnad i resultat för alla tänkbara scenarion. De variabler som visade en signifikant skillnad varierade från fall till fall beroende på vilket scenario som simulerades. Några generella slutsatser kunde dock dras av de tre scenarierna som simulerades i de båda programmen. Både EXIT89 och STEPS tillhandahåller ett rimligt resultat för den totala utrymningstiden för kontors- och lägenhetsbyggnader mellan 6-14 våningar. För EXIT89 kan utrymningstiden underskattas om inte kunskap finns om antalet personer i byggnaden medan STEPS kan överskatta utrymningstiden. EXIT89 är generellt känsligt av antalet personer som simuleras. En variation av antalet personer, dess storlek eller hastighet har ofta en betydande inverkan på resultatet. STEPS är generellt känsligt för val av rutnätsstorlek. Om avståndet ändras från 0,3 till 0,6 meter kan resultatet av simuleringen påverkas signifikant. Därmed bör hänsyn tas till val av rutnätsstorlek vid användning av STEPS samt att utföra känslighetsanalyser (Lord et al., 2005).

Slutligen har en studie om utvärdering och validering av utrymningsprogram samt undersökning av olika utrymningsprogramms användning i Sverige undersökts. För att kunna jämföra simuleringarna har utrymningsförsök genomförts i syfte att studera förflyttningen i trappor och dörröppningar. Beräkningsresultatet från simuleringarna har även jämförts med utförda utrymningsförsök från biografier. Enligt enkätundersökningen som skickades ut år 2007 till 35 företag som arbetar med brandteknisk projektering där 23 svarade, var Simulex det vanligaste utrymningsprogrammet. STEPS användes även av några företag. Utifrån enkätundersökningen valdes därför Simulex och STEPS ut för att genomföra en jämförelse. Resultatet visade att både Simulex och STEPS på ett tillfredsställande sätt kan beskriva förflyttningstiden. Dock kan dessa inte beskriva ett utrymningsförlopp realistiskt då detta inkluderar aspekter som berör människors beteenden vid bränder. Vid användning av STEPS är det viktigt att känna till att gånghastigheter vid köbildningar beräknas utifrån persontätheten. Gånghastigheten bestäms av användaren som definierar den maximala tillåtna persontätheten genom definitionen av rutnätet. Resultatet från Simulex visar att gånghastigheter i trappor ger oväntade resultat då förflyttningen uppåt i trappan går snabbare än nedför. Skillnaden är liten men det kan indikera att beräkningsalgoritmerna kanske inte är helt korrekta (Frantzich, Nilsson, & Eriksson, 2007).

### 1.1.5 Frågeställningar

Utifrån ovanstående bakgrundsinformation kan ett antal frågeställningar tas fram som är intressanta att undersöka. Detta arbete ämnar besvara följande frågeställningar:

- Kommer utrymningstiden att vara densamma för olika utrymningsprogram respektive olika användare vid ett givet specifikt scenario och kommer simuleringarna att ge ett liknande resultat som utrymningsförsök?
- Hur genomförs kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar hos olika brandkonsulter?

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är att undersöka om liknande utrymningstider kan erhållas av olika utrymningsprogram respektive olika användare och om de överensstämmer med utrymningsförsök. Arbetet ska alltså undersöka om olika utrymningssimuleringar av samma scenario ger samma resultat samt om dessa överensstämmer med utrymningsförsök. Syftet är även att på en övergripande nivå jämföra resultaten med handberäkningar.

Målet med examensarbetet är att ta reda på om och i så fall hur mycket resultatet från utförda utrymningssimuleringar varierar mellan varandra samt i jämförelse med utrymningsförsök. Examensarbetets mål är alltså att validera olika utrymningssimuleringar av samma scenario utifrån kombinationen användare och utrymningsprogram. Om skillnader i resultat kan påvisas ska även förslag för att kunna reducera dessa presenteras samt göra användare uppmärksamma om problematiken. Målet är även att undersöka hur kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningssimuleringar utförs hos olika brandkonsulter.

### 1.3 Avgränsningar

Utrymningsprogrammen som har undersökts i arbetet är Pathfinder (Thunderhead Engineering Consultants, 2011), Simulex (Integrated Environmental Solutions, 2013) och STEPS (Mott MacDonald, 2012) då dessa program har använts av brandkonsulterna för utrymningssimuleringen. Arbetet har inte beskrivit varje funktion i utrymningsprogrammen utan har endast genomfört en övergripande jämförelse av funktioner i programmen. Arbetets syfte har inte heller varit att genomföra en validering av olika utrymningsprogram utan att undersöka användare och programs påverkan på utrymningstiden. Det vill säga en validering av hur väl olika utrymningssimuleringar stämmer överens med varandra och med utrymningsförsök. Användares påverkan på utrymningstiden har endast studerats genom att tillfråga olika svenska brandkonsulter som har utfört utrymningssimuleringarna. Detta kan medföra att det finns rekommenderade värden som är specifika för Sverige som har använts i utrymningssimuleringarna. Då både användare och programs påverkan på resultatet har undersökts går det inte att särskilja deras enskilda påverkan.

Examensarbetet har undersökt hur lång utrymningstiden är för att utrymma en lokal från det att ett utrymningslarm ljuder. Arbetet har i huvudsak studerat förflyttningstiden men även berört förberedelsetiden, dock har ej varseblivningstiden undersökts i arbetet. Arbetet har vidare avgränsats till att enbart beakta en biografssalong med tillhörande utrymningsvägar vilket innebär att endast en lokal har beaktats i arbetet.

### 1.4 Begränsningar

Utrymningsförsök har enbart utförts i en biografssalong vilket medför att resultaten främst är giltiga i denna miljö. Utrymningsförsök i andra verksamheter hade troligtvis medfört andra förhållanden som skulle kunna påverka resultatet. Då endast svenska brandkonsulter har deltagit i studien är det inte säkert att resultatet är representativt för övriga delar av världen. Det är troligt att användarna har utgått från rekommenderade värden i Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD1) som ges ut av Boverket (2011a) i Sverige. En studie med olika deltagande länder skulle därmed eventuellt kunna ge andra resultat.

## Utrymningsprogram

*- Program och användares påverkan på utrymningstiden*

---



## 2 Metod

I detta kapitel redovisas examensarbetets metod där metoden har delats in i tre huvudkategorier: litteraturstudie, valideringsunderlag samt resultat, analys och slutsatser. Tillsammans utgör dessa delar en valideringsstudie.

Examensarbetet utgör en valideringsstudie för att undersöka hur väl simulerade resultat stämmer överens med varandra samt med utrymningsförsök. Ett krav för att examensarbetet skulle kunna genomföras var att ett antal brandkonsulter ställde upp och bidrog med en utrymningssimulering av ett specifikt scenario. Metoden för examensarbetet har delats in i tre delar vilket visas i figur 2.1. Upplägget av examensarbetet har även utgått från denna indelning där bakgrundsinformationen i kapitel ett utgör litteraturstudien. I kapitel fyra redovisas valideringsunderlaget som utgörs av utförda utrymningsförsök och utrymningssimuleringar av olika brandkonsulter. Slutligen presenteras resultatet och analysen av valideringsstudien från utförda försök och simuleringar. Detta mynnar till slut ut i ett antal slutsatser och förslag på fortsatta studier inom området.



Figur 2.1 Examensarbetets metod

### 2.1 Litteraturstudie

Examensarbetet inleddes med en litteraturstudie för att se om liknade undersökningar har genomförts för att kunna ta del av intressant information inom examensarbetets ämnesområde. Litteraturstudien bidrog även till att utveckla metoden för valideringsstudien där lärdomar från tidigare studier beaktades. Tillvägagångssättet för litteraturstudien har varit att använda söktjänsten Summon som tillhandahålls av Lunds universitets bibliotek samt Google scholar. Förutom dessa användes även Googles sökmotor samt de artiklar som verkade intressanta i referenslistor till uppsökta artiklar. I samband med litteraturstudien genomfördes även en inläsning av olika utrymningsprogram med hjälp av manualer samt genomförda studier. Detta för att få en bild över hur utrymningsprogrammen fungerar, dess begränsningar och vilka likheter samt skillnader som finns mellan olika program. Litteraturstudien pågick under hela arbetet men med störst fokus under introduktionen av arbetet.

#### 2.1.1 Ett urval av de sökningar som har utförts under arbetets gång

- ”Utrymningsprogram” vilket genererade 227 träffar på Google Scholar och 0 träffar på söktjänsten Summon 2012-09-05.
- ”Utrymning” vilket genererade 477 träffar på Google Scholar och 135 träffar på söktjänsten Summon 2012-09-17.
- ”Comparison computer egress evacuation” vilket genererade 3320 träffar på Google Scholar och 944 träffar på söktjänsten Summon 2012-09-17.
- ”Round robin evacuation egress modeling” vilket genererade 309 träffar på Google Scholar och 204 träffar på söktjänsten Summon 2012-09-17.

- "User evacuation egress modeling" vilket genererade 3930 träffar på Google Scholar och 679 träffar på söktjänsten Summon 2012-09-17.
- "Comparison between actual and predicted evacuation times" vilket genererade 33600 träffar på Google Scholar och 8309 träffar på söktjänsten Summon 2012-09-18.

## 2.2 Valideringsunderlag

I delsteg två av examensarbetet togs ett valideringsunderlag för valideringsstudien fram där valideringsunderlaget utgörs av utrymningsförsök och utrymningssimuleringar. Utrymningsförsöken utgör det specifika scenariot som sedan ska simuleras av olika brandkonsulter. Utrymningssimuleringarna ligger sedan till grund för att jämföra de simulerade resultaten med varandra samt hur väl dessa överensstämmer med de utförda utrymningsförsöken.

### 2.2.1 Kontakt med brandkonsulter

Nästa steg i examensarbetet var att ta kontakt med olika brandkonsultföretag för att undersöka intresset av att genomföra en utrymningssimulering under höstterminen för ett specifikt scenario. Varje brandkonsults resultat av simuleringen har behandlats konfidentiellt i rapporten för att få fler brandkonsulter att ställa upp. En genomsökning efter ordet brandskydd på söktjänsten Eniro utfördes för att erhålla ett urval av företag som arbetar med brandskyddsprojektering. Sökningen på Eniro genererade 1421 träffar (2012-09-12) och efter val av kategori brandskydd begränsades antalet träffar till 211 stycken. Utifrån dessa kunde 17 företag väljas ut och kontaktas genom en intresseanmälan, se bilaga A. Då flera av träffarna på företag inom kategorin brandskydd inte arbetade med brandskyddsprojektering blev antalet möjliga företag begränsat. Vid intresseanmälan var det två företag som avböjde att delta, elva företag som ställde upp, två företag som var tveksamma och två svarade inte. I samband med intresseförfrågan undersöktes även vilket utrymningsprogram som respektive brandkonsultföretag använde för att avgränsa vilka utrymningsprogram som skulle studeras i undersökningen. Efter att utrymningsprogrammen hade valts ut inleddes en djupare litteratursökning för att ta reda på mer information om respektive program. Litteratursökningen kompletterades även med egna simuleringar för att undersöka hur olika utrymningsprogram fungerar, vilka svårigheter som kan tänkas uppkomma vid simuleringar med mera.

### 2.2.2 Utrymningsförsök och utrymningssimulering

Efter den inledande kontakten med brandkonsulterna var nästa del i examensarbetet att planera var de oannonserade utrymningsförsöken skulle genomföras. Det beslutades till slut att tre utrymningsförsök skulle genomföras på SF Bio i Helsingborg. För utförligare förklaring av val av objekt se kapitel fyra där även etikprovning och kameraövervakning diskuteras. Utrymningsförsöken genomfördes tillsammans med Holmström & Sävmark (2013) som undersökte olika talade utrymningsmeddelanden. Vid utrymningsförsöken undersökte de biobesökarnas förberedelsestid vid olika talade utrymningsmeddelanden. Genom att samarbeta kunde tidsvinster erhållas samtidigt som färre försök behövde genomföras. Då examensarbetena inte påverkade varandra var förutsättningarna desamma som om de hade genomförts var för sig. En detaljerad beskrivning av hur utrymningsförsöken genomfördes presenteras i avsnitt 4.3.

Utrymningsförsöken på SF Bio utgjorde det specifika scenariot som skulle simuleras i utrymningssimuleringen. Det specifika scenariot delades upp i tre delar där endast antalet biobesökare och dess placering varierade. Alla deltagande brandkonsulter fick samma information för att förutsättningarna skulle vara lika. Lokalens geometri ritades upp digitalt för att underlätta simuleringen samt för att undvika eventuella felkällor i lokalens geometri. För att underlätta resultatrapporteringen och redovisningen av indata togs även en resultatrapporteringsmall fram. Materialet till utrymningssimuleringen skickades ut till alla utom de två brandkonsulterna som hade avböjt vid intresseanmälan. I samband med utskicket av indata till utrymningssimuleringarna skickades även en enkätundersökning ut för att ta reda på bakgrundinformation om användaren till utrymningsprogrammet, se bilaga B. Även frågor rörande exempelvis kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningssimuleringar ingick i enkätundersökningen för att erhålla ett faktaunderlag som besvarar den andra frågeställningen i examensarbetet.

Indata till utrymningssimuleringarna utgjordes av antalet personer och dess placering, lokalens geometri samt personernas ålder och kön. Materialet som slutligen skickade ut bestod av en instruktion, ett förslag på en resultatrapporteringsmall samt två dxf-filer (2D och 3D) över salongen vilka presenteras i bilaga C. Under höstterminen lämnade dock fyra företag återbud och de som till slut genomförde utrymningssimuleringen blev nio företag som vidare kommer att benämnas brandkonsult 1-9. Dock besvarade ytterligare en brandkonsult enkätundersökningen men genomförde inte utrymningssimuleringen. Den ursprungliga deadline som presenterades i instruktionen till utrymningssimuleringen flyttades först fram en gång men då inte alla hade tid att genomföra utrymningssimuleringen anpassades deadline efter brandkonsulternas förutsättningar.

### **2.3 Resultat, analys och slutsatser**

I takt med att resultaten från enkätundersökningen, utrymningsförsöken och utrymningssimuleringarna inkom kunde resultaten sammanställas och analyseras. Resultatet från utrymningsförsöken och utrymningssimuleringarna har även jämförts med handberäkningar för att få en uppfattning om beräkningar, utrymningsförsök och simuleringar erhåller ett liknande resultat. Under hela examensarbetet pågick rapportskrivning kontinuerligt för att inte gå miste om någon information. När resultatet hade analyserats och diskuterats kunde ett antal slutsatser och förslag på fortsatta studier inom området presenteras.

## Utrymningsprogram

*- Program och användares påverkan på utrymningstiden*

---

## 3 Teori

*I detta kapitel redovisas teori för utrymningstidens olika delar, bakgrundsinformation om de olika utrymningsprogrammen samt en jämförelse av dessa.*

### 3.1 Utrymningstid

Den totala utrymningstiden utgörs av tre faser; varseblivning, förberedelse samt förflyttning. För att en tillfredsställande utrymning ska kunna genomföras krävs att tiden till kritiska förhållanden uppstår är längre än den totala utrymningstiden enligt nedanstående ekvation. Kritiska förhållanden uppstår vid hög temperatur, värmestrålning, giftiga brandgaser eller dålig sikt som hindrar utrymning till en säker plats (Boverket, 2006).

$$t_{kritisk} > t_{varseblivning} + t_{förberedelse} + t_{förflyttning}$$

Dimensionerande personantal vid utrymningsdimensionering bör utgå från det maximala antalet personer som bedöms befinna sig i lokalen. Hänsyn bör även tas till om det kan tänkas befinna sig personer med funktionsnedsättning i lokalen. Vid publika lokaler bör byggnaden dimensioneras för att en procent av personerna har funktionsnedsättning (Boverket, 2011a).

#### 3.1.1 Varseblivningstid

Tiden det tar innan en person har blivit uppmärksam på att något har inträffat är varseblivningstiden. Varseblivningstiden beror på om branden är synlig eller inte samt om det finns ett automatiskt utrymningslarm installerat. Om ett automatiskt utrymningslarm finns tillgängligt kan aktiveringstiden för detektorn användas för att bestämma varseblivningstiden. I de fall när ett automatiskt utrymningslarm saknas beror varseblivningstiden exempelvis på personerna som vistas i lokalen, deras relation till varandra, lokalens utformning med mera. Tiden kan därmed variera från några sekunder till flera minuter (Boverket, 2006). För personer som ser en brand bör varseblivningstiden inte vara kortare än 30 sekunder. Om det finns ett utrymningslarm i byggnaden kan varseblivningstiden beräknas utifrån tidpunkten då utrymningslarmet startar (Boverket, 2011a).

#### 3.1.2 Förberedelsetid

Förberedelsetiden innefattar tiden som åtgår för att en person ska förstå att det brinner, lyssna på utrymningslarmet, hjälpa andra att utrymma, bekämpa branden med mera. Förberedelsetiden kan definieras som den tid det tar till att en person inleder sin förflyttning mot en av utrymningsvägarna från det att utrymningslarmet ljuder i lokalen (Boverket, 2006). Vid utrymningsförsöken i examensarbetet har förberedelsetiden ansetts vara över när en person har rest sig upp och samlat ihop sina saker. Förberedelsetiden motsvarar alltså tiden det tar innan en person förflyttar sig från sin plats med undantag för eventuell köbildning. Om köbildning uppstår och en person inte kan förflytta sig från sin plats på grund av detta anses förberedelsetiden vara över. I tabell 3.1 visas förslag på förberedelsetider för olika verksamheter.

Tabell 3.1 Förslag på förberedelsestid för olika verksamheter (Boverket, 2011a)

Verksamhet	Person som ser branden	Förberedelsestid
Offentlig miljö, skola, kontor, varuhus, butik	Ja	1 minut
Varuhus, inget larm	Nej	4 minuter
Varuhus, ringklocka	Nej	3,5 minuter
Varuhus, enkelt talat meddelande	Nej	2 minuter
Varuhus, informativt talat meddelande	Nej	1 minut
Mindre lokal med larmdon i aktuell lokal; mindre biograf, butik, kyrka	Nej	1 minut
Sjukhus <sup>1</sup> , personal, ringklocka	Nej	2 minuter
Sjukhus <sup>1</sup> , personal, ljudsignal och textmeddelande	Nej	1 minut
Nattklubb, personal <sup>2</sup>	Nej	1-1,5 minuter
Nattklubb, gäster <sup>2</sup>	Nej	3-5 minuter

<sup>1</sup>Avser vårdavdelning med god överblickbarhet (enkel korridor). <sup>2</sup>Beronde på typ av larm och organisation

### 3.1.3 Förflyttningstid

Förflyttningstiden är den tid som åtgår för en person att förflytta sig från sin plats i byggnaden till en säker plats. Alltså tiden det tar att utrymma byggnaden när personerna har bestämt sig för att genomföra en förflyttning. Tiden beror på var personerna är lokaliserade, deras gånghastighet, lokalens uppbyggnad med mera (Boverket, 2006). I tabell 3.2–3.3 visas förslag på gånghastigheter för personer under olika förhållanden. För personer med funktionsnedsättningar kan värdena i tabellerna multipliceras med 2/3 för att erhålla en jämförbar hastighet och flöde (Boverket, 2011a).

Tabell 3.2 Gånghastighet och personflöde för personer som förflyttar sig oberoende av andra personer (Boverket, 2011a)

Förbindelse	Gånghastighet längs lutande planet	Minsta bredd <sup>1</sup>	Personflöde
Horisontell	1,5 m/s	0,9 m	
Uppför trappa	0,6 m/s	0,9 m	
Nedför trappa <sup>2</sup>	0,75 m/s	0,9 m	
Dörr	-	0,8 m	<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Utrymningsvägar som betjänar fler än 150 personer bör ha en fri bredd på minst 1,2 m. <sup>2</sup>Flödet beräknas på effektiv bredd i trappan, dvs. trappans hela bredd minskat med 0,3 m. Angivet värde avser trappor som lutar i intervallet 26-32°. <sup>3</sup>För dörrar som utrymmande personer kan förväntas känna till kan flödet antas vara 1,1 p/sm. I andra fall bör 0,75 p/sm tillämpas.

Tabell 3.3 Gånghastighet och personflöde vid hög persontäthet (max 2 personer/m<sup>2</sup>) för personer som förflyttar sig i grupp med andra personer (Boverket, 2011a)

Förbindelse	Gånghastighet längs lutande planet	Minsta bredd <sup>1</sup>	Personflöde
Horisontell	0,6 m/s	0,9 m	1,2 pers/sm
Uppför trappa	0,5 m/s	0,9 m	
Nedför trappa <sup>2</sup>	0,5 m/s	0,9 m	1 pers/sm
Dörr	-	0,8 m	<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Utrymningsvägar som betjänar fler än 150 personer bör ha en fri bredd på minst 1,2 m. <sup>2</sup>Flödet beräknas på effektiv bredd i trappan, dvs. trappans hela bredd minskat med 0,3 m. Angivet värde avser trappor som lutar i intervallet 26-32°. <sup>3</sup>För dörrar som utrymnande personer kan förväntas känna till kan flödet antas vara 1,1 p/sm. I andra fall bör 0,75 p/sm tillämpas.

Förflyttningstiden kan beräknas med hjälp av nedanstående ekvation för handberäkningar. Ett alternativ till handberäkningar är att använda utrymningsprogram (Boverket, 2011a).

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{l}{v} + \frac{n}{b * f}$$

$l$  = Längsta gångavstånd [m]

$v$  = aktuell gånghastighet [m/s]

$n$  = antalet personer som passerar en dörr [-]

$b$  = dörrbredd [m]

$f$  = personflöde genom dörren [p/s \* m]

## 3.2 Utrymningsprogram

Det finns tre olika typer av utrymningsmodeller och dessa är nätverks-, rutnäts- och partikelmodeller. Nedan beskrivs kortfattat de olika modellerna för de utrymningsprogram som har använts i rapporten. Det presenteras även en översiktlig jämförelse av utrymningsprogrammen.

### 3.2.1 Partikelmodell

Pathfinder och Simulex utgör partikelmodeller vilket innebär att personer kan förflytta sig i byggnaden utan ett nätverk eller rutnät, vilket även utgör partikelmodellens största fördel. Partikelmodeller utgör den mest utvecklade modellen då den innehåller minst förenklingar vid beskrivningen av förflyttning vid utrymning. Eftersom personerna kan förflytta sig fritt i byggnaden kan persontätheten uppskattas med stor noggrannhet vilket kan användas för reduktion av gånghastigheten vid förflyttning. Därmed behöver ofta inget personflöde över dörröppningar anges. Då inget nätverk eller rutnät används behöver användaren inte lägga ner så mycket arbete på att definiera geometrin. En nackdel med partikelmodeller är att konflikter vid förflyttning kan uppstå då två eller flera personer träffas (Nilsson, 2007). I Pathfinder används två huvudsakliga alternativ för personers förflyttning (SFPE och Steering Mode). I SFPE Mode definieras bland annat gånghastighet och personflöde över dörröppningar och som grundinställning kan flera personer uppta samma plats i lokalen. I Steering Mode och i Simulex kan dock inte flera personer uppta samma plats i lokalen (Integrated Environmental Solutions Limited, 2011; Thunderhead Engineering, 2012).

### 3.2.2 Rutnätsmodell

STEPS utgör en rutnätsmodell vilket innebär att byggnaden åskådliggörs med ett rutnät där endast en person kan befinna sig i varje ruta åt gången. Detta innebär att antalet möjliga positioner för personer begränsas. Rutorna kan antingen vara fria dit förflyttning kan ske eller blockerade av väggar med mera. Då personerna befinner sig i ett rutnät är det ofta svårt att beräkna persontätheten och därmed är det troligtvis bättre att definiera ett maximalt personflöde över dörröppningar istället för persontätheten i lokalen. Då STEPS utgår från ett rutnät är det ofta enklare att programmera detta än motsvarande partikelmodeller. När personer befinner sig i ett rutnät kan konflikter orsakade av att exempelvis två eller flera personer är på väg mot samma öppning undvikas. Därmed är risken för att ett stopp (förflyttning hindras då flera personer har fastnat i varandra) uppstår mindre än för en partikelmodell. Det finns dock även nackdelar med rutnät då användaren själv indirekt definierar den maximala persontätheten när storleken på rutorna anges (Nilsson, 2007).

### 3.2.3 Jämförelse av utrymningsprogrammen

I tabell 3.4 visas en översiktlig jämförelse av utrymningsprogrammen som har använts i rapporten. Tabellen grundar sig på en rapport av Kuligowski, Peacock, & Hoskins (2010) samt en avhandling av Ronchi E. (2012).



Tabell 3.4 Jämförelse av de utrymningsprogram som har använts i rapporten (Kuligowski, Peacock, & Hoskins, 2010; Ronchi E. , 2012)

	Pathfinder 2011	Simulex 5.8	STEPS 4.1
Modellerings metod	Både Pathfinder och Simulex har en delvis beteendemodell – Modellen beräknar främst personers rörelse men börjar även simulera beteende. Beteenden kan implicit anges med fördelningar av förberedelsetiden, unika personegenskaper, ”omkörningsbeteende” och införande av brandgaser eller rökeffekter för personerna. Modellen simulerar dock inte beteendemässiga handlingar och beslutsfattande explicit.		Beteendemodell – Modellen innefattar personers handlingar utöver rörelse mot ett speciellt mål (utgång). De kan även innehålla beslutsfattande av personer och/eller handlingar orsakade av förhållandena i byggnaden.
Syfte	Alla programmen kan simulera alla typer av byggnader		
Utrymningsmodell	Partikelmodell	Partikelmodell	Rutnätsmodell
Perspektiv av modell/person	Alla programmen har ett individuellt perspektiv – Placeringen av personer är känd under hela simuleringen. Personerna i byggnaden är inte medvetna om alla tänkbara utgångar och tar beslut baserat på användarbaserade kriterier.		
Personers beteende	Villkorade eller regelbaserade – beteendet speglar modeller där enskilda handlingar för en person eller grupp tilldelas utifrån lokala förutsättningar.	Implicit – beteendet speglar modeller som försöker simulera beteende implicit genom att tilldela förberedelsetid eller personegenskaper som påverkar förflyttningen.	Villkorade eller regelbaserade – beteendet speglar modeller där enskilda handlingar för en person eller grupp tilldelas utifrån lokala förutsättningar.  Probabilistisk – Modellen kan även möjliggöra variationer i utfallet genom att upprepa simuleringar då regler eller villkorsbaserade modeller är stokastiska.
Förflyttning	Täthetskorrelation – Modellen tilldelar en hastighet och flöde av personer eller populationer baserat på tätheten av utrymmet.	Avstånd mellan personer – Varje individ omges av en 360 graders ”bubbla” vilket kräver att de har ett minimalt avstånd till andra personer, hinder och komponenter i byggnaden.	Potentiell – Varje rutnätscell ange ett värde eller potentiellt värde från en viss punkt i byggnaden som kommer att förflytta personer genom utrymmet i en speciell riktning. Personer följer en potentiell karta och försöker minska deras avstånd vid varje steg eller rutnät de förflyttar sig.

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

	Avstånd mellan personer – Varje individ omges av en 360 graders ”bubbla” vilket kräver att de har ett minimalt avstånd till andra personer, hinder och komponenter i byggnaden.		Tomhet i nästa rutnätscell – I vissa modeller kommer inte personer förflytta sig till en upptagen cell vilket medför att personen kommer att vänta tills cellen blir ledig. Om flera personer väntar för samma cell kommer modellen lösa eventuella konflikter som uppstår genom beslut om vilken person som ska förflytta sig först.
Branddata	Branddata kan ej importeras och alla simuleringar utförs i utrymningsförsöksläge eller utan branddata.	Branddata kan ej importeras och alla simuleringar utförs i utrymningsförsöksläge eller utan branddata.*	Importera branddata/resultat från en annan modell.  Modellen har även en tillgänglig brandmodell som kan köras samtidigt som utrymningsmodellen, dock kan även utrymningsmodellen köras i utrymningsförsöksläge.
Cad-filer	I alla programmen kan CAD-filer importeras		
Visualisering	2D, 3D	2D, 3D (Integrated Environmental Solutions, 2013)	2D, 3D
Validering	Validering har utförts mot: * Kodkrav * Utrymningsförsök eller andra försök för personers förflyttning * Tidigare utrymningsförsök i litteratur * Andra modeller	Validering har utförts mot: * Utrymningsförsök eller andra försök för personers förflyttning * Tidigare utrymningsförsök i litteratur * Tredjepartsgranskat	Validering har utförts mot: * Kodkrav * Utrymningsförsök eller andra försök för personers förflyttning * Tidigare utrymningsförsök i litteratur
Simulering av flöde motströms	Ja	Ja	Ja
Simulering av blockerad utgång	Nej	Ja	Ja
Simulering av brandförhållandens påverkan på beteende	Nej	Nej*	Ja

Simulering av toxicitet	Nej	Nej*	Ja
Simulering av grupper	Ja	Ja	Ja
Simulering av funktionshindrade/ långsamma personer	Nej	Ja	Ja
Simulering av förberedelsetid	Ja	Ja	Ja
Simulering av hiss användning	Ja	Nej	Ja
Utrymningsstrategi	Kortast, användardefinierad	Kortast eller förändrad avståndskarta	Villkorade

\* Denna egenskap har dock införts i en undersökningsstudie men är inte inlagd i modellen

## Utrymningsprogram

*- Program och användares påverkan på utrymningstiden*

---

## 4 Valideringsunderlag

*Detta kapitel utgör delsteg två i metodbeskrivningen (valideringsunderlag) som ligger till grund för valideringsstudien. Valideringsunderlaget utgörs av utförda utrymningsförsök och utrymningssimuleringar av samma scenario. I detta kapitel redovisas val av objekt till utrymningsförsöken (SF Bio i Helsingborg), objektsbeskrivning, hur utrymningsförsöken genomfördes samt underlag till utrymningssimuleringen.*

### 4.1 Val av objekt till utrymningsförsök

För att utrymningsförsöken skulle vara så realistiska som möjligt var de oannonserade. För att kunna genomföra en serie oannonserade utrymningsförsök krävdes en lokal med god repeterbarhet men även olika personer mellan försöken (personer som är omedvetna om försöken). Samma lokal krävdes för att förutsättningarna och förhållandena skulle vara lika mellan försöken för att undvika att lokalen skulle kunna påverka resultatet. Likaså var det önskvärt att det inte fanns några personer närvarande som kunde påverka personerna som deltog i försöket. En faktor som skulle kunna påverka initieringen av utrymningen är personers auktoritet. Vid exempelvis föreläsningar har läraren ofta en auktoritär roll och vid brandlarm påbörjar därmed studenterna eventuellt inte utrymningen förrän läraren har tagit initiativ till detta (Frantzich, 2001). Det är även troligt att en person som är medveten om att det ska genomföras en övning reagerar annorlunda än en person som är omedveten om övningen.

Faktorerna ovan begränsade därmed urvalet av tänkbara lokaler och valet föll till slut på en biografssalong där även verksamhetsutövaren var positiv till att utrymningsförsöken utfördes. Genom att använda en biografssalong är lokalen densamma och det finns ingen personal som inverkar på personerna som deltar i försöket. Då försöken genomfördes under två på varandra följande dagar är det därmed inte särskilt troligt att samma person återkommer mellan försöken. En biografssalong är även enkel att övervaka med kamera fränsett att det är mörkt i lokalen. En nackdel med en biografssalong är att salongens geometri inte är så komplicerad vilket medför att antalet funktioner som används i utrymningsprogrammen är begränsade. Detta medför dock även en viss fördel då det är lättare att få olika brandkonsulter att ställa upp då tidsåtgången för att simulera försöken blir mindre. Istället för att enbart använda en biografssalong beaktades även utrymningsvägarna från salongen för att få med fler tänkbara parametrar att simulera, som exempelvis trappor och dörrar.

### 4.2 Objektsbeskrivning

Utrymningsförsöken genomfördes i salong 2 på SF Bio i Helsingborg. Salong 2 har 123 fåtöljer uppdelat på 11 rader, se figur 4.1–4.2. Fåtöljernas exakta placering i salongen visas senare i figur 4.17. Det finns två stycken utrymningsvägar från salongen vilka utgörs av huvudentrén i bakre delen av lokalen, som leder ut till en foajé, samt en utrymningsväg till en gemensam korridor som leder ut till det fria längst fram i lokalen. Båda utrymningsvägarna befinner sig längs den vänstra sidan av lokalen framifrån sett. På vänster sida finns en bred gång (1,2 - 1,5 meter) och en smal gång på höger sida (0,4 meter), se figur 4.3–4.4.

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden



Figur 4.1 Salong 2 SF Bio i Helsingborg framifrån



Figur 4.2 Salong 2 SF Bio i Helsingborg bakifrån



Figur 4.3 Vänster passage framifrån sett



Figur 4.4 Höger passage framifrån sett

Golvnivån i salongen samt i foajén är i samma plan tillsammans med stolsrad 1-3. Stolsrad 4-11 består dock av olika avsatser och ökar bakåt i salongen, se figur 4.5–4.6. För exakta höjdskillnader och information om trappavsatserna hänvisas till dxf-filen i 3D och för information om den översiktliga geometrin hänvisas till dxf-filen i 2D, se bilaga C avsnitt C.4. Dxf-filerna kommer även att vara tillgängliga på samma webbsida där examensarbetet presenteras.



Figur 4.5 Trappuppbyggnad för de bakre raderna

Figur 4.6 Trappuppbyggnad för de bakre raderna

Fåtöljerna i salongen är 0,55 meter breda, en meter höga och 0,5 meter djupa (från stolsrygg till flaskhållare) alternativt 0,7 meter djupa (från stolsrygg till sittplats i nedfälld position), se figur 4.7. Avståndet mellan två stolsrader är 0,5 meter om fåtöljerna är i uppfällda positioner. Fåtöljerna står kloss an till varandra i sidled vilket medför att den totala bredden för exempelvis en stolsrad med tolv platser är 6,6 meter.



Figur 4.7 Fåtöljernas storlek i centimeter

#### 4.2.1 Utrymningsvägar

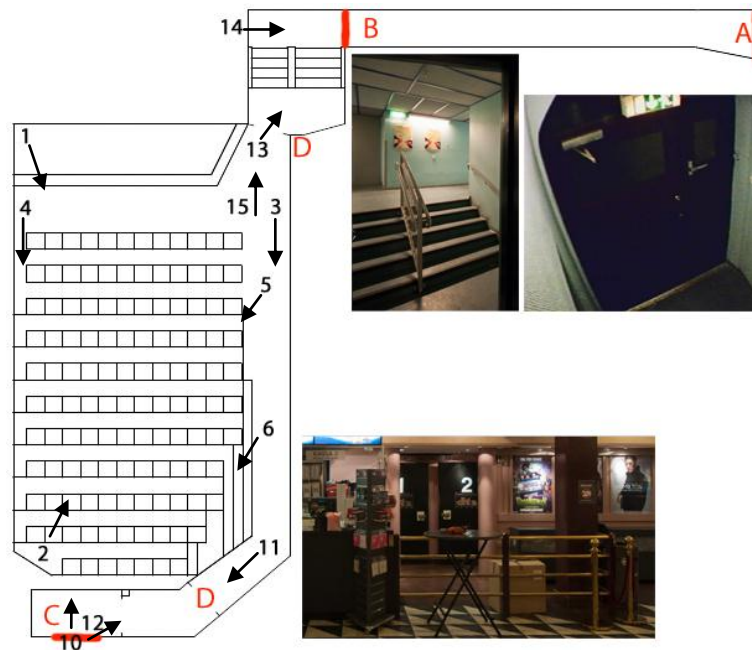
Det finns två utrymningsvägar från salong 2 varav den ena leder ut till foajén och den andra till en gemensam korridor. Den fria dörrbredden från dörrarna i salongen är 1,05 meter. Figur 4.8 visar salongens placering med dess tillhörande utrymningsvägar. Båda utrymningsvägarna används som utgång efter föreställningens slut men enbart den bakre används vid insläpp till salongen.





Figur 4.8 Utrymningsvägar från salong 2

Figur 4.9 visar en översiktlig bild över salong 2 och dess tillhörande utrymningsvägar. Punkterna A-D anger datapunkterna för resultatrapportering. Siffrorna anger figurnummer och pilarna anger i vilken riktning bilden har tagits.



Figur 4.9 Översiktlig bild över salong 2 och utrymningsvägar. Punkterna A-D anger datapunkterna för resultatrapportering. Siffrorna anger figurnummer och pilarna anger i vilken riktning bilden har tagits, observera att bilden till figurnummer 10 är tagen längre ifrån än vad som anges i figuren.

### Utrymningsväg till foajé

Den bakre utrymningsvägen som även är den vägen som biobesökarna kommer in till salongen leder ut till en gemensam foajé. I foajén sker biljettinsläpp till alla salongerna och det är även här kassorna finns, se figur 4.10.





Figur 4.10 Utrymningsväg till foajé

Figur 4.11 och 4.12 visar den bakre utrymningsvägen från salongen både inifrån salongen och från foajén sett. Korridorrens bredd utmed trappräcket till höger i figur 4.11 ökar från 1,2 meter längst in i salongen till 1,4 meter innan den första dörren i salongen. I utrymmet mellan foajén och salongen är korridorrens bredd 1,45 meter. Efter den yttersta dörren, figur 4.12, svänger biobesökarna 90 grader till höger i bilden sett genom en 1,35 meter bred öppning ut till foajén.



Figur 4.11 Bakre utrymningsvägen ut till foajén



Figur 4.12 Bakre utrymningsvägen in till salongen

### Alternativ utrymningsväg

Den alternativa utrymningsvägen är placerad längst fram i salongen och leder ut till en gemensam korridor, se figur 4.13–4.14. Utrymningsvägen används även som en naturlig utgång för biobesökarna efter föreställningens slut. Utanför salongen finns det en trappa, se figur 4.13, som leder upp biobesökarna till korridoren som mynnar ut till det fria. Trappan är 0,75 meter hög och 1,2 meter lång vilket motsvarar en lutning på 32 grader. Den vänstra trappan i figur 4.13 har en fri bredd på 1,1 meter respektive 1,4 meter för den högra trappan. Korridoren ut till det fria har en fri bredd på 1,15 meter för att sedan öka till 1,5 meter några meter innan dörren som leder ut till det fria. Dörren ut till det fria utgörs av en dubbeldörr där den totala fria dörrbredden uppgår till 1,5 meter, där varje dörrbredd är 1 respektive 0,5 meter. Det är enbart dörren som är 1 meter bred som öppnas normalt då den smala dörren är försedd med ett separat handtag. Korridoren har en liten sluttning ut till det fria på 4 grader och dess längd är 10,8 meter vilket ger en höjdskillnad på 0,75 meter.



Figur 4.13 Främre utrymningsvägen ut till korridoren



Figur 4.14 Korridor mot dörr ut till det fria

Figur 4.15 visar den alternativa utrymningsvägen inifrån salongen sett, observera att dörren inte är placerad rakt ut mot korridoren utan att dörren är vinklad mot den högra trappan i figur 4.13. Då utrymningsförsöken genomfördes hade soptunnor placerats ut enligt figur 4.15 vilket upptar en del av utrymningsvägen.



Figur 4.15 Alternativ utrymningsväg mot korridoren ut till det fria

#### 4.2.2 Talat utrymningsmeddelande

I utrymningsförsöken används ett talat utrymningsmeddelande som är uppbyggt enligt följande:

4,5 sekunder siren, 3 sekunder paus, 10 sekunder talat utrymningsmeddelande på svenska, 3 sekunder paus, 4,5 sekunder siren, 3 sekunder paus, 10 sekunder talat utrymningsmeddelande på engelska.

Meddelandet upprepades tills försöket avbröts.

Svenskt meddelande: Viktigt meddelande, viktigt meddelande. Brand har utbrutit i byggnaden, lämna omedelbart byggnaden genom närmaste utgång.

Engelskt meddelande: Attention please, attention please. Fire has been reported in the building, please leave the building immediately by the nearest exit.

#### 4.3 Genomförande

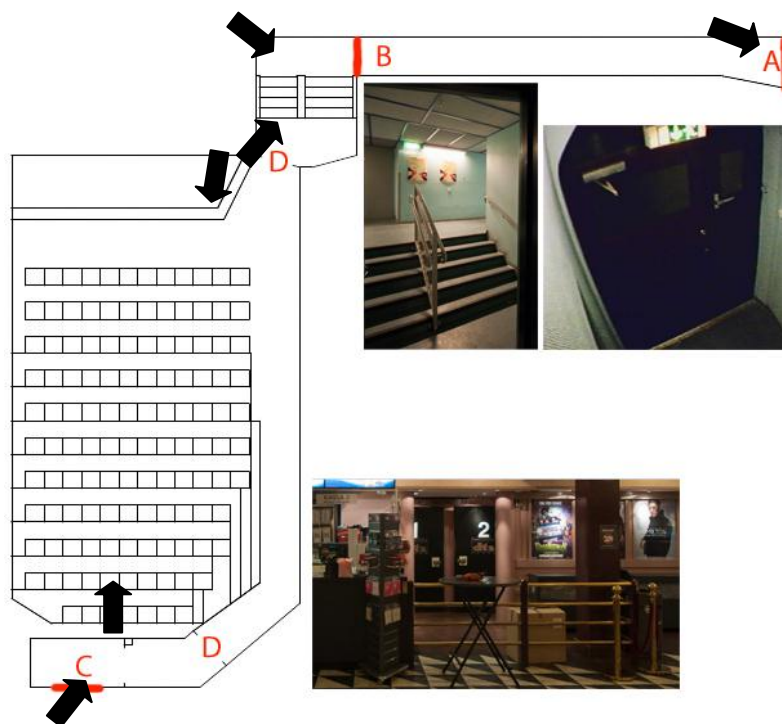
Tre oannonserade utrymningsförsök genomfördes i salong 2 på SF Bio i Helsingborg under två dagar. Utrymningsförsöken utfördes tillsammans Holmström & Sävmark (2013) som undersökte biobesökarnas förberedelsestid för olika talade utrymningsmeddelanden. Dagen innan utrymningsförsöken utfördes mätningar av lokalen med hjälp av måttband och avståndsmätare samt uppmätning av utrymningslarmets ljudstyrka. Ljudstyrkan mättes även upp varje dag för att erhålla en jämn ljudnivå där ljudstyrkan översteg 75 dB på den sämsta platsen i lokalen. Även en kontroll av utrustning och provfilmning genomfördes samma dag som försöken.



## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

Utrymningsförsöken filmades under hela utrymningsförloppet med hjälp av sex videokameror som placerades ut i salongen enligt figur 4.16. Videokameran längst fram vid bioduken och videokameran i projektorrummet förseddes med ett vidvinkelobjektiv för att kunna filma hela salongen samt med mörkerinställning påslagen. De fyra andra videokamerorna placerades vid respektive utrymningsväg försedda med ett vidvinkelobjektiv. Videokamerorna i salongen användes för båda examensarbetena medan videokamerorna vid utrymningsvägarna enbart användes i detta examensarbete för att se hur lång den totala förberedelse- och förflyttningstiden var. Genom att placera de fyra videokamerorna vid utrymningsvägarna erhöles ytterligare datorunderlag för att kunna jämföra resultatet med utförda utrymnings-simuleringar.



Figur 4.16 Videokamerornas placering i salongen (pilarnas placering)

Vid utrymningsförsöken beaktades biobesökarnas säkerhet. Om något skulle gå fel under utrymningsförsöken fanns funktionärer vid alla utgångar, en funktionär inne i salongen samt en funktionär i projektorrummet. Funktionärerna tilldelades en kommunikationsradio/mobiltelefon för att kunna avbryta utrymningsförsöket om något skulle gå fel eller om något oönskat skulle inträffa. Funktionärernas uppgift vid utgångarna var att informera biobesökarna om att de hade deltagit i ett utrymningsförsök och att de skulle återvända till salongen efter att utrymningsförsöket avslutats. Funktionären inne i salongen agerade observatör och hade därför en passiv roll under försöket för att minimera påverkan på biobesökarnas agerande.

Videokamerorna placerades ut och startades precis innan inläppet av biobesökare. Alla videokamerorna startades samtidigt för att dessa skulle vara synkroniserade och därmed visa samma tidsförlopp oavsett kamera. Utrymningsförsöken genomfördes mellan reklamen och föreställningen för att minimera eventuell irritation hos biobesökarna. Utrymningslarmet startades från projektorrummet där en funktionär samt teknikansvarig från biografen befann sig. Härifrån erhöles en god överblick över salongen. Vid utrymningslarmets start höjdes även belysningen i salongen upp från reklamläge till maximal belysning. Biobesökarna kunde utrymma ut till foajén genom utrymningsvägen i huvudentrén alternativt ut till det fria via den alternativa utrymningsvägen. Beslut om avslutat försök togs i samband mellan funktionären i

projektorrummet och observatören i salongen. Utrymningsförsöket avslutades efter att alla biobesökare antingen hade kommit ut till foajén eller ut till det fria (gata). Om försöken skulle ta för lång tid hade försöken kunnat avbrytas tidigare. Efter utrymningsförsöket ombads alla biobesökarna återvända till sina platser där de fick information om utrymningsförsöket och vad syftet med undersökningen var. Under tiden fick biobesökarna ett informationsblad samt en enkätundersökning som de skulle besvara åt det andra examensarbetet. Innan föreställningen återupptogs fick biobesökarna några minuter att besvara enkätundersökningen som sedan samlades in allteftersom. En godispåse som tack för hjälpen delades även ut under tiden som biobesökarna fyllde i enkätundersökningen. Efter föreställningens slut monterades uppsatta videokameror ned.

#### 4.3.1 Tidpunkter för utrymningsförsök

- 2012-10-11 kl 20:50 under filmen Hypnotisören
- 2012-10-12 kl 18:30 under filmen Savages
- 2012-10-12 kl 21:30 under filmen Savages

#### 4.4 Etikprövning och kameraövervakning

Enligt lag 2003:460 (om etikprövning av forskning som avser människor) ska en etikprövning utföras och godkännas vid forskning som avser människor och biologiskt material från människor. Enligt 2 § innefattas dock inte forskning som bedrivs inom ramen för högskoleutbildning på grundnivå eller avancerad nivå vilket innebär att ingen etikprövning behöver utföras för detta arbete. Även då det inte finns ett uttalat krav på etikprövning har utrymningsförsöken försökts utföras på ett etiskt försvarbart sätt, alltså som om försöket skulle ha genomförts som en del av ett forskningsprojekt som omfattas av etikprövning.

Det finns två lagar i Sverige som reglerar kameraövervakning (personuppgiftslagen (SFS 1998:204) och lagen om allmän kameraövervakning (SFS 1998:150)). Det som avgör vilken lag som ska användas är vart kameran är riktad och vad den är avsedd att filma (Datainspektionen, 2012). Vid utrymningsförsöken användes kamerautrustning för filminspelning på allmän plats, där det krävs tillstånd av länsstyrelsen för att få montera en kamera. Enligt 2 § 1 (SFS 1998:150) krävs dock inte tillstånd för filminspelning om kameran kan manövreras på platsen. Vid utrymningsförsöken fanns det alltid funktionärer tillgängliga vid de utplacerade kamerorna för att kunna manövrera dessa och därmed behöver inget tillstånd sökas. När tillstånd söks publiceras dessa ibland i media och det hade därmed funnits en risk att biobesökarna skulle få kännedom om utrymningsförsöket i förhand, vilket inte hade varit önskvärt.

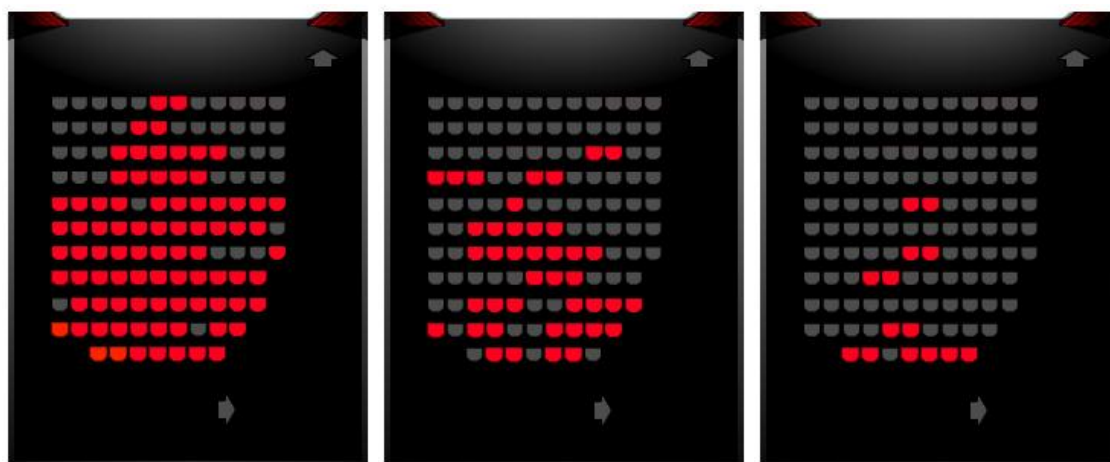
Under utrymningsförsöken har den personliga integriteten beaktats för att inte göra intrång på denna. Vid val av filmkvalitet på den inspelade filmen från utrymningsförsöken har en lägre kvalitet valts för att därmed minska eventuell identifiering av olika personer. Under granskningen av filmerna har alla personerna behandlats som anonyma individer och filmerna har enbart granskats av författaren. När examensarbetet är slutfört kommer filmerna att förstöras.

## 4.5 Underlag till utrymningssimulering

I detta avsnitt presenteras information om biobesökarna och dess placering i salongen. Den samlade information som skickades ut till utrymningssimuleringen finns presenterad i bilaga C. Under utrymningsförsöken filmades biobesökarna vid respektive utgång från salongen samt ovanför trappan i korridoren. I tabell 4.1 anges antal biobesökare i respektive scenario och deras placering visas i figur 4.17.

Tabell 4.1 Antal biobesökare i varje scenario

	Antal biobesökare
Scenario 1	83
Scenario 2	41
Scenario 3	14



Figur 4.17 Biobesökarnas placering i salongen, scenario 1 längst till vänster och scenario 3 längst till höger. Figurerna kommer från biljettbokningen hos SF Bio i Helsingborg och är modifierade av författaren.

I tabell 4.2–4.4 anges köns- och åldersfördelningen för de biobesökare som besvarade enkätundersökningen i examensarbetet av Holmström & Sävmark (2013).

Tabell 4.2 Köns- och åldersfördelning för alla utom nio biobesökare i scenario 1 (Holmström &amp; Sävmark, 2013)

Födelseår	Man	Kvinna	Man under 18 år	Kvinna under 18 år	Ingen uppgift	Under 15 år	Totalt
1956-1958	1						1
1959-1961							0
1962-1964							0
1965-1967							0
1968-1970							0
1971-1973	1						1
1974-1976		1					1
1977-1979	1	1					2
1980-1982	4	2			1		7
1983-1985	2	1			1		4
1986-1988	11	8					19
1989-1991	3	12					15
1992-1994	1	8					9
1995-1997			5	5			10
Ingen uppgift	3				2		5
<b>Totalt</b>	<b>27</b>	<b>33</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>74</b>

Tabell 4.3 Köns- och åldersfördelning för alla utom två biobesökare i scenario 2 (Holmström &amp; Sävmark, 2013)

Födelseår	Man	Kvinna	Man under 18 år	Kvinna under 18 år	Ingen uppgift	Under 15 år	Totalt
1953-1955	1						1
1956-1958							0
1959-1961							0
1962-1964							0
1965-1967	1						1
1968-1970							0
1971-1973	1	2					3
1974-1976	1	1					2
1977-1979							0
1980-1982	3	1					4
1983-1985		1					1
1986-1988	1	1					2
1989-1991		2					2
1992-1994	5	1					6
1995-1997			1	13			14
1998-						1	1
Ingen uppgift	2						2
<b>Totalt</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>39</b>

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

Tabell 4.4 Köns- och åldersfördelning för alla biobesökare i scenario 3 (Holmström & Sävmark, 2013)

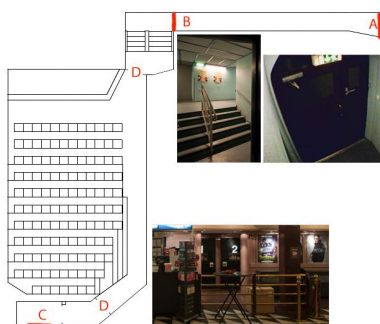
Födelseår	Man	Kvinna	Man under 18 år	Kvinna under 18 år	Ingen uppgift	Under 15 år	Totalt
1935-1937	1						1
1938-1940	1						1
1941-1943		1					1
1944-1946							0
1947-1949		1					1
1950-1952							0
1953-1955							0
1956-1958							0
1959-1961	1						1
1962-1964							0
1965-1967							0
1968-1970		1					1
1971-1973							0
1974-1976							0
1977-1979							0
1980-1982	4	1					5
1983-1985		1					1
1986-1988	1						1
1989-1991		1					1
<b>Totalt</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>



## 5 Resultat och analys

I detta kapitel redovisas resultatet och analysen av valideringsunderlaget (utrymningsförsök och utrymningssimuleringar) samt en sammanfattning av resultatet från enkätundersökningen. Först presenteras resultatet av utrymningsförsöken och därefter presenteras resultatet av utrymningssimuleringarna samt att dessa jämförs med utrymningsförsöken och slutligen redovisas resultatet av enkätundersökningen.

I kapitlet anges resultatet från utrymningsförsöken och utrymningssimuleringarna för datapunkterna A-D, vilka visas i figur 5.1.



Figur 5.1 Datapunkterna A-D placering i salongen

### 5.1 Resultat och analys av utförda utrymningsförsök

I tabell 5.1 visas antalet biobesökare som använde respektive utgång A-C. Observera att punkt B endast är en avläsningspunkt i korridoren mot utgång A och därmed innehar samma antal personer som punkt A. Punkt A är den alternativa utrymningsvägen genom den gemensamma korridoren och punkt C är utgången till foajén.

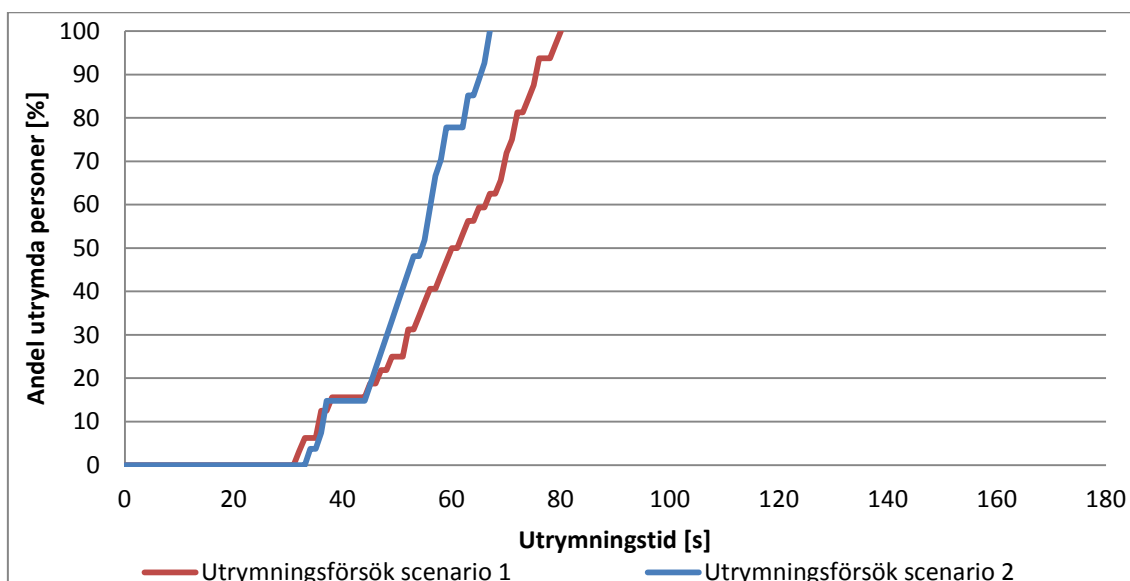
Tabell 5.1 Antal biobesökare som använde respektive utgång A-C, värdet inom parentes anger procentuell andel biobesökare som använde respektive utgång

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Antal biobesökare utgång punkt A/B</b>	32 (39 %)	27 (66 %)	0 (0 %)
<b>Antal biobesökare utgång punkt C</b>	51 (61 %)	14 (34 %)	14 (100 %)
<b>Totalt antal biobesökare</b>	83	41	14

Tabell 5.1 visar att fördelningen av antal biobesökare varierar beroende på vilket scenario som avses. Utrymningstiden för utrymningsförsöken inkluderar förberedelsestiden samt förflyttningstiden och redovisas i figur 5.2–5.5. Utrymningstiden presenteras dels för samtliga utgångar och dels för respektive utgång.

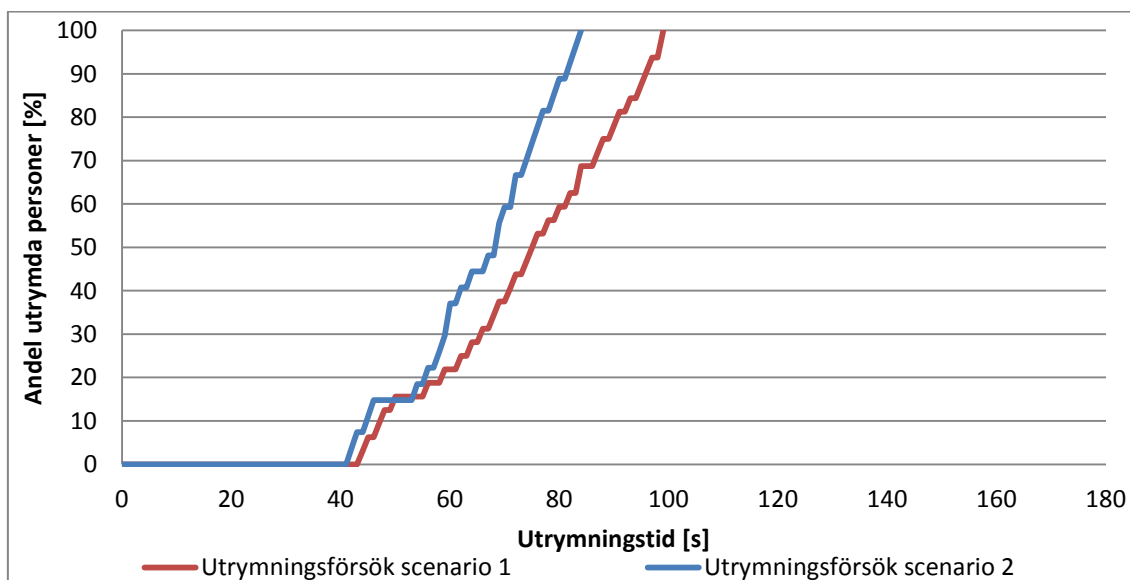
## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden



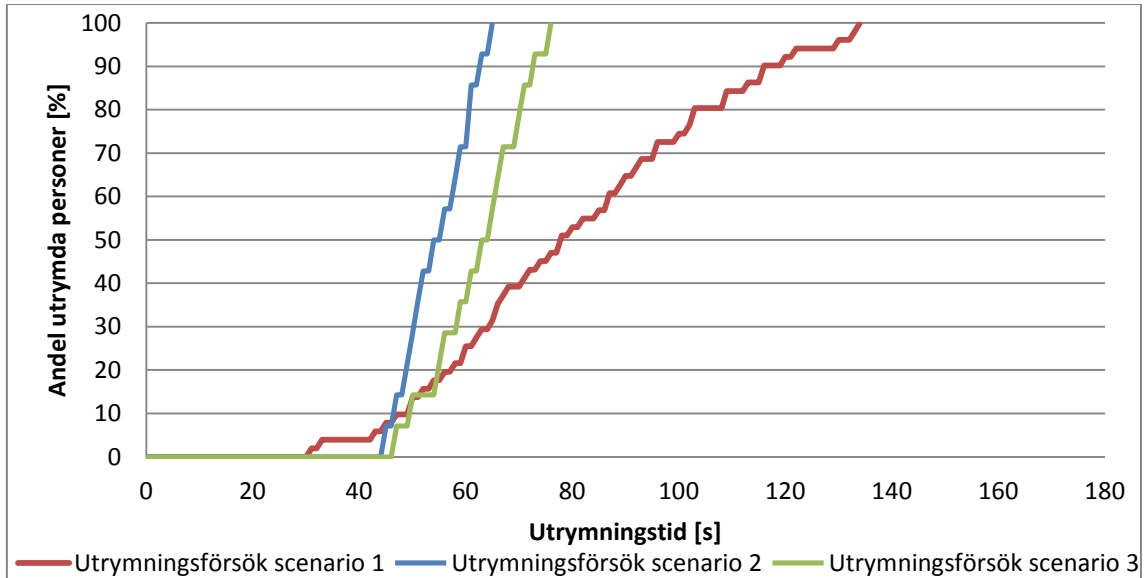
Figur 5.2 Resultat av utrymningstiden för punkt B för utrymningsförsöken. Observera att ingen biobesökare i scenario 3 använde denna utgången.

Figur 5.2 visar att utrymningstiden förbi punkt B är längre för scenario 1 vilket var väntat då fler personer utrymmer i scenario 1, se tabell 5.1. Då ungefär lika många biobesökare använder utgång A/B bör även lutningen på linjerna vara densamma för båda scenarierna. Detta uppfylls till en början men skiljer sig sedan åt när cirka 15 procent har utrymt vilket kan bero på den totala skillnaden i antalet biobesökare. Det är möjligt att det högre personantalet i scenario 1 bidrar till att det är svårare att ta sig fram i salongen och utrymningsförloppet blir längre. Båda försöken visar dock att den initiala passeringen förbi punkt B inträffar vid ungefär samma tillfälle.



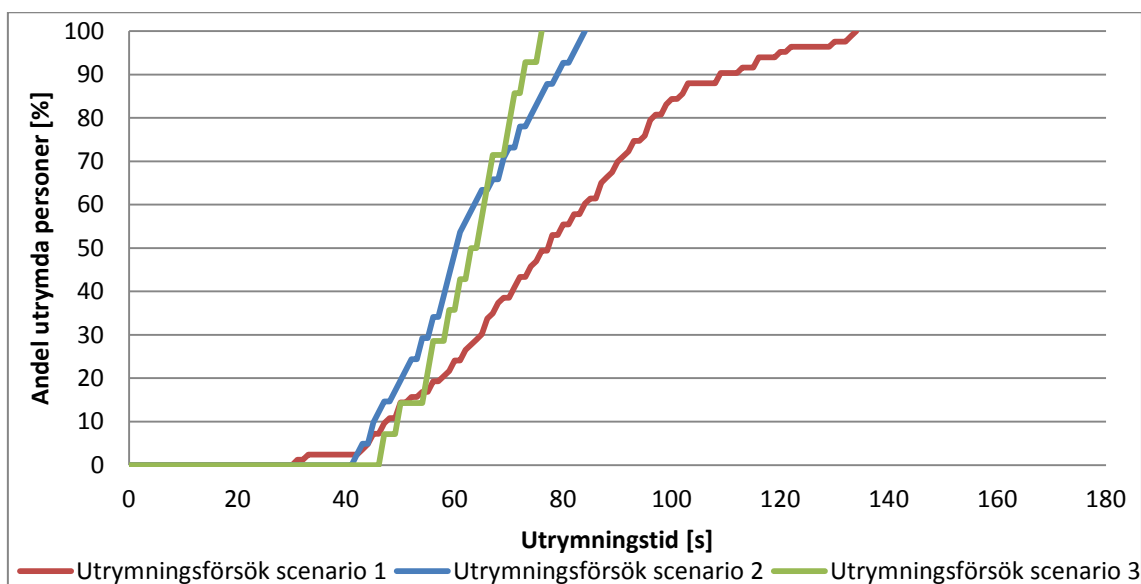
Figur 5.3 Resultat av utrymningstiden för utgång punkt A för utrymningsförsöken. Observera att ingen biobesökare i scenario 3 använde denna utgången.

Figur 5.3 visar att utrymningstiden förbi utgång punkt A är längre för scenario 1 vilket var väntat då fler personer utrymmer i scenario 1. Biobesökarna passerar dock utgång A initialt ungefär vid samma tillfälle för de båda scenarierna vilket beror på att biobesökarna passerade punkt B ungefär samtidigt. En skillnad mot figur 5.2 är att de första biobesökarna i scenario 2 nu är snabbare än motsvarande besökare i scenario 1. I figur 5.2 kunde det även utläsas att det initialt är ett par biobesökare som är något snabbare än övriga, vilket även syns i figur 5.3 genom att kurvan planar ut något runt 15 procent. Skillnaden i utrymningstid mellan scenarierna är ungefär densamma för punkt A och B vilket medför att biobesökarna har förflyttat sig med en konstant hastighet mellan punkterna.



Figur 5.4 Resultat av utrymningstiden för utgång punkt C för utrymningsförsöken

Utrymningstiden i figur 5.4 är kortast för scenario 2. I scenario 3 bör utrymningstiden varit kortare då färre biobesökare totalt ska utrymma ur salongen. Dock är det totala antalet biobesökare i båda fallen relativt lågt och köbildning bedöms inte ske i någon större utsträckning. Lutningen för linjerna i scenario 2 och 3 är ungefär densamma vilket kan bero på att samma antal biobesökare utrymde genom utgång C. I scenario 1 inleds utrymningen tidigare än i de övriga två scenarierna som inleds ungefär samtidigt.



Figur 5.5 Resultat av utrymningstiden för alla utgångar för utrymningsförsöken

Figur 5.5 visar att utrymningstiden är längst för scenario 1 och kortast för scenario 3 vilket var väntat då antalet biobesökare avtar med ökat nummer på försöken, se tabell 5.1. Lutningen på linjerna avtar med ökat antal biobesökare vilket var väntat då fler personer utrymmer lokalen. Granskningen av videofilmerna från utrymningsförsöken visar att det uppstår viss köbildning vid alla scenarierna vid utgångarna där köbildningen ökar med antalet personer. I scenario 1 och 2 förekom även köbildning vid bänkraderna och även här ökade köbildningen med antalet personer. Det är svårt att på förhand avgöra hur mycket längre utrymningstiden blir om antalet personer förändras då komplexiteten ökar. När fler personer utrymmer uppstår mer köbildning vid trånga passager men gånghastigheten reduceras även då personer inte kan röra sig fritt i lokalen. Antalet biobesökare halveras i scenario 2 jämfört med 1 och scenario 3 är ungefär en halvering av scenario 2. Med ett ökat antal biobesökare i lokalen är den initiala utrymningen i aktuellt fall snabbare då den inleds i ett tidigare skede vilket även visas i tabell 5.2. I tabell 5.2 redovisas tiden från utrymningslarmets start för olika mätpunkter i salongen.

Tabell 5.2 Tiden från utrymningslarmets start för olika mätpunkter i salongen

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
<b>Första personens förberedelsetid (s)</b>	17	22	26
<b>Tid till första personen lämnar salongen genom en av dörrarna markerade med D (s)</b>	24	29	41
<b>Tid till sista personen lämnar en valfri stolsrad (s)</b>	122	47	55
<b>Tid till sista personen lämnar salongen genom en av dörrarna markerade med D (s)</b>	131	61	65

## 5.2 Resultat handberäkningar

Förflyttningstiden kan beräknas genom att använda exempelvis handberäkningar. Resultatet från utrymningsförsöken och utrymningssimuleringarna (presenteras i avsnitt 5.3) har därför även jämförts med handberäkningar för att få en uppfattning om beräkningar, utrymningsförsök och simuleringar erhåller ett liknande resultat. Följande beräkningsgång är endast ett beräkningsexempel av förflyttningstiden och ska inte ses som ett exakt värde.

Då båda utrymningsvägarna används som utgång efter föreställningens slut antas att hälften väljer den bakre utgången (foajé) och hälften väljer den främre utgången (ut till gata). Vidare antas att personerna rör sig i grupp och förflyttar sig med andra personer (personerna kan inte röra sig obehindrat av andra personer) och därmed används värdena för gånghastighet från tabell 3.3. I alla fallen antas att gånghastigheten är lägre i samtliga stolsrader (nedför trappa) samt trappan ut till det fria. Personflöde över dörröppningar ansätts utifrån tabell 3.3 där det antas att dörren från salongen till foajén är känd och dörren till korridoren ut till det fria antas vara okänd. I handberäkningarna har det inte tagits hänsyn till eventuell köbildning men en lägre gånghastighet har valts än om personerna hade kunnat förflytta sig fritt i lokalen. Det är dock tänkbart att kö kan uppstå framförallt i scenario 1 där fler biobesökare befinner sig.

### 5.2.1 Scenario 1

Det antas att hälften av biobesökarna använder den alternativa utrymningsvägen vilket innebär att de sju första bänkraderna utrymmer genom den alternativa utrymningsvägen.

$$t_{\text{förflyttning foajé}} = \frac{13}{0,6} + \frac{7}{0,5} + \frac{42}{1,05 * 1,1} = 72 \text{ sekunder}$$

$$t_{\text{förflyttning ut till det fria}} = \frac{27}{0,6} + \frac{8,5}{0,5} + \frac{41}{1,05 * 0,75} = 114 \text{ sekunder}$$

Förberedelsetiden ansätts till 60 sekunder utifrån tabell 3.1. Den totala utrymningstiden blir därför 174 sekunder för scenario 1.

### 5.2.2 Scenario 2

Det antas att hälften av biobesökarna använder den alternativa utrymningsvägen vilket innebär att de sju första bänkraderna utrymmer genom den alternativa utrymningsvägen.

$$t_{\text{förflyttning foajé}} = \frac{13}{0,6} + \frac{7}{0,5} + \frac{21}{1,05 * 1,1} = 54 \text{ sekunder}$$

$$t_{\text{förflyttning ut till det fria}} = \frac{27}{0,6} + \frac{8,5}{0,5} + \frac{20}{1,05 * 0,75} = 88 \text{ sekunder}$$

Förberedelsetiden ansätts till 60 sekunder utifrån tabell 3.1. Den totala utrymningstiden blir därför 148 sekunder för scenario 2.

### 5.2.3 Scenario 3

Då antalet biobesökare är lågt i scenario 3 antas att alla använder den bakre utrymningsvägen.

$$t_{\text{förflyttning foajé}} = \frac{15}{0,6} + \frac{7}{0,5} + \frac{14}{1,05 * 1,1} = 52 \text{ sekunder}$$

Förberedelsestiden ansätts till 60 sekunder utifrån tabell 3.1. Den totala utrymningstiden blir därför 112 sekunder för scenario 3.

### 5.3 Resultat och analys av utförda utrymningssimuleringar samt jämförelse med utförda utrymningsförsök

I detta avsnitt kommer information om utrymningssimuleringen att presenteras samt att resultatet från denna redovisas och analyseras. Resultaten kommer även att jämföras med utrymningsförsöken och handberäkningar.

#### 5.3.1 Information om utrymningssimuleringen

Materialet som skickades ut till brandkonsulterna bestod av en instruktion, förslag på resultatrapporteringsmall samt två dxf-filer över salongen (2D och 3D), vilka presenteras i bilaga C. De utskickade dokumenten inför utrymningssimuleringen finns även tillgängliga på samma webbsida där examensarbetet presenteras. Den ursprungliga informationen som skickades ut till brandkonsulterna för utrymningssimuleringen innehöll en felaktig uppgift om antalet biobesökare i scenario 1 (80 stycken). Rätt antal biobesökare ska vara 83 stycken. Alla brandkonsulterna fick den ursprungliga informationen utskickad den 28/10 och rättelsebladet (se bilaga C) skickades ut den 2/11 (ursprunglig deadline var 16/11 som sedan flyttades fram). Det är förvånande att flera använde det felaktiga antalet biobesökare men det kan bero på att det inte alltid var samma person som tog emot informationen och som utförde simuleringen. Då antalet biobesökare är stort bedöms inte detta påverka resultatet nämnvärt.

Till utrymningssimuleringen har de olika brandkonsulterna fått välja ett valfritt utrymningsprogram för att åskådliggöra utrymningsförloppet. Vilka program och dess version som har använts visas i tabell 5.3. Två av brandkonsulterna har simulerat scenarierna i fler än ett program eller med olika beräkningsinställningar där ”:1” anger deras slutresultat. I instruktionen till utrymningssimuleringen efterfrågades att användaren skulle simulera scenarierna i fler än ett program för att kunna se om resultatet skiljer sig mellan olika program av samma användare. För brandkonsult 4 förekommer skillnader i antaganden i programmen men för brandkonsult 8 är det endast en inställning som skiljer simuleringarna åt, se bilaga D.

Tabell 5.3 Utrymningsprogram och dess version som har använts av respektive brandkonsult. Två av brandkonsulterna har simulerat scenarierna i fler än ett program där ”:1” är deras slutresultat.

	Program	Version
<b>Brandkonsult 1</b>	STEPS	5.0
<b>Brandkonsult 2</b>	Simulex	11.1.3
<b>Brandkonsult 3</b>	STEPS	5.0
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Pathfinder	2011
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Simulex	2007.2.0.1
<b>Brandkonsult 5</b>	Simulex	2012.0.1.2
<b>Brandkonsult 6</b>	Pathfinder	2012
<b>Brandkonsult 7</b>	Simulex	2010.2.0.1
<b>Brandkonsult 8:1</b>	Pathfinder	2012-1-1029 x64
<b>Brandkonsult 8:2</b>	Pathfinder	2012-1-1029 x64
<b>Brandkonsult 9</b>	STEPS	5.1

### 5.3.2 Indata till utrymningssimuleringarna

För att ta reda på vad som skiljer utrymningssimuleringarna mer än de olika programmen har respektive brandkonsults indata för en del parametrar angetts i bilaga D. I tabell 5.4 har variationen i antaganden tagits fram för en delmängd av de parametrar som anges i bilaga D.

Tabell 5.4 Variation i indata för en del av de parametrar som anges i bilaga D

<b>Variation i indata</b>	
<b>Antal valda persontyper (-)</b>	1–7 stycken
<b>Medelvärde förberedelsetid (s)</b>	16 – 60 sekunder
<b>Förberedelsetid +/- antal sekunder från medelvärdet (s)</b>	– 30 – + 60 sekunder
<b>Fördelning av förberedelsetid (-)</b>	Normal/slumpmässig/likformig
<b>Gånghastighet plant underlag (m/s)</b>	0,6 – 1,5
<b>Variation i gånghastighet på plant underlag +/- (m/s)</b>	– 0,7 – +0,8
<b>Fördelning gånghastighet (-)</b>	Normal/konstant/likformig
<b>Personbredd (m)</b>	0,3058–0,6 (0,8 rullstol)
<b>Vald lösning av lutning i korridor</b>	Ej beaktat/lutning/sänkt gånghastighet/begränsat flöde
<b>Vald lösning av trappkonstruktion för platsrader i salongen</b>	Ej beaktat/lutning/sänkt gånghastighet/begränsat flöde/trappsteg/tillagd tid
<b>Vald lösning av trappkonstruktion i korridor</b>	Ej beaktat/lutning/begränsat flöde/trappsteg
<b>Övrigt</b>	<p>I tre av simuleringarna har personerna ej blivit styrda mot en särskild utgång. I sex av simuleringarna har personerna blivit aktivt styrda mot en utgång.</p> <p>Vissa simuleringar har utförts med personer med funktionsnedsättning i scenario 1.</p> <p>En del har valt att utgå från BBRAD 1 där det har varit möjligt samt att utgå från fördefinierade standardvärden i Pathfinder.</p> <p>Övriga kommentarer från brandkonsulterna: Resultatet i simuleringen beror till stor del på vilken reaktionstid personerna längst ut på varje rad får när de väljs slumpvis. I verkligheten hade dessa personer troligtvis reagerat snabbare om ett antal personer "trycker på" inifrån raden.</p> <p>Vid projektering hade ett annat angreppssätt används. Då hade boverkets definierade värden i BBRAD används mer exakt.</p>

Utifrån tabell 5.4 går det att utläsa att variationen i indata är stor mellan de olika brandkonsulterna. Även grundläggande parametrar som förberedelsetid samt gånghastighet varierar beroende på vilken brandkonsults indata som används. Det bör tilläggas att det även finns likheter i val av indata, för exempelvis förberedelsetiden har sju av nio brandkonsulter valt 60 sekunders som förberedelsetid. För exakt variation i resultat hänvisas till bilaga D.

Nedan presenteras resultatet av utrymningssimuleringen för respektive scenario. I tabell 5.5, 5.11 och 5.17 visas antalet biobesökare som använde respektive utgång A-C och i tabell 5.10, 5.16 och 5.22 visas tid från utrymningslarmets start för olika mätpunkter i salongen. I figur 5.6–5.17 visas utrymningstiden för respektive scenario för respektive utgång (A-C) samt den totala utrymningstiden för alla biobesökare. Tabell 5.6–5.9, 5.12–5.15 och 5.18–5.21 visar andelen utrymda biobesökare vid olika tidsintervall som ett komplement till figur 5.6–5.17. Resultaten från en del utrymningsprogram presenteras i femsekundersintervall vilket medför att en del grafer i figurerna ser mer kantiga ut. I figurerna har resultaten markerats enligt följande: utrymningsförsöken med tjocka heldragen linjer, Pathfinder med prickade linjer, Simulex med streckade linjer och STEPS med smala heldragna linjer.

### 5.3.3 Scenario 1

Nedan presenteras resultatet av utrymningssimuleringarna samt utfört utrymningsförsök för scenario 1. Tabell 5.5 visar antalet biobesökare som använde respektive utgång A-C.

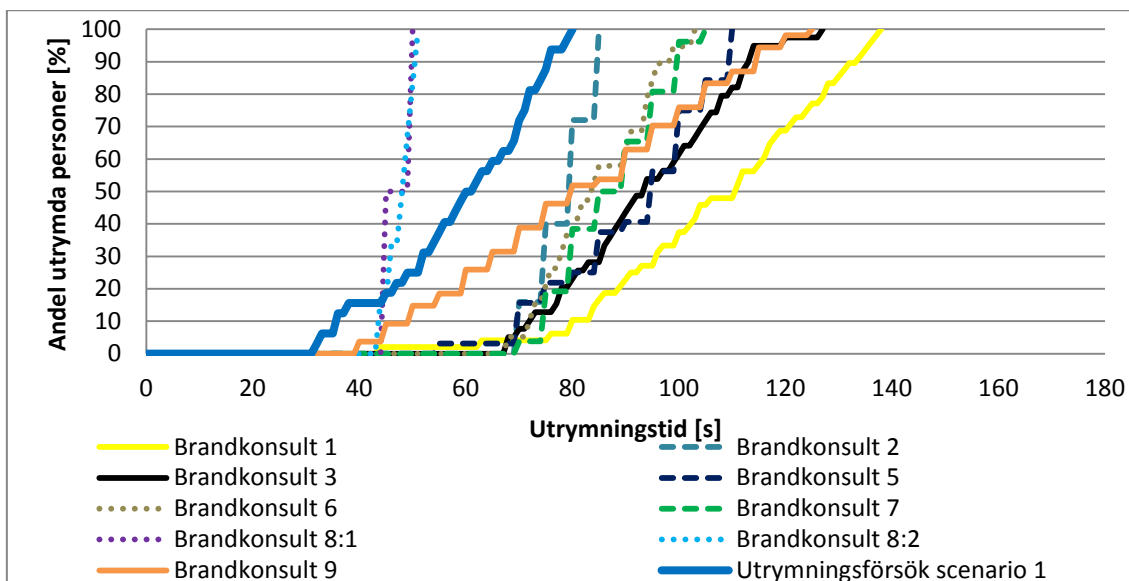
**Tabell 5.5 Totalt antal biobesökare som använde respektive utgång A-C för scenario 1, värdet inom parentes anger procentuell andel biobesökare som använde respektive utgång**

	<b>Antal biobesökare utgång punkt A/B</b>	<b>Antal biobesökare utgång punkt C</b>	<b>Totalt antal biobesökare</b>
<b>Utrymningsförsök</b>	32 (39 %)	51 (61 %)	83
<b>Brandkonsult 1</b>	48 (58 %)	35 (42 %)	83
<b>Brandkonsult 2</b>	25 (30 %)	58 (70 %)	83
<b>Brandkonsult 3</b>	39 (47 %)	44 (53 %)	83
<b>Brandkonsult 4:1</b>	22 (27,5 %)	58 (72,5 %)	80
<b>Brandkonsult 4:2</b>	24 (30 %)	56 (70 %)	80
<b>Brandkonsult 5</b>	32 (40 %)	48 (60 %)	80
<b>Brandkonsult 6</b>	19 (23 %)	64 (77 %)	83
<b>Brandkonsult 7</b>	26 (32,5 %)	54 (67,5 %)	80
<b>Brandkonsult 8:1</b>	2 (2 %)	81 (98 %)	83
<b>Brandkonsult 8:2</b>	6 (7 %)	77 (93 %)	83
<b>Brandkonsult 9</b>	54 (65 %)	29 (35 %)	83
<b>Variation i resultat</b>	2 – 65 %	35 – 98 %	80 – 83
<b>Medelvärde</b>	27 (33 %)	55 (67 %)	82
<b>Median</b>	25 (30 %)	56 (70 %)	83

Tabell 5.5 visar att variationen i antal biobesökare som väljer respektive utgång är stora vilket antingen beror på aktiv styrning av brandkonsulterna eller programmens simuleringar. Medelvärdet för brandkonsulterna ligger dock nära resultatet av utrymningsförsöket. Då variationerna i antal biobesökare skiljer sig mycket åt är det svårt att göra en jämförelse av



resultaten mer än att konstatera att variationen är stor. Utrymningstiden för datapunkt A-C presenteras nedan men det är först i resultatet för samtliga utgångar som resultatet analyseras mer ingående.



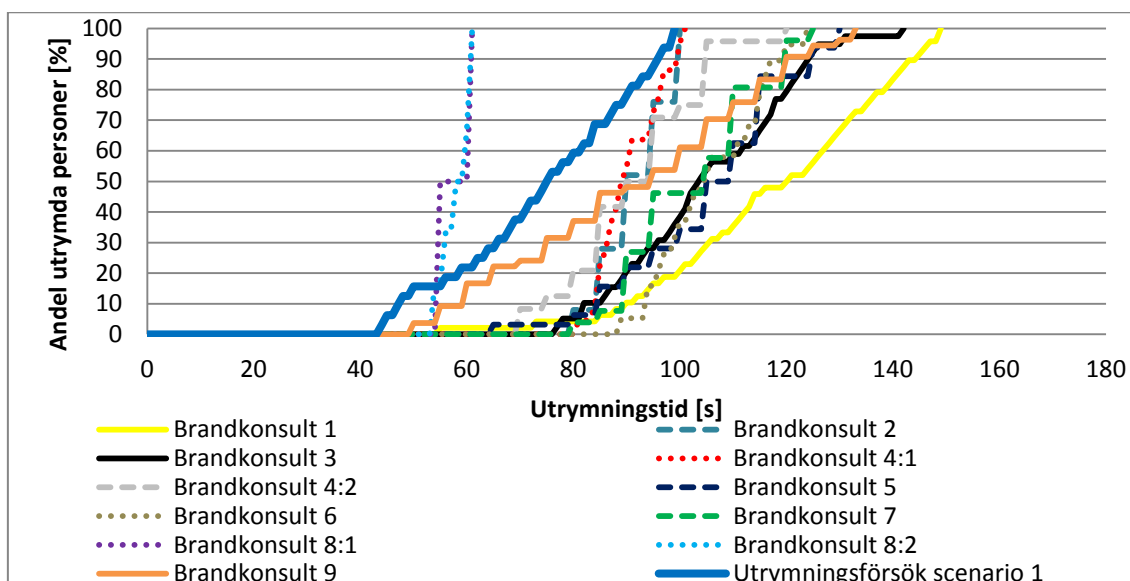
Figur 5.6 Resultat av utrymningstiden för punkt B från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket. Observera att utdata från brandkonsult 4 saknas för punkt B.

Tabell 5.6 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har passerat punkt B i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	32	49	60	71	80
<b>Brandkonsult 1</b>	44 (138 %)	91 (186 %)	111 (185 %)	124 (175 %)	138 (173 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	70 (219 %)	75 (153 %)	80 (133 %)	85 (120 %)	85 (106 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	68 (213 %)	81 (165 %)	94 (157 %)	108 (152 %)	127 (159 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Utdata från brandkonsult 4 saknas				
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Utdata från brandkonsult 4 saknas				
<b>Brandkonsult 5</b>	55 (172 %)	80 (163 %)	95 (158 %)	100 (141 %)	110 (138 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	68 (213 %)	76 (155 %)	84 (140 %)	94 (132 %)	103 (129 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	70 (219 %)	80 (163 %)	85 (142 %)	95 (134 %)	105 (131 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	45 (141 %)	45 (92 %)	45 (75 %)	50 (70 %)	50 (63 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	44 (138 %)	46 (94 %)	48 (80 %)	50 (70 %)	51 (64 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	40 (125 %)	60 (122 %)	80 (133 %)	100 (141 %)	125 (156 %)
<b>Variation i resultat</b>	125 – 219 %	92 – 186 %	75 – 185 %	70 – 175 %	63 – 173 %
<b>Medelvärde</b>	56 (175 %)	70 (144 %)	80 (134 %)	90 (126 %)	99 (124 %)
<b>Median</b>	55 (172 %)	76 (155 %)	84 (140 %)	95 (134 %)	105 (131 %)

## Utrymningsprogram

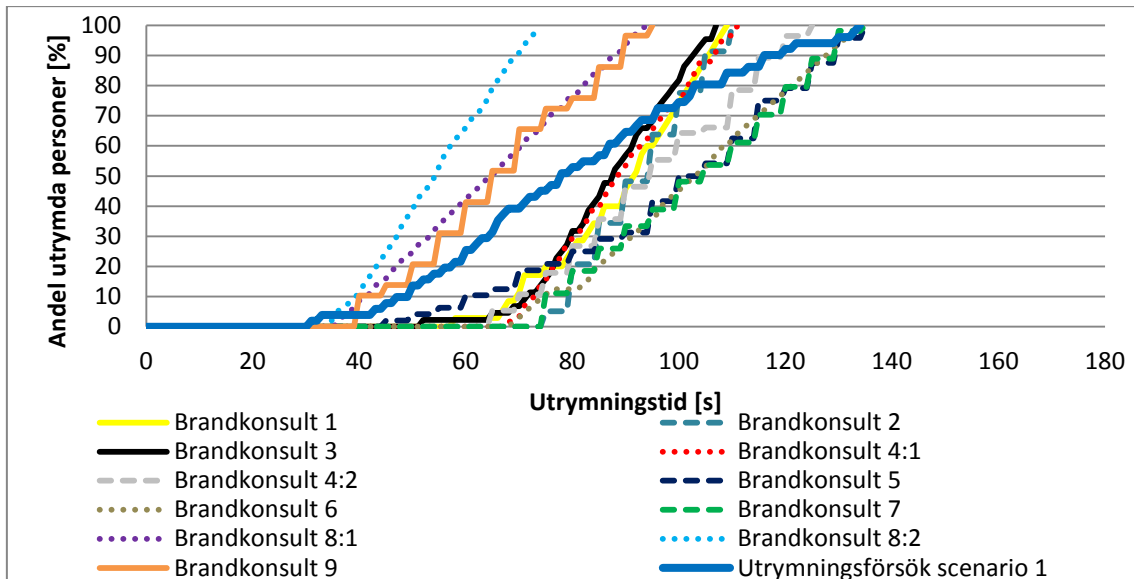
- Program och användares påverkan på utrymningstiden



Figur 5.7 Resultat av utrymningstiden för utgång punkt A från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket

Tabell 5.7 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom utgång punkt A i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	44	62	75	88	99
<b>Brandkonsult 1</b>	55 (125 %)	103 (166 %)	120 (160 %)	135 (153 %)	149 (151 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	80 (182 %)	85 (137 %)	90 (120 %)	95 (108 %)	100 (101 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	77 (175 %)	93 (150 %)	104 (139 %)	118 (134 %)	142 (143 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	81 (184 %)	86 (139 %)	89 (119 %)	96 (109 %)	101 (102 %)
<b>Brandkonsult 4:2</b>	70 (159 %)	85 (137 %)	90 (120 %)	100 (114 %)	120 (121 %)
<b>Brandkonsult 5</b>	65 (148 %)	95 (153 %)	105 (140 %)	115 (131 %)	130 (131 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	89 (202 %)	97 (156 %)	105 (140 %)	115 (131 %)	124 (125 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	80 (182 %)	90 (145 %)	105 (140 %)	110 (125 %)	125 (126 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	55 (125 %)	55 (89 %)	55 (73 %)	61 (69 %)	61 (69 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	54 (123 %)	56 (90 %)	58 (77 %)	61 (69 %)	61 (69 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	50 (114 %)	75 (121 %)	95 (127 %)	110 (125 %)	133 (134 %)
<b>Variation i resultat</b>	114 – 202 %	89 – 166 %	73 – 160 %	69 – 153 %	69 – 151 %
<b>Medelvärde</b>	69 (156 %)	84 (135 %)	92 (123 %)	101 (115 %)	113 (114 %)
<b>Median</b>	70 (159 %)	86 (139 %)	95 (127 %)	110 (125 %)	124 (125 %)



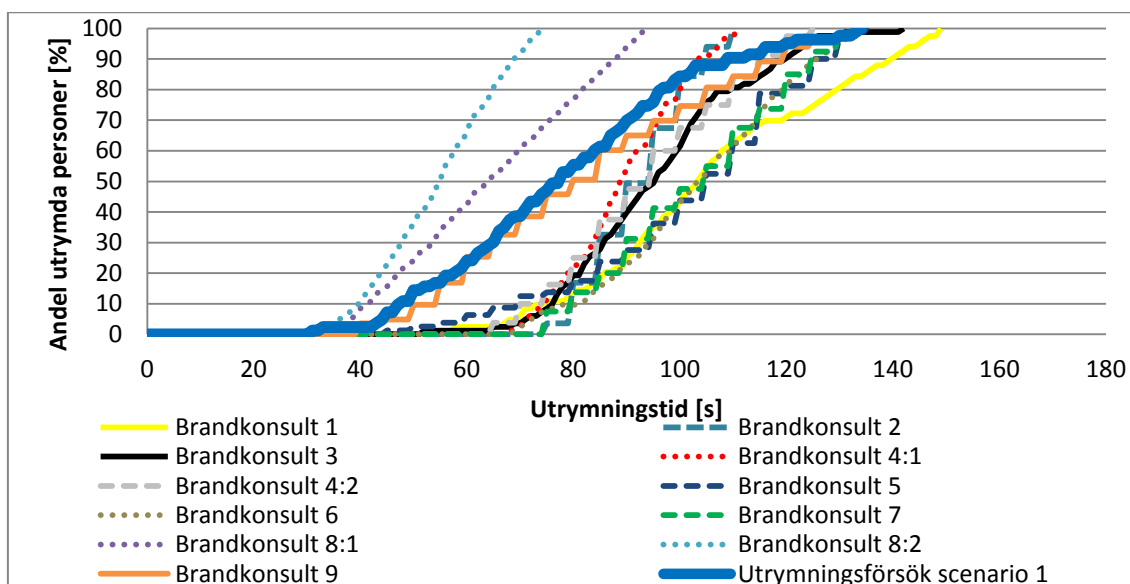
Figur 5.8 Resultat av utrymningstiden för utgång punkt C från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket

Tabell 5.8 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom utgång punkt C i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	31	60	78	102	134
<b>Brandkonsult 1</b>	58 (187 %)	80 (133 %)	92 (118 %)	101 (99 %)	109 (81 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	75 (242 %)	85 (142 %)	95 (122 %)	100 (98 %)	110 (82 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	52 (168 %)	78 (130 %)	88 (113 %)	97 (95 %)	107 (80 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	68 (219 %)	79 (132 %)	89 (114 %)	101 (99 %)	111 (83 %)
<b>Brandkonsult 4:2</b>	65 (210 %)	80 (133 %)	95 (122 %)	110 (108 %)	125 (93 %)
<b>Brandkonsult 5</b>	45 (145 %)	80 (133 %)	100 (128 %)	115 (113 %)	135 (100 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	69 (223 %)	88 (147 %)	103 (132 %)	118 (117 %)	134 (100 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	75 (242 %)	85 (142 %)	105 (135 %)	120 (118 %)	135 (100 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	36 (116 %)	51 (85 %)	65 (83 %)	79 (77 %)	94 (70 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	35 (113 %)	46 (77 %)	55 (71 %)	64 (63 %)	74 (55 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	40 (129 %)	55 (92 %)	65 (83 %)	80 (78 %)	95 (71 %)
<b>Variation i resultat</b>	113 – 242 %	77 – 147 %	71 – 135 %	63 – 118 %	55 – 100 %
<b>Medelvärde</b>	56 (181 %)	73 (122 %)	87 (111 %)	99 (97 %)	112 (83 %)
<b>Median</b>	58 (187 %)	80 (133 %)	92 (118 %)	101 (99 %)	110 (82 %)

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden



Figur 5.9 Resultat av utrymningstiden för alla utgångar från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket

Tabell 5.9 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom alla utgångar i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	31	62	78	95	134
<b>Brandkonsult 1</b>	55 (177 %)	90 (145 %)	104 (133 %)	126 (133 %)	149 (111 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	75 (242 %)	85 (137 %)	95 (122 %)	100 (105 %)	110 (82 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	52 (168 %)	83 (134 %)	96 (123 %)	105 (111 %)	142 (106 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	68 (219 %)	82 (132 %)	89 (114 %)	97 (102 %)	111 (83 %)
<b>Brandkonsult 4:2</b>	65 (210 %)	80 (129 %)	95 (122 %)	105 (111 %)	125 (93 %)
<b>Brandkonsult 5</b>	45 (145 %)	90 (145 %)	105 (135 %)	115 (121 %)	135 (101 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	69 (223 %)	92 (148 %)	104 (133 %)	117 (123 %)	134 (100 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	75 (242 %)	90 (145 %)	105 (135 %)	120 (126 %)	135 (101 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	36 (116 %)	51 (82 %)	64 (82 %)	79 (83 %)	94 (70 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	35 (113 %)	46 (73 %)	55 (71 %)	64 (67 %)	74 (55 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	40 (129 %)	60 (97 %)	80 (103 %)	105 (111 %)	133 (99 %)
<b>Variation i resultat</b>	113 – 242 %	73 – 148 %	71 – 135 %	67 – 133 %	55 – 111 %
<b>Medelvärde</b>	56 (180 %)	77 (124 %)	90 (116 %)	103 (108 %)	122 (91 %)
<b>Median</b>	55 (177 %)	83 (134 %)	95 (122 %)	105 (111 %)	133 (99 %)

Tabell 5.9 visar att variationen i resultat är stor mellan olika brandkonsulter. Skillnaden är störst i början av utrymningsförloppet för att sedan avta. I jämförelse med utrymningsförsöket överskattar utförda utrymningssimuleringar resultatet i början av utrymningsförloppet för att mot slutet istället i många fall underskatta utrymningstiden. Samma förlopp kan ses hos nästan alla utrymningssimuleringarna, vilket även visas i tabell 5.10 där tidpunkten för olika mätpunkter anges från utrymningslarmets start. Brandkonsult 8 underskattar dock

utrymningstiden under i stort sett hela utrymningsförloppet. Sett till medelvärdet överskattas utrymningstiden till en början för att mot slutet underskatta tiden. Om medianvärdet beaktas överskattas utrymningstiden till en början för att mot slutet vara nästan exakt detsamma som utrymningsförsöket. En generell slutsats är att utrymningsförloppet i utförda utrymningssimuleringar inleds senare än utrymningsförsöket men att utrymningsförloppet sedan går snabbare jämfört med utrymningsförsöket. Detta kan också ses i figur 5.9 där lutningen på linjerna är brantare än utrymningsförsöket. Resultatet från brandkonsult 9 stämmer dock väldigt bra överens med hela utrymningsförloppet, trots att antalet biobesökare som använder respektive utgång är det omvända mot utrymningsförsöket. Figur 5.9 visar även att det finns skillnader i resultat mellan olika utrymningsprogram och därmed har inte enbart val av program betydelse för resultatet utan även användarens antaganden påverkar resultatet.

Utrymningstiden från handberäkningen är 174 sekunder vilket är 30 procent längre än utrymningsförsöket och även den längsta tiden jämfört med utrymningssimuleringarna. Handberäkningen överskattar alltså resultatet.

**Tabell 5.10 Tid från utrymningslarmets start för olika mätpunkter i salongen för scenario 1, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket. Observera att utdata från brandkonsult 4 och 9 saknas för en del datapunkter.**

	<b>Tid till första personen lämnar salongen genom en av dörrarna markerade med D (s)</b>	<b>Tid till sista personen lämnar en valfri stolsrad (s)</b>	<b>Tid till sista personen lämnar salongen genom en av dörrarna markerade med D (s)</b>
<b>Utrymningsförsök</b>	24	122	131
<b>Brandkonsult 1</b>	38 (158 %)	108 (89 %)	131 (100 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	67 (279 %)	89 (73 %)	103 (79 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	50 (208 %)	85 (70 %)	117 (89 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	-	97 (80 %)	107 (82 %)
<b>Brandkonsult 4:2</b>	-	100 (82 %)	117 (89 %)
<b>Brandkonsult 5</b>	40 (167 %)	101 (83 %)	126 (96 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	58 (242 %)	108 (89 %)	126 (96 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	66 (275 %)	107 (88 %)	128 (98 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	31 (129 %)	53 (43 %)	91 (69 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	31 (129 %)	59 (48 %)	71 (54 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	35 (146 %)	-	120 (92 %)
<b>Variation i resultat</b>	129 – 279 %	43 – 89 %	54 – 100 %
<b>Medelvärde</b>	46 (193 %)	91 (74 %)	112 (86 %)
<b>Median</b>	40 (167 %)	99 (81 %)	117 (89 %)

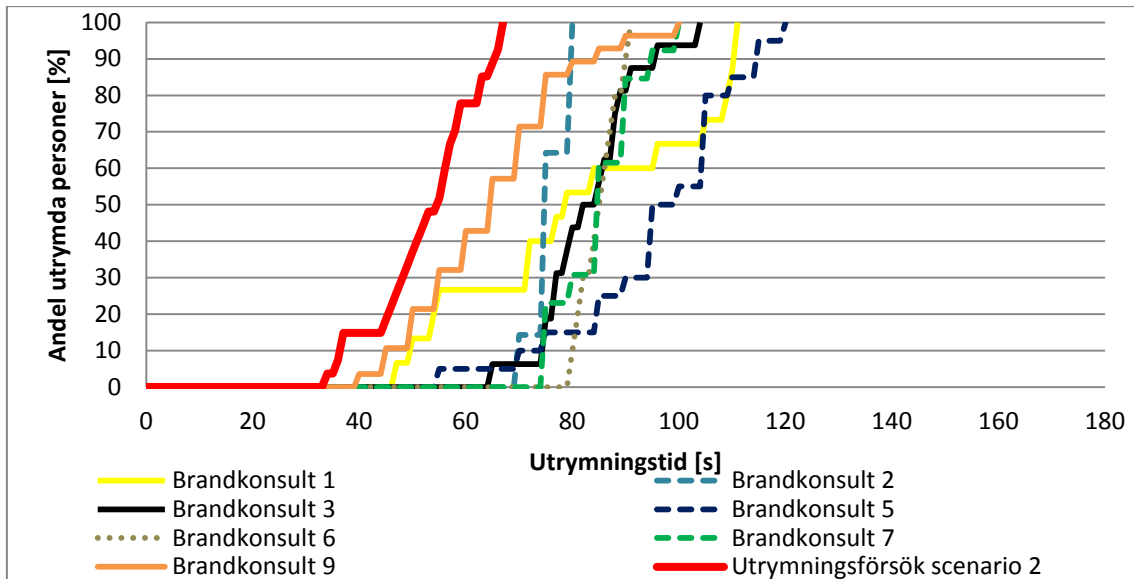
### 5.3.4 Scenario 2

Nedan presenteras resultatet av utrymningssimuleringarna samt utfört utrymningsförsök för scenario 2. Tabell 5.11 visar antalet biobesökare som använde respektive utgång A-C.

**Tabell 5.11** Totalt antal biobesökare som använde respektive utgång A-C för scenario 2, värdet inom parentes anger procentuell andel biobesökare som använde respektive utgång

	Antal biobesökare utgång punkt A/B	Antal biobesökare utgång punkt C	Totalt antal biobesökare
<b>Utrymningsförsök</b>	27 (66 %)	14 (34 %)	41
<b>Brandkonsult 1</b>	15 (37 %)	26 (63 %)	41
<b>Brandkonsult 2</b>	14 (34 %)	27 (66 %)	41
<b>Brandkonsult 3</b>	16 (39 %)	25 (61 %)	41
<b>Brandkonsult 4:1</b>	0 (0 %)	41 (100 %)	41
<b>Brandkonsult 4:2</b>	0 (0 %)	41 (100 %)	41
<b>Brandkonsult 5</b>	20 (49 %)	21 (51 %)	41
<b>Brandkonsult 6</b>	10 (24 %)	31 (76 %)	41
<b>Brandkonsult 7</b>	13 (32 %)	28 (68 %)	41
<b>Brandkonsult 8:1</b>	0 (0 %)	41 (100 %)	41
<b>Brandkonsult 8:2</b>	0 (0 %)	41 (100 %)	41
<b>Brandkonsult 9</b>	28 (68 %)	13 (32 %)	41
<b>Variation i resultat</b>	0 – 68 %	32 – 100 %	41 – 41
<b>Medelvärde</b>	11 (26 %)	30 (74 %)	41
<b>Median</b>	13 (32 %)	28 (68 %)	41

Tabell 5.11 visar att variationen i antal biobesökare som väljer respektive utgång även i detta scenario är stora vilket beror på antingen aktiv styrning av brandkonsulterna eller programmets simuleringar. Resultatet för utrymningsförsöket skiljer sig en hel del från brandkonsulterna bortsett från en brandkonsult som ligger i samma storleksordning. Då variationerna i antal biobesökare skiljer sig mycket åt är det svårt att göra en jämförelse av resultaten mer än att konstatera att variationen är stor. Utrymningstiden för datapunkt A-C presenteras nedan men det är först i resultatet för samtliga utgångar som resultatet analyseras mer ingående.



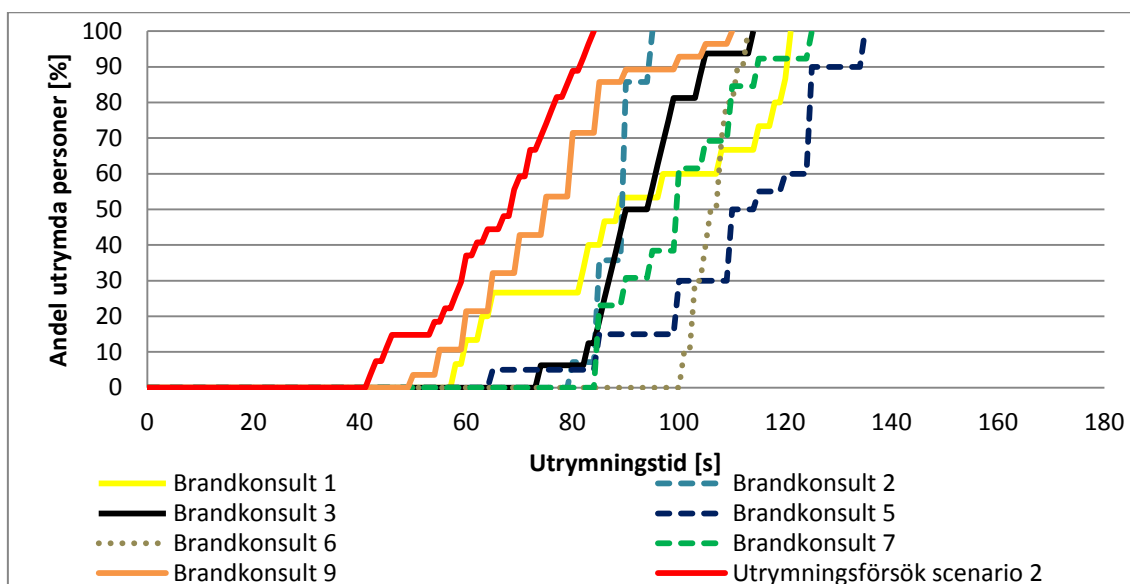
Figur 5.10 Resultat av utrymningstiden för punkt B från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket. Observera att ingen biobesökare använde denna utgången för brandkonsult 4 och 8.

Tabell 5.12 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har passerat punkt B i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket.

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Utrymningsförsök	34	47	55	59	67
Brandkonsult 1	47 (138 %)	55 (117 %)	79 (144 %)	109 (185 %)	111 (166 %)
Brandkonsult 2	70 (206 %)	75 (159 %)	75 (136 %)	80 (136 %)	80 (119 %)
Brandkonsult 3	65 (191 %)	77 (164 %)	82 (149 %)	88 (149 %)	104 (155 %)
Brandkonsult 4:1	Ingen biobesökare använde denna utgången				
Brandkonsult 4:2	Ingen biobesökare använde denna utgången				
Brandkonsult 5	55 (162 %)	85 (181 %)	95 (173 %)	105 (178 %)	120 (179 %)
Brandkonsult 6	80 (235 %)	82 (174 %)	85 (155 %)	88 (149 %)	91 (136 %)
Brandkonsult 7	75 (221 %)	80 (170 %)	85 (155 %)	90 (153 %)	100 (149 %)
Brandkonsult 8:1	Ingen biobesökare använde denna utgången				
Brandkonsult 8:2	Ingen biobesökare använde denna utgången				
Brandkonsult 9	40 (118 %)	55 (117 %)	65 (118 %)	75 (127 %)	100 (149 %)
Variation i resultat	118 – 221 %	117 – 181 %	118 – 173 %	127 – 185 %	119 – 179 %
Medelvärde	62 (182 %)	73 (155 %)	81 (147 %)	91 (154 %)	101 (151 %)
Median	65 (191 %)	77 (164 %)	82 (149 %)	88 (149 %)	100 (149 %)

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

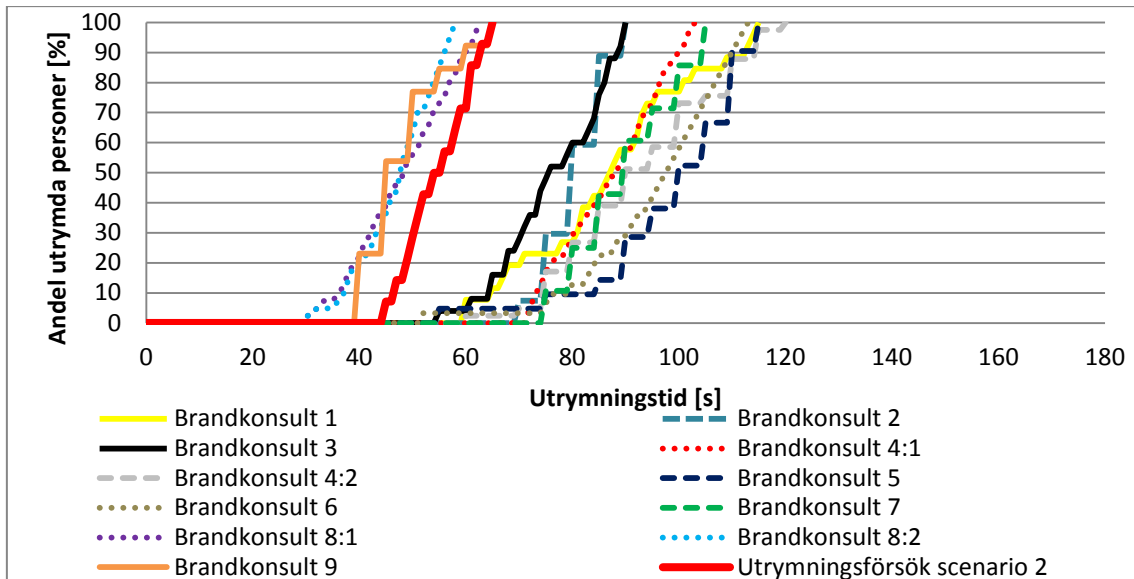


Figur 5.11 Resultat av utrymningstiden för utgång punkt A från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket. Observera att ingen biobesökare använde denna utgången för brandkonsult 4 och 8.

Tabell 5.13 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom utgång punkt A i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	42	58	69	76	84
<b>Brandkonsult 1</b>	58 (138 %)	65 (112 %)	89 (129 %)	118 (155 %)	121 (144 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	80 (190 %)	85 (147 %)	90 (130 %)	90 (118 %)	95 (113 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	74 (176 %)	86 (148 %)	90 (130 %)	98 (129 %)	114 (136 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 5</b>	65 (155 %)	100 (172 %)	110 (159 %)	125 (164 %)	135 (161 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	101 (240 %)	103 (178 %)	106 (154 %)	109 (143 %)	113 (135 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	85 (203 %)	90 (155 %)	100 (145 %)	110 (145 %)	125 (149 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 8:2</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 9</b>	50 (119 %)	65 (112 %)	75 (109 %)	85 (112 %)	110 (131 %)
<b>Variation i resultat</b>	119 – 240 %	112 – 178 %	109 – 159 %	112 – 164 %	113 – 161 %
<b>Medelvärde</b>	73 (174 %)	85 (146 %)	94 (137 %)	105 (138 %)	116 (138 %)
<b>Median</b>	74 (176 %)	86 (148 %)	90 (130 %)	109 (143 %)	114 (136 %)





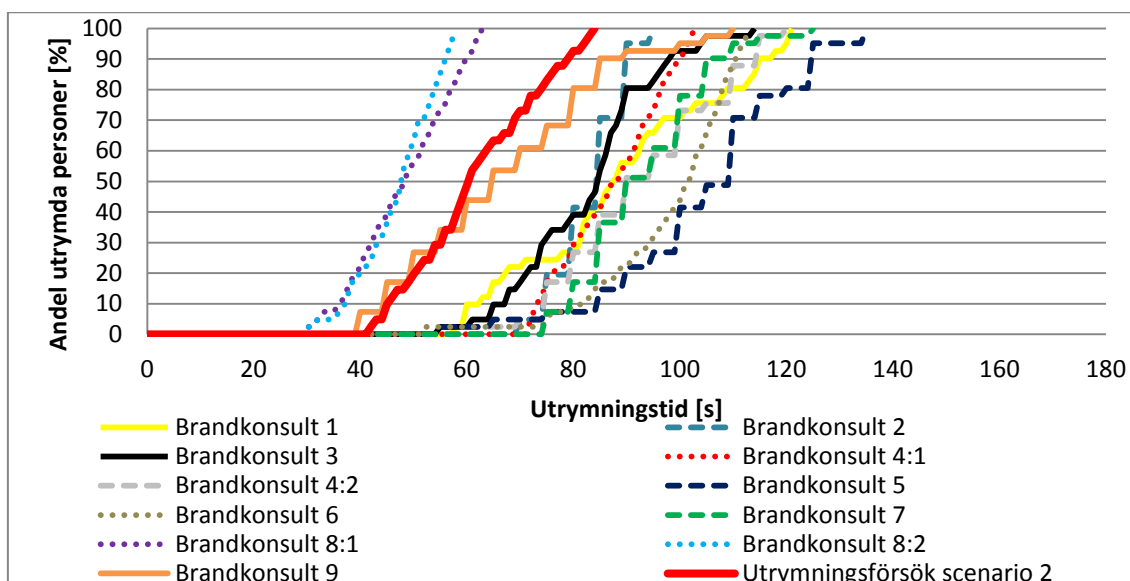
Figur 5.12 Resultat av utrymningstiden för utgång punkt C från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket

Tabell 5.14 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom utgång punkt C i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Utrymningsförsök	45	50	54	61	65
Brandkonsult 1	60 (133 %)	78 (156 %)	87 (161 %)	96 (157 %)	115 (177 %)
Brandkonsult 2	70 (156 %)	75 (150 %)	80 (148 %)	85 (139 %)	90 (138 %)
Brandkonsult 3	55 (122 %)	70 (140 %)	76 (141 %)	85 (139 %)	90 (138 %)
Brandkonsult 4:1	72 (160 %)	80 (160 %)	89 (165 %)	96 (157 %)	103 (158 %)
Brandkonsult 4:2	60 (133 %)	80 (160 %)	90 (167 %)	105 (172 %)	120 (185 %)
Brandkonsult 5	55 (122 %)	90 (180 %)	100 (185 %)	110 (180 %)	115 (177 %)
Brandkonsult 6	52 (116 %)	88 (176 %)	98 (181 %)	106 (174 %)	113 (174 %)
Brandkonsult 7	75 (167 %)	80 (160 %)	90 (167 %)	100 (164 %)	105 (162 %)
Brandkonsult 8:1	30 (67 %)	41 (82 %)	49 (91 %)	56 (92 %)	63 (97 %)
Brandkonsult 8:2	30 (67 %)	43 (86 %)	48 (89 %)	53 (87 %)	58 (89 %)
Brandkonsult 9	40 (89 %)	45 (90 %)	45 (83 %)	50 (82 %)	65 (100 %)
Variation i resultat	67 – 167 %	82 – 180 %	83 – 185 %	82 – 180 %	89 – 185 %
Medelvärde	54 (121 %)	70 (140 %)	77 (143 %)	86 (140 %)	94 (145 %)
Median	55 (122 %)	78 (156 %)	87 (161 %)	96 (157 %)	103 (158 %)

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden



Figur 5.13 Resultat av utrymningstiden för alla utgångar från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket

Tabell 5.15 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom alla utgångar i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	42	54	61	72	84
<b>Brandkonsult 1</b>	58 (138 %)	78 (144 %)	88 (144 %)	103 (143 %)	121 (144 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	70 (167 %)	80 (148 %)	85 (139 %)	90 (125 %)	95 (113 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	55 (131 %)	74 (137 %)	85 (139 %)	90 (125 %)	114 (136 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	72 (171 %)	80 (148 %)	89 (146 %)	96 (133 %)	103 (123 %)
<b>Brandkonsult 4:2</b>	60 (143 %)	80 (148 %)	90 (148 %)	105 (146 %)	120 (143 %)
<b>Brandkonsult 5</b>	55 (131 %)	95 (176 %)	110 (180 %)	115 (160 %)	135 (161 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	52 (124 %)	92 (170 %)	102 (167 %)	108 (150 %)	113 (135 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	75 (179 %)	85 (157 %)	90 (148 %)	100 (139 %)	125 (149 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	30 (71 %)	41 (76 %)	49 (80 %)	56 (78 %)	63 (75 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	30 (71 %)	43 (80 %)	48 (79 %)	53 (74 %)	58 (69 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	40 (95 %)	50 (93 %)	65 (107 %)	80 (111 %)	110 (131 %)
<b>Variation i resultat</b>	71 – 179 %	76 – 176 %	79 – 180 %	74 – 160 %	69 – 161 %
<b>Medelvärde</b>	54 (129 %)	73 (134 %)	82 (134 %)	91 (126 %)	105 (125 %)
<b>Median</b>	55 (131 %)	80 (148 %)	88 (144 %)	96 (133 %)	113 (135 %)

Tabell 5.15 visar att variationen i resultat är stor mellan olika brandkonsulter. I detta scenario kan inte ett generellt samband utskiljas då en del utrymningssimuleringar stämmer bättre överens desto längre förloppet pågår medan andra uppvisar motsatsen samt att en del ligger på ungefär samma nivå. De flesta utrymningssimuleringarna uppvisar dock en konstant överskattning av resultatet. Brandkonsult 8 underskattar dock utrymningstiden under hela förloppet. Sett till medelvärdet ligger detta i stort sett på en konstant nivå genom hela utrymningsförloppet (cirka 30 procents överskattning), dock stämmer det bäst överens mot

slutet av utrymningsförloppet. Likaså ligger medianvärdet på en ganska konstant nivå under hela utrymningsförloppet. I tabell 5.16 ligger även tidpunkterna för olika mätpunkter på en konstant nivå genom utrymningsförloppet. En generell slutsats är att utrymningsförloppet i nästan alla utförda utrymningssimuleringar inleds senare än utrymningsförsöket. Utrymningsförsöket och Brandkonsult 9 stämmer bra överens även i detta scenario, dock skiljer sig resultatet mer mot slutet. I detta scenario är det brandkonsult 9 som har mest likvärdig fördelning av antalet biobesökare som använder respektive utgång. Figur 5.13 visar även att det finns skillnader i resultat mellan olika utrymningsprogram och därmed har inte enbart val av program betydelse för resultatet utan även användarens antaganden påverkar resultatet.

Utrymningstiden från handberäkningen är 148 sekunder vilket är 76 procent längre än utrymningsförsöket och även den längsta tiden jämfört med utrymningssimuleringarna. Handberäkningen överskattar alltså resultatet.

Tabell 5.16 Tid från utrymningslarmets start för olika mätpunkter i salongen för scenario 2. Observera att utdata saknas för brandkonsult 4 och 9 för en del datapunkter.

	Tid till första personen lämnar salongen genom en av dörrarna markerade med D (s)	Tid till sista personen lämnar en valfri stolsrad (s)	Tid till sista personen lämnar salongen genom en av dörrarna markerade med D (s)
<b>Utrymningsförsök</b>	29	47	61
<b>Brandkonsult 1</b>	40 (138 %)	108 (230 %)	112 (184 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	65 (224 %)	69 (147 %)	82 (134 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	53 (183 %)	77 (164 %)	98 (161 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	-	87 (185 %)	99 (163 %)
<b>Brandkonsult 4:2</b>	-	86 (183 %)	110 (180 %)
<b>Brandkonsult 5</b>	49 (169 %)	98 (209 %)	108 (177 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	45 (155 %)	88 (187 %)	105 (172 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	67 (231 %)	78 (166 %)	98 (161 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	27 (93 %)	43 (91 %)	60 (98 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	27 (93 %)	47 (100 %)	55 (90 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	35 (121 %)	-	95 (156 %)
<b>Variation i resultat</b>	93 – 231 %	91 – 230 %	90 – 184 %
<b>Medelvärde</b>	45 (156 %)	78 (166 %)	93 (152 %)
<b>Median</b>	45 (155 %)	82 (174 %)	98 (161 %)

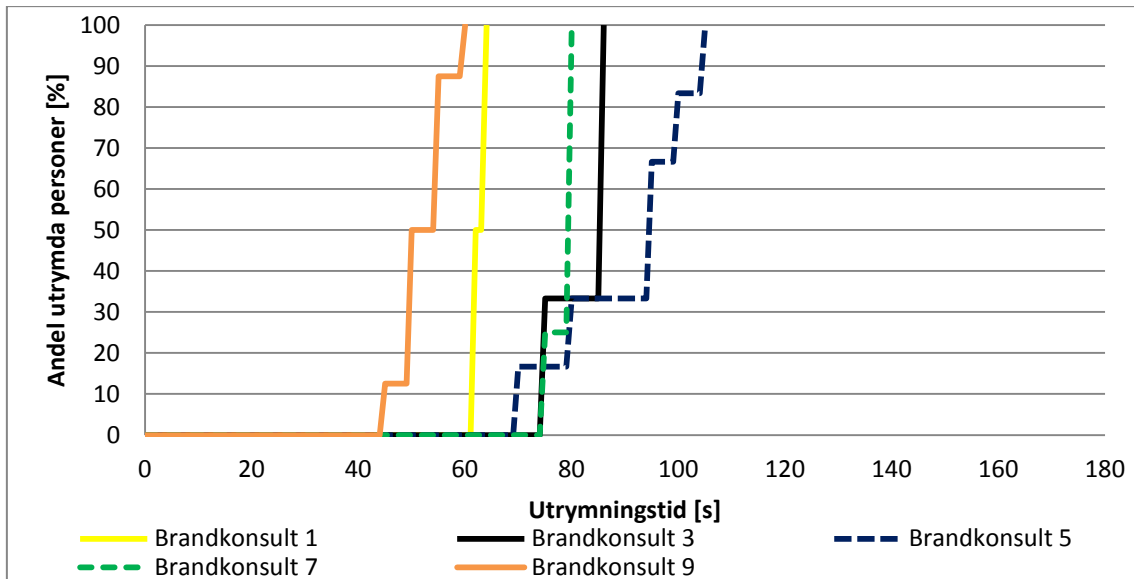
### 5.3.5 Scenario 3

Nedan presenteras resultatet av utrymningssimuleringarna samt utfört utrymningsförsök för scenario 3. Tabell 5.17 visar antalet biobesökare som använde respektive utgång A-C.

**Tabell 5.17** Totalt antal biobesökare som använde respektive utgång A-C för scenario 3, värdet inom parentes anger procentuell andel biobesökare som använde respektive utgång

	Antal biobesökare utgång punkt A/B	Antal biobesökare utgång punkt C	Totalt antal biobesökare
<b>Utrymningsförsök</b>	0 (0 %)	14 (100 %)	14
<b>Brandkonsult 1</b>	2 (14 %)	12 (86 %)	14
<b>Brandkonsult 2</b>	0 (0 %)	14 (100 %)	14
<b>Brandkonsult 3</b>	3 (21 %)	11 (79 %)	14
<b>Brandkonsult 4:1</b>	0 (0 %)	14 (100 %)	14
<b>Brandkonsult 4:2</b>	0 (0 %)	14 (100 %)	14
<b>Brandkonsult 5</b>	6 (43 %)	8 (57 %)	14
<b>Brandkonsult 6</b>	0 (0 %)	14 (100 %)	14
<b>Brandkonsult 7</b>	4 (29 %)	10 (71 %)	14
<b>Brandkonsult 8:1</b>	0 (0 %)	14 (100 %)	14
<b>Brandkonsult 8:2</b>	0 (0 %)	14 (100 %)	14
<b>Brandkonsult 9</b>	8 (57 %)	6 (43 %)	14
<b>Variation i resultat</b>	0 – 57 %	43 – 100 %	14 – 14
<b>Medelvärde</b>	2 (15 %)	12 (85 %)	14
<b>Median</b>	0 (0 %)	14 (100 %)	14

Tabell 5.17 visar att variationen i antal biobesökare som väljer respektive utgång även i detta scenario är stora vilket beror på antingen aktiv styrning av brandkonsulterna eller programmets simuleringar. Medelvärdet för brandkonsulterna ligger dock nära resultatet från utrymningsförsöket. Då endast ett fåtal biobesökare beaktas i scenariot kommer inte utrymningstiden analyseras för varje datapunkt A-C, utan det är först i resultatet för samtliga utgångar som resultatet analyseras mer ingående.



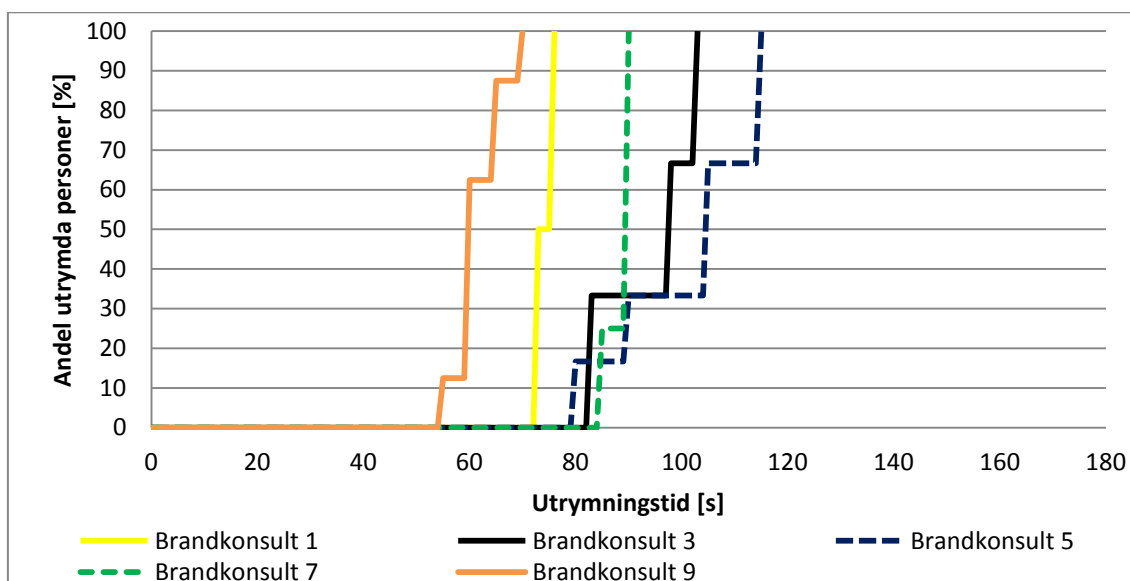
Figur 5.14 Resultat av utrymningstiden för punkt B från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket. Observera att ingen biobesökare använde denna utgången i utrymningsförsöket samt för brandkonsult 2, 4, 6 och 8.

Tabell 5.18 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har passerat punkt B i salongen

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 1</b>	62	62	62	64	64
<b>Brandkonsult 2</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 3</b>	75	75	86	86	86
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 5</b>	70	80	95	100	105
<b>Brandkonsult 6</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 7</b>	75	75	80	80	80
<b>Brandkonsult 8:1</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 8:2</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 9</b>	45	50	50	55	60
<b>Variation i resultat</b>	45 – 75	50 – 80	50 – 95	55 – 100	60 – 105
<b>Medelvärde</b>	65	68	75	77	79
<b>Median</b>	70	75	80	80	80

## Utrymningsprogram

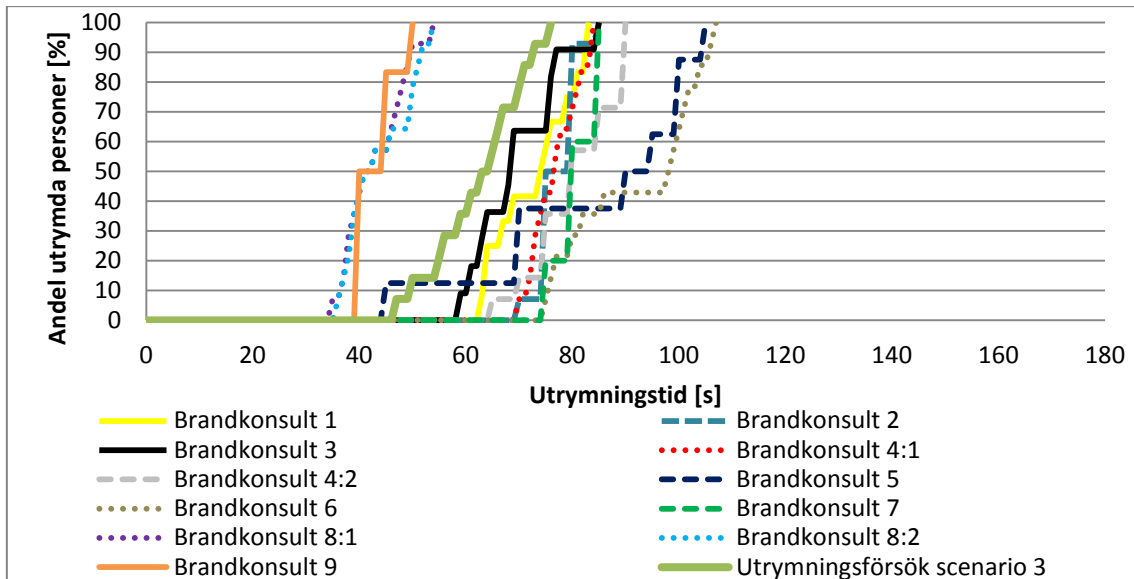
- Program och användares påverkan på utrymningstiden



Figur 5.15 Resultat av utrymningstiden för utgång punkt A från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket. Observera att ingen biobesökare använde denna utgången i utrymningsförsöket samt för brandkonsult 2, 4, 6 och 8.

Tabell 5.19 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom utgång punkt A i salongen

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 1</b>	73	73	73	76	76
<b>Brandkonsult 2</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 3</b>	83	98	98	103	103
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 5</b>	80	90	105	115	115
<b>Brandkonsult 6</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 7</b>	85	90	90	90	90
<b>Brandkonsult 8:1</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 8:2</b>	Ingen biobesökare använde denna utgången				
<b>Brandkonsult 9</b>	55	60	60	65	70
<b>Variation i resultat</b>	55 – 85	60 – 98	60 – 105	65 – 115	70 – 115
<b>Medelvärde</b>	75	82	85	90	91
<b>Median</b>	80	90	90	90	90



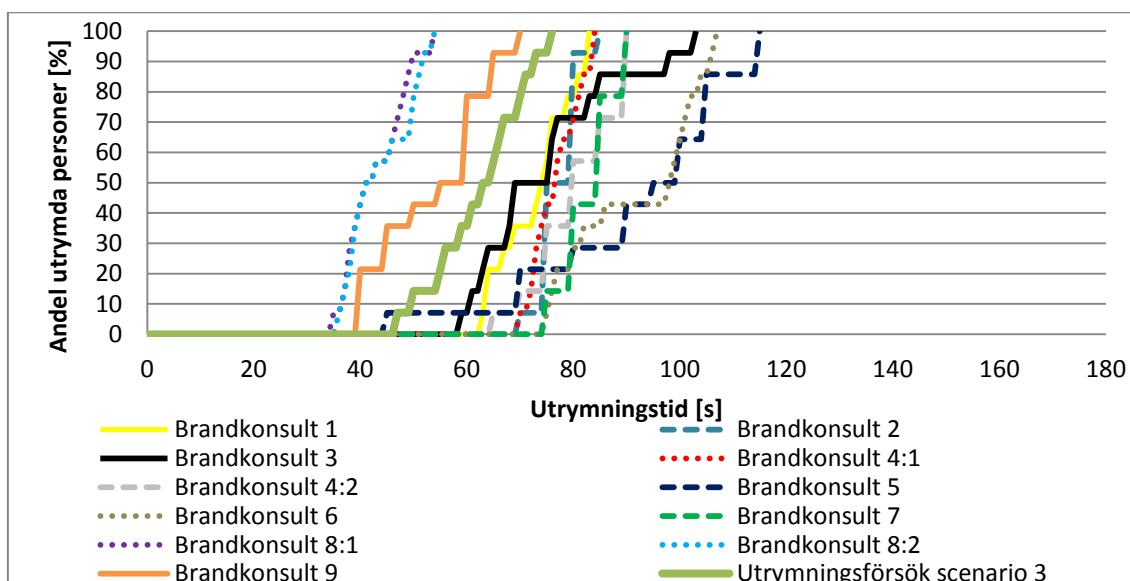
Figur 5.16 Resultat av utrymningstiden för utgång punkt C från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket

Tabell 5.20 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom utgång punkt C i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Utrymningsförsök	47	56	63	70	76
Brandkonsult 1	63 (134 %)	64 (114 %)	74 (117 %)	79 (113 %)	83 (109 %)
Brandkonsult 2	70 (149 %)	75 (134 %)	75 (119 %)	80 (114 %)	85 (112 %)
Brandkonsult 3	59 (126 %)	63 (113 %)	69 (110 %)	76 (109 %)	85 (112 %)
Brandkonsult 4:1	70 (149 %)	73 (130 %)	77 (122 %)	81 (116 %)	84 (111 %)
Brandkonsult 4:2	65 (138 %)	75 (134 %)	80 (127 %)	90 (129 %)	90 (118 %)
Brandkonsult 5	45 (96 %)	70 (125 %)	90 (143 %)	100 (143 %)	105 (138 %)
Brandkonsult 6	75 (160 %)	80 (143 %)	98 (156 %)	102 (146 %)	107 (141 %)
Brandkonsult 7	75 (160 %)	80 (143 %)	80 (127 %)	85 (121 %)	85 (112 %)
Brandkonsult 8:1	35 (74 %)	38 (68 %)	41 (65 %)	48 (69 %)	54 (71 %)
Brandkonsult 8:2	36 (77 %)	39 (70 %)	41 (65 %)	50 (71 %)	54 (71 %)
Brandkonsult 9	40 (85 %)	40 (71 %)	40 (63 %)	45 (64 %)	50 (66 %)
Variation i resultat	74 – 160 %	68 – 143 %	63 – 156 %	64 – 146 %	66 – 138 %
Medelvärde	58 (122 %)	63 (113 %)	70 (110 %)	76 (109 %)	80 (106 %)
Median	63 (134 %)	70 (125 %)	75 (119 %)	80 (114 %)	85 (112 %)

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden



Figur 5.17 Resultat av utrymningstiden för alla utgångar från de olika brandkonsulterna och utrymningsförsöket

Tabell 5.21 Tid från utrymningslarmets start till att en viss andel av biobesökarna har utrymt genom alla utgångar i salongen, värdet inom parentes anger procentuell andel av utrymningsförsöket

Andel utrymda biobesökare:	~ 0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
<b>Utrymningsförsök</b>	47	56	63	70	76
<b>Brandkonsult 1</b>	63 (134 %)	67 (120 %)	74 (117 %)	79 (113 %)	83 (109 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	70 (149 %)	75 (134 %)	75 (119 %)	80 (114 %)	85 (112 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	59 (126 %)	64 (114 %)	69 (110 %)	83 (119 %)	103 (136 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	70 (149 %)	73 (130 %)	77 (122 %)	81 (116 %)	84 (111 %)
<b>Brandkonsult 4:2</b>	65 (138 %)	75 (134 %)	80 (127 %)	90 (129 %)	90 (118 %)
<b>Brandkonsult 5</b>	45 (96 %)	80 (143 %)	95 (151 %)	105 (150 %)	115 (151 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	75 (160 %)	80 (143 %)	98 (156 %)	102 (146 %)	107 (141 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	75 (160 %)	80 (143 %)	85 (135 %)	85 (121 %)	90 (118 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	35 (74 %)	38 (68 %)	41 (65 %)	48 (69 %)	54 (71 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	36 (77 %)	39 (70 %)	41 (65 %)	50 (71 %)	54 (71 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	40 (85 %)	45 (80 %)	55 (87 %)	60 (86 %)	70 (92 %)
<b>Variation i resultat</b>	74 – 160 %	68 – 143 %	65 – 156 %	69 – 150 %	71 – 151 %
<b>Medelvärde</b>	58 (122 %)	65 (116 %)	72 (114 %)	78 (112 %)	85 (112 %)
<b>Median</b>	63 (134 %)	73 (130 %)	75 (119 %)	81 (116 %)	85 (112 %)

Tabell 5.21 visar att variationen i resultat är stor mellan olika brandkonsulter. Skillnaden är störst i början av utrymningsförloppet för att sedan minska alternativt ligga på en ganska konstant nivå. I jämförelse med utrymningsförsöket överskattar de flesta utförda utrymningssimuleringar resultatet i början av utrymningsförloppet för att mot slutet stämma bättre överens. En del utrymningssimuleringar ligger på en ganska konstant nivå medan andra stämmer bra överens till en början för att sedan skilja sig mer från utrymningsförsöket. Brandkonsult 8 och 9 underskattar dock utrymningstiden under hela utrymningsförloppet. I



tabell 5.22 där tidpunkten för olika mätpunkter anges från utrymningslarmets start stämmer de flesta resultaten bättre överens mot slutet av utrymningsförloppet. Sett till medelvärdet och medianvärdet överskattas utrymningstiden till en början för att mot slutet stämma bättre överens med utrymningsförsöket. En generell slutsats är att utrymningsförloppet i nästan alla utförda utrymningssimuleringar inleds senare än utrymningsförsöket, vilket även kan ses i figur 5.9. Resultatet visar även att resultatet stämmer generellt bättre överens med utrymningsförsöket i slutet av utrymningsförloppet. Figur 5.9 visar även att det finns skillnader i resultat mellan olika utrymningsprogram och därmed har inte enbart val av program betydelse för resultatet utan även användarens antaganden påverkar resultatet.

Utrymningstiden från handberäkningen är 112 sekunder vilket är 47 procent längre än utrymningsförsöket och även den näst längsta tiden jämfört med utrymningssimuleringarna. Handberäkningen överskattar alltså resultatet.

Tabell 5.22 Tid från utrymningslarmets start för olika mätpunkter i salongen för scenario 3. Observera att utdata saknas för brandkonsult 4 och 9 för en del datapunkter.

	Tid till första personen lämnar salongen genom en av dörrarna markerade med D (s)	Tid till sista personen lämnar en valfri stolsrad (s)	Tid till sista personen lämnar salongen genom en av dörrarna markerade med D (s)
<b>Utrymningsförsök</b>	41	55	65
<b>Brandkonsult 1</b>	56 (137 %)	74 (135 %)	79 (122 %)
<b>Brandkonsult 2</b>	65 (159 %)	66 (120 %)	76 (117 %)
<b>Brandkonsult 3</b>	57 (139 %)	72 (131 %)	81 (125 %)
<b>Brandkonsult 4:1</b>	-	68 (124 %)	80 (123 %)
<b>Brandkonsult 4:2</b>	-	74 (135 %)	83 (128 %)
<b>Brandkonsult 5</b>	39 (95 %)	87 (158 %)	95 (146 %)
<b>Brandkonsult 6</b>	67 (163 %)	87 (158 %)	99 (152 %)
<b>Brandkonsult 7</b>	69 (168 %)	69 (125 %)	79 (122 %)
<b>Brandkonsult 8:1</b>	31 (76 %)	43 (78 %)	51 (78 %)
<b>Brandkonsult 8:2</b>	33 (80 %)	44 (80 %)	51 (78 %)
<b>Brandkonsult 9</b>	35 (85 %)	-	55 (85 %)
<b>Variation i resultat</b>	76 – 168 %	78 – 158 %	78 – 152 %
<b>Medelvärde</b>	50 (122 %)	68 (124 %)	75 (116 %)
<b>Median</b>	56 (137 %)	71 (128 %)	79 (122 %)

### 5.3.6 Sammanfattning av utrymningsförsök och utrymningssimuleringar

Följande resultat är en sammanfattning för samtliga utgångar, alltså hela utrymningsförloppet. I scenario 1 överskattar alla utrymningssimuleringar till en början resultatet i jämförelse med utrymningsförsöket. Skillnaden minskar desto längre utrymningsförloppet fortlöper för att till slut underskatta resultatet i en del fall. Den totala utrymningstiden överskattas i fem simuleringar, underskattas i två och stämmer väldigt bra överens i fyra fall. Slutresultatet är därmed jämförbart med utrymningsförsöket, dock ser inte utrymningsförloppet likadant ut. Endast en utrymningssimulering har samma förlopp som utrymningsförsöket. Sett till medelvärdet av utrymningssimuleringarna överskattas utrymningstiden till en början för att mot

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

slutet underskatta tiden. Om medianvärdet beaktas överskattas utrymningstiden till en början för att mot slutet vara nästan exakt detsamma som utrymningsförsöket.

I scenario 2 kan inte ett generellt samband utskiljas då en del utrymningssimuleringar stämmer bättre överens desto längre förloppet pågår medan andra uppvisar motsatsen samt att en del ligger på ungefär samma nivå. De flesta uppvisar dock ett någorlunda konstant förlopp. I början av utrymningsförloppet underskattar tre simuleringar resultatet och åtta överskattar det. I slutet av utrymningsförloppet underskattas det i två fall och överskattas i nio fall. Under hela utrymningsförloppet är det två simuleringar som underskattar resultatet. Slutresultatet stämmer inte så bra överens med utrymningsförsöket och utrymningsförloppet ser inte likadant ut. Endast en utrymningssimulering har i stort sett samma förlopp som utrymningsförsöket men skiljer sig sedan åt mot slutet. Sett till medelvärdet ligger detta i stort sett på en konstant nivå (cirka 30 procents överskattning) genom hela utrymningsförloppet, dock stämmer det bäst överens mot slutet av utrymningsförloppet. Likaså ligger medianvärdet på en ganska konstant nivå under hela utrymningsförloppet.

I scenario 3 uppvisar utrymningssimuleringarna generellt en överskattning av resultatet till en början för att sedan avta med utrymningsförloppet. Det är även en del utrymningssimuleringar som uppvisar ett någorlunda konstant förlopp. I början av utrymningsförloppet underskattar fyra simuleringar resultatet och sju överskattar det. I slutet av utrymningsförloppet underskattas det i tre fall och överskattas i åtta fall. Under hela utrymningsförloppet är det tre brandkonsulter som underskattar resultatet. Slutresultatet stämmer i vissa fall bra överens med utrymningsförsöket, dock ser inte utrymningsförloppet likadant ut. Sett till medelvärdet och medianvärdet överskattas utrymningstiden men resultatet av dessa stämmer bättre överens med utrymningsförsöket senare i utrymningsförloppet.

För alla tre scenarierna har brandkonsult 8 genomgående en kortare utrymningstid än motsvarande utrymningsförsök samt i förhållande till andra brandkonsulter. Detta skulle kunna bero på att förberedelsetiden är en av de kortaste (16-36 sekunder) istället för 60 sekunder som de flesta brandkonsulter har ansatt som förberedelsetid. Brandkonsult 8 har inte heller styrt biobesökarna mot en särskild utgång vilket de flesta andra brandkonsulter har gjort. Därmed utrymmer nästan alla biobesökare via utgång C till foajé som även har ett kortare gångavstånd än utgång A. Detta kan även vara en av anledningarna till att utrymningstiden blir kortare.

I tabell 5.23 visas hur mycket den totala utrymningstiden skiljer sig från utrymningsförsöken i de elva utrymningssimuleringarna för respektive scenario.

**Tabell 5.23 Procentuell skillnad för hur mycket den totala utrymningstiden skiljer sig från utrymningsförsöket för de elva utrymningssimuleringarna i respektive scenario**

+/-	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
< 10 %	6	0	2
10 – 20 %	1	1	4
20 – 30 %	2	2	2
> 30 %	2	8	3

Resultatet av handberäkningarna för förflyttningstiden med tillagd förberedelsetid är cirka 30-75 procent längre än motsvarande utrymningsförsök och längre än nästan alla utrymningssimuleringar. Handberäkningarna med antaganden enligt avsnitt 5.2 överskattar alltså utrymningstiden.

## 5.4 Resultat enkätundersökning

Nedan presenteras en sammanfattning av resultatet från enkätundersökningen som har besvarats av de brandkonsulter som har utfört utrymningssimuleringarna samt ytterligare en brandkonsult som inte genomförde utrymningssimuleringen. Totalt har nio av tio brandkonsulter besvarat enkätundersökningen. Enkätundersökningen var webbaserad och finns presenterad i bilaga B där även utförligare svar för varje delfråga finns presenterat.

### 5.4.1 Allmän information

Utrymningsprogrammen Simulex och STEPS används i lika stor utsträckning (40 procent) och Pathfinder används i 20 procent av fallen. Resultatet visar även att utrymningsprogram och handberäkningar för analytisk dimensionering används i ungefär lika stor utsträckning.

### 5.4.2 Användarinformation

Resultatet visar att brandkonsulterna har använt utrymningsprogrammen olika länge, alltifrån mindre än ett år till mer än fem år. Det är även en stor spridning hur ofta programmet används men de flesta (67 procent) använder programmet en gång per månad eller flera gånger per år. 22 procent använder programmet flera gånger per vecka eller flera gånger per månad samt att 11 procent använder programmet mer sällan. Utbildningsnivån skiljer sig också åt mellan brandkonsulterna, där självlärd är vanligast (78 procent) sedan intern utbildning (56 procent) och sist extern utbildning (44 procent). Då flera svarsalternativ kunde anges summeras inte summan till 100 procent. Utbildningstiden varierar och det är svårt att dra några generella slutsatser av svaren som har angetts.

Om svarsalternativen i fråga 8-11 klassificeras i grupperna 1-2, 3 och 4-5 kan resultatet delas in enligt följande. På frågan *vilken kunskap anser du dig ha om programmet* har 22 procent svarat 1-2, 22 procent 3 och 56 procent 4-5. På frågan *vilken kunskap anser du dig ha om programmets grundinställningar* har 11 procent svarat 1-2, 22 procent 3 och 67 procent 4-5. På frågan *vilken kunskap anser du dig ha om utförda valideringar och verifieringar av programmet* har 22 procent svarat 1-2, 34 procent 3 och 44 procent 4-5. På frågan *vilka praktiska erfarenheter om programmet anser du dig själv ha* har 22 procent svarat 1-2, 22 procent 3 och 56 procent 4-5.

### 5.4.3 Kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsutredningar

Det är ingen brandkonsult som har angett *ingen kontroll utförs* eller *kontroll utförs med annat utrymningsprogram* på vilka alternativ som används för att kontrollera utrymningsdimensioneringar. Alla utför en internkontroll, 89 procent utför känslighetsanalys och kontroll med handberäkningar, 56 procent jämför med kända förutsättningar, 33 procent genomför en osäkerhetsanalys och 11 procent genomför en tredjepartsanalys. Då flera svarsalternativ kunde anges summeras inte summan till 100 procent. På frågan hur många simuleringar som genomförs för att kontrollera resultatet av utförda simuleringar varierade svaren mycket och flera har angett att det beror på aktuellt scenario. Därför är det svårt att dra några generella slutsatser. Följande svar har framkommit som svar på hur kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar utförs:

- Det beror på hur komplex uppgiften är och hur mycket tid som finns i projektet men att allt internkontrolleras och i större projekt sker tredjepartsgranskning.

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

---

- Utgår från en intern framtagen vägledning för utrymningsanalyser som innefattar kontroll innan simulering av handläggare och intern granskare samt kontroll av utdata av handläggare och intern granskare.
- Egenkontroll
- Främst granskning av annan person på avdelningen samt känslighetsanalys.
- Vanligast med internkontroll, vid komplexa fall är det ofta handberäkningar samt simulering som utförs för att bekräfta resultatet.
- Hålla sig ”up to date”, erfarenhetsåterföring/spridning bland medarbetarna. Nya får specifik handledning och granskas "hårdare". Ingen kontroll utförs för att ifrågasätta programmet specifikt, det anses vara validerat och verifierat.
- Med känslighetsanalyser varierar geometri (exempelvis avseende tillgång av utgångar, bredd på dörrar) samt personantal. Kontroll med handberäkningar sker för att kontrollera hur väl resultatet från simuleringarna stämmer överens med resultatet från handberäkningar. Internkontroll. När dimensioneringen är klar granskar en annan konsult rimligheten i valda lösningar.
- En annan konsult på företaget som är godkänd som granskare av verksamhetsansvarig och dessutom fristående från uppdraget går genom modellen, förutsättningarna samt valda scenarier med handläggaren innan simuleringarna påbörjas. Resultaten och dragna slutsatser granskas efter utförda simuleringar och analys.
- Egenkontroller enligt checklista. Jämförelse med handberäkningar. Bedömning av annan konsult av rimlighet i resultaten.

Utifrån ovanstående svar används internkontroll i samtliga fall, dock framgår det inte alltid om det är en fristående person eller en person som är delaktig i projektet. Handberäkningar och känslighetsanalyser är också vanligt förekommande. Jämförelse med kända förutsättningar och osäkerhetsanalys förekommer också i en del fall. Utifrån svaren verkar det generellt som att vissa företag har klara instruktioner för hur kvalitetssäkring ska gå till medan hos andra beror det mycket från fall till fall.

Den som avgör om en kvalitetssäkring behöver genomföras har angivits i fallande ordning med den vanligaste först: rutiner inom företaget, användaren tillsammans med kollegor, chef, användaren av programmet och slutligen beställaren/kund. Om svarsalternativen i fråga 17-18 klassificeras i grupperna 1-2, 3 och 4-5 kan resultatet delas in enligt följande. På frågan *vilken kunskap anser du dig ha om kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar* har 22 procent svarat 1-2, 22 procent 3 och 56 procent 4-5. På frågan *vilken kvalitet anser du att brandtekniska utrymningsdimensioneringar uppfyller generellt i branschen* har 11 procent svarat 1-2, 67 procent 3 och 22 procent 4-5. Som kommentarer till frågan har det exempelvis angetts att kvalitén varierar stort i branschen, att det finns en del ”ryggdunkande” kvar i brandkonsults-Sverige och att kvalitetssäkring sker i balans med tidsåtgång.

Områden som brandkonsulterna anser behöver förbättras inom brandtekniska utrymningsdimensioneringar är extern granskning, trappmodeller, mer verkliga försök i olika miljöer, förberedelsetid för fler verksamheter (kontor, skolor, lekland med mera). Branschen bör även ta fram accepterade referensvärden för mer indata då det skulle bli lättare att granska både för andra konsulter samt räddningstjänsten. Om ett referensvärde frångås ska det tydligt motiveras varför. Mer tydliga instruktioner för hur scenarier ska byggas upp i de olika utrymningsprogrammen samt hur utdata ska presenteras skulle även underlätta granskningen

och höja transparensen. Vägledning kring modellernas lämplighet är också något som efterlyses. Även kunskap hos användare om rimliga värden och resultat samt konsekvenser av olika angreppssätt för verifisering är något som behöver förbättras. Rimlighetsanalyser, generell behov av att tänka först och räkna sedan istället för tvärtom.

#### 5.4.4 Övrigt

Följande förslag på framtida studier angående utrymningsprogram framkom:

- Hur utrymningsprogram kan förbättras
- Trappmodeller. Koppla ihop relationer mellan personer i större grad (exempelvis vid ett lekland kommer en förälder vilja hämta sitt barn först etcetera).
- Då byggandet går mot högre byggnader samt mer komplexa byggnader under mark bör hissutrymning undersökas vidare. Även hur människor påverkas av att gå i trappor (uttröttnings) är intressant att undersöka.
- Verifiering framförallt för program med lägre grad av användarstyrning. För program med hög grad av användarstyrning handlar det i första hand om att bra grunddata finns och att projektörerna har tillräcklig kunskap för att välja rätt parametrar.

På punkten övriga kommentarer har en brandkonsult angett att det är viktigt att komma ihåg att utrymningsdimensionering bara är en av många pusselbitar i en analys.

## Utrymningsprogram

*- Program och användares påverkan på utrymningstiden*

---

## 6 Diskussion

*I detta kapitel diskuteras arbetets upplägg samt resultatet från arbetets olika delar. I kapitlet diskuteras även förslag på förbättringar för att reducera skillnader i resultat mellan utrymningssimuleringar samt i jämförelse med utrymningsförsök.*

### 6.1 Utrymningsförsök

Anledningen till att utrymningsförsöken utfördes i en biografialong var för att repeterbarheten skulle vara god. I alla tre scenarierna förekommer samma förutsättningar, dock skiljer sig tyvärr antalet biobesökare mellan försöken. Då utrymningsförsöken endast utgör ett stickprov är det troligt att ett annat resultat skulle kunna erhållas om samma scenario med lika många biobesökare utfördes. Därmed behöver bra överensstämmelse mellan utrymningsförsök och utrymningssimuleringar inte nödvändigtvis innebära att simuleringen är utförd på rätt sätt. Det hade varit bättre om alla försöken haft lika många biobesökare för att det lättare skulle gå att jämföra försöken med varandra samt för att komma fram till hur stor variationen kan beräknas vara mellan olika försök. Tyvärr så kunde inte antalet biobesökare påverkas då det andra syftet var att biobesökarna skulle vara omedvetna om utrymningsförsöket. Om mer tid hade funnits tillgodo under examensarbetet skulle fler utrymningsförsök ha genomförts för att få fram ett antal likvärdiga försök. Då utrymningsförsöken ställer stora krav på både tidsåtgång för förberedelse och genomförande samt att det behövs ett antal funktionärer som ställer upp varje gång var det tyvärr inte möjligt att genomföra fler försök.

### 6.2 Utrymningssimulering

Utrymningssimuleringen som har utförts i arbetet av olika brandkonsulter skiljer sig en del från hur utrymningssimuleringar generellt brukar genomföras. Ofta dimensioneras en lokal efter ett värsta troliga scenario vilket innebär att exempelvis det maximala antalet personer som lokalen är dimensionerad för används vid simuleringen. I ett verkligt fall hade därför en fullsatt salong med 123 personer används istället för nuvarande 83, 41 och 14 personer. En biografialong är eventuellt inget scenario där en utrymningssimulering hade behövt genomföras utan lokalen hade eventuellt kunnat dimensioneras efter förenklad dimensionering. Detta bidrar till att brandkonsulterna har ställts inför en uppgift som de normalt sett kanske inte genomför. Dock bör tankesättet och tillvägagångssättet vara detsamma där användaren ställs inför en rad val av lämplig indata och tolkning av resultat.

Det är tänkbart att utförda utrymningssimuleringar är konservativa för att ta hänsyn till olika osäkerheter. Vid jämförelse av utrymningsförsök och utrymningssimuleringar behöver därmed inte ett bra resultat vara ett som överensstämmer med utrymningsförsöken. Om utrymningssimuleringarna är konservativt beräknade bör dessa vara längre än utrymningsförsöken vilket medför att simuleringarna med längre utrymningstider än försöken kan anses vara bra. För de utrymningssimuleringar som är dimensionerade på ett konservativt sätt och som har en kortare utrymningstid än försöken innebär det att tillräcklig hänsyn till osäkerheter inte har vidtagits eller att fel indata har valts.

Inför utskicket av information till utrymningssimuleringen övervägdes om antalet personer som använder respektive utgång skulle anges utifrån resultatet från utrymningsförsöken. Detta

angavs dock inte i informationen för att det skulle vara intressant att se hur antaganden av användare alternativt program skiljde sig åt mellan olika simuleringar. Användare till program kan aktivt styra personer till en särskild utgång alternativt kan programmet bestämma vilken utgång som respektive person ska använda. I efterhand blev skillnaderna väldigt stora mellan olika brandkonsulter vilket medförde att det var svårt att jämföra resultaten för de olika datapunkterna A-C med varandra.

### 6.3 Resultat

Vid jämförelse av utrymningsförsök och utrymningssimuleringar är det viktigt att ha i åtanke att det finns en variation i resultat mellan olika försök. Även om exempelvis utrymningstiden är 134 sekunder för scenario 1 med 83 personer är det troligt att denna tid skulle variera om ett likadant scenario med lika många personer utförs. Dock har liknande slutsatser kunnat dras från de olika scenarierna vilket tyder på att ett samband kan finnas.

#### 6.3.1 Potentiella felkällor

Det finns ett antal potentiella felkällor som skulle kunna påverka att resultatet från utförda utrymningsförsök skiljer sig från utförda utrymningssimuleringar.

##### Geometri

Då geometrin i salongen innehåller fler detaljer än vad som är möjligt att ta hänsyn till har mindre förenklingar av lokalen genomförts där exempelvis förändringar i avstånd mellan stolsrader reducerats. För att underlätta uppritningen av salongen har längder avrundats till femcentimetersintervall. Eventuella mätfel på plats kan även förekomma men dessa har reducerats genom noggrann mätning samt att kontrollmätning har utförts med en avståndsmätare.

Vid uppritningen av salongen förekom ett antal mätpunkter där uppmätta avstånd inte gick att kombinera vid uppritningen, vilket kan bero på att lokalen inte är uppbyggd av räta väggar, mätfel på plats med mera. Detta har medfört att några antaganden i geometrin har antagits av författaren med hjälp av fotodokumentation samt en översiktlig ritning över salongen. Antaganden i geometrin bedöms dock inte påverka resultatet då förändringarna har varit små i förhållande till salongens storlek.

##### Utrymningsförsök

Intill den främre utrymningsvägen hade soptunnor placerats ut vilket medför att den fria bredden i utrymningsvägen reducerats. Placeringen av soptunnorna angavs i bifogat dokumentet till brandkonsulterna med tillhörande fotodokumentation för att brandkonsulten skulle kunna ta hänsyn till dessa under utrymningssimuleringen. Under utrymningsförsöken var den yttersta dörren till foajén i den bakre utrymningsvägen uppställd med magnet vilket dock inte bedöms ha påverkat resultatet nämnvärt. I samband med det sista utrymningsförsöket (scenario 1) var det en liten längre paus efter reklamen innan utrymningslarmet startades vilket bidrog till att en svart skärm visades ett tag. Pausen infördes för att undvika att det hade blivit en krock i utrymningsvägarna då en annan föreställning slutade samtidigt som utrymningsförsöket skulle ha genomförts. Enligt biografansvarig kunde det dock vara svart skärm (paus mellan reklam och film) annars också vilket därmed inte bör ha påverkat resultatet nämnvärt.



## Resultatsammanställning

Vid granskningen av videofilmerna inne i salongen har antaganden om biobesökarnas placering på de två bakersta raderna genomförts då det var svårt att utläsa informationen från videosekvenserna. Då rätt antal personer har placerats ut bör detta inte haft så stor påverkan då skillnaden i avstånd mellan olika platser på samma rad är små.

Utrymningstiden för biobesökarna angavs för varje helsekund vilket innebär att avrundningsfelet är en sekund. Då videokamerorna inte placerades direkt ovanför utrymningsvägarna blir det en uppskattning när biobesökaren har passerat dörröppningen men detta bör vara försumbart då det var enkelt att se biobesökarnas placering.

### 6.3.2 Indata

Vid jämförelse av indata till utrymningssimuleringarna för de olika brandkonsulterna finns det variationer i val av antagande av parametrar. Detta var väntat men för mer vanliga parametrar som förberedelsetid och gånghastighet kan det tyckas att variationen skulle vara mindre. I enkätundersökningen framförde en brandkonsult ett förslag på förbättring där accepterade referensvärden för indata skulle tas fram då det skulle bli lättare att granska brandtekniska utrymningssimuleringar. Om referensvärdena frångicks skulle detta tydligt motiveras. En annan brandkonsult förslög att kunskapen om rimliga värden och resultat skulle förbättras samt att bra grunddata finns tillgängligt för program med hög användarstyrning.

Examensarbetet har visat att variation i indata förekommer trots att samma scenario har simulerats och användarna har försatts med samma förutsättningar. Ett förslag på förbättring för att minska variationerna i indata är att ta fram accepterade referensvärden och fördelningar för olika parametrar som även har föreslagits i enkätundersökningen. Då alla tänkbara scenarier inte kan täckas in med referensvärden, är det även viktigt att användare förses med kunskaper om rimliga värden. Med referensvärden blir det enklare för användare att välja rimliga värden och en osäkerhetsfaktor mellan olika brandkonsulter kan därmed reduceras. Om liknande indata används har användaren en mindre påverkan på resultatet och det är därmed även tänkbart att skillnader i resultat mellan olika brandkonsulter kan minska.

Då det simulerade scenariot är litet (endast en lokal med tillhörande utrymningsvägar och med få personer) är det troligt att ett större scenario skulle variera mer i resultat på grund av variationer i indata. Vid ett litet scenario är det möjligt att val av indata inte får så stor betydelse då utrymningstiden är liten. Vid ett scenario med exempelvis större gångavstånd hade parametervälet av gånghastighet fått en större betydelse. I ett litet scenario som detta är det troligt att val av förberedelsetid kommer att påverka resultatet i större utsträckning då förberedelsetiden utgör en stor del av utrymningsförloppet. Det är därför viktigt att ta hänsyn till vilket scenario som simuleras då olika parametrar kan få olika stor betydelse. Detta har även visats i tidigare studier som finns beskrivna i kapitel 1. Det är därför viktigt att känslighetsanalyser genomförs för att kontrollera resultatet av en simulering för att kunna identifiera vilka parametrar som har störst påverkan på resultatet. Beroende på vad känslighetsanalysen visar kan viss indata väljas med extra stor noggrannhet och om noggrannheten inte kan förändras är det viktigt att ta hänsyn till och känna till variationen.

### 6.3.3 Jämförelse mellan utrymningsförsök, utrymningssimuleringar och handberäkningar

Vid jämförelse mellan utrymningsförsök och utrymningssimuleringar visar nästan alla utrymningssimuleringar att utrymningsförloppet inleds senare än utförda utrymningsförsök för alla scenarierna. I en del fall stämmer resultaten från utrymningssimuleringarna bättre överens senare i utrymningsförloppet vilket tyder på att gånghastigheten är högre alternativt att mindre köbildning uppstår i simuleringarna än i verkligheten. Det kan även vara en kombination av båda alternativen. Högre gånghastighet medför att utrymningen går snabbare och en reducerad köbildning medför att gånghastigheten kan öka upp till den maximalt angivna hastigheten då hastigheten inte reduceras på grund av exempelvis framförvarande personer. I scenario 2 kan dock inget generellt samband uttydas.

Resultatet av handberäkningarna för förflyttningstiden med tillagd förberedelsetid är cirka 30-75 procent längre än motsvarande utrymningsförsök och längre än nästan alla utrymningssimuleringar. Dock utgör handberäkningarna endast ett beräkningsexempel av förflyttningstiden och ska inte ses som ett exakt värde. I beräkningarna har gånghastigheten antagits för personer som förflyttar sig i grupp med andra personer. Detta antas gälla under större delen av förflyttningstiden men det är möjligt att en del personer kan röra sig obehindrat av andra personer och att de därmed skulle haft en högre gånghastighet. Då personantalet inte var så stort i de olika scenarierna och framförallt inte i scenario 2 och 3 är det möjligt att vald gånghastighet är för konservativ och att en högre gånghastighet skulle kunna väljas. Det är framförallt i scenario 2 och 3 som den totala utrymningstiden blir längre än utrymningsförsök och simuleringar vilket kan bero på att gånghastigheten är för konservativ. Då personantalet är litet skulle personerna kunna röra sig mer obehindrat samt med mindre köbildning och därmed erhålla en högre gånghastighet. Likt utrymningssimuleringarna är handberäkningarna dock konservativa vilket de också bör vara för att ta hänsyn till olika osäkerheter och därmed bör också utrymningstiden vara länge än ett enskilt försök.

I handberäkningarna har det även antagits att hälften av personerna använder respektive utgång då båda utgångarna används i normala fall. Om biobesökarna inte hade använt båda utgångarna i lika stor utsträckning kunde en högre andel personer antagits använda huvudingången som utrymningsväg. Då huvudingången är placerad på ett kortare gångavstånd än den alternativa utrymningsvägen kan en kortare förflyttningstid erhållas.

## 6.4 Utrymningsprogram

Då olika utrymningsprogram är uppbyggda på olika sätt är det dels svårt att jämföra dessa då antaganden behöver genomföras av användaren samt att det dels är svårt för användare att känna till programmets begränsningar. Då användare av program kan ange indata till olika parametrar beror inte resultaten av simuleringen enbart av vilket program som används, utan det beror även på användarens erfarenhet. Genom att reducera olika typer av osäkerheter kan förhoppningsvis skillnader i resultat mellan utrymningssimuleringar samt mellan utrymningssimuleringar och utrymningsförsök reduceras. Ett sätt att åstadkomma detta är att förse användare med mer kunskaper om program, grundinställningar och hur känslighetsanalyser samt kvalitetssäkring kan utföras. Om användaren inte förstår programmets grundinställningar, indata med mera kan resultaten missförstås vilket kan leda till att felaktiga slutsatser dras från resultatet. Tillgång till kunskap om programmet bidrar till att användaren vet vilka begränsningar olika program har

och hur dessa ska användas på bästa sätt. Kunskap om grundinställningar samt lämpliga val av indata bidrar till att programmen förses med vad som bedöms som rätt indata och därmed kan även resultat med hög kvalitet förhoppningsvis erhållas. Instruktioner för kvalitetssäkring hjälper användaren att kontrollera resultatet, upptäcka eventuella felkällor med mera. Det är även viktigt att programmet är användarvänligt för att öka förståelsen av olika parametrar. Sammanfattningsvis kan de tre osäkerheterna: osäkerheter angående indata och parametrar, osäkerheter angående modeller och datorprogram samt osäkerheter angående användarnas kompetens minskas.

## 6.5 Kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsprogram

Enkätundersökningen visade att det förekommer till viss del bristfälliga kunskaper om programmet, programmets grundinställningar, valideringar och verifieringar samt praktiska erfarenheter. Det är därmed viktigt att användare förses med tillgänglig information om de olika delarna samt att användare får tillfällighet att använda programmet. Då utrymningsprogrammen ofta används en gång per månad eller flera gånger per år är det svårt att vara uppdaterad med kunskaper om programmet samt att erhålla en praktisk erfarenhet. Desto mer ett program används desto bättre blir förhoppningsvis kunskaperna om programmet. För att få en bättre helhetsbild av utrymningsprogram och dess begränsningar anses det därför viktigt att kontinuerligt arbeta med utrymningsprogrammet.

Utifrån enkätundersökningen verkar det generellt som en del företag har klara instruktioner för hur kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar ska utföras medan hos andra beror det från fall till fall. Det förekommer en del bristfälliga kunskaper om hur kvalitetssäkring ska utföras men med hjälp av tydliga instruktioner blir det lättare för användare att utföra dessa. Det anses därför viktigt att företag har instruktioner för detta samt att dessa utförs på ett liknande sätt mellan olika företag för att resultaten ska vara jämförbara och likvärdiga. Om instruktioner saknas finns det en risk att kvalitén av kvalitetssäkringar varierar och att det i vissa fall inte genomförs en kvalitetssäkring då detta tar extra tid i anspråk. För att erhålla en jämn nivå i kvalitetssäkring mellan olika företag skulle en gemensam instruktion kunna tas fram som sedan till viss del kan anpassas efter varje företags förutsättningar.

## Utrymningsprogram

*- Program och användares påverkan på utrymningstiden*

---

## 7 Slutsatser

*I detta kapitel presenteras examensarbetets slutsatser samt förslag på framtida studier inom arbetets ämnesområde.*

### 7.1 Utrymningsförsök och utrymningssimuleringar

Utrymningssimuleringarna visar att det finns variationer i val av indata mellan olika brandkonsulter. För en del parametrar finns även likheter men ofta skiljer sig valet av indata åt. Förutom att valet av specifika parametrar (exempelvis förberedelsetid och gånghastighet) skiljer sig åt, finns det även variationer i antagande om hur detta värde varierar från medelvärdet.

Resultatet från utrymningssimuleringarna visade att variationen i resultat är stor mellan olika brandkonsulter både för olika datapunkter i salongen samt för den totala utrymningstiden. En generell slutsats för alla scenarierna är att utrymningsförloppet i nästan alla utrymningssimuleringar inleds senare än utförda utrymningsförsök. I en del fall stämmer resultaten från utrymningssimuleringarna bättre överens senare i utrymningsförloppet vilket tyder på att gånghastigheten är högre alternativt att mindre köbildning uppstår i simuleringarna än i verkligheten. Det kan även vara en kombination av båda alternativen. Då det är en stor variation i resultat mellan olika utrymningssimuleringar, anses inte resultaten från utförda utrymningsförsök vara jämförbara med utrymningssimuleringarna överlag. I en del fall är dock överensstämmelsen mellan försök och simulering god, framförallt om endast den totala utrymningstiden beaktas. Generellt erhålls inte samma utrymningsförlopp men i en del utrymningssimuleringar var överensstämmelsen god. Det finns även skillnader i resultat mellan olika utrymningsprogram och därmed har inte enbart val av program betydelse för resultatet utan även användarens antaganden påverkar resultatet. Det bör dock observeras att utrymningsförsöken endast utgör ett stickprov och att det är tänkbart att utrymningssimuleringarna är konservativa för att ta hänsyn till olika osäkerheter.

Resultatet av handberäkningarna för förflyttningstiden med tillagd förberedelsetid är cirka 30-75 procent längre än motsvarande utrymningsförsök och längre än nästan alla utrymningssimuleringar. Handberäkningarna med antaganden enligt avsnitt 5.2 överskattar alltså utrymningstiden. Handberäkningarna bör dock precis som utrymningssimuleringarna ge ett konservativt resultat för att ta hänsyn till olika osäkerheter.

#### 7.1.1 Förslag på förbättringar för att reducera skillnader i resultat

Då användare av program kan ange indata till olika parametrar beror inte resultaten av utrymningssimuleringar enbart av vilket program som används, utan det beror även på användarens erfarenhet. Ett förslag för att reducera skillnaderna i resultat är att förse användare med mer kunskaper om program, grundinställningar, erfarenhet och hur känslighetsanalyser samt kvalitetssäkringar kan utföras.

Ett annat förslag för att minska variationerna i indata och förhoppningsvis även variationen i resultat är att ta fram accepterade referensvärden och fördelningar för olika parametrar. Då alla tänkbara scenarier inte kan täckas in med referensvärden, är det även viktigt att användare förse med kunskaper om rimliga värden. Med referensvärden blir det enklare för användare att välja rimliga värden och en osäkerhetsfaktor mellan olika brandkonsulter kan därmed reduceras.

Om liknande indata används har användaren en mindre påverkan på resultatet och det är därmed även tänkbart att skillnader i resultat mellan olika brandkonsulter kan minskas. Om dessa skillnader minskas är det lättare att uppfylla målet med likvärdigt brandskydd – oavsett vem som utför en utrymningssimulering bör resultatet vara likvärdigt. Då utrymningssimuleringen ligger till grund för den övriga brandskyddsprojektering är det viktigt att ett så korrekt resultat som möjligt kan erhållas.

### 7.2 Kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningssimuleringar

Enkätundersökningen indikerade att det verkar som en del företag har klara instruktioner för hur kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningssimuleringar ska utföras medan hos andra varierar det från fall till fall. Då det förekommer till viss del bristfälliga kunskaper om hur kvalitetssäkring av utrymningssimuleringar ska utföras anses det viktigt att det finns tydliga instruktioner för detta. Det anses även viktigt att instruktionerna är likvärdiga mellan olika företag för att se till dessa utförs på ett liknande sätt för att resultaten ska vara jämförbara. Ett förslag är därför att ta fram en gemensam instruktion för kvalitetssäkring som sedan till viss del kan anpassas av varje företag.

### 7.3 Förslag på framtida studier

Ett förslag på framtida studier är att genomföra liknande studier i en annan verksamhet eller i samma verksamhet med fler likvärdiga utrymningsförsök för att se om samma likheter/skillnader kan erhållas. Ett annat förslag är att genomföra liknande studier i ett scenario som mer efterliknar ett scenario där utrymningssimulering används för att se om samma likheter/skillnader kan erhållas. Det är inte nödvändigt att utrymningsförsök ska genomföras utan det kan även vara intressant att se om olika användare/program kommer fram till samma resultat. I ett större och mer komplext scenario är det troligt att andra parametrar i utrymningssimuleringen får en större påverkan vilket kan bidra till att andra slutsatser kan åskådliggöras.

I enkätundersökningen som besvarades av brandkonsulterna som utförde utrymningssimuleringarna framkom följande förslag på framtida studier.

- Hur utrymningsprogram kan förbättras, det finns fortfarande begränsningar.
- Trappmodeller. Koppla ihop relationer mellan personer i större grad (exempelvis vid ett lekland kommer en förälder vilja hämta sitt barn först etcetera).
- Då byggandet går mot högre byggnader samt mer komplexa byggnader under mark bör hissutrymning undersökas vidare. Även hur människor påverkas av att gå i trappor (uttröttning) är intressant att undersöka.
- Verifiering framförallt för program med lägre grad av användarstyrning. För program med hög grad av användarstyrning handlar det i första hand om att bra grunddata finns och att projektörerna har tillräcklig kunskap för att välja rätt parametrar.

## Litteraturförteckning

- Boverket. (2011a). *Boverkets författningssamling BBRAD 1*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2011b). *Regelsamling för byggande, BBR 2012*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2006). *Utrymningsdimensionering*. Karlskrona: Boverket.
- Datainspektionen. (2012). *Kameraövervakning*. Hämtat från Datainspektionen: <http://www.datainspektionen.se/lagar-och-regler/personuppgiftslagen/kameraovervakning/> den 23 11 2012
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket.
- Frantzich, H., & Nilsson, D. (2003). *Utrymning genom tät rök: beteende och förflyttning*. Lund: Lunds universitet.
- Frantzich, H., Nilsson, D., & Eriksson, O. (2007). *Utvärdering och validering av utrymningsprogram*. Lund: Lunds universitet.
- Gwynne, S., & Kuligowski, E. (den 09 04 2012). *NIST Manuscript Publication Search*. Hämtat från National Institute of Standards and Technology (NIST): [http://www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub\\_id=905712](http://www.nist.gov/manuscript-publication-search.cfm?pub_id=905712) den 04 12 2012
- Haarala, D., & Hagelin, M. (2005). *Utrymning av folkmassor – simulering och verklighet*. Lund: Lunds universitet.
- Holmstedt, G., Bengtsson, S., Blomqvist, P., Dittmer, T., Hägglund, B., Tuovinen, H., o.a. (2008). *Kvalitetssäkring av olycks- och skadeförebyggande arbete med brandskydd i byggnader*. Lund: Lunds universitet.
- Holmström, J., & Sävmark, E. (2013). *Talat utrymningsmeddelande – optimerad utformning utifrån fullskaleförsök*. Lund: Lunds universitet.
- Integrated Environmental Solutions Limited. (2011). *Simulex User Guide*. Integrated Environmental Solutions Limited.
- Integrated Environmental Solutions. (2013). *VE Pro*. Hämtat från Integrated Environmental Solutions: <http://www.iesve.com/software/ve-pro/analysis-tools/egress/simulex> den 17 02 2013
- Jin, T. (1978). Visibility through fire smoke. *Journal of Fire and Flammability*, Vol. 9, pp. 135-155.
- Kuligowski, E. D., & Peacock, R. D. (2005). *A Review of Building Evacuation Models*. Washington: National Institute of Standards and Technology.
- Kuligowski, E. D., Peacock, R. D., & Hoskins, B. L. (2010). *A Review of Building Evacuation Models, 2nd Edition*. National Institute Of Standards And Technology.

Lauridsen, K., Christou, M., Amendola, A., Markert, F., Kozine, I., & Fiori, M. (2001a). Assessing the Uncertainties in the Process of Risk Analysis for Chemical Establishments: Part I. *Towards a Safer World, European Conference on Safety and Reliability. ESREL*. Torino, Italy.

Lauridsen, K., Christou, M., Amendola, A., Markert, F., Kozine, I., & Fiori, M. (2001b). Assessing the Uncertainties in the Process of Risk Analysis for Chemical Establishments: Part II. *Towards a Safer World, European Conference on Safety and Reliability. ESREL*. Torino, Italy.

Lord, J., Meacham, B., Moore, A., Fahy, R., & Proulx, G. (2005). *guide for evaluating the predictive capabilities of computer egress models*. Quincy: National Institute of Standards and Technology.

Mott MacDonald. (2012). *About STEPS*. Hämtat från STEPS: <http://www.steps.mottmac.com/aboutsteps2/> den 22 02 2013

Nilsson, D. (2007). *Datorsimulering av utrymning vid brand – inventering av tre angreppssätt*. Lund: Lunds universitet.

Nordkvist, M. (2012). *Utvärdering av tillvägagångssätt för utrymningsberäkning*. Luleå: Luleå tekniska universitet.

Ronchi, E. (2012). *Evacuation modelling in road tunnel fires*. Bari: Polytechnic University of Bari.

Ronchi, E., Gwynne, S., & Purser, D. (2011). *The impact of default settings on evacuation model results: a study of visibility conditions vs occupant walking speeds*. Santander: Advanced Research Workshop - Evacuation and Human Behaviour in Emergency Situations.

Ronchi, E., Nilsson, D., & Gwynne, S. (2012). Modelling the Impact of Emergency Exit Signs in Tunnels. *Fire Technology* , 1-28.

Räddningsverket. (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Räddningsverket.


Thunderhead Engineering Consultants. (2011). *Pathfinder*. Hämtat från Thunderhead Engineering: <http://www.thunderheadeng.com/pathfinder/> den 22 02 2013

Thunderhead Engineering. (2012). *Technical Reference Pathfinder 2012*. Manhattan: Thunderhead Engineering.



## Bilaga A – Intresseanmälan till brandkonsulter

I denna bilaga redovisas det utskickade brevet för intresseanmälan till olika brandkonsulter.



**LUND**  
UNIVERSITY

Department of Fire Safety Engineering

2012-10-01

Till den det berör

1

Hej!

Jag studerar till brandingenjör och civilingenjör i riskhantering vid LTH och under höstterminen har jag tänkt skriva ett examensarbete om osäkerhet vid användning av utrymningsprogram. Syftet med examensarbetet är att ta reda på om liknande utrymningsstider kan erhållas av olika utrymningsprogram/användare och om dessa överensstämmer med "verkliga" utrymningsförsök. Vidare är syftet att ta reda på vilka likheter och skillnader det finns mellan olika utrymningsprogram.

Min fråga till er är om ni skulle kunna tänka er att hjälpa till och genomföra en simulering av ett specifikt scenario troligtvis under slutet av oktober eller början av november? Uppskattningsvis bedöms arbetet ta en halvdag till en dag. Varje brandkonsults resultat av simuleringen kommer att behandlas anonymt i rapporten. Om ni kan tänka er att ställa upp skulle jag även vilja veta vilket eller vilka utrymningsprogram som ni använder er av. Jag kommer också att be er att besvara några frågor i samband med simuleringssuppgiften för att jag ska kunna bedöma hur man generellt kvalitetssäkrar brandtekniska utrymningsutredningar. Jag är tacksam för ett snabbt svar oavsett om ni kan eller inte kan ställa upp. Svar skickas till [marcus.knutsmark@gmail.com](mailto:marcus.knutsmark@gmail.com), ange gärna kontaktperson på företaget för vidare kontakter.

Frågeställningarna som ska försökas besvaras i examensarbetet är följande:

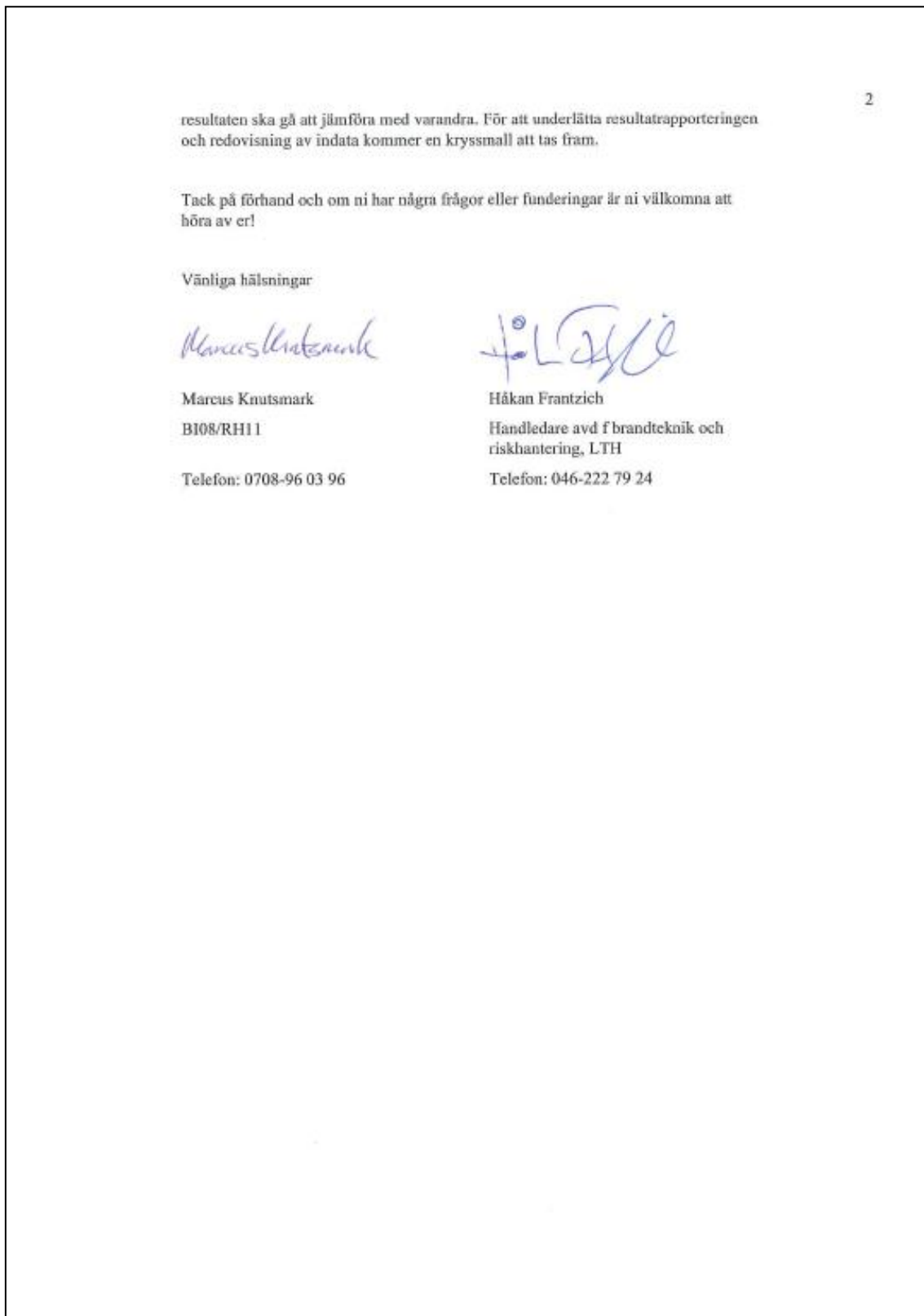
1. Kommer utrymningsstiden att vara densamma för olika utrymningsprogram/ användare vid ett givet specifikt scenario och kommer simuleringarna att ge ett liknande resultat som "verkliga" utrymningsförsök?
2. Vilka begränsningar har olika utrymningsprogram och hur påverkar program respektive användare resultatet av utrymningsstiden?
3. Hur fungerar kvalitetssäkringen av utrymningsprogram hos olika brandkonsulter?

Upplägget av examensarbetet är att utgå från ett scenario där det finns information från "verkliga" utrymningsförsök. Under hösten kommer ett antal utrymningsförsök att genomföras i biografier och dessa kommer troligtvis att användas som underlag. Beroende på var utrymningsförsöken kommer att genomföras kan ett specifikt scenario för simulering hos olika brandkonsulter tas fram. I det specifika scenariot får alla deltagande brandkonsulter samma information för att förutsättningarna ska vara lika. Lokalens geometri ritas upp digitalt för att underlätta simuleringen. Vilken information som respektive brandkonsult ska redovisa kommer att anges i samband med simuleringen för att

---

Postal address Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden Visiting address John Ericssons väg 1, Lund, Sweden Telephone Int. +46 46 222 79 24, +46 46 222 73 60 Telefax Int. +46 46 222 46 12 E-mail [hakan.frantzich@brand.lth.se](mailto:hakan.frantzich@brand.lth.se) Internet <http://www.brand.lth.se/english/>

Figur A.1 Sida ett i det utskickade brevet för intresseanmälan till olika brandkonsulter



Figur A.2 Sida två i det utskickade brevet för intresseanmälan till olika brandkonsulter

## Bilaga B – Enkätundersökning – utrymningsdimensionering

I denna bilaga redovisas den webbaserade enkätundersökningen samt resultatet av denna som besvarades i samband med utrymningsdimensioneringen.

### B.1 Enkätundersökning – utrymningsdimensionering

# Enkätundersökning - utrymningsdimensionering

Syftet med enkätundersökningen är att få reda på bakgrundsinformation om användare till utrymningsprogram och besvara frågan - Hur fungerar kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar hos olika brandkonsulter? Bakgrundsinformation kommer att användas för att se hur kunskaperna inom utrymningsdimensionering varierar mellan olika användare. Då kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar kan utföras på olika sätt, är det intressant att få en ungefärlig bild över hur dessa utförs. Alla svar i enkätundersökningen kommer att behandlas anonymt, både för mig som granskar svaren och senare i rapporten. Jag kan således inte se vem som har svarat på enkätundersökningen och svaren kan därmed inte kopplas till specifika personer. Vid eventuella frågor kontakta Marcus Knutsmark, [marcus.knutsmark@gmail.com](mailto:marcus.knutsmark@gmail.com) alternativt 0708-96 03 96.

## Allmän information

1. Vilket utrymningsprogram används huvudsakligen på ert företag?

- FDS + Evac
- Pathfinder
- Simulex
- Steps
- Övrigt:

2. I hur många uppdrag används utrymningsprogram för analytisk dimensionering?

- < 10 % av uppdragen
- 10-20 % av uppdragen
- 20-40 % av uppdragen
- 40-60 % av uppdragen
- 60-80 % av uppdragen
- 80-90 % av uppdragen
- > 90 % av uppdragen

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

---

3. I hur många uppdrag används handberäkningar för analytisk dimensionering?

- < 10 % av uppdragen
- 10-20 % av uppdragen
- 20-40 % av uppdragen
- 40-60 % av uppdragen
- 60-80 % av uppdragen
- 80-90 % av uppdragen
- > 90 % av uppdragen

## Användarinformation

Utrymningsprogrammet i nedanstående frågor syftar till programmet som valdes i fråga 1.

4. Hur länge har du uppskattningsvis använt utrymningsprogrammet?

- < 1 år
- 1-2 år
- 2-3 år
- 3-4 år
- 4-5 år
- > 5 år

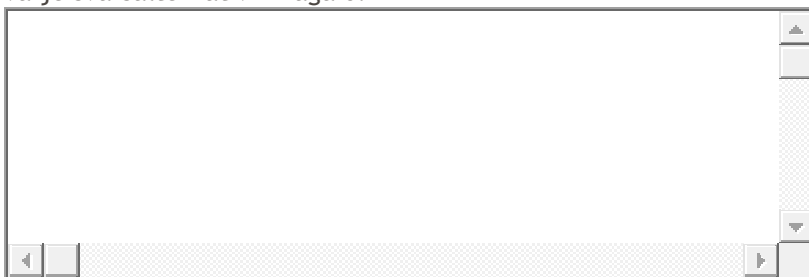
5. Uppskattningsvis hur ofta använder du utrymningsprogrammet?

- Dagligen
- Flera gånger per vecka
- Flera gånger per månad
- En gång per månad
- Flera gånger per år
- Mer sällan
- Övrigt:

6. Vilken typ av utbildning om utrymningsprogrammet har du fått? Flervalsalternativ

- Självlärd
- Intern utbildning
- Extern utbildning
- Övrigt:

7. Hur lång var utbildningen om utrymningsprogrammet? Ange gärna ett ungefärligt värde för varje svarsalternativ i fråga 6.



8. Vilken kunskap anser du dig ha om programmet?

1 2 3 4 5

Mycket liten      Mycket stor

9. Vilken kunskap anser du dig ha om programmets grundinställningar?

1 2 3 4 5

Mycket liten      Mycket stor

10. Vilken kunskap anser du dig ha om utförda valideringar och verifieringar av programmet?

1 2 3 4 5

Mycket liten      Mycket stor

11. Vilka praktiska erfarenheter om programmet anser du dig själv ha?

1 2 3 4 5

Mycket små      Mycket stora

## Kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar

12. Välj de alternativ som ni använder för att kontrollera att utförda utrymningsdimensioneringar är tillfredsställande på ert företag? Flervalsalternativ

- Känslighetsanalys
- Osäkerhetsanalys
- Jämförelse med kända förutsättningar
- Tredjepartsanalys
- Interkontroll
- Kontroll med handberäkningar
- Kontroll med annat utrymningsprogram
- Ingen kontroll genomförs
- Övrigt:

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

---

13. Om kontroll med annat utrymningsprogram används enligt ovanstående fråga, vilket program används då för att verifiera resultatet? Flervalsalternativ

- FDS + Evac
- Pathfinder
- Simulex
- Steps
- Övrigt:

14. Hur många simuleringar genomförs i genomsnitt för varje uppdrag för att kontrollera resultatet av olika simuleringar enligt fråga 12? Ange gärna ett värde för varje svarsalternativ i fråga 12.



15. Beskriv hur kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar utförs på ert företag:



16. Vem avgör generellt om och hur kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar ska genomföras på din arbetsplats? Flervalsalternativ

- Användaren av programmet
- Användaren tillsammans med kollegor
- Chef
- Rutiner inom företaget
- Beställaren/kund
- Myndighet
- Övrigt:

17. Vilken kunskap anser du dig ha om kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar?

1    2    3    4    5

Mycket liten      Mycket stor

18. Vilken kvalitet anser du att brandtekniska utrymningsdimensioneringar uppfyller generellt i branschen?

1 2 3 4 5

Mycket dålig      Mycket bra

Kommentar:

19. Är det något område som du anser behövs förbättras inom brandtekniska utrymningsdimensioneringar? Motivera gärna

## Övrigt

20. Finns det något som du anser bör undersökas i en framtida studie angående utrymningsprogram?

21. Har du några andra kommentarer som inte har tagits upp i enkäten?

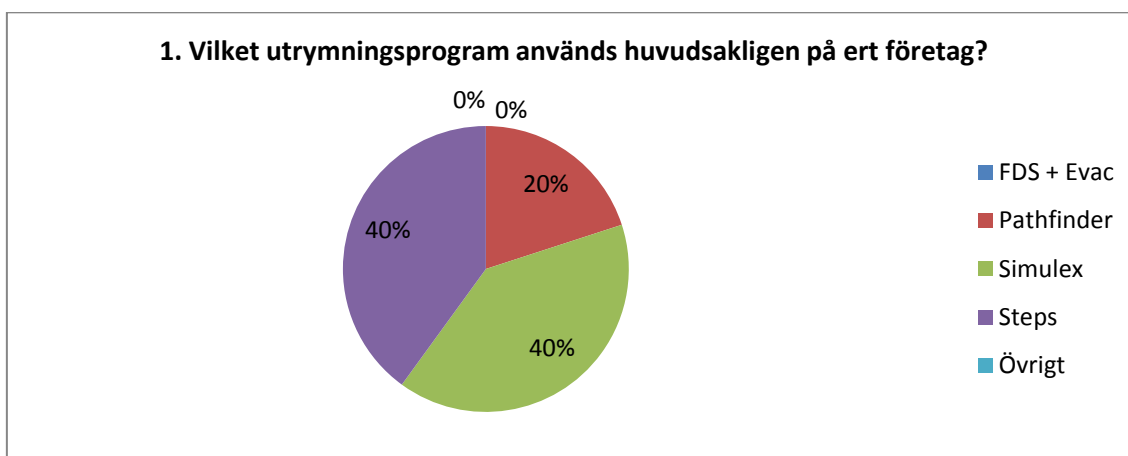
**Tack för din medverkan!**

## B.2 Resultat enkätundersökning

Nedan presenteras resultatet av enkätundersökningen som har besvarats av åtta av nio brandkonsulter som utförde utrymningsdimensioneringen samt ytterligare en brandkonsult som inte genomförde simuleringen. För en sammanfattning av resultatet hänvisas till kapitel 5 (resultat och analys).

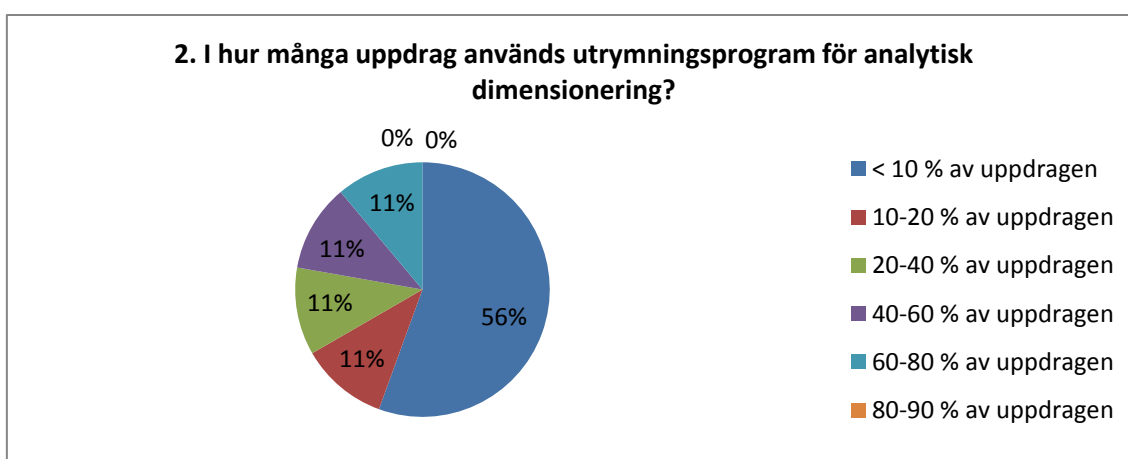
### B.2.1 Resultat – allmän information

I figur B.1–B.3 presenteras resultatet för de tre frågorna som berör allmän information.



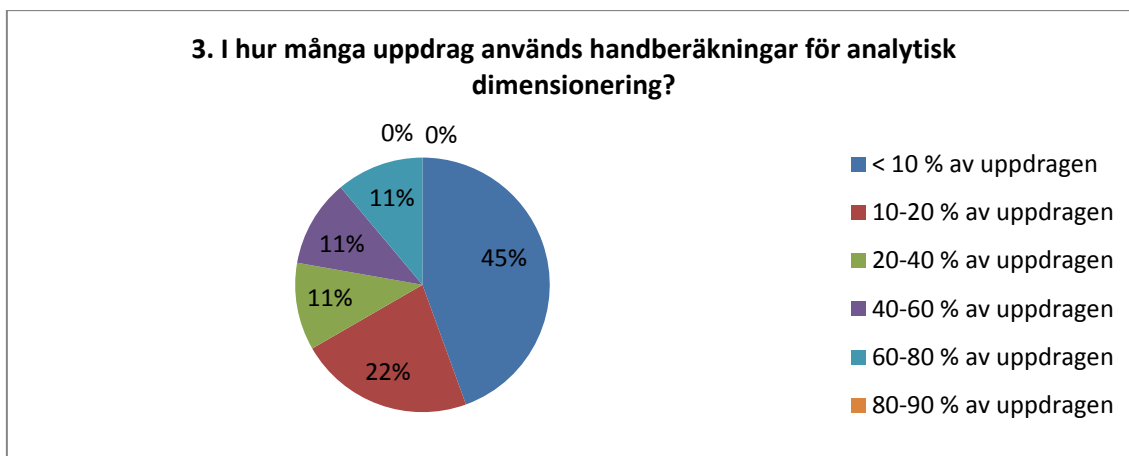
Figur B.1 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 1. Vilket utrymningsprogram används huvudsakligen på ert företag?

I fråga ett har en brandkonsult angett att både Simulex och Pathfinder används i lika stor utsträckning och därmed har båda programmen markerats i fråga ett. Dock håller de på att gå över till Pathfinder enbart.



Figur B.2 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 2. I hur många uppdrag används utrymningsprogram för analytisk dimensionering?

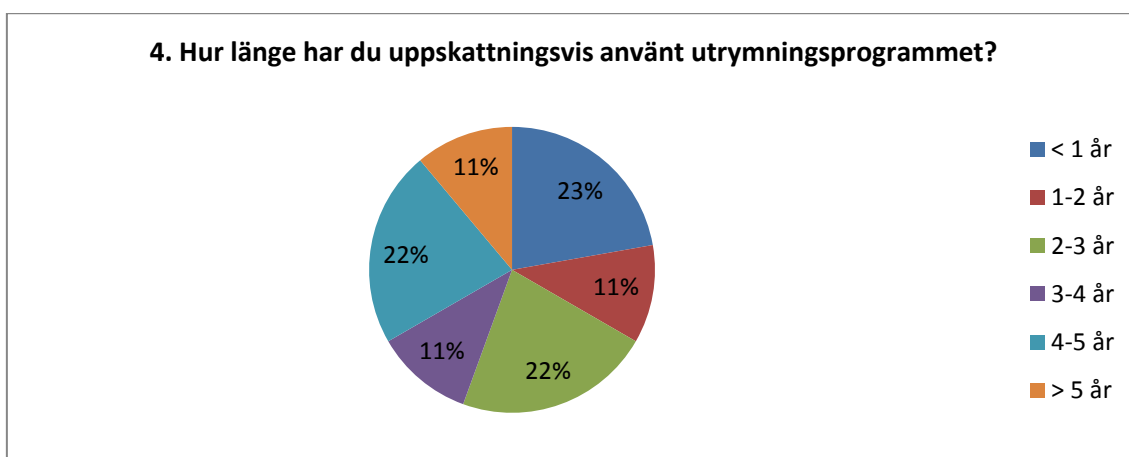




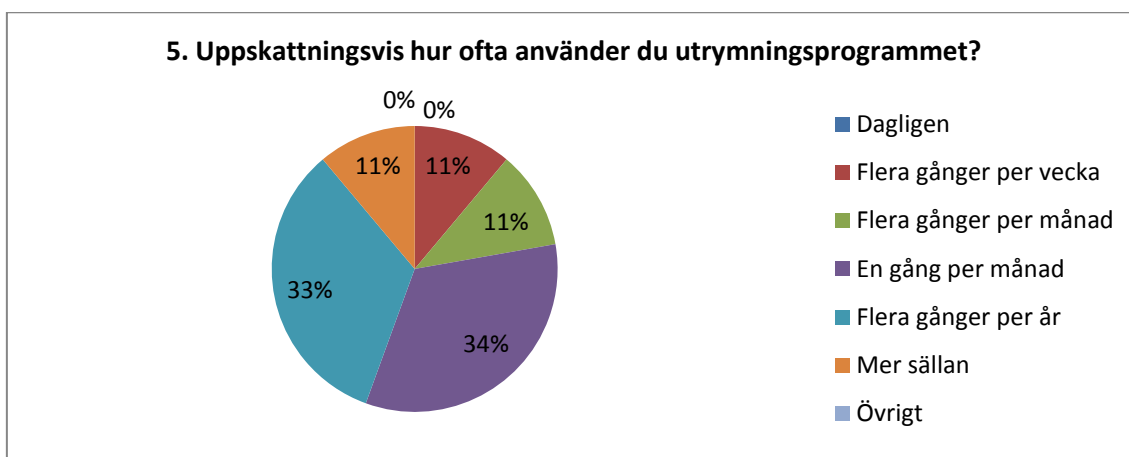
Figur B.3 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 3. I hur många uppdrag används handberäkningar för analytisk dimensionering?

### B.2.2 Resultat – användarinformation

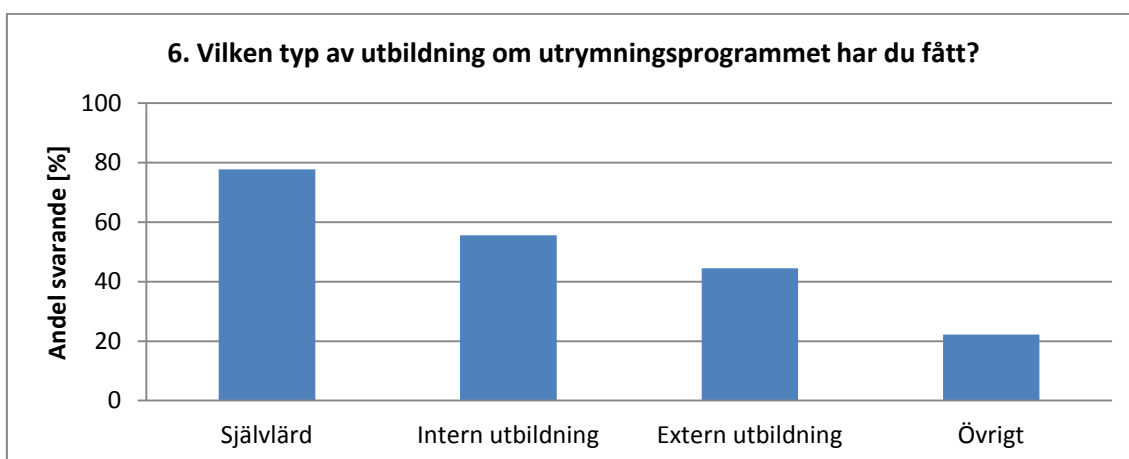
I figur B.4–B.10 och tabell B.1 presenteras resultatet för de åtta frågorna som berör användarinformation.



Figur B.4 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 4. Hur länge har du uppskattningsvis använt utrymningsprogrammet?



Figur B.5 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 5. Uppskattningsvis hur ofta använder du utrymningsprogrammet?



Figur B.6 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 6. Vilken typ av utbildning om utrymningsprogrammet har du fått? Då fråga sex innehöll ett flervalsoalternativ summeras inte andelen svarande till hundra procent då brandkonsulterna kan ha angett flera svarsalternativ.

De två brandkonsulterna som har angett övrigt i fråga sex har som förklaring skrivit ”LTH” respektive ”kortare introduktion på brandingenjörsprogrammet”. Ingen brandkonsult har enbart angett självlärd som svar.

Tabell B.1 Resultatet av enkätundersökningen för fråga sju, fritextsvar

**7. Hur lång var utbildningen om utrymningsprogrammet? – Ange gärna ett ungefärligt värde för varje svarsalternativ i fråga 6.**

En heldagsutbildning. Har följts upp med att själv jobba med programmet och lära mig genom att diskutera med kollegor och läsa i hjälp-funktionen.

1 dag

Någon enstaka timme på brandingenjörsutbildningen samt ca 2 dagar självstudier på jobbet. Det bör nämnas att vi i princip aldrig använder programmet idag men har planerat att börja använda det aningen mer i framtiden.

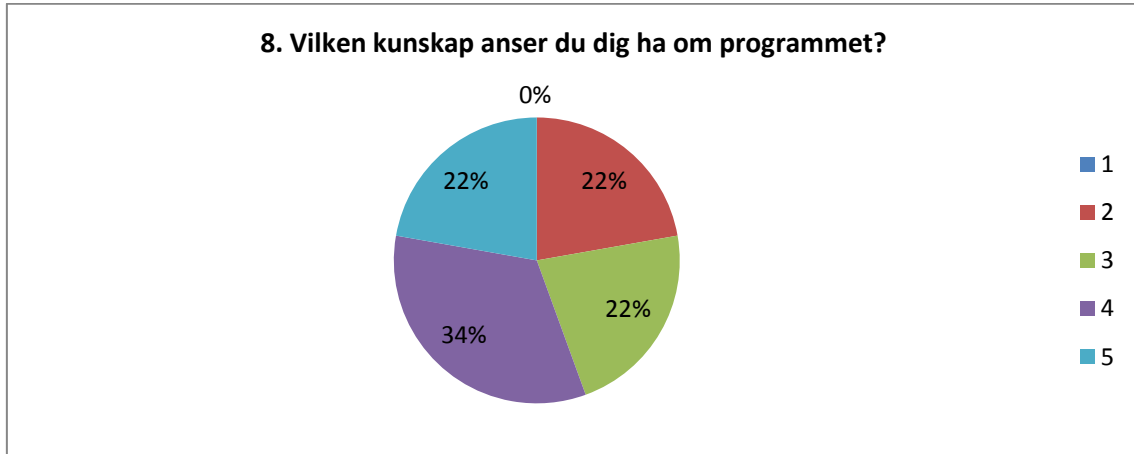
En dag?

Arbetade med Simulex innan, så utbildningen kring utrymningsprogram överhuvudtaget var längre, detta var bara att applicera på en ny modell - Pathfinder. Vad ska man säga, 3 timmar

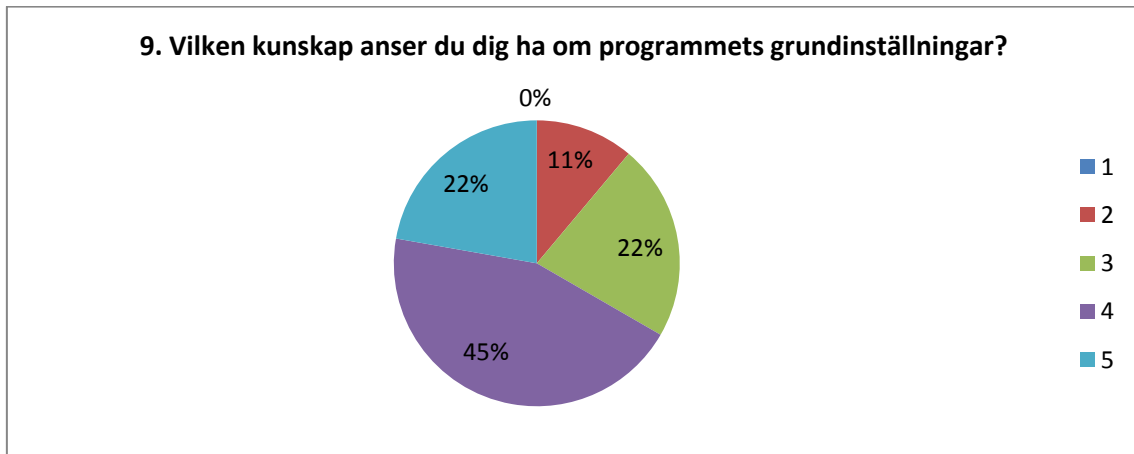
kanske i utbildningstid om man väger samman någon timmes intro med frågor allt eftersom?  
ca 10 timmar

Ca 2 timmar "lärarledd utbildning" 8 timmar egenstudier

1. Kontinuerligt
2. 1v
3. I snitt 1 dag/år



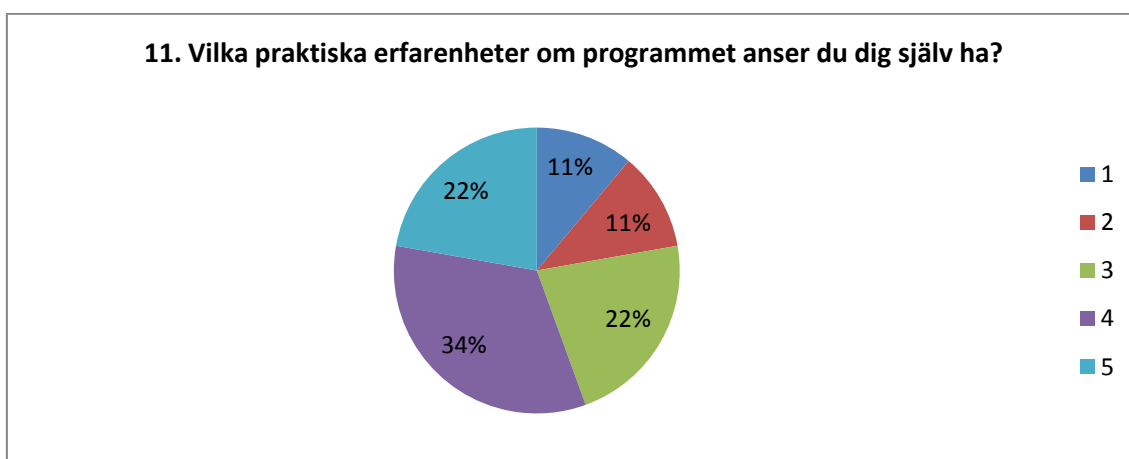
Figur B.7 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 8. Vilken kunskap anser du dig ha om programmet?



Figur B.8 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 9. Vilken kunskap anser du dig ha om programmets grundinställningar?



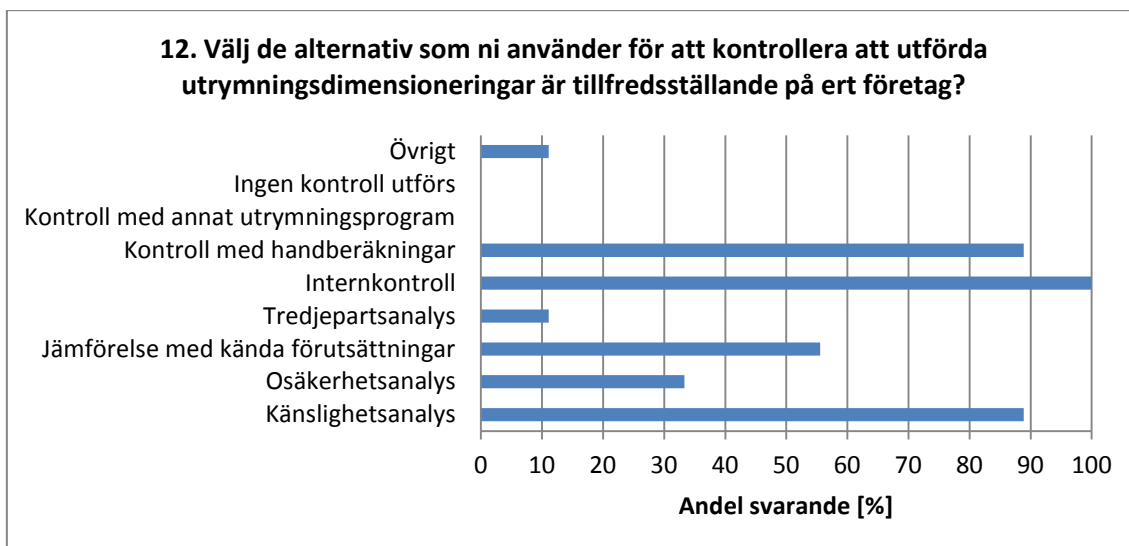
Figur B.9 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 10. Vilken kunskap anser du dig ha om utförda valideringar och verifieringar av programmet?



Figur B.10 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 11. Vilka praktiska erfarenheter om programmet anser du dig själv ha?

### B.2.3 Resultat – kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsutredningar

I figur B.11–B.15 och tabell B.2–B.5 presenteras resultatet för de åtta frågorna samt kommentarfältet som berör kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsutredningar.



**Figur B.11** Resultatet av enkätundersökningen för fråga 12. Välj de alternativ som ni använder för att kontrollera att utförda utrymningsdimensioneringar är tillfredsställande på ert företag? Då fråga tolv innehöll ett flervalsoalternativ summeras inte andelen svarande till hundra procent då brandkonsulterna kan ha angett flera svarsalternativ.

Brandkonsulten som har angett övrigt i fråga tolv har som förklaring skrivit ”egen erfarenhet, ”är detta rimligt”. Såklart olika för olika handläggare och deras erfarenhet, ökad internkontroll för nya”. Ingen brandkonsult har angett att de kontrollerar utförda utrymningsdimensioneringar med ett annat utrymningsprogram i fråga tolv och därmed har ingen besvarat fråga 13.

**Tabell B.2** Resultatet av enkätundersökningen för fråga 14, fritextssvar

**14. Hur många simuleringar genomförs i genomsnitt för varje uppdrag för att kontrollera resultatet av olika simuleringar enligt fråga 12?**

Väldigt olika beroende på hur komplex uppgiften är och hur mycket tid som finns i projektet.

Beror helt på frågeställningen. Men 15-20 simuleringar

>>10

För liten erfarenhet.

Beror helt på, är det motiverat med simuleringar, etc, etc

Svårt att säga, beror på förutsättningarna för objektet, Kanske 5-6 simuleringar per (medelstort) objekt. För ett köpcenter lite fler minst sagt...

Känslighetsanalys: ca 3

Kontroll med handberäkningar: 1

Otroligt svårt att svara med snittvärde. Uppdragen är så olika stora. Kanske 3-4?

Ca 5-10

**Tabell B.3** Resultatet av enkätundersökningen för fråga 15, fritextssvar

**15. Beskriv hur kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar utförs på ert företag:**

Väldigt olika beroende på hur komplex uppgiften är och hur mycket tid som finns i projektet. Men allt som görs interngranskas. I större projekt sker en tredjepartsgranskning.

Via intern framtagen vägledning för utrymningsanalyser som innefattar kontroll utförd av

handläggare innan simulering, kontroll utförd av intern granskare innan simulering, kontroll av utdata av handläggare samt kontroll av intern granskare av utdata.

### Egenkontroll

Främst genom granskning av annan person på avdelningen samt känslighetsanalys.

Vanligast med internkontroll, i komplexa fall är det ofta handberäkning plus simulering för att bekräfta resultatet.

Hålla sig up to date, erfarenhetsåterföring/spridning bland medarbetarna. Nya får handledning specifikt och granskas "hårdare". Annars inget för att ifrågasätta programmet som sådant, anses det vara validerat och verifierat och allmänt vedertaget finns det inga kunder som vill betala för fler beräkningar. Krassa sanningen.

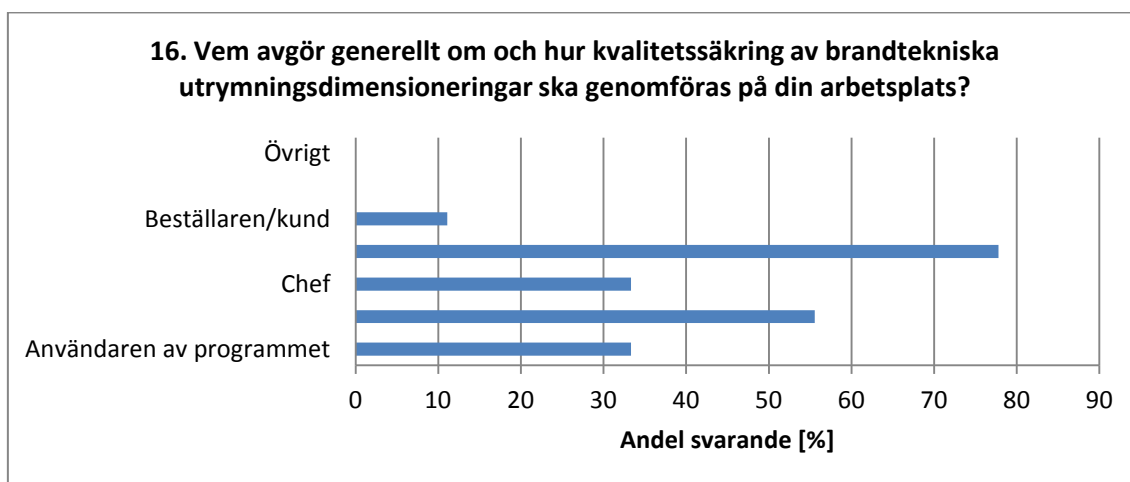
Med känslighetsanalysen varierar geometri (tex avseende tillgång av utgångar, bredd på dörrar) samt personantal.

Kontroll med handberäkningar sker för att kontrollera hur väl resultatet från simuleringarna stämmer överens med resultatet från handberäkningar.

Internkontroll. När dimensioneringen är klar granskar en annan konsult rimligheten i valda lösningar.

Annan konsult på företaget som är godkänd som granskare av verksamhetsansvarig och dessutom fristående från uppdraget går genom modellen, förutsättningarna samt valda scenarier med handläggaren innan simuleringarna påbörjas. Resultaten och dragna slutsatser granskas efter utförda simuleringar och analys.

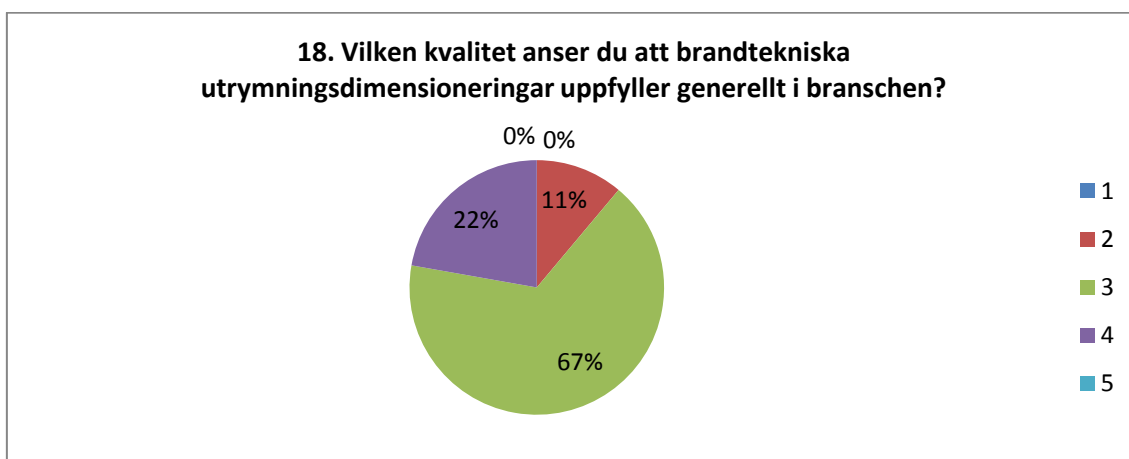
Egenkontroller enligt checklista. Jämförelse med handberäkningar. Bedömning av annan konsult av rimlighet i resultaten.



Figur B.12 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 16. Vem avgör generellt om och hur kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar ska genomföras på din arbetsplats? Då fråga 16 innehöll ett flervalsoalternativ summeras inte andelen svarande till hundra procent då brandkonsulterna kan ha angett flera svarsalternativ.



Figur B.13 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 17. Vilken kunskap anser du dig ha om kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar?



Figur B.14 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 18. Vilken kvalitet anser du att brandtekniska utrymningsdimensioneringar uppfyller generellt i branschen?

Tabell B.4 Resultatet av enkätundersökningen för kommentarfältet till fråga 18, fritextsvar

**Kommentar:**

Finns fortfarande en del ryggdunkande i den lilla ankdammen som kallas brandkonsulter-sverige.

Har inte mycket kunskap om utrymningsdimensioneringar generellt i branschen.

Som sagt använder vi det nästan aldrig idag men jag tror att det kan vara ett bra verktyg i kombination med andra metoder för att bedöma om tillfredställande utrymning kan ske i en lokal.

Man ser alla möjliga olika resultat här.. varierar stort...

Kvalitetssäkringen är i balans med tidsåtgång. Kostnader för en alltför komplex kvalitetssäkring är svår att motivera för kund som bara vill ha ett resultat.

Väldigt varierande. Regionala skillnader, men även lokala skillnader mellan företag på samma ort.

Tabell B.5 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 19, fritextssvar

---

<b>19. Är det något område som du anser behövs förbättras inom brandtekniska utrymningsdimensioneringar?</b>
Extern granskning
Jag bedömer inte att jag har tillräckligt bra kunskap för att svara på detta.
Trappmodeller generellt. EVAC hade varit skoj att testa mer med deras nya trappmodell som inte är tunnelmodellen. Mer verkliga försök i olika miljöer. Besluts- och reaktionstider för fler verksamheter än Frantzich rapport. Behövs mer för kontor, skolor exempelvis och lekland etc etc. Många olika försök.
Branschen bör ta fram accepterade referensvärden för mer indata. Det skulle då bli lättare att granska både för andra konsulter samt räddningstjänsten. Om ett referensvärde frångås så ska det tydligt motiveras varför. Mer tydliga instruktioner för hur scenarier ska byggas upp i de olika utrymningsprogrammen samt hur utdata ska presenteras skulle även det underlätta granskning och höja transparensen.
Vägledning kring modellernas lämplighet
Kunskap hos användare om rimliga värden och resultat samt konsekvenser av olika angreppssätt för verifiering. Rimlighetsanalyser, generellt behovet av att tänka först och räkna sedan istället för tvärtom.

---

#### B.2.4 Resultat – övrigt

I tabell B.6–B.7 presenteras resultatet för de två frågorna som berör övrig information.

Tabell B.6 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 20, fritextssvar

---

<b>20. Finns det något som du anser bör undersökas i en framtida studie angående utrymningsprogram?</b>
Hur de kan förbättras. Finns fortfarande förvånansvärt mycket begränsningar.
Trappmodeller. Kan man koppla relationer mellan folk i större grad? Är det exempelvis ett lekland kommer en förälder vilja hämta sitt barn först etc etc
Med tanke på att byggande går mot både högre byggnader samt mer komplexa byggnader under mark borde hissutrymning undersökas vidare. Även hur människor påverkas av att gå i trappor (uttröttnings) vore intressant att undersöka.
Vägledning kring modellernas lämplighet
Verifiering framförallt aktuellt för program med lägre grad av användarstyrning. För program med hög grad av användarstyrning handlar det i första hand om att bra grunddata finns och att projektörerna har tillräcklig kunskap för att välja rätt parametrar.

---

Tabell B.7 Resultatet av enkätundersökningen för fråga 21, fritextssvar

---

<b>21. Har du några andra kommentarer som inte har tagits upp i enkäten?</b>
Viktigt att komma ihåg att utrymningsdimensionering bara är en av många pusselbitar i en analys
Frågorna i början, hur stor andel av uppdragen. Här har jag tolkat som andel av absolut antal uppdrag. Dock är det en helt annan sak om man ser till andel TID. Sådana uppdrag pågår nämligen under längre tid än linjaluppdrag. Dessutom, är detta utifrån antal brandrelaterade uppdrag enligt BBR eller ska vi räkna in andra uppdrag rörande risk exempelvis också? Det kommer bli större andel med nya BBR. Men sammanfattningsvis, de flesta antal uppdrag, i absolut antal, ej nedlagd tid, är småuppdrag där vi inte dimensionerar analytiskt.

---



## **Bilaga C – Underlag till utrymningssimulering**

*I denna bilaga redovisas underlaget till utrymningssimuleringen som skickades ut till de brandkonsulter som deltog i arbetet, se figur C.1-C.17.*

### **C.1 Uppdaterad instruktion till utrymningssimuleringen**

## Utrymningsdimensionering

- SF Bio Salong 2 Helsingborg



Figur C.1 Sida ett i instruktionen som skickades ut till utrymningssimuleringen

## Innehåll

Utrymningsdimensionering .....	1
Resultatrapportering .....	1
Objektsbeskrivning.....	3
Utrymningsvägar.....	5
Utrymningsväg till foajé .....	6
Alternativ utrymningsväg .....	7
Antal biobesökare och dess placering.....	8

Figur C.2 Sida två i instruktionen som skickades ut till utrymningssimuleringen

## Utrymningsdimensionering

Under oktober månad har tre utrymningsförsök genomförts i salong 2 på SF Bio i Helsingborg. Salong 2 och dess tillhörande utrymningsvägar kommer att utgöra det specifika scenariot i examensarbetet. Utrymningsscenariot innefattar tre olika fullskaleförsök där antalet biobesökare skiljer försöken åt. Till utrymningsdimensioneringen har nedanstående dokument bifogats och i detta dokument finns en instruktion till utrymningsdimensioneringen, objektsbeskrivning samt information om de olika försöken.

- Dxf-fil 2D, avskalad ritning för import i utrymningsprogram
- Dxf-fil 3D, samma fil som 2D fast med lokalens höjdskillnader
- Resultatrapporteringsmall

Salongens geometri anges i bifogade dxf-filer där salongen och dess utrymningsvägar är uppritade i 2D och 3D. Resultatrapportering kan ske i bifogat dokument eller på valfritt sätt så länge samtlig information finns med.

Utrymningsdimensioneringen är att simulera de tre olika fullskaleförsöken i ett valfritt utrymningsprogram. Om ni använder er av fler än ett utrymningsprogram får ni gärna simulera ett eller flera av försöken i det andra programmet också. Det är även välkommet om ni är fler än en användare som har tid att simulera ett utrymningsförsök, viktigt är då att dessa genomförs var för sig. Utrymningsdimensioneringen kompletteras även med en enkätundersökning för att kunna besvara frågan – Hur fungerar kvalitetssäkring av brandtekniska utrymningsdimensioneringar hos olika brandkonsulter? Enkätundersökningen är webbaserad och finns tillgänglig på nedanstående länk:

<https://docs.google.com/spreadsheets/viewform?formkey=dHRzS0M0SGhzN2ZWbUIRd1dlNFJTIE6MQ>

Alla svar i enkätundersökningen kommer att behandlas anonymt, både för mig som granskar svaren och senare i rapporten. Resultatrapporteringen för utrymningsdimensioneringen kommer att behandlas konfidentiellt i rapporten där alla brandkonsulter kommer att anges som brandkonsult X, där X anger en siffra. Detta för att förenkla eventuell kontakt och för att jag eventuellt ska kunna komplettera med några uppföljande frågor angående resultatet.

### Resultatrapportering

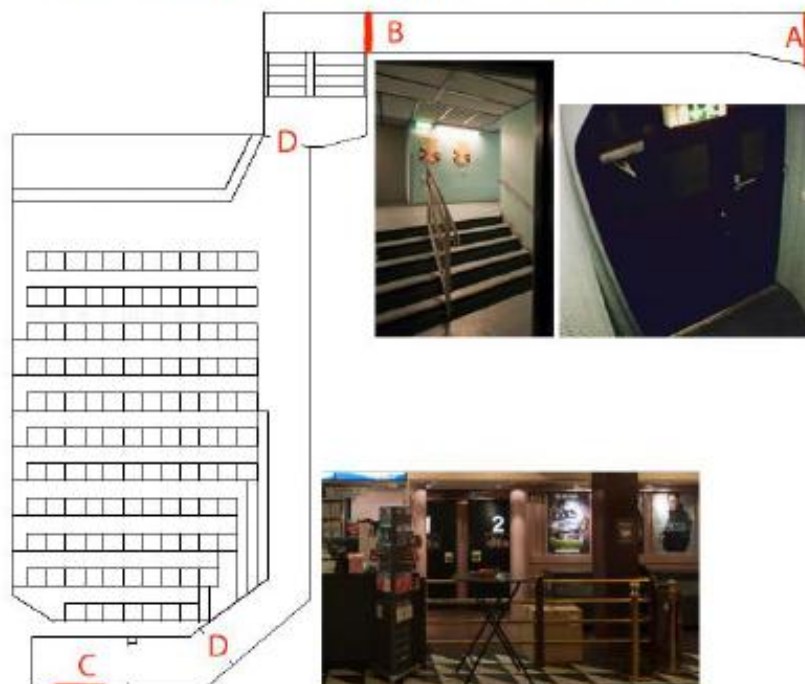
Resultatrapporteringen kan ske i bifogat dokument eller på valfritt sätt så länge samtlig information finns med. Alla punkter i resultatrapporteringsmallen behöver inte finnas med om de inte anges av användaren, om någon punkt saknas var god lägg till ytterligare information. Om en fördefinierad person används enligt utrymningsprogrammet räcker det att ange det i raden *Eventuellt fördefinierad person enligt program* och därmed inte nödvändigtvis ange vidare indata för personen.

Nedanstående resultat skulle jag vilja ha presenterat alternativt att jag själv kan ta ut informationen från eventuellt bifogade dokument (exempelvis utdatafiler från program). Antal personer/utgång anger antalet utrymda personer som funktion av tiden där både förberedelsestiden och förflyttningstiden ingår.

- Antal personer/utgång som funktion av tiden – dörr ut till det fria (1,5 m) (punkt A)
- Antal personer/utgång som funktion av tiden – ovanför sista trappsteget i korridoren (punkt B)

Figur C.3 Sida tre i instruktionen som skickades ut till utrymningssimuleringen

- Antal personer/utgång som funktion av tiden – öppning till foajé (1,35 m) (punkt C)
- Tid till första respektive sista personen lämnar salongen genom någon av dörrarna markerade med D (s)
- Tid till sista personen lämnar en valfri stolsrad (s)
- Bild över salongen och dess tillhörande utrymningsvägar var 30:e sekund



Punkt A-D anger datapunkterna för resultatrapportering

Deadline för utrymningsdimensioneringen och enkätundersökningen är fredagen den 16:e november. Enkätundersökningen besvaras via webben och utrymningsdimensioneringen skickas till [marcus.knutsmark@gmail.com](mailto:marcus.knutsmark@gmail.com) där resultatrapporteringsmallen eller liknande bifogas. För att underlätta arbetet att se vilka antaganden som har utförts får ni även gärna bifoga simuleringsfilen.

Vid eventuella frågor eller funderingar är ni välkomna att höra av er. Målsättningen är att alla deltagare ska få ta del av samma information vilket medför att jag eventuellt kommer att komplettera med ytterligare information.

Tack på förhand!

Marcus Knutsmark  
 BI00/RH11  
 Telefon: 0700-96 03 96  
[marcus.knutsmark@gmail.com](mailto:marcus.knutsmark@gmail.com)

Figur C.4 Sida fyra i instruktionen som skickades ut till utrymningsdimensioneringen

## Objektsbeskrivning

Tre utrymningsförsök har genomförts i salong 2 på SF Bio i Helsingborg. Salong 2 har 123 fåtöljer uppdelat på 11 rader, se figur 1–2. Fåtöljernas exakta placering i salongen visas senare i figur 16. Det finns två stycken utrymningsvägar från salongen vilka utgörs av huvudentrén i bakre delen av lokalen som leder ut till en foajé samt en utrymningsväg till en gemensam korridor som leder ut till det fria längst fram i lokalen. Båda utrymningsvägarna befinner sig längs den vänstra sidan av lokalen framifrån sett. På vänster sida finns en bred gång (1,2 - 1,5 m) och en smal gång på höger sida (0,4 m), se figur 3-4.



Figur 1 Salong 2 SF Bio i Helsingborg



Figur 2 Salong 2 SF Bio i Helsingborg



Figur 3 Vänster passage framifrån sett



Figur 4 Höger passage framifrån sett

Figur C.5 Sida fem i instruktionen som skickades ut till utrymningsmodelleringen



Golvnivån i salongen samt i foajén är i samma plan tillsammans med stolsrad 1-3. Stolsrad 4-11 består dock av olika avsatser och ökar bakåt i salongen, se figur 5-6. För exakta höjdskillnader och information om trappavsatserna hänvisas till dxf-filen i 3D.



Figur 5 Trappupbyggnad för de bakre raderna



Figur 6 Trappupbyggnad för de bakre raderna

Fåtöljerna i salongen är 0,55 m breda, 1 m höga och 0,5 m djupa (från stolsrygg till flaskhållare) alternativt 0,7 m djupa (från stolsrygg till sittplats i nedfällid position), se figur 7. Avståndet mellan varje stolsrad är 0,5 m om fåtöljerna är i uppfälld position. Fåtöljerna står kloss an till varandra i sidled vilket medför att den totala bredden för exempelvis en stolsrad med 12 platser är 6,6 m.



Figur 7 Fåtöljernas storlek i centimeter

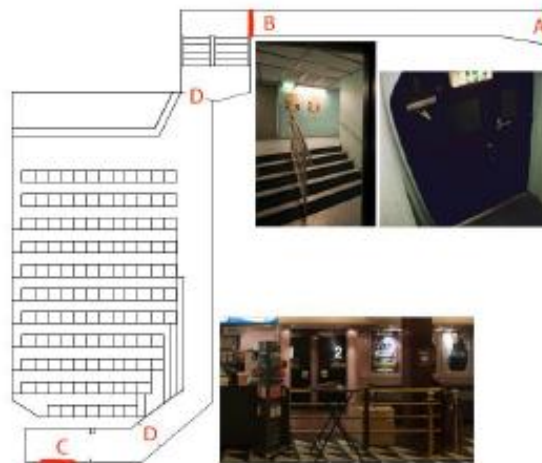
### Utrymningsvägar

Det finns två utrymningsvägar från salong 2 varav den ena leder ut till foajén och den andra till en gemensam korridor. Den fria dörrbredden från dörrarna i salongen är 1,05 m. Figur 8 visar salongens placering med dess tillhörande utrymningsvägar. Båda utrymningsvägarna används som utgång efter föreställningens slut men enbart den bakre används vid insläpp till salongen.



Figur 8 Utrymningsvägar från salong 2

Figur 9 visar en översiktlig bild över salong 2 och dess tillhörande utrymningsvägar. Punkt A-D anger datapunkterna för resultatrapportering, se slutet av dokumentet för ytterligare förklaring.



Figur 9 Översiktlig bild över salong 2 och utrymningsvägar. Punkt A-D anger datapunkterna för resultatrapportering



#### Utrymningsväg till foajé

Den bakre utrymningsvägen som även är den vägen som biobesökarna kommer in till salongen leder ut till en gemensam foajé. I foajén sker biljettsläpp till alla salongerna och det är även här kassorna finns, se figur 10.



Figur 10 Utrymningsväg till foajé

Figur 11 och 12 visar den bakre utrymningsvägen från salongen både inifrån salongen sett och från foajén. Korridorens bredd utmed trappräcket till höger i figur 11 ökar från 1,2 m längst in i salongen till 1,4 m innan den första dörren i salongen. I utrymmet mellan foajén och salongen är korridorens bredd 1,45 m. Efter den yttersta dörren, figur 12, svänger biobesökarna 90 grader till höger i bilden sett genom en 1,35 m bred öppning ut till foajén.



Figur 11 Den bakre utrymningsvägen ut till foajén

Figur 12 Den bakre utrymningsvägen in till salongen

Figur C.8 Sida åtta i instruktionen som skickades ut till utrymningssimuleringen

### Alternativ utrymningsväg

Den alternativa utrymningsvägen är placerad längst fram i salongen och leder ut till en gemensam korridor, se figur 13-14. Utrymningsvägen används även som en naturlig utgång för biobesökarna efter föreställningens slut. Utanför salongen finns det en trappa, se figur 12, som leder upp biobesökarna till korridoren som mynnar ut till det fria. Trappan är 0,75 m hög och 1,2 m lång vilket motsvarar en lutning på 32 grader. Den vänstra trappan i figur 13 har en fri bredd på 1,1 m respektive 1,4 m för den högra trappan. Korridoren ut till det fria har en fri bredd på 1,15 m för att sedan öka till 1,5 m några meter innan dörren som leder ut till det fria. Dörren ut till det fria utgörs av en dubbeldörr där den totala fria dörrbredden uppgår till 1,5 m, där varje dörrbredd är 1 respektive 0,5 m. Det är enbart dörren som är 1 m bred som öppnas normalt då den smala dörren är försedd med ett separat handtag. Korridoren har en liten sluttning ut till det fria på 4 grader och dess längd är 10,8 m vilket ger en höjdskillnad på 0,75 m.



Figur 13 Den främre utrymningsvägen ut till korridoren



Figur 14 Utrymningsväg genom korridor mot dörr till det fria

Figur 15 visar den alternativa utrymningsvägen inifrån salongen sett, observera att dörren inte är placerad rakt ut mot korridoren utan att dörren är vinklad mot den högra trappan i figur 13. Då utrymningsförsöken genomfördes hade soptunnor placerats ut enligt figur 15 vilket upptar en del av utrymningsvägen.



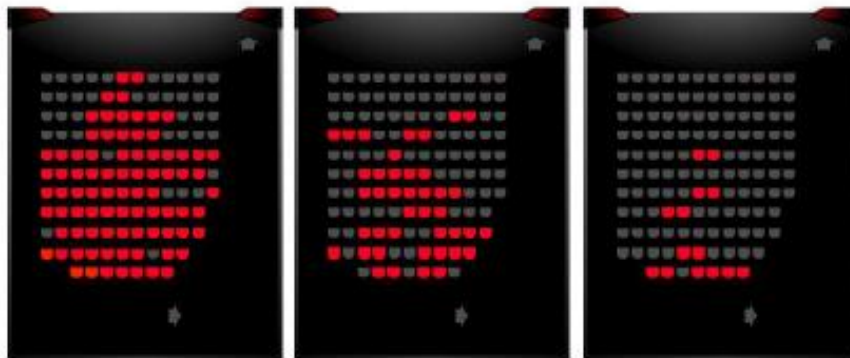
Figur 15 Den alternativa utrymningsvägen mot korridoren ut till det fria

### Antal biobesökare och dess placering

Under utrymningsförsöken filmades biobesökarna vid respektive utgång från salongen samt ovanför trappan i korridoren. I tabell 1 anges antal biobesökare i respektive scenario och deras placering visas i figur 16.

Tabell 1 Antal biobesökare i varje scenario

	Antal biobesökare
Scenario 1	83
Scenario 2	41
Scenario 3	14



Figur 16 Biobesökarnas placering i salongen, scenario 1 längst till vänster och scenario 3 längst till höger

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

I utrymningsförsöken användes ett talat utrymningsmeddelande som är uppbyggt enligt följande:

4,5 sekunder sirenen, 3 sekunder paus, 10 sekunder talat utrymningsmeddelande på svenska, 3 sekunder paus, 4,5 sekunder sirenen, 3 sekunder paus, 10 sekunder talat utrymningsmeddelande på engelska. Meddelandet upprepades sedan till försöket avbröts.

Svenskt meddelande: Viktigt meddelande, viktigt meddelande. Brand har utbrutit i byggnaden, lämna omedelbart byggnaden genom närmaste utgång.

Engelskt meddelande: Attention please, attention please. Fire has been reported in the building, please leave the building immediately by the nearest exit.

Utrymningslarmet startade mellan reklamen och föreställningen där belysningen i salongen också höjdes upp från "reklamläge" till maximal belysning samtidigt som utrymningslarmet startade.

I tabell 2-4 anges köns- och åldersfördelningen för de biobesökare som besvarade enkätundersökningen i respektive scenario.

Tabell 2 Köns- och åldersfördelning för alla utom nio biobesökare i scenario 1

	Man	Kvinna	Man under 18 år	Kvinna under 18 år	Ingen uppgift	Under 15 år	Totalt
1956-1958	1						1
1959-1961							0
1962-1964							0
1965-1967							0
1968-1970							0
1971-1973	1						1
1974-1976		1					1
1977-1979	1	1					2
1980-1982	4	2			1		7
1983-1985	2	1			1		4
1986-1988	11	8					19
1989-1991	3	12					15
1992-1994	1	8					9
1995-1997			5	5			10
Ingen uppgift	3				2		5
Totalt	27	33	5	5	4	0	74

Figur C.11 Sida elva i instruktionen som skickades ut till utrymnings simuleringen

Tabell 3 Köns- och åldersfördelning för alla utom två biobesökare i scenario 2

	Man	Kvinna	Man under 18 år	Kvinna under 18 år	Ingen uppgift	Under 15 år	Totalt
1953-1955	1						1
1956-1958							0
1959-1961							0
1962-1964							0
1965-1967	1						1
1968-1970							0
1971-1973	1	2					3
1974-1976	1	1					2
1977-1979							0
1980-1982	3	1					4
1983-1985		1					1
1986-1988	1	1					2
1989-1991		2					2
1992-1994	5	1					6
1995-1997			1	13			14
1998-						1	1
Ingen uppgift	2						2
<b>Totalt</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>39</b>

Tabell 4 Köns- och åldersfördelning för alla biobesökare i scenario 3

	Man	Kvinna	Man under 18 år	Kvinna under 18 år	Ingen uppgift	Under 15 år	Totalt
1935-1937	1						1
1938-1940	1						1
1941-1943		1					1
1944-1946							0
1947-1949		1					1
1950-1952							0
1953-1955							0
1956-1958							0
1959-1961	1						1
1962-1964							0
1965-1967							0
1968-1970		1					1
1971-1973							0
1974-1976							0
1977-1979							0
1980-1982	4	1					5
1983-1985		1					1
1986-1988	1						1
1989-1991		1					1
<b>Totalt</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>

Figur C.12 Sida tolv i instruktionen som skickades ut till utrymningsdimensioneringen

# Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

## C.2 Resultatrapporteringsmall till utrymningssimuleringen

I figur C.13 visas resultatrapporteringsmallen (excelfil) som skickades ut till brandkonsulterna för att förenkla resultatrapporteringen.

Resultatrapportering			
<b>Användarinformation</b>			
Namn på företag:			
Ditt namn:			
Valt utrymningsprogram samt version:			
<b>Indata (ange den information som definieras av användaren i programmet)</b>			
<b>Alla nedanstående punkter behöver inte finnas med om de inte anges av användaren, om någon punkt saknas var god lägg till ytterligare information</b>			
	<b>Persontyp 1</b>	<b>Persontyp 2</b>	<b>Persontyp 3</b>
Eventuellt fördelning person enligt program (-)			
Fördelning mellan olika persontyper (%)			
Medelvärde förberedelsestid (s)			
Förberedelsestid +/- antal sekunder från medelvärdet (s)			
Fördelning av förberedelsestid (slumpmässig, triangular, normal mm)			
Gånghastighet plant underlag (m/s)			
Variation i gånghastighet på plant underlag +/- (m/s)			
Fördelning gånghastighet (constant, uniform, std normal, log normal) (Pathfinder)			
Multiplikationsfaktor för gånghastighet uppför trappor (-)			
Multiplikationsfaktor för gånghastighet nedför trappor (-)			
Reducering av gånghastighet pga. lutning (-) (STEPS)			
Reducering av gånghastighet pga. framförvarande (-) (STEPS)			
Reducering av gånghastighet pga. persontäthet (-) (STEPS)			
Lokal hastighet (m/s) (STEPS)			
Lokal faktor (-) (STEPS)			
Personbredd (m)			
Fördelning av personbredd (constant, uniform, std normal, log normal) (Pathfinder)			
Personbredd axlar (m)			
Personbredd kropp (m)			
Reduction Factor (-) samt fördelning (constant, uniform, std normal, log normal) (Pathfinder)			
Comfort Distance (m) samt fördelning (constant, uniform, std normal, log normal) (Pathfinder)			
Persist time (s) samt fördelning (constant, uniform, std normal, log normal) (Pathfinder)			
Collision Response Time (s) samt fördelning (constant, uniform, std normal, log normal) (Pathfinder)			
Slow factor (-) samt fördelning (constant, uniform, std normal, log normal) (Pathfinder)			
Personers tålmod (-) (STEPS)			
Personflöde över dörröppning (1,05 m - dörrar från salong) (p/sm)			
Personflöde över dörröppning (1,35 m - öppning till foajé) (p/sm)			
Personflöde över dörröppning (1,5 m - dörr ut till det fria) (p/sm)			
Beskriv vald lösning av lutning i korridor (fritext)			
Beskriv vald lösning av trappkonstruktion för platsrader i salongen (fritext)			
Beskriv vald lösning av trappkonstruktion i korridor (fritext)			
Cellstorlek (m)			
Eventuella förändringar i geometri (fritext)			
Övrigt (fritext)			
<b>Resultat</b>	<b>Scenario 1</b>	<b>Scenario 2</b>	<b>Scenario 3</b>
Antal personer/utgång som funktion av tiden - dörr ut till det fria (1,5 m) (punkt A)	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen
Antal personer/utgång som funktion av tiden - ovanför sista trappsteget i korridoren (punkt B)	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen
Antal personer/utgång som funktion av tiden - öppning till foajé (1,35 m) (punkt C)	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen	Valfri figur/tabell eller utdatafil där jag själv kan ta ut informationen
Tid till första respektive sista personen har utrymt salongen genom någon av dörrarna markerade med D (s)			
Tid till sista personen lämnar en valfri stolsrad (s)			
Bild över salongen och dess tillhörande utrymningsvägar var 30:e sekund	Valfri bild över salongen med dess tillhörande utrymningsvägar	Valfri bild över salongen med dess tillhörande utrymningsvägar	Valfri bild över salongen med dess tillhörande utrymningsvägar

Figur C.13 Resultatrapporteringsmall till utrymningssimuleringen



### C.3 Rättelseblad

I figur C.14-C.15 visas rättelsebladet som skickades ut till brandkonsulterna tillsammans med den uppdaterade instruktionen till utrymningssimuleringen, se avsnitt C.1.


**Rättelseblad**

Antal biobesökare i scenario 1 har ökat från 80 till 83 i tabell 1.

Tabell 1 Antal biobesökare i varje scenario

	Antal biobesökare
Scenario 1	83
Scenario 2	41
Scenario 3	14

Biobesökarnas placering i salongen för scenario 1 har ändrats, där två personer har lagts till på rad 11 och en person på rad 10. Den vänstra figuren nedan visar den nya figuren.



Figur 1 Biobesökarnas placering i salongen

Tabell 2 visar köns- och åldersfördelning för alla utom nio personer istället för tidigare sex personer.

Tabell 2 Köns- och åldersfördelning för alla utom **nio** biobesökare i scenario 1

	Man	Kvinna	Man under 18 år	Kvinna under 18 år	Ingen uppgift	Under 15 år	Totalt
1956-1958	1						1
1959-1961							0
1962-1964							0
1965-1967							0
1968-1970							0
1971-1973	1						1
1974-1976		1					1
1977-1979	1	1					2
1980-1982	4	2			1		7
1983-1985	2	1			1		4
1986-1988	11	8					19

Figur C.14 Sida ett i rättelsebladet

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

---

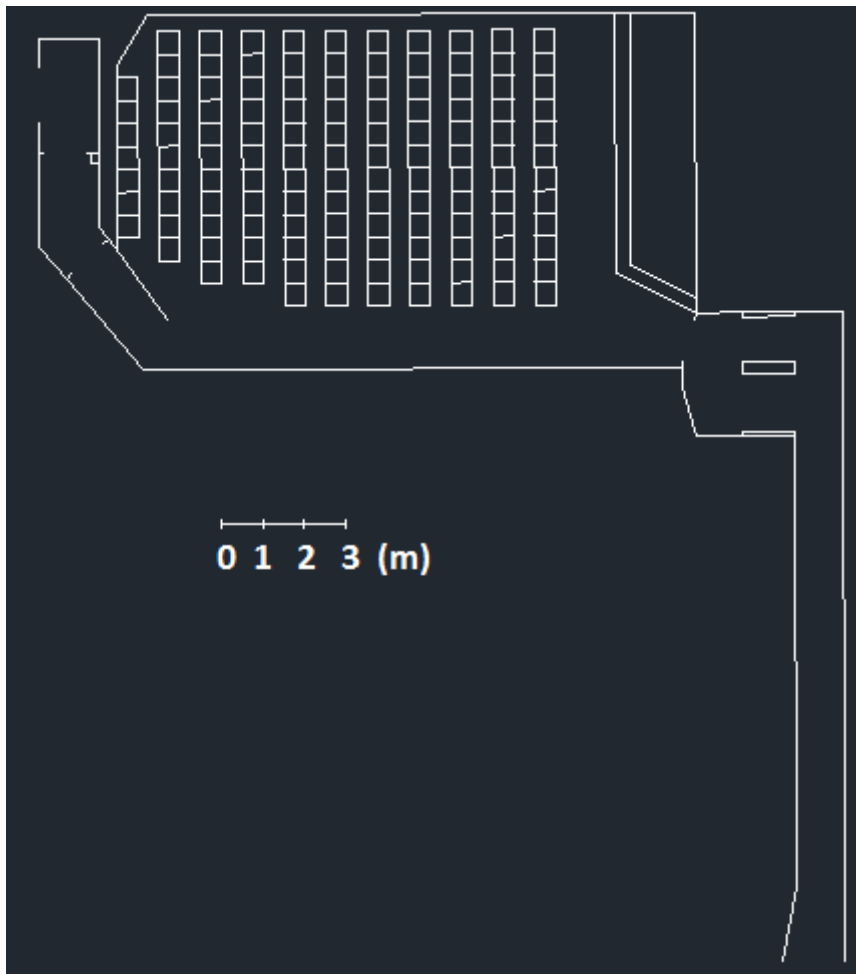
1989-1991	3	12					15
1992-1994	1	8					9
1995-1997			5	5			10
Ingen uppgift	3				2		5
Totalt	27	33	5	5	4	0	74

Figur C.15 Sida två i rättelsebladet



## C.4 DXF-filer

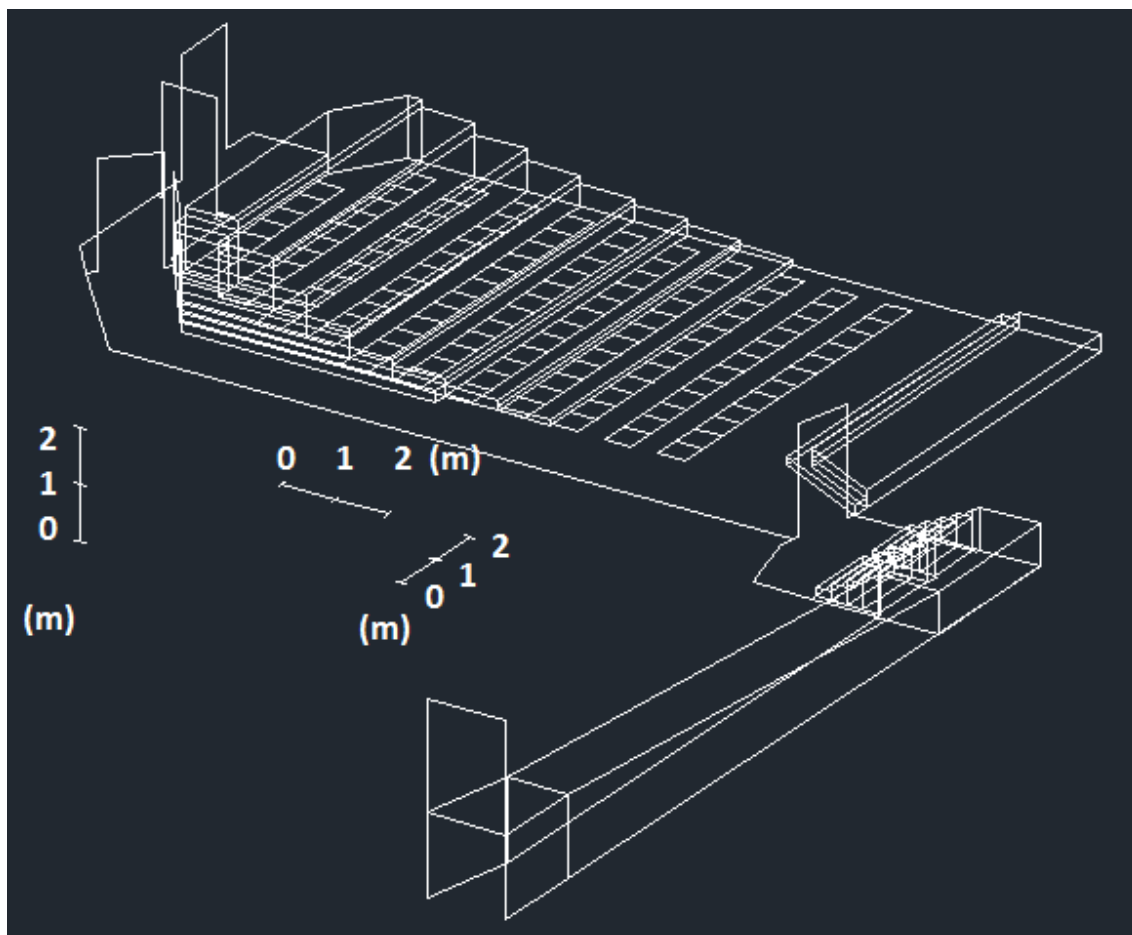
I figur C.16-C.17 visas en bild av dxf-filerna som skickade med som underlag för salongens geometri. Figur C.16 visar salongen i 2D och figur C.17 i 3D.



Figur C.16 DXF-fil i 2D

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden



Figur C.17 DXF-fil i 3D

## Bilaga D – Resultatrapportering

I denna bilaga presenteras indata till utrymningssimuleringarna för respektive brandkonsult. Resultatrapporteringen av indata utgår från resultatrapporteringssmallen.

I tabell D.1-D.35 presenteras resultatet från respektive brandkonsults resultatrapportering. I en del tabeller skiljs värdena åt med ”;” vilket innebär att olika värden har använts för de olika persontyperna som har angetts i tabell D.1.

Tabell D.1 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *eventuellt fördefinierad person enligt program*

Eventuellt fördefinierad person enligt program (-)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	BBRAD normal (egen kategori); BBRAD handikapp (egen kategori)
Brandkonsult 3	Äldre person >65 år och funktionsnedsättning; Mellan 15-65 år; Yngre person <15 år
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	”Shoppers”
Brandkonsult 5	”Shoppers” med ändrad definition av ingående personer
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	”Shoppers”
Brandkonsult 8:1/8:2	Default; Man, ålder >50; Man, ålder 20-50; Man, ålder <20; Kvinna, ålder >50; Kvinna, ålder 20-50; Kvinna, ålder <20
Brandkonsult 9	-

Tabell D.2 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *fördelning mellan olika persontyper*

Fördelning mellan olika persontyper (%)	
Brandkonsult 1	100
Brandkonsult 2	Scenario 1: 99; 1 Scenario 2 och 3: 100; 0
Brandkonsult 3	Scenario 1: 2,4; 97,6; 0 Scenario 2: 2,5; 95; 2,5 Scenario 3: 21,5; 78,5
Brandkonsult 4:1	100
Brandkonsult 4:2	Median 35; Adult Male 40; Adult Female 15; Child 10
Brandkonsult 5	Median 30; Adult Male 20; Adult Female 30; Child 20
Brandkonsult 6	100
Brandkonsult 7	Median 35; Adult Male 40; Adult Female 15; Child 10
Brandkonsult 8:1/8:2	Scenario 1: 6; 2,4; 31,3; 8,4; 0; 33,7; 18,1 Scenario 2: 7,3; 2,4; 17,1; 14,6; 0; 22; 36,6 Scenario 3: 0; 21,4; 35,7; 0; 14,3; 0; 28,6
Brandkonsult 9	100

Tabell D.3 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *medelvärde förberedelse*tid

Medelvärde förberedelse	
Brandkonsult 1	60
Brandkonsult 2	60
Brandkonsult 3	60 (BBRAD)
Brandkonsult 4:1	60
Brandkonsult 4:2	60
Brandkonsult 5	60
Brandkonsult 6	60
Brandkonsult 7	1 (+60 sekunder har lagts till för alla persontyper i efterhand)
Brandkonsult 8:1/8:2	16-36
Brandkonsult 9	30

Tabell D.4 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *förberedelse*tid +/- antal sekunder från medelvärdet

Förberedelse	
Brandkonsult 1	Standardavvikelse 10 s, Max 120 s, Min 60 s
Brandkonsult 2	0
Brandkonsult 3	Standardavvikelse 10 s, Max 75 s, Min 45 s
Brandkonsult 4:1	Max 75 s, Min 45 s
Brandkonsult 4:2	Max 75 s, Min 45 s
Brandkonsult 5	30
Brandkonsult 6	Standardavvikelse 10 s, Max 90 s, Min 30 s
Brandkonsult 7	0,5
Brandkonsult 8:1/8:2	0
Brandkonsult 9	0

Tabell D.5 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *fördelning av förberedelse*tid

Fördelning av förberedelse	
Brandkonsult 1	Normalfördelning
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	Normalfördelning
Brandkonsult 4:1	Normalfördelning
Brandkonsult 4:2	Normalfördelning
Brandkonsult 5	Slumpmässig fördelning
Brandkonsult 6	Normalfördelning
Brandkonsult 7	Slumpmässig fördelning
Brandkonsult 8:1/8:2	Likformig fördelning
Brandkonsult 9	-

Tabell D.6 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *gånghastighet plant underlag*

<b>Gånghastighet plant underlag (m/s)</b>	
Brandkonsult 1	1,2
Brandkonsult 2	1,5 (BBRAD); 1,0 (BBRAD)
Brandkonsult 3	0,9; 1,350; 0,9
Brandkonsult 4:1	1,16
Brandkonsult 4:2	1,3; 1,35; 1,15; 0,9
Brandkonsult 5	1,3; 1,35; 1,15; 0,9
Brandkonsult 6	0,6
Brandkonsult 7	1,3; 1,35; 1,15; 0,9
Brandkonsult 8:1/8:2	1,19; 1,1–1,19; 1,19; 1,1–1,19; 1,11–1,19; 1,19; 1,1–1,19
Brandkonsult 9	1,35 (Fruin Distribution)

Tabell D.7 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *variation i gånghastighet på plant underlag +/-*

<b>Variation i gånghastighet på plant underlag +/- (m/s)</b>	
Brandkonsult 1	Standardavvikelse 0,2, Max 2, Min 0,5
Brandkonsult 2	0
Brandkonsult 3	Standardavvikelse 0,255, Max 1,367, Min 0,433; Standardavvikelse 0,255, Max 2,050, Min 0,650; Standardavvikelse 0,255, Max 1,367, Min 0,433
Brandkonsult 4:1	Max 1,35, Min 0,8
Brandkonsult 4:2	0; 0,2; 0,2; 0,3
Brandkonsult 5	0; 0,2; 0,2; 0,3
Brandkonsult 6	0
Brandkonsult 7	0; 0,2; 0,2; 0,3
Brandkonsult 8:1/8:2	0
Brandkonsult 9	Standardavvikelse 0,255, Max 2,05, Min 0,65 (Fruin Distribution)

Tabell D.8 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *fördelning gånghastighet*

<b>Fördelning gånghastighet (-)</b>	
Brandkonsult 1	Normalfördelning
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	Normalfördelning
Brandkonsult 4:1	Normalfördelning
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	Konstant
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	Konstant; Likformig; Konstant; Likformig; Likformig; Konstant; Likformig
Brandkonsult 9	Normalfördelning

Tabell D.9 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *SFPE/Steering Mode*

SFPE/Steering Mode (-) (Pathfinder)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	Steering
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	Steering
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1	SFPE
Brandkonsult 8:2	Steering
Brandkonsult 9	-

Tabell D.10 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *multiplikationsfaktor för gånghastighet uppför trappor*

Multiplikationsfaktor för gånghastighet uppför trappor (-)	
Brandkonsult 1	0,5
Brandkonsult 2	0,4 (BBRAD)
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	0,5
Brandkonsult 5	0,5
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	0,5
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	Försumbart bidrag (P.g.a. de korta gångavstånden inverkar detta mycket marginellt på slutresultatet)

Tabell D.11 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *multiplikationsfaktor för gånghastighet nedför trappor*

Multiplikationsfaktor för gånghastighet nedför trappor (-)	
Brandkonsult 1	Inte tillgängligt som alternativ
Brandkonsult 2	0,5 (BBRAD)
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	0,6
Brandkonsult 5	0,6
Brandkonsult 6	Fördefinierat i Pathfinder
Brandkonsult 7	0,6
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	Försumbart bidrag

Tabell D.12 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *reducering av gånghastighet pga. lutning*

Reducering av gånghastighet pga. lutning (-) (STEPS)	
Brandkonsult 1	0,3
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	0,2
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	Byggs som plan

Tabell D.13 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *reducering av gånghastighet pga. framförvarande*

Reducering av gånghastighet pga. framförvarande (-) (STEPS)	
Brandkonsult 1	Ingen
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	Nej
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	Försumbart bidrag (I båda fallen regleras istället flödet i trånga sektioner för att inte låta gånghastigheterna ge för stor inverkan. Aktiv styrning)

Tabell D.14 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *reducering av gånghastighet pga. persontäthet*

Reducering av gånghastighet pga. persontäthet (-) (STEPS)	
Brandkonsult 1	Enligt förinställd SFPE-kurva
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	Nej
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	Försumbart bidrag (I båda fallen regleras istället flödet i trånga sektioner för att inte låta gånghastigheterna ge för stor inverkan. Aktiv styrning)

## Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

Tabell D.15 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *lokal hastighet*

Lokal hastighet (m/s) (STEPS)	
Brandkonsult 1	0,6
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	beaktas via slope factor
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	0

Tabell D.16 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *lokal faktor*

Lokal faktor (-) (STEPS)	
Brandkonsult 1	Trappa
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	Nej
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	1

Tabell D.17 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *personbredd*

Personbredd (m)	
Brandkonsult 1	0,6
Brandkonsult 2	Body type: Median (Simulex) 0,5 (Simulex default); 0,8 (rullstol)
Brandkonsult 3	bredd: 0,45, djup 0,3; bredd: 0,45, djup 0,3; bredd: 0,40, djup 0,3
Brandkonsult 4:1	0,48 (med mer tid hade personbredden ansats till 0,54 för vuxen och 0,42 för barn)
Brandkonsult 4:2	0,5; 0,54; 0,48; 0,42
Brandkonsult 5	0,5; 0,54; 0,48; 0,42
Brandkonsult 6	0,45
Brandkonsult 7	0,5; 0,54; 0,48; 0,42
Brandkonsult 8:1/8:2	0,4558; 0,4058; 0,3558–0,4558; 0,4058; 0,3058; 0,3058–0,4058; 0,3058
Brandkonsult 9	Ej aktuellt i Steps då personen placeras i cell



Tabell D.18 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *fördelning av personbredd*

Fördelning av personbredd (-)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	Konstant
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	Konstant
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	Konstant; Likformig; Konstant; Likformig; Likformig; Konstant; Likformig
Brandkonsult 9	Ej aktuellt i Steps då personen placeras i cell

Tabell D.19 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *personbredd axlar*

Personbredd axlar (m)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	0,1 (per axel, Simulex default); 0 (ej styrande)
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	0,1, 0,1; 0,09; 0,07
Brandkonsult 5	0,1, 0,1; 0,09; 0,07
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	0,1, 0,1; 0,09; 0,07
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	Ej aktuellt i Steps då personen placeras i cell

Tabell D.20 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *personbredd kropp*

Personbredd kropp (m)	
Brandkonsult 1	0,4
Brandkonsult 2	0,3 (utan axlar, Simulex default); 0,8
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	0,3; 0,32; 0,28; 0,24
Brandkonsult 5	0,3; 0,32; 0,28; 0,24
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	0,3; 0,32; 0,28; 0,24
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	Ej aktuellt i Steps då personen placeras i cell

Tabell D.21 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *Reduction Factor (-) samt fördelning*

Reduction Factor (-) samt fördelning (Pathfinder)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	0,7 Konstant
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	0,7 Konstant
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	0,7 Konstant
Brandkonsult 9	-

Tabell D.22 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *Comfort Distance samt fördelning*

Comfort Distance (m) samt fördelning (Pathfinder)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	0,3048 Konstant
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	0,3 Konstant
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	0,3048 Konstant
Brandkonsult 9	-

Tabell D.23 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *Persist time samt fördelning*

Persist time (s) samt fördelning (Pathfinder)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	1 Konstant
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	1 Konstant
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	1 Konstant
Brandkonsult 9	-

Tabell D.24 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *Collision Response Time* samt fördelning

Collision Response Time (s) samt fördelning (Pathfinder)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	1,5 Konstant
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	1,5 Konstant
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	1,5 Konstant
Brandkonsult 9	-

Tabell D.25 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *Slow factor* samt fördelning

Slow factor (-) samt fördelning (Pathfinder)	
Brandkonsult 1	-
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	-
Brandkonsult 4:1	0,1 Konstant
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	0,1 Konstant
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	0,1 Konstant
Brandkonsult 9	-

Tabell D.26 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *personers tålamod*

Personers tålamod (-) (STEPS)	
Brandkonsult 1	0,5
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	0
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	0,5 (Dock ges personerna ingen möjlighet att själva välja utgång i detta fall)

Utrymningsprogram

- Program och användares påverkan på utrymningstiden

Tabell D.27 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *personflöde över dörröppning (1,05 m – dörrar från salong (D))*

<b>Personflöde över dörröppning (1,05 m - dörrar från salong (D)) (p/sm)</b>	
<b>Brandkonsult 1</b>	1,1 för känd dörr (D <sub>1</sub> ); 0,7 för okänd dörr (D <sub>2</sub> )
<b>Brandkonsult 2</b>	-
<b>Brandkonsult 3</b>	0,75 okänd väg respektive 1,1 för känd dörr
<b>Brandkonsult 4:1</b>	-
<b>Brandkonsult 4:2</b>	-
<b>Brandkonsult 5</b>	-
<b>Brandkonsult 6</b>	-
<b>Brandkonsult 7</b>	-
<b>Brandkonsult 8:1/8:2</b>	-
<b>Brandkonsult 9</b>	0,655

Tabell D.28 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *personflöde över dörröppning (1,35 m – öppning till foajé (C))*

<b>Personflöde över dörröppning (1,35 m - öppning till foajé (C)) (p/sm)</b>	
<b>Brandkonsult 1</b>	1,1
<b>Brandkonsult 2</b>	-
<b>Brandkonsult 3</b>	1,1
<b>Brandkonsult 4:1</b>	-
<b>Brandkonsult 4:2</b>	-
<b>Brandkonsult 5</b>	-
<b>Brandkonsult 6</b>	-
<b>Brandkonsult 7</b>	-
<b>Brandkonsult 8:1/8:2</b>	-
<b>Brandkonsult 9</b>	0,998

Tabell D.29 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *personflöde över dörröppning (1,5 m – dörr ut till det fria (A))*

<b>Personflöde över dörröppning (1,5 m - dörr ut till det fria) (p/sm)</b>	
<b>Brandkonsult 1</b>	0,7
<b>Brandkonsult 2</b>	-
<b>Brandkonsult 3</b>	0,75
<b>Brandkonsult 4:1</b>	-
<b>Brandkonsult 4:2</b>	-
<b>Brandkonsult 5</b>	-
<b>Brandkonsult 6</b>	-
<b>Brandkonsult 7</b>	-
<b>Brandkonsult 8:1/8:2</b>	-
<b>Brandkonsult 9</b>	1,065

Tabell D.30 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *beskriv vald lösning av lutning i korridor*

<b>Beskriv vald lösning av lutning i korridor (fritext)</b>	
<b>Brandkonsult 1</b>	Förenklat den svaga lutningen till plan golvyta. Gånghastigheten sänkt med 0.3 för att kompensera lutningen.
<b>Brandkonsult 2</b>	Lutning ej beaktad. Simuleras som plan yta.
<b>Brandkonsult 3</b>	beaktas via $V = \text{aslope} * \text{aproximity} * \text{adensity} * \text{alocal} * V_{\text{max}} + V_{\text{local}}$ där slopefactor definieras till 0,2 som är rimligt värde för lutningar på ca 30 %.
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Ej beaktat. I ett riktigt uppdrag hade det brunnit i biosalongen och då hade de varit betydligt bättre förhållanden i de brandtekniska beräkningarna här i korridoren, lutningen hade inte haft någon egentlig betydelse för personsäkerheten.
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Ej beaktat. I ett riktigt uppdrag hade det brunnit i biosalongen och då hade de varit betydligt bättre förhållanden i de brandtekniska beräkningarna här i korridoren, lutningen hade inte haft någon egentlig betydelse för personsäkerheten.
<b>Brandkonsult 5</b>	Ej tagit hänsyn till då jag inte bedömer att det påverkar utrymningsförloppet nämnvärt och då det inte finns någon lämplig lösning för det i simulex. Det man kan göra är att lägga till något enstaka trappsteg för att kompensera för det men då jag inte bedömde att det påverkar utrymningsförloppet nämnvärt valde jag att inte ta hänsyn till det.
<b>Brandkonsult 6</b>	Lutande plan/ramp, finns som funktion i Pathfinder.
<b>Brandkonsult 7</b>	Ignoreras
<b>Brandkonsult 8:1/8:2</b>	Ingen lutning i den främre utrymningsvägen (korridoren fram till utgång A). Detta kommer högst troligt inte påverka resultatet.
<b>Brandkonsult 9</b>	Då denna inte är den begränsande faktorn så har den inte modellerats - hanteras som ett plan med begränsat flöde i plane exit (internal door)

Tabell D.31 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *beskriv vald lösning av trappkonstruktion för platsrader i salongen*

<b>Beskriv vald lösning av trappkonstruktion för platsrader i salongen (fritext)</b>	
<b>Brandkonsult 1</b>	Förenklat den svaga lutningen till plan golvyta. Gånghastigheten sänkt med 0.3 för att kompensera lutningen.
<b>Brandkonsult 2</b>	Trappsteg ej beaktade. Simuleras som plan yta.
<b>Brandkonsult 3</b>	Gjord via lutande plan
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Har gjort trappor efter 3D-ritningen som kom med. Alla trappsteg har höjd enligt ritning.
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Ej beaktat, om man tittar på ritningen ser man att strecket som begränsar kanten ner mot passgen bakom kommer göra att gubbarna ”fastnar” här , alltså de kommer ändå gå väldigt långsamt här får de dras mot utgången, men tar inte hänsyn till hinder i vägen, utan slickar väggar om en utgång är snett bakom.
<b>Brandkonsult 5</b>	Ej tagit hänsyn till då det snarare bidrar till de buggar som finns i simulex (personer som fastnar i hörn o dyl.)

<b>Brandkonsult 6</b>	Trappsteg, finns som funktion i Pathfinder.
<b>Brandkonsult 7</b>	Ignoreras
<b>Brandkonsult 8:1/8:2</b>	Stolsraderna i salongen är inte upphöjda. Detta för att det uppstår problem med att få plats med trappor som ansluts till varje stolsrad. Hänsyn har tagits till att det tar en viss tid för personerna att förflytta sig ned från stolsraderna och en förflyttningstid på 4 sekunder har adderats till förberedelsetiden.
<b>Brandkonsult 9</b>	Då denna inte är den begränsande faktorn så har den inte modellerats - hanteras som ett plan med begränsat flöde i plane exit (internal door)

Tabell D.32 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *beskriv vald lösning av trappkonstruktion i korridor*

<b>Beskriv vald lösning av trappkonstruktion i korridor (fritext)</b>	
<b>Brandkonsult 1</b>	Byggt trappa efter måtten i ritningen, dock med 1 m i höjddled (lägre trappa fungerade inte i modellen).
<b>Brandkonsult 2</b>	Två trappor inlagda i modellen med aktuell bredd och längd $ROT(0,75^2+1,2^2)$ . Hälften av besökarna som utrymmer detta håll styrs till respektive trappa.
<b>Brandkonsult 3</b>	Sammanslagen trappa, gjord via lutande plan
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Har gjort trappor efter 3D-ritningen som kom med. Alla trappsteg har höjd enligt ritning.
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Ej beaktat. Importerade 2D-ritningen. Om jag gjort detta "på riktigt" hade jag beaktat trappan invid korridoren, nu hade det liten betydelse för hela utrymningsförloppet från salongen, eftersom det är köbildning intill foajén som är bestämmande för total utrymningstid. Så utifrån helheten är inte detta tidsbestämmande så som jag satt upp scenariot.
<b>Brandkonsult 5</b>	Ersatte sträckan mellan punkt D och B med en 3 meter lång trappa (bedömer att den utökade längden på trappan kompenserar för den extra horisontella förflyttningen som då inte räknas med och att tiden att förflytta sig genom området då bör vara ungefär den samma). Detta dels för att få en mätpunkt för att mäta flödet i punkt B.
<b>Brandkonsult 6</b>	Trappsteg, finns som funktion i Pathfinder.
<b>Brandkonsult 7</b>	Ignoreras
<b>Brandkonsult 8:1/8:2</b>	Trappan som gränsar till den främre utrymningsvägen är 1,25 m lång istället för den efterfrågade 1,2 m.
<b>Brandkonsult 9</b>	Då denna inte är den begränsande faktorn så har den inte modellerats - hanteras som ett plan med begränsat flöde i plane exit (internal door)

Tabell D.33 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *cellstorlek*

	Cellstorlek (m)
Brandkonsult 1	0,5
Brandkonsult 2	-
Brandkonsult 3	generellt 0,5 men i smal passage 0,4
Brandkonsult 4:1	-
Brandkonsult 4:2	-
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	-
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	-
Brandkonsult 9	0,5

Tabell D.34 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *eventuella förändringar i geometri*

	Eventuella förändringar i geometri (fritext)
Brandkonsult 1	Plana golvytor. Något högre trappa i korridoren.
Brandkonsult 2	Stolssitsar borttagna (blir för smalt för Simulex annars). "Lådor" kring exits.
Brandkonsult 3	Trappa inom korridor exkluderas
Brandkonsult 4:1	Nej, allt utifrån bifogad 3D-ritning
Brandkonsult 4:2	Importerade 2D-ritning till Simulex. Dock fick inte Simulexgubbarna plats så jag fick ta bort nedre strecket i bänkraderna, samt strecken mellan stolsraderna för att få in gubbarna.
Brandkonsult 5	-
Brandkonsult 6	Inga, modell konstruerad enligt CAD-ritning.
Brandkonsult 7	-
Brandkonsult 8:1/8:2	Trappan som gränsar till den främre utrymningsvägen är 1,25 m lång istället för den efterfrågade 1,2 m.
Brandkonsult 9	Förenklat då dörrarna från biosalongen är den begränsande faktorn för utrymning av salen. Generellt används edge blockage för att frigöra gridceller i stolsraderna på ett enkelt sätt.

Tabell D.35 Respektive brandkonsults val av indata för kategori *övrigt*

Övrigt (fritext)	
<b>Brandkonsult 1</b>	Jag har delat upp mätpunkterna D i D2 som är punkten närmst A och D1 som är punkten närmst C. Personerna har ej blivit styrda till en särskild utgång.
<b>Brandkonsult 2</b>	Enligt BBRAD antas 1 % vara rörelsehindrade. Detta ger 1 person i scenario 1 men 0 personer i scenario 2 och 3. / 70 % antas använda normal utgång och 30 % normal ingång i scenario 1 och 2. I scenario 3 - pga låg personantal - antas 100 % använda normal utgång.
<b>Brandkonsult 3</b>	Vid projektering hade ett annat angreppssätt nyttjas. Då hade boverkets definierade värden i BBRAD används mer exakt. Och hela salongen förutsatts vara full med personer. Av personerna antas två procent vara funktionsnedsatta. Personerna har ej blivit styrda till en särskild utgång.
<b>Brandkonsult 4:1</b>	Scenario 1: Ungefär 70 % går genom foajé, resten genom korridor. Scenario 2 och 3, alla går genom foajén.
<b>Brandkonsult 4:2</b>	Scenario 1: Ungefär 70 % går genom foajé, resten genom korridor. Scenario 2 och 3, alla går genom foajén.
<b>Brandkonsult 5</b>	Resultatet i simuleringen beror till stor del på vilken reaktionstid personerna längst ut på varje rad får när de väljs slumpvis. I verkligheten hade dessa personer troligtvis reagerat snabbare om ett antal personer "trycker på" inifrån raden. I verkligheten hade troligtvis också vissa personer valt den inre smalare gången även om den inte är tillräckligt bred för att personer i simulex ska använda den. Personerna har blivit styrda till en särskild utgång.
<b>Brandkonsult 6</b>	Vi har valt att utgå från BBRAD 1 (BFS 2011:27) där det har varit möjligt. I övrigt har vi utgått från fördefinierade standardvärden i Pathfinder. Gällande val av utgång så har ett antal personer som sitter långt fram i scenario 1 och 2 aktivt blivit styrda mot den sekundära utrymningsvägen.
<b>Brandkonsult 7</b>	Ingen förberedelsetid används i simuleringen. En förberedelsetid på 1 minut ska istället adderas till förflyttningstiden efter simuleringen. Personer styrs så att cirka en tredjedel använder utgång A.
<b>Brandkonsult 8:1/8:2</b>	Förbestämda (default) värden har använts i simuleringarna i Pathfinder i den utsträckning där data inte varit tillgänglig. Det är framförallt värden som kan ansättas hos personerna i programmet.  Enligt Boverkets BBRAD 1 (BFS 2011:27) samt Boverkets utrymningsdimensionering ska hänsyn tas till att 1 % av personerna har nedsatt rörelse- och orienteringsförmåga och därav nedsatt gånghastighet med ca 2/3. Ingen hänsyn till detta har tagits i simuleringarna p.g.a. det låga personantalet men det kan vara värt att ha i åtanke.  Personerna har ej blivit styrda till en särskild utgång.
<b>Brandkonsult 9</b>	70 % använder utgång A och 30 % använder utgång C (foajé)