

Ändrat gångavstånd till en utrymningsväg – En analys av vilka faktorer som bör tas i beaktande vid dimensionering

Jack Rohrstock

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

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5478, Lund 2015

**Ändrat gångavstånd till en utrymningsväg
– En analys av vilka faktorer som bör
tas i beaktande vid dimensionering**

Jack Rohrstock

Lund 2015

Titel

Ändrat gångavstånd till en utrymningsväg – En analys av vilka faktorer som bör tas i beaktande vid dimensionering

Title

Changed travel distance to an escape route – An analysis of what factors that should be considered in design

Författare/Author

Jack Rohrstock

Report 5478

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5478--SE

Antal sidor/Number of pages: 65 (excluding Appendix)

Illustrationer/Illustrations: Jack Rohrstock

Keywords

Travel distance, escape route, ability to orient, risk, society for risk, @Risk, FN-curve, possibility for fire, blocked by fire, critical conditions, evacuation time, detection time, pre-action time, pre-movement time

Sökord

Gångavstånd, utrymningsväg, orienterbarhet, risk, samhällsrisk, @Risk, FN-kurva, sannolikhet för brand, blockerad av brand, räddningstjänstens insatsmöjligheter, kritiska förhållanden, utrymningstid, varseblivningstid, förberedelsestid

Abstract

The allowed travel distance has probably not been determined scientifically. Yet it indirectly takes a number of factors into account and should therefore not only be seen as a distance that takes a certain time to walk, but also as a certain level of safety. Longer travel distances do extend the walking time but it also makes it possible for a series of factors to increase the risk. The factors that have been identified in this thesis are linked to complexity, number of occupants, possibility for a fire to occur, possibility to get blocked by the fire and operation abilities for the fire brigade. Higher complexity mainly causes a longer detection time and pre-movement time since it can be difficult to directly see the fire and know in which direction the movement should be done. The results of the thesis presented an increased risk of being subjected to critical conditions of several thousand percent for a very complex, as compared to a low complex, geometry. It was also shown that more occupants increase the risk with almost 300 %, due to the fact that occupants tend to go to a well-known exit. Even though a bigger building with higher possibility for a fire did not caused an increased risk, a combination of all factors led to an increased risk by almost 2 500 %. The possibility to get blocked by a fire and operation abilities for the fire brigade was only evaluated qualitatively, but the conclusions of the thesis was that all factors need to be considered when a longer travel distance are to be applied. It was also concluded that more research is necessary within the area.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2015.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

Telefon: 046 - 222 73 60

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

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

Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Efter många veckors hårt arbete är nu rapporten äntligen färdigställd. Det har varit stunder då det känts som om arbetet varit på väg åt många olika håll samtidigt och tillfällena då det upplevts som om det tagits flera steg tillbaka. Men med bra vägledning, ypperliga möjligheter för att ventiler tankar och idéer, härlig support, stor egen och allmän nyfikenhet på slutresultatet samt en stark vilja att slutföra vad som påbörjats så är det nu klart. Jag vill tacka alla som varit en del på vägen, men i synnerhet följande:

Ulf Göransson – för att ha kommit med grundidéen till arbetet samt ständigt ha varit tillgänglig för vägledning och diskussioner.

Håkan Frantzich – för att ha varit en stabil stöttepelare och handledare som kommit med många viktiga synpunkter.

FSD Malmö AB – för att tillhandahållit kontorsplats, litteratur, datorkapacitet och datorprogram.

Intervjupersonerna – vilka presenteras i Bilaga B, för att ha avsatt tid för att svara på frågor, diskutera och resonera.

Nära och kära – för att ha varit ett psykologiskt stöd genom hela resan.

Förhoppningsvis kan rapporten ligga till grund till för vilka aspekter som bör beaktas vid analytisk dimensionering samt vidare forskning gällande utrymningsdimensionering. Avslutningsvis hoppas jag att Ni bjuds på intressant läsning med detta arbete.

Jack Rohrstock
Malmö, 2015-02-20

Sammanfattning

Kraven gällande maximalt tillåtna gångavstånd till en utrymningsväg saknar förmodligen en direkt vetenskaplig grund. De är dock resultatet av många års byggande där historien visat vad som fungerat. Exakt vad som givit upphov till gångavstånden är fortsatt okänt och det skulle således kunnat vara en praktisk fråga gällande vad som var möjligt att bygga, lika väl som hur stora avstånd städpersonal skulle behöva ta hand om. Med andra ord finns inga bevis för att några specifika faktorer tagits i beaktande då maximalt tillåtna gångavstånd valts. Vad som är uppenbart är att avstånden inneburit en god säkerhet med hänsyn till att väldigt få personer omkommit under åren. Således fanns det skäl att anta att gångavstånden indirekt reglerar andra faktorer än enbart sträckan som de utrymmande behöver förflytta sig.

Denna rapport har med hjälp av litteraturstudier, intervjuer med personer i branschen, kvalitativa resonemang och kvantitativa metoder belyst fem faktorer som i olika utsträckning påverkar risken att utsättas för kritiska förhållanden i samband med en utrymning till följd av en brand. Faktorerna har en koppling till gångavståndet till utrymningsvägen. Anledningen till att de gångavstånd som idag tillåts vid förenklad dimensionering har visat sig tillräckligt säkra kan vara att de utredda faktorerna hållit sig inom rimliga gränser i de fallen. Faktorerna som utpekats är:

- Komplexitet – Ett längre gångavstånd medför att en mer komplex geometri kan tillämpas vilket i så fall försämrar orienterbarheten. Sämre orienterbarhet medför längre förberedelse- och varseblivningstider.
- Antal personer – Ett längre gångavstånd kan medföra att lokalen blir större och således rymmer fler personer. Med kunskap om att mer än hälften av de utrymmande personerna tenderar att söka sig till kända utrymningsvägar kan längre köer än beräknat uppstå om inte hänsyn tas till detta.
- Sannolikheten för brand – Ett längre gångavstånd kan medföra att lokalen blir större vilket medför en ökad sannolikhet för att brand uppstår. En högre sannolikhet för brand ökar frekvensen på förekommande bränder.
- Sannolikheten för att branden uppstår i de utrymmandes väg – Ett längre gångavstånd medför att de utrymmande måste transportera sig en längre sträcka i byggnaden och därmed ökar sannolikheten för att branden uppstår på deras väg till utrymningsvägen. Med ett längre gångavstånd kommer även sammanfallande utrymningsväg att kunna bli längre vilket orsakar att sannolikheten för att helt bli blockerad av branden ökar.
- Räddningstjänstens insatsmöjligheter – Ett längre gångavstånd kan medföra en mer komplex geometri och en större byggnad vilket påverkar räddningstjänstens risker vid en insats. En mer komplex geometri är svårare att söka av och en större byggnad är svårare att släcka.

Det har med denna rapport påvisats att en förlängning av gångavståndet till en utrymningsväg inte enbart medför en förlängd förflyttningstid, utan även att andra faktorer kan komma att påverkas. En lokal med komplex geometri beräknades kunna ge upphov till en risk för att utsättas för kritiska förhållanden som var 4 400 % högre jämfört med ett grundfall, en lokal som var väldigt lätt överblickbar. För en lokal med 50 % fler personer, jämfört med ett grundfall, blev risken nästan 300 % högre. Dock bör det poängteras att riskökningen hade kunnat vara betydligt större om identiska lokaler använts. I fallet med fler personer användes nämligen en större lokal vilket innebar en längre tid till kritiska förhållanden. I en lokal med högre sannolikhet för brand ökade risken för att utsättas för kritiska förhållanden med ungefär 130 % när den antagna golvytan gjordes 50 % större. Då en sammanvägning av faktorerna högre komplexitet, fler personer och högre sannolikhet för brand gjordes i den större lokalen erhöles resultat som visade på en risk för att utsättas för kritiska förhållanden som var nästan 2 500 % högre jämfört med grundfallet.

De utredda faktorerna har bland annat en koppling till varseblivning- och förflyttningstiden samt hur de utrymmande personerna fördelar sig över utrymningsvägarna. Dessa parametrar styrs av psykologiska aspekter och påverkas bland annat av hur människan uppfattar vissa signaler. Det finns därför anledning att undersöka dessa vidare för att erhålla en tydligare bild av hur personers agerande

påverkas till följd av ändringar av faktorerna. Dessutom krävs denna vidare analys för att möjliggöra framtagandet av en metod som konkret anger hur faktorerna kan hanteras vid en analytisk dimensionering. Detta är eftersträvansvärt då det inte är en perfekt värld med perfekta konsulter, där det kan förväntas att samtliga kommer med perfekta lösningar om de själva får bestämma vad som ska visas hänsyn. Med denna rapport har det tydligare utpekats vilka aspekter som det bör funderas och diskuteras kring. Förhoppningsvis kan rapporten resultera i att branschen blir mer enig med en klarare bild av vilka faktorer som påverkas till följd av ett förlängt gångavstånd till en utrymningsväg.

Innehållsförteckning

1.	Inledning.....	1
1.1.	Bakgrund	1
1.2.	Problemställning.....	1
1.3.	Syfte och Mål.....	2
1.4.	Avgränsningar.....	3
1.5.	Metod	3
1.5.1.	Bakgrund och litteraturstudier	3
1.5.2.	Utvärdering och intervjuer	3
1.5.3.	Undersökning och resultat	4
1.5.4.	Analys, åtgärdsförslag och slutsatser	4
1.6.	Definition av risk.....	4
2.	Sondering av faktorer	5
2.1.	Litteraturstudie.....	5
2.1.1.	Verifiering av brandsäkerheten.....	5
2.1.2.	Målen med utformningen av byggnaden	5
2.1.3.	Regelverk	6
2.2.	Intervjustudie	8
2.2.1.	Bakgrunden till maximalt tillåtna gångavstånd	9
2.2.2.	Orienterbarhet och sannolikheten att bli blockerad av branden	9
2.2.3.	Sannolikheten för kö samt sannolikheten för att brand uppstår.....	9
2.2.4.	Räddningstjänstens insatsmöjligheter	10
2.2.5.	Dimensioneringsdilemman.....	10
2.3.	Diskussion kring litteratur- och intervjustudierna.....	11
3.	Analysmetod.....	13
3.1.	Tid till kritiska förhållanden.....	13
3.2.	Utrymningstid.....	15
3.2.1.	Varseblivningstid	15
3.2.2.	Förberedelsestid	15
3.2.3.	Förflyttningstid	16
3.3.	Säkerhetsmarginalen.....	16
4.	Sannolikheten för brands uppkomst.....	17
5.	Utredning av faktorerna	19

5.1.	Grundfall.....	19
5.1.1.	Tid till kritiska förhållanden – Grundfall.....	19
5.1.2.	Utrymningstiden – Grundfall.....	21
5.1.3.	Säkerhetsmarginalen – Grundfall.....	22
5.1.4.	De negativa säkerhetsmarginalerna – Grundfall.....	23
5.1.5.	Sannolikheten för brand – Grundfall.....	24
5.1.6.	Samhällsrisken – Grundfall.....	24
5.2.	Bedömning faktor 1 – Orienterbarhet	25
5.2.1.	Tid till kritiska förhållanden – Orienterbarhet.....	29
5.2.2.	Utrymningstiden – Orienterbarhet	29
5.2.3.	Säkerhetsmarginalen – Orienterbarhet	30
5.2.4.	Antal utsatta – Orienterbarhet.....	33
5.2.5.	Känslighetsanalys – Orienterbarhet	37
5.2.6.	Slutsats – Orienterbarhet	37
5.3.	Bedömning faktor 2 – Köbildning.....	39
5.3.1.	Tid till kritiska förhållanden – Köbildning.....	40
5.3.2.	Utrymningstiden – Köbildning.....	40
5.3.3.	Säkerhetsmarginalen – Köbildning.....	41
5.3.4.	Antal utsatta – Köbildning.....	41
5.3.5.	Känslighetsanalys – Köbildning	42
5.3.6.	Slutsats – Köbildning	43
5.4.	Bedömning faktor 3 – Brands uppkomst.....	44
5.4.1.	Tid till kritiska förhållanden – Brands uppkomst.....	46
5.4.2.	Utrymningstiden – Brands uppkomst.....	46
5.4.3.	Säkerhetsmarginalen – Brands uppkomst.....	47
5.4.4.	Antal utsatta – Brands uppkomst.....	47
5.4.5.	Känslighetsanalys – Brands uppkomst	48
5.4.6.	Slutsats – Brands uppkomst	49
5.5.	Bedömning faktor 4 – Blockerad av branden.....	50
5.6.	Bedömning faktor 5 – Räddningstjänstens insatsmöjligheter	52
6.	Analys av faktorernas inverkan	53
7.	Diskussion.....	57
7.1.	Litteraturstudierna och intervjuerna.....	57
7.2.	Analysmetoden.....	57

7.2.1.	Utformningen av fallen.....	57
7.2.2.	Svårigheter med fallen	58
7.2.3.	Tid till kritiska förhållanden.....	58
7.2.4.	Val av fördelningar	58
7.3.	Resultaten.....	59
7.4.	Framtida forskning	59
8.	Slutsatser	61
9.	Litteraturförteckning	63
Bilaga A –	Intervjuguide.....	A
	Presentation	A
	Resonemang.....	A
	Faktorer som påverkar gångavståndet	A
	Andra problem	B
Bilaga B –	Intervjupersoner	C
Bilaga C –	Intervjuresultat	E
Bilaga D –	Indatafil för FDS	G
Bilaga E –	Data från utredningen.....	I
	Grundfall.....	I
	Orienterbarhet	J
	Sannolikhet för kö	O
	Sannolikhet för brand.....	P

1. Inledning

1.1. Bakgrund

I Sverige kan idag två olika metoder tillämpas vid dimensionering av brandskyddet i byggnader, förenklad dimensionering och analytisk dimensionering. De har i grund och botten samma syfte nämligen att byggnaderna ska bli tillfredställande säkra, vilket förenklat bland annat innebär att skydda liv och egendom. Tillvägagångssättet för att uppfylla syftet skiljer sig dock åt då den förenklade dimensioneringen baseras på allmänna råd medan den analytiska dimensioneringen tillämpar beräkningar och kvalitativa resonemang.

Den förenklade dimensioneringen utvecklades allt eftersom mer kunskap tillkom branschen. Under den tidiga utvecklingen kom den nya kunskapen främst från de bränder som inträffade medan forskning och utbildning blivit viktiga informationskällor under senare tid (Havel, 2007; Corbett, 1991). I Sverige blev den analytiska dimensioneringen accepterad i och med Svensk Byggnorm 67, som trädde i kraft 1968, men det var egentligen först 1974 som metoden faktiskt började tillämpas (Anderberg, 1991). Det stora genomslaget för analytisk dimensionering kom under 90-talets början när metoden diskuterades flitigt på internationella konferenser gällande brandsäkerhet (Anderberg, 1991). Anledningen till att metoden kom till var för att kunna få bättre anpassade lösningar till respektive byggnad och för att kunna undvika dyra installationer som inte var nödvändiga för en viss byggnad (Meacham & Custer, 1995). Skälet till att det tog tid innan metoden verkligen började användas var att bygglagstiftningen från början var preskriptiv, istället för funktionsbaserad, och inte helt anpassad för att tillämpa andra lösningar än de föreskrivna (Corbett, 1991).

Vid förenklad dimensionering krävs inga motiveringar, antaganden eller beräkningar för att visa att brandskyddet är tillfredställande säkert eftersom metoden, per definition, innebär detta (Lundin, 2004). Då de allmänna råden i bygglagsstiftningen frångås krävs det underbyggda bevis på att tillfredställande brandsäkerhet uppnås (Lundin, 2004). Verifieringen kan göras kvalitativ, kvantitativ eller med en blandning av de båda (Boverket, 2014). Vilken nivå på verifieringen som krävs är beroende av hur stort avsteg som görs från de allmänna råden (Boverket, 2014). Metoden som tillämpas då kallas för analytisk dimensionering.

När ett längre gångavstånd till utrymningsvägen än vad som anges i de allmänna råden ska användas måste alltså verifiering med analytisk dimensionering användas. I praktiken har det många gånger inneburit att en scenarioanalys genomförs, där tiden det tar till kritiska förhållanden uppstår jämförs med tiden det tar att utrymma byggnaden (Boverket 1, 2011). Om tiden till kritiska förhållanden är längre än utrymningstiden anses tillfredställande utrymning kunna genomföras (Boverket, 2013). Utrymningstiden kan delas upp i deltider varav en är förflyttningstiden, som är den tid det tar för de utrymmande personerna att förflytta sig fram till en säker plats (Boverket, 2013). Ett längre gångavstånd medför en längre förflyttningstid som i sin tur innebär en längre utrymningstid.

1.2. Problemställning

I avsnitt 1.1 nämndes att ett längre gångavstånd till en utrymningsväg kan tillämpas om lösningen verifieras. Boverket anser dock att gångavståndet till en utrymningsväg inte bör överstiga 80 meter (Boverket, 2013). Det innebär att ett längre avstånd än 80 meter generellt inte bör användas, även om en scenarioanalys visar att de utrymmande personerna inte utsätts för kritiska förhållanden när gångavståndet är längre. Detta medför att det finns skäl att tro att fler faktorer än förflyttningstiden påverkas av gångavståndet.

Ännu ett argument till att anta att det finns andra bakomliggande faktorer fås om reglerna för fönsterutrymning vid förenklad dimensionering studeras. Reglerna anger att gångavståndet till utrymningsvägen bör minskas till en tredjedel av det tillåtna om utrymning sker genom fönster (Boverket, 2014). För verksamhetsklass 1 och 3 innebär det generellt att maximalt 15 meter ska

tillåtas, vilket uppskattningsvis tar ungefär 15 sekunder att gå. Om det vidare antas att utrymningen via fönstret ska genomföras med hjälp av räddningstjänsten, som i normalfallet får ha en insatstid på högst tio minuter, betyder det att de utrymmande kommer att få stå och vänta i brandcellen innan de kan försättas i säkerhet (Boverket, 2014).

I en samlingslokal i verksamhetsklass 2B får det vistas över 150 personer (Boverket, 2014). I den typen av lokaler är det tänkbart att det bildas köer framför utrymningsvägarna i samband med en utrymningsituation. I Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (2013) (BBRAD) anges att kötiden bör begränsas så att den inte överstiger åtta minuter. Maximalt tillåtet gångavstånd för verksamhetsklass 2B är 30 meter vid förenklad dimensionering (Boverket, 2014). Det tar ungefär 30 sekunder att gå 30 meter vilket medför frågan varför det inte direkt är acceptabelt att tillåta ytterligare några meters gångavstånd, som bara resulterar i några sekunders längre förflyttningstid, när de utrymmande ändå kan komma att bli tvungna att stå i kö innan de kommer ut. Anledningen kan vara att det finns andra faktorer än förflyttningstid som det tas hänsyn till i gångavstånden som anges i de allmänna råden.

Ytterligare en aspekt att ta upp gäller reglerna för hur gångavståndet mäts då de allmänna råden tillämpas. Den sträcka som de utrymmande personerna enbart kan gå i en riktning, vid en utrymning, kallas sammanfallande gångväg. Det innebär att även om det finns två av varandra oberoende utrymningsvägar så kan det finnas delar i en lokal där personerna inte har ett val gällande vilken riktning de ska gå för att ta sig ut. Den sammanfallande gångvägen räknas dubbelt för bland annat verksamhetsklass 2 (Boverket, 2013). Alltså finns det regler som förkortar de faktiska gångavstånden vid vissa geometriska utformningar. Även om förflyttningstiden blir något kortare kan det antas att regeln försöker hantera fler faktorer som påverkas av gångavståndet till en utrymningsväg då tidsvinsten från förflyttningstiden uppskattningsvis enbart blir några sekunder.

Det är med andra ord sannolikt att det finns faktorer, förutom förflyttningstiden, som påverkas av gångavståndet till en utrymningsväg. Dessa faktorer är inte klart utpekade vilket kan innebära problem för brandsäkerhetsbranschen. Problematiken ligger dels i att avstånden som anges i de allmänna råden skulle kunna ses som enbart sträckor vilka är kopplade till en viss förflyttningstid. Detta synsätt skulle kunna medföra bristande förståelse för avståndens fulla innebörd samt att de därmed inte tas på det allvar som vore nödvändigt. Problemet med att faktorerna inte är kända är dessutom att det blir troligt att de inte tas i beaktande vid en analytisk dimensionering. Om längre gångavstånd tillämpas, än de som anges i de allmänna råden, utan att samtliga faktorer som påverkas tagits i beaktning skulle risken i byggnaden kunna uppgå till oacceptabla nivåer.

Frågan är alltså:

- Vilka faktorer påverkas vid ändring av gångavståndet till en utrymningsväg?
- Hur förändras risken om hänsyn tas till dessa faktorer, när gångavståndet ökar?
- Vilka av dessa faktorer tas det hänsyn till idag vid analytisk dimensionering?
- Hur kan dessa faktorer behandlas rent analytiskt?
- Vad skulle kunna fungera som ett komplement till dagens metoder vid avgörande av tillåtet gångavstånd till en utrymningsväg för att ge en mer komplett bild och möjliggöra för en relevant brygga mellan förenklad och analytisk dimensionering?

1.3. Syfte och Mål

Syftet med rapporten är att göra brandsäkerhetsbranschen mer medveten om de faktorer som är kopplade till gångavstånden till utrymningsvägar. Detta görs för att skapa en större förståelse för vilka faktorer som det bör visas hänsyn till då längre gångavstånd tillämpas. Målet är att identifiera vilka faktorer som påverkas då gångavståndet ändras samt att ta reda på hur stor risk som är kopplad till dessa faktorer. Följaktligen är målet att klargöra vilka faktorer som bör tas i beaktande vid en ändrad gångavstånd till en utrymningsväg.

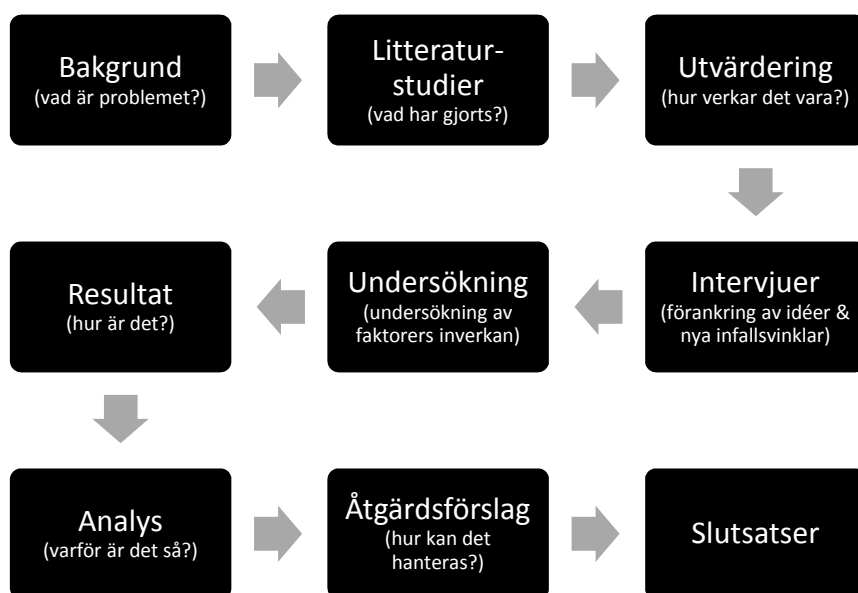
1.4. Avgränsningar

För att få en relevant omfattning på rapporten kommer ett antal avgränsningar att göras redan innan arbetet med rapporten påbörjas, nämligen;

- Enbart svensk bygglagstiftning tas i beaktande
- Enbart verksamhetsklass 2B behandlas
- Inga våningsplan, förutom markplan, antas finnas i den undersökta byggnaden
- Enbart horisontell utrymning tas i beaktande

1.5. Metod

Arbetsgången för rapporten redovisas i Figur 1.



Figur 1. Förenklad beskrivning av metoden som skulle användas vid genomförandet av examensarbetet.

1.5.1. Bakgrund och litteraturstudier

Efter att ha klargjort vad som var problemet, det vill säga vad som det fanns intresse av att undersöka och utreda, inleddes examensarbetet med att studera litteratur som behandlar området brandsäkerhetsdesign. Det var främst artiklar och rapporter från tidskrifter samt proceedings som lästes, men även bygglagstiftning och äldre examensarbete undersöktes. Målet var att erhålla kunskap om vad som gjorts tidigare samt för att försöka få en uppfattning om vilka faktorer som möjligen har avgjort maximalt tillåtna gångavstånd till en utrymningsväg. Huvudsakligen granskades sådant som berör så kallad analytisk dimensionering samt funktionsbaserade regler. Litteraturstudierna inleddes därför med att läsa det som skrivits i början av 1990-talet då det var kring denna tid som det på allvar frångicks de preskriptiva regelverken. Sakteligen gick studierna mot mer modern forskning och aktuella regelverk av både nationell och internationell karaktär.

1.5.2. Utvärdering och intervjuer

Efter litteraturstudierna kunde några intressanta faktorer, som troligen har en inverkan på gångavstånden, lyftas ut eller resoneras fram. Kring dessa faktorer skapades diskussionspunkter som skulle ligga till grund för de intervjuer som skulle genomföras, intervjuunderlaget redovisas i Bilaga A. Nästa steg i arbetet blev sedan att kontakta personer som jobbar i branschen, framförallt personer verksamma i Sverige men även några som jobbar internationellt. Intervjuer bokades med såväl konsulter, forskare och räddningstjänstpersonal som myndighetspersoner på Boverket och Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) för att få en stor bredd på branschens åsikter, tankar och funderingar. Totalt intervjuades 18 personer, vilka presenteras i sin helhet i Bilaga B.

Även om några faktorer redan hade pekats ut, gavs de intervjuade chans att komma med förslag på fler faktorer som kunde ha en inverkan på de maximalt tillåtna gångavstånden. Vid intervjuerna antecknades varje persons ställningstaganden vilket sedan sammanfattades för att kunna godkännas av vederbörande.

1.5.3. Undersökning och resultat

Då ett antal faktorer plockats ut samt fått ett visat intresse från branschen blev nästa steg att försöka värdera dessa kvantitativt med beräkningar och simuleringar. För att möjliggöra denna undersökning behövdes ett grundfall som de olika faktorerna kunde testas mot, vilket således togs fram. För att grundfallet skulle kunna appliceras på de flesta faktorernas tester valdes ett relativt enkelt fall ut i form av en kvadratformad byggnad. Bedömningen gjordes att ju mindre komplicerad referensbyggnaden var desto mindre skulle andra parametrar påverka resultaten. Acceptanskriterier bestämdes, simuleringar i FDS kördes och dessutom gjordes beräkningar och simuleringar med @Risk för att få fram utgångsvärden för grundfallet. Även beräkningar utfördes för att bedöma frekvensen av bränder i byggnader med verksamhetsklass 2. Slutligen togs det bland annat fram en fördelning över säkerhetsmarginalen, hur många som i medeltal utsattes för kritiska förhållanden samt en FN-kurva över förväntat antal utsatta personer.

Nästa steg blev att ta fram utformningar för de fall som behövdes för att kunna bedöma de olika faktorernas inverkan. Därefter gjordes liknande simuleringar i FDS och beräkningar med @Risk, som gjorts för grundfallet. Även här togs det bland annat fram fördelningar över säkerhetsmarginalen och beräkningar över hur många personer som utsattes för kritiska förhållanden utfördes. Dessutom genomfördes en känslighetsanalys för respektive fall där olika parametrar varierades för att erhålla kunskap om deras påverkan på slutresultatet. För att få fram faktorernas inverkan gjordes sedan en jämförelse mot grundfallet där intressanta skillnader och resultat belystes.

1.5.4. Analys, åtgärdsförslag och slutsatser

Efter att detta gjorts fördes resonemang kring de olika faktorernas inverkan på risken. Beräkningar av hur mycket risken för att utsättas för kritiska förhållanden i medeltal ökat för respektive faktor användes som argument. Dessutom gjordes en sammanvägning av alla faktorer för att påvisa vad det fick för effekter på risken. Avslutningsvis diskuterades hur, om och varför de olika faktorerna skulle tas med vid en utredning när gångavståndet förlängs.

1.6. Definition av risk

Ordet risk saknar en entydig definition varför det anses nödvändigt att klargöra dess betydelse i denna rapport.

I denna rapport kommer risk att innebära en sammanvägning av sannolikhet för en oönskad händelse och konsekvenserna av denna. En hög risk innebär att sannolikheten är hög samtidigt som konsekvenserna är stora. Vad som anses vara höga sannolikheter och stora konsekvenser kommer inte att definitivt utpekas. Det kommer enbart att utföras relativa jämförelser som möjliggör uttalanden huruvida risken ökat mer eller mindre i jämförelse med andra förändringar.

Då risken kvantifieras uttrycks den som en samhällsrisk, det vill säga frekvensen för hur ofta som någon eller några utsätts för kritiska förhållanden. Risken presenteras i en så kallad FN-kurva som anger frekvensen av en brand som drabbar så många personer eller fler. Även en risk över förväntat antal personer som utsätts för kritiska förhållanden redovisas.

2. Sondering av faktorer

2.1. Litteraturstudie

2.1.1. Verifiering av brandsäkerheten

Hadjisophocleous, et al. (1998) har i sin artikel sammanfattat en stor mängd rapporter som behandlar ämnet funktionsbaserade regler och analytiska dimensioneringsmetoder. De flesta rapporter som recenserar verkar överens om att en ny metod behövs då de preskriptiva reglerna är stelbenta, medför en ojämn nivå i säkerhet och framförallt då de medför onödigt höga kostnader för säkerheten. Hadjisophocleous, et al. (1998) recenserar även en del artiklar som ställer sig tveksamma och ifrågasättandes till att övergå till ett funktionsbaserat regelverk. Motståndarna menar på att det saknas kunskap och tillförlitliga verifieringsmetoder för att frångå de preskriptiva reglerna. Hadjisophocleous, et al. (1998) nämner även på flertalet ställen i sin artikel att en viktig del i framtagandet av de funktionsbaserade reglerna är att klargöra vad som är målen (eng: *Objectives*) med designen, det vill säga vad det är som ska mätas och visas hänsyn till samt vad som är en acceptabel nivå av säkerhet. Författarna har sammanfattat en rad andra rapporters mål och krav för den funktionsbaserade designmetoden. Av de som lyfts fram som mer värda att nämna så ses en del likheter, till exempel pekar de på att målet (eng: *Objectives*) ska vara att säkerställa att utrymmande personer inte utsätts för kritiska förhållanden, att räddningstjänstpersonals säkerhet ska säkerställas, uppkomst och spridning av brand ska förhindras eller begränsas samt att åverkan från branden ska minimeras (Hadjisophocleous, et al., 1998). Hadjisophocleous, et al. (1998) skriver även att i byggnader med stora golvytor, många personer och personer som inte är vana vid lokalen så växer osäkerheten i de beräkningar som kan göras. De menar med andra ord att ett probabilistiskt angreppssätt, där en total risk för hela byggnaden beräknas, är att föredra framför den deterministiska metoden som behandlar varje aspekt var för sig.

Watts, Jr. (1994) menar i sin artikel att reglerna blev mer funktionsbaserade i mitten av 1900-talet, då kraven gick till att exempelvis ange att väggen ska stå emot en brand i fyra timmar snarare än att den ska vara en tegelvägg av en viss tjocklek. Han menar i sin artikel att det som var nytt för tiden var att de funktionsbaserade reglerna började bli mer inriktade på målen (eng: *Objectives*) och att en mer övergripande syn på dimensioneringen blev tvungen att tillämpas. I artikeln skrivs att vid analytisk dimensionering måste det klargöras vad som ska mätas, hur det ska mätas samt vilken nivå som är godtagbar (Watts, Jr., 1994). Watts skriver att tid kan vara ett mått men även att begränsningarna ligger i de mätverktyg som finns. Dessutom skriver Watts att ”Det ultimata vore att mäta brandsäkerhet i sannolikhetstermer då brand och dess effekter är av stokastisk natur” (Watts, Jr., 1994, sid 386, egen översättning).

Även Cohn, (1991) menar att det vore mer fördelaktigt att mäta en risk. Han anser att det på så sätt skulle bli lättare att tillämpa den analytiska dimensioneringen samt få en jämnare risknivå mellan olika byggnader.

Ytterligare argument beträffande att det borde vara risken som utgör måttenheten ges av Frantzich (1994). Han menar att det är svårt att bedöma eller beräkna utrymningstiden samt att den analytiska dimensioneringen ställer höga krav på användaren. Vidare skriver han att en kvantifierad risk borde vara det som ligger till grund för bedömningen samt att ”I denna framtida modell baseras inte tiderna för förflyttning, kritisk tid etc. på enstaka värden utan på statistiska fördelningar av respektive parameter, där dessa är stokastiska variabler” (Frantzich, 1994, sid 13).

2.1.2. Målen med utformningen av byggnaden

Meacham och Custer (1995) skiljer på mål (eng: *goal*) och mål (eng: *objectives*). De menar att det förstnämnda är vad som önskas uppnå och som oftast inte är kontroversiellt eller ifrågasatt, exempelvis att skydda liv och egendom, medan det sistnämnda ofta är en rad saker som görs för att uppnå det som önskas. Det sistnämnda är något specifikt och ska kunna mätas kvantitativt. Meacham

och Custer (1995) nämner bland annat maximal temperatur, högsta CO-koncentration och kortaste sikt som får förekomma för att uppfylla målet (eng: *goal*) att skydda liv.

Tanaka (1990) menar i sin artikel att det är viktigt att målen (eng: *objectives*) med brandsäkerheten i byggnader är tydligt definierade. Han skriver att målet gällande att skydda liv är gemensamt för alla samhällen medan meningarna går isär beträffande målen att skydda egendom samt att förebygga storbränder (Tanaka, 1990).

Johnson (1993) skriver i sin artikel att reglerna i Australien anger att det vid analytisk dimensionering ska erhållas en nivå som är minst lika bra som den som finns i byggreglerna med avseende på risk för liv och brandkostnader. Han påpekar även att det inte är en metod som är internationellt accepterad (Johnson, 1993). I en rapport där Nya Zeeländska byggregler undersökts står det att målen (eng: *objectives*) gällande utrymningsvägar är att se till att de utrymnande personerna inte skadas av branden och att möjliggöra för räddningstjänstens insats (Buchanan, 1994). Dock är det bara kravet som berör skydda liv som senare utreds genom att definiera vad som bör mätas samt hur det kan göras.

2.1.3. Regelverk

2.1.3.1. Svenska byggregler

I Sverige har det getts ut byggregler under många år och de har varit allt från rekommendationer till detaljerade krav (Hedbäck Paulsson & Engström, 2013). Myndigheten som idag ger ut byggreglerna är Boverket. I Boverkets byggregler behandlas en rad olika områden som måste tas i beaktning då en ny byggnad uppförs, till exempel tillgänglighet, hygien, buller, energi och brand (Boverket, 2014). Reglerna är idag funktionsbaserade och beträffande brand anges framförallt att ett tillfredställande brandskydd ska utformas för byggnaden (Boverket, 2014). Brandskyddet kan dimensioneras och verifieras med analytisk dimensionering om de lösningar som anges i de allmänna råden önskas frångås (Boverket, 2014). Detta innebär förenklat att en annan lösning än den föreslagna är godkänd om det visats att den är tillfredställande säker.

Syftet med den byggstadga som trädde ikraft 1960 (Kungliga Majestätet, 1960) var att försöka få mer enhetliga bestämmelser över hela landet (Hedbäck Paulsson & Engström, 2013). Någon form av krav på gångavstånd dök för första gången upp i BABS60 där det angavs att avståndet från bostadslägenhet ej bör överstiga 20 meter om det finns utrymningsmöjlighet i två riktningar (Kungliga Byggnadsstyrelsen, 1960). I Svensk byggnorm från 1967 dök det upp gångavståndskrav för varje typ av verksamhet, exempelvis angavs att det får vara maximalt 30 meter från sittplats till närmaste utrymningsväg i samlingslokaler (Statens planverk, 1968). När Boverkets Byggregler trädde i kraft angavs att gångavståndet inom en brandcell till närmaste utrymningsväg inte skulle vara längre än att brandcellen kunde utrymmas innan kritiska förhållanden uppstod (Boverket, 1993). I samband med att det blev Boverkets byggregler som blev gällande gavs även rapporten Utrymningsdimensionering ut, vars syfte var att ge exempel på hur dimensioneringen av utrymningsvägar kunde göras (Rantatalo, 1994). Rapporten uppdateras vid några tillfällen men år 2011 fördes värdena för förenklad dimensionering åter in i byggreglerna medan hur hanteringen av den analytiska dimensioneringen skulle gå till behandlades med en ny skrift, Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (Boverket 2, 2011). I den tabell som anger vilka gångavstånd som tillåts, med förenklad dimensionering, framgår det att följande aspekter är av betydelse (Boverket, 2014):

- Överblickbarheten i lokalen
- Framkomligheten i lokalen
- Brandbelastning
- Risken för uppkomst av brand
- Risken för snabb brandspridning
- Persontätheten
- Personernas förväntade lokalkännedom
- Personernas förmåga att utrymma på egen hand
- Personernas grad av alkoholpåverknig

Reglerna anger att gångavstånden som anges i de allmänna råden generellt kan ökas med en tredjedel om utrymmet skyddas med ett automatiskt släcksystem, dock finns några undantagsfall. De tillåtna gångavstånden varierar mellan 15 meter och 80 meter där tillåtet gångavstånd till en utrymningsväg för samlingslokaler är generellt 30 meter där ett automatiskt släcksystem inte finns och 40 meter om det finns (Boverket, 2014). Det finns även regler om lokalen endast skulle vara försedd med en enda utrymningsväg, men det är endast aktuellt för mindre lokaler och bostäder samt i kontorsliknande verksamheter (Boverket, 2014). Vidare anges det att sammanfallande gångavstånd till en utrymningsväg i en samlingslokal ska multipliceras med en faktor två. I Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd anges att maximalt gångavstånd till en utrymningsväg aldrig bör överstiga 80 meter (Boverket, 2013).

I Plan- och byggförordningen (Socialdepartementet, 2011) 3 kap. 8 § anges att

” För att uppfylla det krav på säkerhet i händelse av brand [...] ska ett byggnadsverk vara projekterat och utfört på ett sätt som innebär att

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

2.1.3.2. Amerikanska byggregler

I National Fire Protection Associations hanbok (Coté, 1994) anges ett antal punkter som det maximalt tillåtna gångavståndets baserats på. Dessa är:

- Antal, ålder och fysiska hälsa på de som vistas i byggnaden samt i vilken utsträckning som de kan förväntas röra sig
- Typ och antal hinder (till exempel hyllor, sittplatser eller tunga maskiner) som måste passeras
- Antal personer i ett rum eller utrymme samt avståndet från den mest avlägsna platsen i det rummet till dörren
- Mängden och typ av brännbart material som kan förväntas i den verksamheten
- Hur snabbt en brand kan förväntas spridas, vilket beror på; typ av konstruktion, vilka material som används, i vilken utsträckning som byggnaden är uppdelad i rum samt om det finns (eller saknas) automatiskt detektions- och släcksystem

Vidare står där att tiden som den utrymnande behöver för att ta sig till den närmaste utrymningsvägen inte ska vara så lång att denne utsätts för mer fara. Det framkommer också att ett stort antal faktorer har visats hänsyn vid bestämmandet av de maximalt tillåtna gångavstånden men på grund av att det saknas formler och exakta kriterier så är avstånden resultat från många års observationer, bedömningar och studier av människor och bränder (Coté, 1994). I reglerna anges längsta tillåtna gångavstånd där avstånden varierar med verksamhetstyp samt om det finns sprinkler eller ej (NFPA, 1994). Spannet på tillåtet gångavstånd sträcker sig från 23 meter (75 feet) till 122 meter (400 feet) och för samlingslokaler är kravet 45 meter (150 feet) om den är osprinklad samt 60 meter (200 feet) om den är försedd med ett automatiskt sprinklersystem (NFPA, 1994). Gångavståndskraven för samlingslokaler avser sträckan från den mest ogynnsamma platsen till en dörr som leder ut i det fria.

2.1.3.3. Walesiska byggregler

I regelverket från Department of the Environment och The Welsh Office (1992) beskrivs att antalet utrymningsvägar som behövs bland annat beror på hur många personer som vistas där samt hur långt gångavståndet är till den närmst belägna utrymningsvägen. Även i detta regelverk återfinns en tabell med olika gångavstånd som tillåts för respektive verksamhet där de skiljer på om det finns möjlighet att utrymma i en eller flera riktningar. Från tabellen går det att utläsa att maximalt tillåtna gångavstånd för samlingslokaler är 32 meter, eller 15 meter om det enbart går att utrymma i en riktning.

2.1.3.4. *Brittiska byggregler*

David Purser, som främst utgår från det Brittiska regleverket, nämner i en föreläsning att det finns ett samband mellan gångavstånd, själva dörren i utrymningsvägen och personerna som vistas i lokalen beträffande säkerhetsnivån (Purser, 2009). Han menar att gångavståndet och antalet utrymningsvägar begränsar storleken på lokalen samt att antalet utrymningsvägar, och dess totala bredd, tillsammans med golvytan begränsar antalet personer som får vistas i lokalen. Purser uppger ett antal faktorer som är kopplat till själva gångavståndet, nämligen:

- Om avståndet är kort så är sannolikheten låg för att en brand ska uppstå i den utrymnandes väg till utrymningsvägen.
- Om avståndet är kort så kommer den utrymnande att ha möjlighet att se en utrymningsväg och även upptäcka branden medan den fortfarande är liten. Dessutom är det mindre troligt att geometrin är komplex eller att utrymningsvägen kommer ligga dold.
- Om det finns flera utrymningsvägar att välja på så kommer den utrymnade förmodligen att ha möjlighet att välja en som ligger bort från branden.
- Om gångavståndet är kort, och det börjar produceras rök, är det mer troligt att en utrymningsväg är synlig samt att den utrymnande kan nå denna utan att behöva gå långt genom röken.
- Om gångavståndet är långt är det en större sannolikhet att branden når den snabba tillväxtdelen i ett α^2 förhållande innan branden upptäcks, och överväldigar de utrymnade innan de hunnit ut.
- Om gångavståndet är kort innebär det många utrymningsvägar att välja på för de utrymnande.

I det Brittiska regelverket, Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings, anges att gångavstånden kan variera mellan 14 och 65 meter i de generella fallen men att de kan förlängas om mer brandskydd tillförs (British Standards Institution, 2008). Avstånden gäller från den mest avlägsna punkten i lokalen till utgången från byggnaden. Det anges att om den exakta geometriens utformning inte är känd så får endast två tredjedelar av avståndet som anges användas. Dessutom finns det krav på längsta tillåtna gångavstånd där de utrymnande personerna enbart kan gå i en riktning, vilket varierar beroende på riskprofil. Vidare står det att följande aspekter visas hänsyn i de angivna avstånden:

- Avståndet måste vara kortare om det kan antas vara en snabb tillväxthastighet på branden eller om de utrymnade personerna inte är bekanta med lokalen.
- Avståndet kan vara längre om extra brandskyddsåtgärder vidtas.
- En utrymnade person går inte nödvändigtvis raka vägen till utrymningsvägen.
- Förflyttningshastigheten kan variera stort mellan de utrymnande personerna.
- Förberedelse tiden kan variera med avseende på rummets storlek, typen av personer i byggnaden samt de organisatoriska åtgärderna och förberedelserna som finns.

2.2. *Intervjustudie*

För att ta reda på branschens åsikter krävdes att en intervjuguide togs fram, denna presenteras i sin helhet i Bilaga A. Bakgrunden till denna guide låg främst i en hypotes gällande vilka faktorer som potentiellt var kopplade till gångavstånd till en utrymningsväg. Det hade med litteraturstudierna i princip konstaterats att gångavståndskraven kom från hur det byggts historiskt sett. En rad faktorer antogs kunna finnas inbakade i kravet för gångavstånd även om dessa inte pekats ut innan nivåerna bestämdes. Motiveringen var att anledningen till att ett avstånd resulterat i en tillräcklig säkerhet var att faktorerna i de fallen inte påverkats för mycket. De faktorer som antogs kunna ha en potentiell påverkan från gångavståndet till en utrymningsväg var:

1. Orienterbarheten
2. Sannolikheten för kö, kopplat till fler personer
3. Sannolikheten för att brand uppstår, kopplat till byggnadens storlek
4. Sannolikheten för att bli blockerad av branden
5. Räddningstjänstens insatsmöjligheter

2.2.1. Bakgrunden till maximalt tillåtna gångavstånd

Av de intervjuade, som presenteras i Bilaga B, var det ingen som var säker på var de maximalt tillåtna gångavstånden, som idag anges i de svenska byggreglerna, egentligen kommer ifrån. De höll dock med om att det förmodligen är historien som har skapat dem, i viss mån. Några ställde sig dock tveksamma till att det skulle finnas bevis eller statistik som visar att personer klarade sig bra vid en brand i exempelvis en samlingslokal med 30 meters gångavstånd och att några omkom när gångavståndet var längre. Vissa menade att reglerna fick anpassas efter hur lokalerna såg ut och hur det brukade byggas. Med hänsyn till att det inte fanns personer som kommit till skada, till följd av för långa gångavstånd, fanns det heller ingen anledning att ändra de kraven. Varje gång som nya direktiv ska ges måste dessutom en konsekvensutredning göras där varje ändring noga motiveras, vilket således blir svårt när det bevisligen fungerat. En del av de intervjuade nämnde att det finns en anekdot som säger att kraven på gångavstånd satts efter att regelskrivarna på Statens planverk sett över sina egna lokaler och tyckt att de verkat lämpliga, för att därefter korrigera siffrorna lite beroende på verksamhetstyp. De flesta av de intervjuade var dock överens om att gångavstånden inte är direkt vetenskapligt bestämda till de jämna tal som anges, utan snarare att de har en matematisk grund med multiplar av 15 meter.

2.2.2. Orienterbarhet och sannolikheten att bli blockerad av branden

Åsikterna från de intervjuade skiljde sig åt huruvida de föreslagna faktorerna hade en koppling till de maximalt tillåtna gångavstånden. Resultatet, som presenteras i sin helhet i Bilaga C, visade dock på att branschen var relativt överens om att två av faktorerna påverkades av gångavståndet. Dessa två faktorer var orienterbarhet och sannolikheten för att brand uppstår i de utrymmandes väg där 16 av 18 höll med om respektive av de två påståendena. Faktorn gällande sannolikheten för att branden uppstår i de utrymmandes väg var det dessutom några personer som menade förmodligen var den som i störst utsträckning hade en koppling till gångavståndet. Detta till följd av längre gångavstånd skulle medföra att längre återvändsgränder (eng: *dead end*) tillåts. Vissa ansåg till och med att det borde finnas rekommendationer på hur långa återvändsgränder som längst får vara, även vid analytisk dimensionering. De menade nämligen att eftersom om enbart tiden till kritiska förhållanden tas i beaktande så missas andra viktiga aspekter.

Rent generellt var de intervjuade kritiska till att enbart jämföra tiden till kritiska förhållanden med utrymningstiden. De menade att det då missas just de dolda faktorerna som denna rapport är tänkt att tydliggöra. Huruvida de intervjuade på egen hand tog faktorerna i beaktande varierade och hur det i så fall gjordes diskuterades inte. Vad det gäller orienterbarheten, vilket är kopplat till om de utrymmande kan förväntas känna till lokalerna, menade de flesta att det är en starkt bidragande faktor till varför längre gångavstånd accepteras i kontor jämfört med en samlingslokal. Det går inte att förutsätta att personer går rätt med en gång vid en utrymnings-situation om de inte känner väl till lokalerna eller direkt kan se var utrymningsvägarna finns.

2.2.3. Sannolikheten för kö samt sannolikheten för att brand uppstår

Beträffande faktorn att längre gångavstånd resulterar i större lokaler och således fler personer som i sin tur medför längre köer menade de som inte trodde att det fanns en koppling till maximalt tillåtna gångavstånd, 5 av de 18 tillfrågade, främst att denna faktor togs omhand av dörrbredderna. De som ansåg att det fanns en koppling, 6 av de 18 intervjuade, menade att även om mer dörrbredd tillförs i samband med fler personer tenderar fortfarande merparten av besökarna i en lokal att söka sig till huvudingången. De menade därför att det vore lämpligt att inte fördela de utrymmandes jämt över utrymningsvägarna vid beräkning av utrymnings- och kötiden. Några av de intervjuade berättade att anledningen till att de utrymmande söker sig till kända utgångar i vissa fall handlar om att de alternativa utrymningsvägarna är dåligt placerade. Det skulle alltså kunna vara bättre med lite längre gångavstånd om det i sin tur innebar en mer naturlig placering av utrymningsvägen.

Branschen var ganska överens om att en större lokal innebär en högre sannolikhet för brand, i praktiken, men meningarna gick isär huruvida detta påverkar utrymningsdimensionering. Några, 6 av 18, påpekade att vid dimensionering måste det förutsättas att brand uppstår och därmed blir den

faktiska sannolikheten för det ointressant. Andra, 4 av 18, resonerade som så att med en lägre sannolikhet för att brand uppstår så erhålls också en lägre risk för samhället samt för individen i lokalen och följaktligen kan det vara en faktor som påverkas av gångavståndet. Några menade att det i framtiden förmodligen vore bättre med en mer riskbetonad metod vid dimensionering.

2.2.4. Räddningstjänstens insatsmöjligheter

Ytterligare en vattendelare var påståendet att räddningstjänstens insatsmöjligheter var kopplat till gångavståndet till en utrymningsväg. De som ansåg att det inte fanns en koppling, 5 av 18, sade att längden på insatsvägen är reglerad separat, åtminstone för verksamhetsklass 5. Där anger reglerna att från angreppspunkt till mest avlägsna del i lokalen får det inte vara längre än 50 meter, vilket är kortare än de generella gångavstånden för de flesta verksamhetsklasser. Anledningen till det avståndet menade de flesta kom från att för en normal rökdykarinsats ska inte mer än två slanglängder, det vill säga 50 meter, behövas. Detta eftersom det krävs en större organisation kring insatsen samt att möjligheten att söka av lokalen minskar om avstånden blir längre än så. Några menade dock att det inte går att förutsätta att räddningstjänsten väljer den bästa tillträdesvägen vid en insats, då de på förhand kan ha svårt att avgöra var det brinner. Således var det önskvärt med inte för långa gångavstånd då det kunde medföra väldigt stora lokaler med svårorienterade geometrier och därmed såg några en koppling mellan gångavstånd till en utrymningsväg och räddningstjänstens insatsmöjligheter.

2.2.5. Dimensioneringsdilemman

I stort sett alla de intervjuade var överens om att ifall en analytisk dimensionering skulle utföras med förutsättningarna från de allmänna råden så erhålls det inte nödvändigtvis resultat som visar att det är säkert. Anledningen är att det i vissa lokaler kan bli kritiska förhållanden väldigt snabbt, framförallt i de med relativt låg takhöjd, och därmed skulle inte nödvändigtvis 30 meters gångavstånd till en utrymningsväg visa sig vara säkert. De flesta menade att det beror på skillnader i säkerhetsnivå vid analytisk dimensionering jämfört med förenklad dimensionering, där det är hårdare krav vid den analytiska. Huruvida det är bra eller dåligt rådde det dock oenighet om i branschen. De som ansåg att det var bra menade att då analytisk dimensionering tillämpas finns många andra osäkerheter som måste kompenseras för medan de som tyckte att det var dåligt ansåg att det ska krävas samma säkerhetsnivå på en byggnad oavsett metod för dimensionering.

En metod som tillämpas ibland vid dimensionering är en så kallad jämförelseanalys eller komparativ analys. Vid denna görs en jämförelse mellan ett referensobjekt och den önskade utformningen. Även här gick meningarna isär gällande om det är ett bra eller dåligt tillvägagångssätt. Förespråkarna menade att det blir konstigt att inte få lov att jämföra med ett referensobjekt, även om det innebär att några personer utsätts för kritiska förhållanden i simuleringarna. De menade att referensobjektet som följer de allmänna råden är den nivå som samhället angett som tillräckligt säker. De som var emot metoden ansåg att om lösningen inte kan visas vara säker, det vill säga att ingen utsätts för kritiska förhållanden, så är den inte tillräckligt bra. Några av dessa menade att så även är fallet om förutsättningarna från förenklad dimensionering används och inte visar sig vara tillräckligt säkra. De menade vidare att det ska strävas efter ett bra brandskydd och inte ett som bara precis når upp till en tillräckligt bra nivå i lagens och samhällets mening.

Varför Boverket valt att ange att 80 meters gångavstånd till utrymningsväg inte bör överstigas, även vid analytisk dimensionering, var det oklarhet kring i branschen. En del trodde att siffran var ditskriven mest för att fungera som en varningsklocka när avstånden börjar bli långa och att det inte finns en direkt koppling till de andra, i detta arbete eftersökta, faktorerna. Några trodde att det kan finnas en koppling till hur långt avstånd som människor kan vara villiga att gå medan några avfärdade det påståendet med hänsyn till att det i bil- och tåg tunnelar kan vara flera hundra meters gångavstånd till en utrymningsväg. Vissa påpekade att anledningen till att det är just 80 meter som angetts är för att det är det längsta gångavståndet som kan erhållas från allmänna råden.

2.3. Diskussion kring litteratur- och intervjustudierna

Efter att ha läst ett flertal rapporter och artiklar samt haft många intressanta diskussioner med personer som jobbar med brandsäkerhet, på ett eller annat sätt, har det tydliggjorts att de maximalt tillåtna gångavstånd till utrymningsvägar som används idag inte har någon direkt vetenskaplig bakgrund. Det framkom att avstånden grundar sig i kunskap som erhållits från tidigare erfarenheter, vilket i praktiken förmodligen innebar att reglerna anpassades efter hur det byggdes. Samtidigt anpassades och ändrades antagligen byggandet i tak med att bränder uppstod och lärdomar kunde dras från dessa, både när det gick bra och när det gick sämre. Det sker fortfarande förbättringar av byggreglerna vilket ses då det ständigt kommer nya uppdateringar. Det är till och med så att det sker mer förändringar nu jämfört med den tid då de nationella byggreglerna infördes från första början, vilket egentligen inte är konstigt med hänsyn till att det idag forskas, analyseras och utvärderas i större utsträckning samt med bättre möjligheter rent tekniskt.

Dagens byggregler är funktionsbaserade, det vill säga att det anges att en viss nivå ska uppnås, samt med tillhörande allmänt råd. De allmänna råden är ett sätt att uppnå reglerna, och beträffande gångavstånd till utrymningsväg har dessa inte ändrats. Anledningen kan vara att ingen kommit till skada eller dött på grund av för långa avstånd samtidigt som det funnits möjlighet till att ha längre gångavstånd om det kunnat visas vara säkert med den analytiska dimensioneringen. Dessutom beror det förmodligen även till viss del på att det innebär en omfattande process att ändra i byggreglerna där konsekvensutredningar ska genomföras och ändringen väl motiveras.

Även om det inte fanns en baktanke med de gångavstånd till utrymningsvägar som anges i de allmänna råden när de bestämdes från början så kan det ha funnits faktorer som bakats in indirekt då byggreglerna baserades på byggnadskonstellationer som visat sig vara säkra. Vad var det till exempel som gjorde att en utrymningssituation gick bra i samband med en brand i en samlingslokal med ett visst mått men mindre bra i en annan? Dessutom har en hel del annan problematik lyfts fram i tidigare avsnitt, 1.2, som tyder på att fler faktorer än förflyttningstid beaktas med gångavståndskravet.

Av litteraturen att döma var det bland annat de utrymmande personernas säkerhet, byggnadens beständighet och räddningsmanskapets säkerhet som skulle visas hänsyn vid dimensionering av brandskyddet. Det stora problemet låg mest i att ta reda på vad som skulle uppfyllas för att det skulle anses bra samt hur det skulle visas vara säkert. Det togs bland annat fram nivåer på förhållanden som ansågs vara kritiska, som personerna som utrymde inte skulle utsättas för, samt att sättet att kontrollera det på var att räkna tiden tills kritiska förhållanden uppstod och sedan jämföra med tiden det tog att utrymma. Anledningen till att det blev på detta sätt får anses vara att det var en uppenbar faktor, för att personer inte ska skadas så får de inte utsättas för kritiska förhållanden, samt att tid var en storhet som var förhållandevis lätt att mäta. Det var inte sagt att detta var den bästa metoden som borde tillämpas för all framtid. Snarare var det tvärtom då flertalet personer påpekade att ett mer holistiskt angreppssätt var att föredra där den samlade risken togs i beaktande, vilket önskades bli verklighet i framtiden då bättre instrument fanns.

Från intervjuerna som genomfördes framkom två problem som det ser ut i dagsläget. Det ena är att personer i branschen inte är överens, eller medvetna, om vilka faktorer som faktiskt påverkas då gångavstånden till utrymningsvägarna ändras. Det går dessutom inte att skönja att skillnaderna ligger mellan konsulterna och räddningstjänsterna eller myndigheterna utan det råder även skillnader inom respektive grupp, se tabeller i Bilaga C. Det andra problemet är hur, eller ens om, dessa andra faktorer ska behandlas. Problemet uppstår i de fall då det önskas frångå de allmänna råden och den analytiska dimensioneringen tillämpas. Tack vare den utförliga skriften som anger allmänna råd om hur den analytiska dimensioneringen kan gå till har det i praktiken blivit att detta är det främsta tillvägagångssättet, vilket resulterat i mer homogena lösningar i branschen precis som önskat. Nackdelen verkar bli att de andra, fortsatt oklara, faktorerna hamnar i ännu mer skymundan.

Även om inte alla intervjuade var överens och även om inte all litteratur pekade på samma faktorer så får det anses nödvändigt, och intressant, att gå vidare med de fem som pekats ut:

1. Orienterbarheten
2. Sannolikheten för kö, kopplat till fler personer
3. Sannolikheten för att brand uppstår, kopplat till byggnadens storlek
4. Sannolikheten för att bli blockerad av branden
5. Räddningstjänstens insatsmöjligheter

3. Analysmetod

För att möjliggöra en bedömning av hurvida de utpekade faktorerna kunde antas ha en koppling till gångavståndet till en utrymningsväg krävdes att ett antal fall togs fram. Ett enskilt fall skulle undersöka endast en av faktorerna i största möjliga utsträckning för att erhålla resultat om varje enskild faktor utan påverkan från någon annan. Det krävdes ett grundfall som skulle kunna användas som referens vid en bedömning ifall, samt hur mycket, faktorn ökade risken. Då omfattningen på arbetet skulle bli rimlig var det bara tre av de fem faktorerna som utvärderades med denna kvantitativa metod medan de andra två utvärderades kvalitativt.

Grundfallet antogs vara en kvadratisk byggnad med ytterväggar som var 30 meter och helt utan innerväggar. Med anledning av variationen av faktorerna som skulle undersökas krävdes tre olika scenarier av grundfallet. Grundfallets första scenario bestod av 600 personer, grundfallets andra scenario bestod av tio personer och grundfallets tredje scenario bestod också av 600 personer, men där fördelade de utrymmade inte sig jämt över utrymningsvägarna. Grundfallets första och andra scenario användes vid utredning av orienterbarheten, grundfallets tredje scenario vid utredningen av sannolikheten för kö och grundfallets första scenario vid utredningen av sannolikheten för brands uppkomst.

I undersökningen av orienterbarheten antogs tre fall med en ökande komplexitet för att tydliggöra faktorns möjliga koppling till gångavståndet till en utrymningsväg. Då det bedömdes finnas en sannolikhet för att säkerheten var kopplad till antal personer i byggnaden utreddes två scenarier av respektive fall. I det första var där 600 personer och i det andra tio personer.

Vid utredningen av sannolikheten för kö antogs ett fall där byggnaden gjordes större. Detta eftersom persontätheten önskades hållas konstant för att enbart erhålla resultat kopplat till det faktiska antalet personer. En ökning av golvytan, och då även antal personer, gjordes med ungefär 50 % så att sidorna på den kvadratiske byggnaden blev 36,8 meter. Persontätheten 0,67 personer/m² innebar att 900 personer befann sig i lokalen.

I granskningen av sannolikheten för brands uppkomst användes samma byggnad som i grundfallet vid bedömningen av tid till kritiska förhållanden. För bedömningen av den faktiska sannolikheten för brand användes dock den större byggnaden, vilken användes vid utredningen av faktorn gällande sannolikheten för kö. Anledningen till att den större byggnaden inte användes för att avgöra tid till kritiska förhållanden var för att inte denna parameter skulle påverka resultatet. Generellt innebär en större byggnad längre tid till kritiska förhållanden, men byggnadens geometri i övrigt kan starkt påverka denna tid. För denna utredning önskades enbart faktorn kopplat till sannolikhet för brand utredas och alltså var inte ytterligare faktorer inverkan önskvärd. Vidare antogs det vara 600 personer i lokalen, för att inte antalet personer skulle påverka bedömningen av faktorn sannolikheten för brand.

Ett flödesschema över analysens olika delmoment för respektive faktor i detta arbete redovisas i Figur 2.



Figur 2. Flödesschema över analysens olika delmoment för respektive faktor.

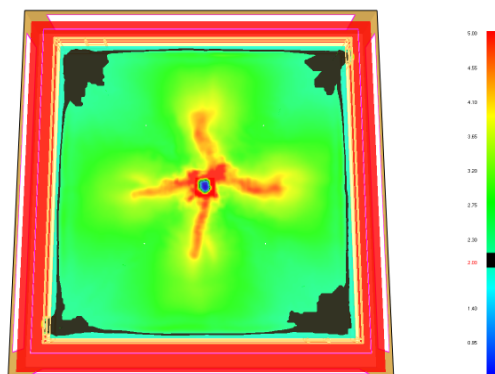
Metoden för hur tiden till kritiska förhållanden samt utrymningstiden beräknades är beskrivet i de följande avsnitten 3.1 och 3.2. Dessutom redogörs det för säkerhetsmarginalens innebörd i avsnitt 3.3.

3.1. Tid till kritiska förhållanden

För att bedöma när kritiska förhållanden uppstod studerades olika acceptanskriterier som kunde vara lämpliga. I BBRAD 3 (Boverket, 2013) anges ett antal kriterier som borde vara uppfyllda för att de utrymmande personerna inte ska bedömas ha utsatts för kritiska förhållanden. Till exempel anges att

sikten inte får understiga 10 meter, eller 5 meter i de fall personer står i kö till utrymningsvägen, att koncentrationen kolmonoxid inte ska vara högre än 2 000 ppm samt att temperaturen inte ska överstiga 80 °C. Dessa nivåer antas vara satta med en extra säkerhetsnivå för att det vid en analytisk dimensionering inte ska erhållas osäkra resultat. Försök utförda av Jin (1976) visar nämligen att personer kommer kunna fortsätta att utrymma även när sikten blir sämre. Dessutom bör siktsträckan ställas i relation till vad det är som ska ses. En person som befinner sig mitt ute på ett öppet hav har förmodligen inte stora möjligheter att kunna orientera sig visuellt även om sikten är 100 meter medan det för en person som står i en kö kan vara fullt tillräckligt med att se personen som är precis framför. Gällande kolmonoxid leder en exponering av 1 600 ppm under en till två timmar, alternativt 3 200 ppm under en timme, till att personen dör (MMI MiljöMätinstrument AB, 2014). Även om värdena är väldigt individberoende är det en relativt lång exponeringstid som anges, vilket stärker påståendet om att gränserna i BBRAD 3 är angivna med en extra säkerhetsnivå. För denna rapport önskades en nivå för kritiska förhållanden med en betydligt mindre extra säkerhetsnivå för att försöka spegla verkligheten i större utsträckning. Därför valdes en nivå som var lägre än den föreslagna i BBRAD 3 och kritiska förhållanden ansattes inträffa då sikten var sämre än två meter.

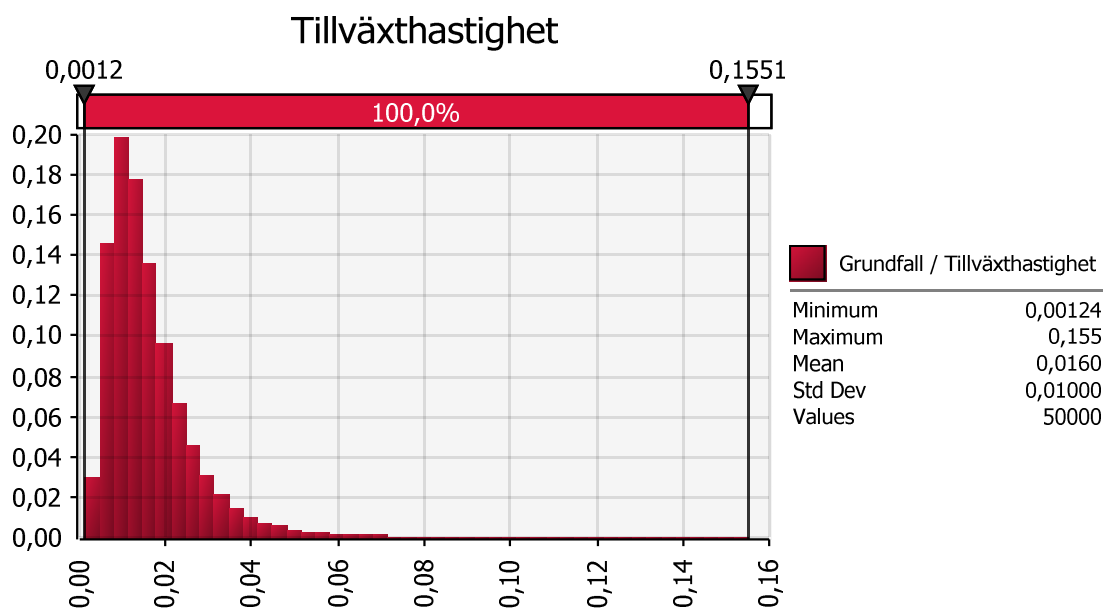
För att bedöma när sikten blev sämre än två meter simulerades bränder med hjälp av Fire Dynamics Simulator (FDS) som är en Computational Fluid Dynamics modell (CFD) (McGrattan & et al., 2010). I Figur 3 visas sikten två meter över marken. Figuren åskådliggör att det är ut med väggarna som sikten först blev sämst och således var det konservativt att anta att kritiska förhållanden uppstod i lokalen när en mätpunkt vid en av utrymningsvägarna uppmätte en sämre sikt än två meter.



Figur 3. Sikten blir sämst ut med väggarna, vid utrymningsvägarna, först.

Då tiden till kritiska förhållanden i en given lokal framförallt bedömdes bero av tillväxthastigheten på branden simulerades flera bränder med olika tillväxthastigheter för varje fall. Resultaten från dessa kunde sedan plottas in i grafer som gav ett samband mellan tiden till kritiska förhållanden och tillväxthastigheten för respektive fall. Till sambanden kunde sedan trendlinjer anpassas vilken gav ekvationer som kunde användas för att beräkna tiden till kritiska förhållanden beroende av tillväxthastigheten. För att få en fördelning på tiden till kritiska förhållanden gjordes Monte Carlo-simuleringar i Excels tillägsprogram @Risk. Tillägsprogrammet möjliggör att köra flera simuleringar på en gång som sedan ger upphov till fördelningar beroende av given indata och antal simuleringar. Ju fler simuleringar som görs desto bättre anpassade värden erhålls

Från ett tidigare arbete, som bedömt tillväxthastigheter i olika butiker med hjälp av fältstudier, erhöles ett medelvärde på tillväxthastigheten för en brand i butik på 0,016 kW/m² (Angerd, 1999). Tillväxthastigheten antogs vidare vara lognormal-fördelad med en varians på 10, vilket gav upphov till Figur 4 då 50 000 simuleringar kördes.



Figur 4. Fördelningen för tillväxthastigheten där x-axeln anger tillväxthastighet i kW/s^2 och y-axeln sannolikheten i andelar.

Från denna fördelning kunde sedan en fördelning över tiden till kritiska förhållanden tas fram för respektive fall. Varje fall fick en egen fördelning över tiden till kritiska förhållanden då ekvationen från trendlinjen såg olika ut beroende på lokalens utformning.

3.2. Utrymningstid

Utrymningstiden är summan av varseblivningstiden, förberedelsetiden och förflyttningstiden.

3.2.1. Varseblivningstid

Varseblivningstiden är den tid som det tar att upptäcka branden och ansätts ofta till detektionstiden. Om det inte finns ett automatiskt brandlarm i lokalen antas tiden bero på geometriens komplexitet och antalet personer som vistas där. En mer komplex geometri innebär att branden kan uppstå på en yta där den inte kan ses direkt och således medför en längre varseblivningstid. Branden kommer då upptäckas först när brandgaser blir synliga på de ställen där personerna befinner sig. Detta är även kopplat till att färre personer i lokalen innebär ett mindre antal som kan upptäcka branden och därmed också en längre varseblivningstid. I BBRAD 3 anges att varseblivningstiden inte bör vara kortare än 30 sekunder även då personerna ser branden (Boverket, 2013).

Då de använda byggnaderna i rapporten var anförda till verksamhetsklass 2B antogs att ett utrymningslarm fanns installerat men att aktivering enbart kunde ske manuellt via tryckknappar. En fördelning för varseblivningstiden togs därför fram med en lognormalfördelning där medelvärde och standardavvikelse uppskattades för varje fall utifrån lokalens komplexitet och antalet personer.

3.2.2. Förberedelsetid

Förberedelsetiden är den tid som förflyter från det att branden upptäckts, eller då utrymningslarmet startar, tills att personerna påbörjar utrymningen. Denna tid är starkt kopplad till vilken typ av larm som är installerat och exempelvis erhålls kortare tider med ett informativt talat meddelande jämfört med vanliga ringklockor (Frantzich, 2000). Även byggnadens geometri har en inverkan och Frantzich (2000) menar i sin rapport att i mer komplexa byggnader, där det kan vara svårt att direkt se utgången, andra personer eller branden, blir förberedelsetiden längre. Det finns alltså även en koppling till antalet personer som befinner sig i lokalen. Ett rimligt antagande är att med fler personer kommer förberedelsetiden att bli kortare ur aspekten att ta reda på i vilken riktning som utrymningsvägen finns.

En ensam person i en komplex geometri kan nämligen behöva stanna och fundera när denna blir osäker på i vilken riktning som den ska röra sig, och dessutom kan det vara så att denna rör sig åt fel håll. En ensam person kan även känna ett större ansvar över att åtgärda branden och inleda släckningsförsök vilket förlänger förberedelsetiden. Samtidigt bör det nämnas att det inte är en garanti att förberedelsetiden blir kort för att där är många personer. Många personer kan medföra att ingen vågar ta initiativ till att påbörja utrymningen då personer tenderar till att inte vilja bryta sociala mönster, varför de riskerar att hämma varandras önskan om att utrymma. I BBRAD 3 anges att förberedelsetiden kan sättas till 60 sekunder i de fall som personerna ser branden eller när ett informativt talat meddelande används som utrymningslarm (Boverket, 2013). Denna tid antas endast ta hänsyn till att personerna ska bestämma sig för att faktiskt utrymma. Ytterligare tid kan alltså förflyta till exempel i de fall personerna som utrymmer inte direkt vet var de ska gå.

I denna rapport togs en fördelning för förberedelsetiden fram med en lognormalfördelning där medelvärde och standardsavvikelse uppskattades för varje fall utifrån lokalens komplexitet och antalet personer.

3.2.3. Förflyttningstid

Förflyttningstiden ($t_{g\ddot{a}ng}$) är slutligen den tid som det tar från att utrymningen påbörjats tills att samtliga personer är ute. Denna tid beror av längden till utrymningsvägen (l), gånghastighet (v), antal personer (n), bredd på utrymningsväg (b) och flödet genom dörren (f) (Boverket, 2013). Flödet genom en dörr, enligt BBRAD 3, är 1,1 personer per sekund och meter för kända utrymningsvägar och i övriga fall 0,75 (Boverket, 2013). Gånghastigheten som anges i samma skrift är 1,5 m/s i de fall det är få personer och 0,6 m/s när det är många personer, och förflyttningen sker horisontellt. Ekvationen som beräknar förflyttningstiden är:

$$t_{g\ddot{a}ng} = \frac{l}{v} + \frac{n}{b \cdot f}$$

I denna rapport beräknades förflyttningstiden som ett punktvärde för respektive fall. Flödet antogs vara 1,1 personer per sekund och meter i samtliga fall.

3.3. Säkerhetsmarginalen

Säkerhetsmarginalen i denna rapport är en tid som avspeglar hur säker en lokal är ur utrymningssynpunkt i samband med en brand. Den beräknas genom att subtrahera utrymningstiden från tiden till kritiska förhållanden och om marginalen är positiv innebär det att samtliga personer i lokalen hann utrymma innan det blev kritiska förhållanden. Skulle marginalen vara negativ betyder det att inte alla hann utrymma i tid, och ju mer negativ marginalen är desto färre personer hann ut.

Säkerhetsmarginalen användes för att bedöma hur de undersökta faktorerna påverkade risken. Detta genom att beräkna samhällsrisken med avseende på sannolikheten att utsättas för kritiska förhållanden. För att möjliggöra bedömningen togs en fördelning fram för respektive fall. Fördelningen erhöles efter simuleringar i @Risk.

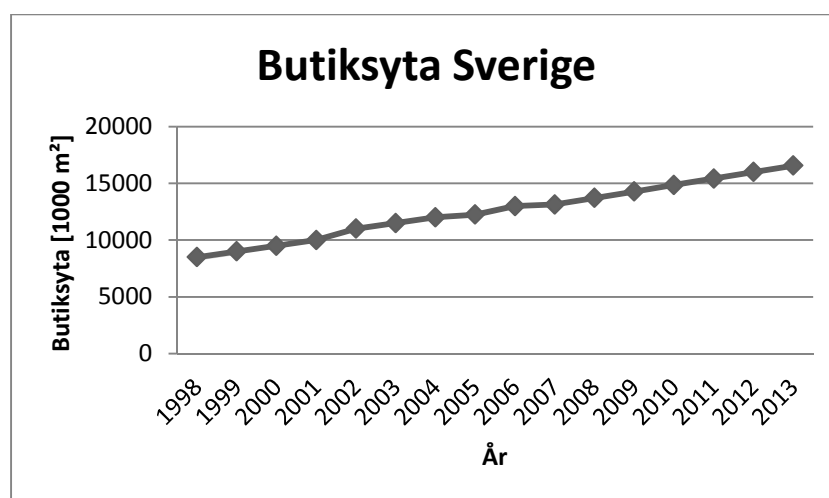
4. Sannolikheten för brands uppkomst

Vid dimensionering av brandskydd är en given förutsättning att brand uppstår. En av faktorerna som önskades undersökas försökte dock anta ett mer verklighetsbaserat synsätt, varför sannolikheten för att brand uppstår uppskattades. Statistiken för en handelsbyggnad, som kan hänföras till verksamhetsklass 2, över antal insatser till följd av brand i byggnad samt antal insatser där branden inte enbart varit i startföremålet eller i startbrandcellen, i denna rapport kallad större bränder, presenteras i Tabell 1 nedan (MSB, 2014).

Tabell 1. Antal insatser till följd av brand i byggnad i handelsbyggnader baserat på år.

År	Antal insatser	Antal större bränder
1998	230	21
1999	226	14
2000	235	11
2001	246	18
2002	227	17
2003	247	14
2004	197	16
2005	220	23
2006	243	25
2007	246	17
2008	243	20
2009	226	22
2010	246	17
2011	235	15
2012	196	9
2013	201	16
Totalt	3664	275

Statistik över hur många kvadratmeter butiksyta som fanns i Sverige under respektive år fanns att tillgå för åren 1998 till 2006 (Anderson, 2007). Då det var ett linjärt samband för dessa år kunde data extrapoleras fram till år 2013. Detta gav upphov till Figur 5.



Figur 5. Visar butiksytan i Sverige mellan åren 1998 och 2013.

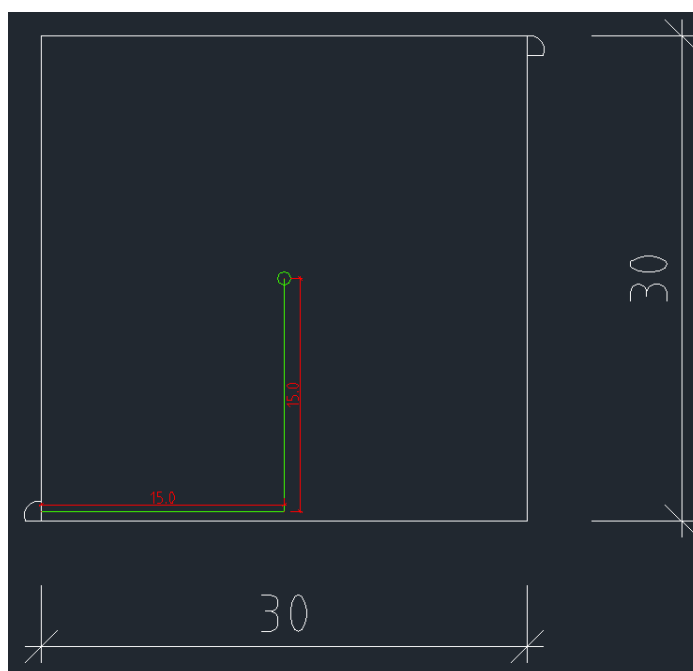
Med informationen ovan kunde antal bränder per kvadratmeter för respektive år beräknas. Genomsnittet för det, under åren 1998 till 2013, blev då $1,91 \cdot 10^{-5}$ bränder per år och kvadratmeter. Av dessa bränder var det sedan 275 av 3664, det vill säga 7,5 %, som blev större bränder.

5. Utredning av faktorerna

5.1. Grundfall



För att möjliggöra en bedömning av respektive faktor antogs ett grundfall. Grunden utgjorde en byggnad som var 30x30 meter med takhöjden 2,8 meter. Det fanns två utrymningsvägar placerade diagonalt ifrån varandra. Respektive utrymningsväg var två meter bred vilket medförde att byggnaden blev dimensionerad för maximalt 600 personer. Figur 6 nedan visar en illustration av den nyss beskrivda byggnaden.



Figur 6. Illustration av den byggnad som utgör grundförutsättningarna för undersökningen av respektive faktors betydelse.

I figuren illustreras att maximalt gångavstånd till närmaste utrymningsväg var 30 meter vilket följde de allmänna råden och därmed den förenklade dimensioneringen. I byggnaden fanns inga rum eller innerväggar.

5.1.1. Tid till kritiska förhållanden – Grundfall

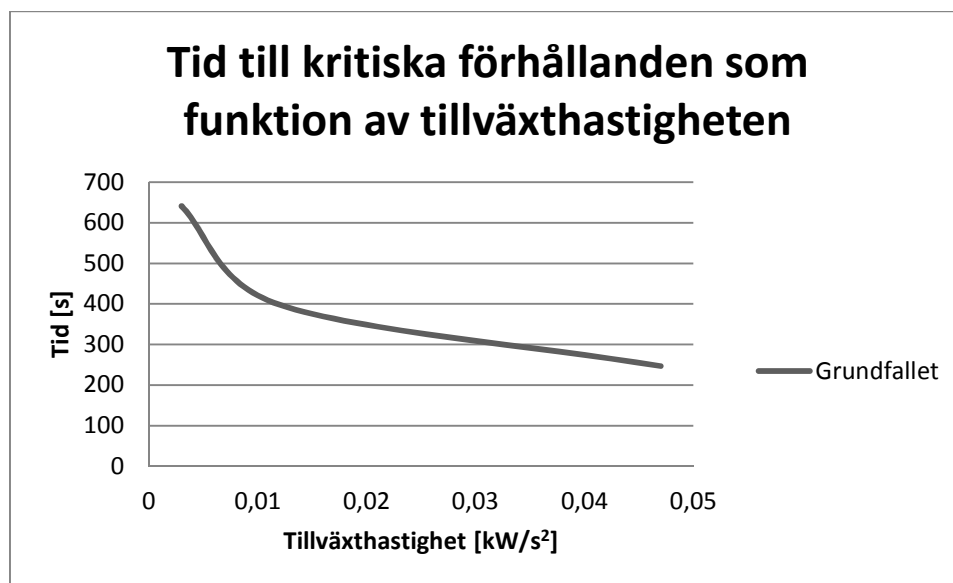


Grundförutsättningarna för FDS-simuleringarna anges i Tabell 2. En fullständig redovisning av en indatafil återfinns i Bilaga D. Samtliga indatafiler redovisas inte då skillnaderna mellan dessa endast var tillväxthastigheten på branden.

Tabell 2. Grundläggande parametrar för FDS-simuleringen.

Parameter	Mått
Maximal effektutveckling [MW]	10
HRRPUA [kW/m^2]	2500
Cellstorlek [m]	0,2
Antal celler	~ 1 000 000
Takhöjd [m]	2,8
Soot yield [%]	6
CO yield [%]	6
Förbränningsvärme [MJ/kg]	20
Simuleringstid [s]	900
Värmetransport	Inert – Väggar och tak värms ej upp, men värmen kan ledas ut
\dot{Q}^*	1,19
$\frac{D^*}{d_x}$	12,08
$\frac{D^*}{H}$	0,86

Från simuleringarna erhöles ett samband mellan tiden till kritiska förhållanden och tillväxthastigheten på branden, detta samband redovisas i Figur 7. Till grafen anpassades en trendlinje för att erhålla en ekvation som kunde användas för vidare beräkningar.



Figur 7. Tid till kritiska förhållanden som funktion av tillväxthastigheten på branden för grundfallet.

Från fördelningen på tillväxthastigheten, Figur 4 i avsnitt 3.1, och med ekvationen för trendlinjen gällande tid till kritiska förhållanden som funktion av tillväxthastigheten erhöles en fördelning över tiden till kritiska förhållanden för grundfallet. Denna redovisas i Bilaga E.

5.1.2. Utrymningstiden – Grundfall



Gällande utrymningstiden fick grundfallet tre scenarier med hänsyn till de faktorer som skulle utredas. Skillnaden mellan dessa scenarier var antalet personer som befann sig i lokalen samt hur personerna fördelade sig över utrymningsvägarna. De gånger 50 % av personerna sökte sig till huvudingången bestämdes andelen utifrån att bredden på huvudingången utgjorde hälften av den totala bredden

- Scenario 1: 600 personer, 50 % till huvudingången
- Scenario 2: 10 personer, 50 % till huvudingången
- Scenario 3: 600 personer, 53 % till huvudingången

Andelen sattes till 53 % med hänsyn till beräkningar och litteraturstudier. Vid utrymningsförsök på IKEA-varuhus i Sverige noterades bland annat hur stor andel som sökte sig till kända utrymningsvägar (Frantzich, 2000). På IKEA i Örebro valde 37 % en känd utrymningsväg medan motsvarande siffra i Västerås var 77 % och i Älmhult 35 % (Frantzich, 2000). Liknande försök och noteringar gjordes på affärscentran på Irland (Shields & Boyce, 2000). I försöket på Royal Avenue sökte sig 61,3 % till en känd utrymningsväg medan motsvarande siffra på Queen Street var 71,8 %, i Sprucefield 19,7 % och i Culverhouse 66,0 % (Shields & Boyce, 2000). En sammanvägning av de sju försöken resulterade i att 53 % av de utrymnande personerna sökte sig till en känd utrymningsväg.

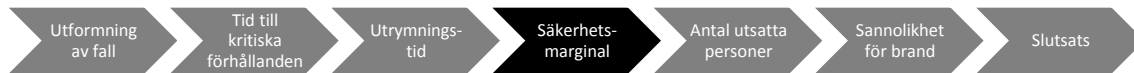
Varseblivnings- och förberedelse-tiderna ansattes enligt Tabell 3 för grundfallets tre scenarier. Värdena ansattes till vad som ansågs rimligt efter ingenjörsmässiga bedömningar. Anledningen till att det andra scenariot antogs ha längre tider var bland annat kopplat till att färre personer bedöms se branden senare samt att färre personer antas undersöka situationen mer innan de börjar utrymma, vilket resoneras kring i avsnitt 3.2. I samma tabell nedan redovisas ingångsvärdena för att beräkna förflyttningstiden.

Tabell 3. Fördelningar, medelvärde och standardavvikelse för varseblivningstiden och förberedelse-tiden i grundfallets tre olika scenarier.

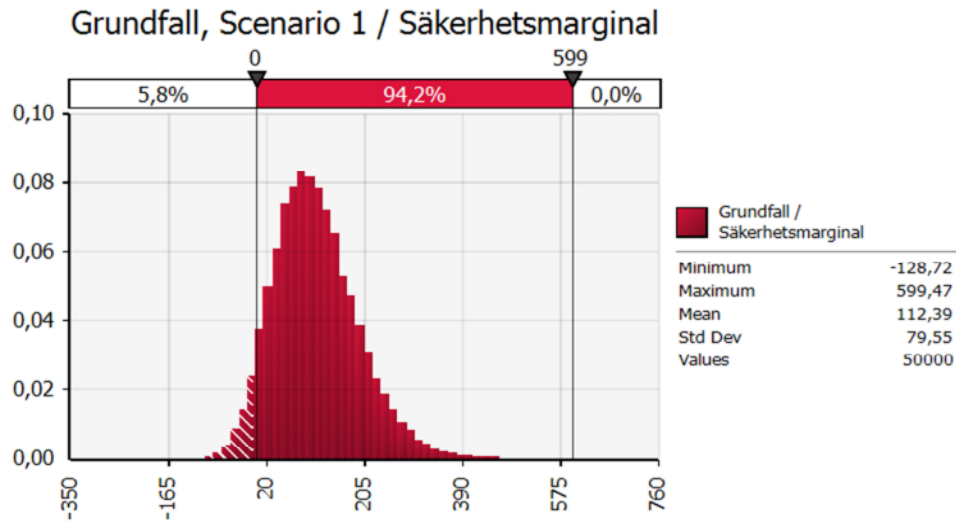
Grundfallet			
Scenario	Första	Andra	Tredje
Antal personer	600	10	600
Fördelning, Varseblivning	Lognormal	Lognormal	Lognormal
Medelvärde, Varseblivning [s]	35	40	35
Standardavvikelse, Varseblivning [s]	10	10	10
Fördelning, Förberedelse	Lognormal	Lognormal	Lognormal
Medelvärde, Förberedelse [s]	55	70	55
Standardavvikelse, Förberedelse [s]	10	10	10
Längd till utrymningsväg [m]	30	30	30
Gånghastighet [m/s]	0,6	1,5	0,6
Totalt antal utrymningsvägar	2	2	2
Andel till huvudingången [%]	50	50	53
Total bredd på utrymningsvägarna [m]	4	4	4
Total bredd på huvudingången [m]	2	2	2
Flöde genom dörrarna [personer/s·m]	1,1	1,1	1,1

Resultaten, fördelningarna, av utrymningstiderna redovisas i Bilaga E.

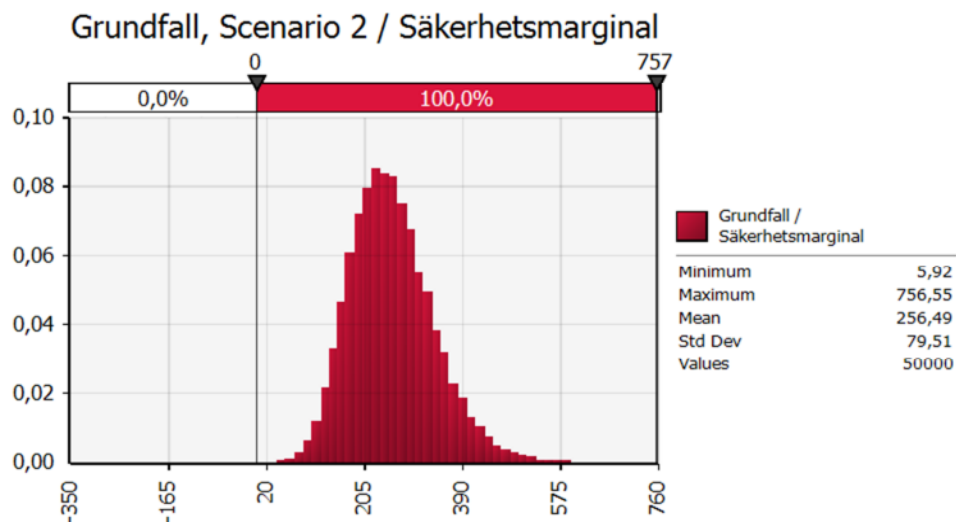
5.1.3. Säkerhetsmarginalen – Grundfall



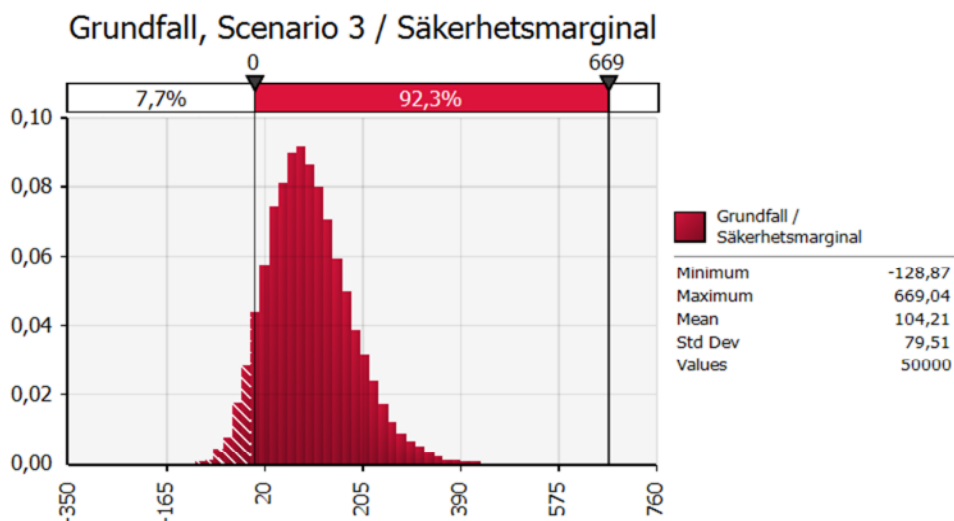
Med resultat för utrymningstiden och tiden till kritiska förhållanden kunde även fördelningen över säkerhetsmarginalen erhållas. Säkerhetsmarginalerna för grundfallets tre scenarier redovisas nedan i Figur 8 – Figur 10.



Figur 8. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för första scenariot där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



Figur 9. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för andra scenariot där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



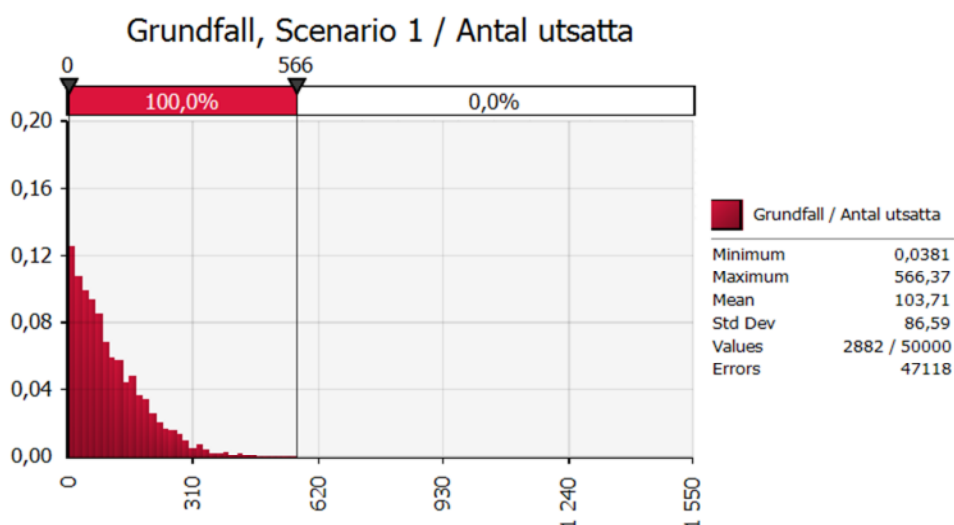
Figur 10. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för tredje scenariot där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

Från graferna går det att utläsa att för det första scenariot, med 600 personer som fördelade sig jämt över utrymningsvägarna, erhöles en negativ säkerhetsmarginal 5,8 % av gångerna. Motsvarande siffra för det andra scenariot, med 10 personer som fördelade sig jämt över utrymningsvägarna, var 0 % och för det tredje scenariot, med 600 personer där 53 % gick till huvudingången, 7,7 %.

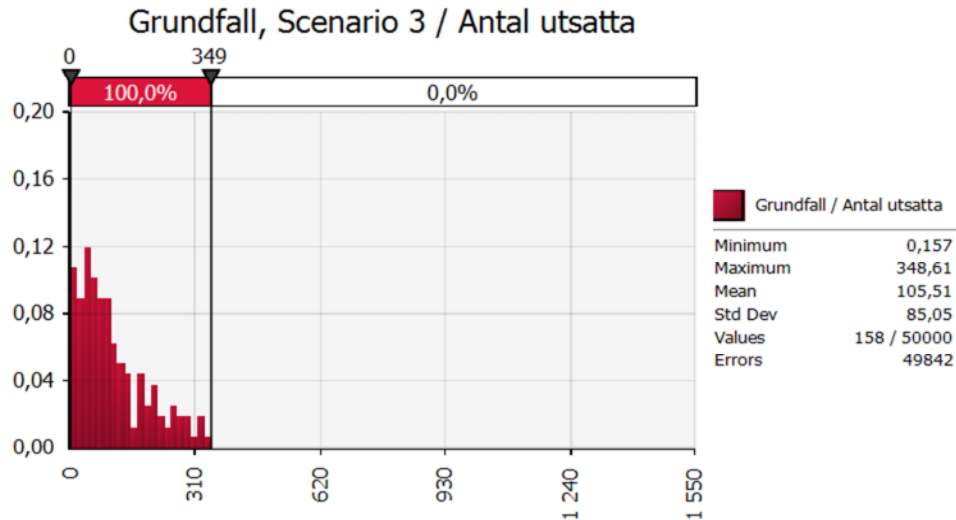
5.1.4. De negativa säkerhetsmarginalerna – Grundfall



Från fördelningarna av säkerhetsmarginalen plockades de negativa värdena. Med hjälp av hur flödet genom en dörr beräknas kunde även antal personer som utsattes för kritiska förhållanden tas fram, detta ses för respektive scenario i Figur 11 och Figur 12. Ingen fördelning erhöles för det andra scenariot då samtliga säkerhetsmarginaler var positiva. I figureerna ses även medelvärdet (eng: *mean*) av antal utsatta, det vill säga hur många som utsattes för kritiska förhållanden i medeltal.

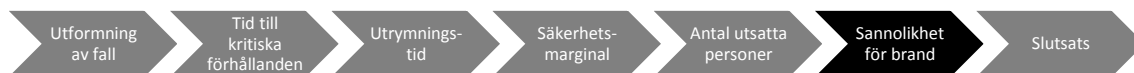


Figur 11. Fördelningen över antal personer som utsattes för kritiska förhållanden i Grundfallet, första scenariot, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.



Figur 12. Fördelningen över antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i Grundfallet, tredje scenariot, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.

5.1.5. Sannolikheten för brand – Grundfall

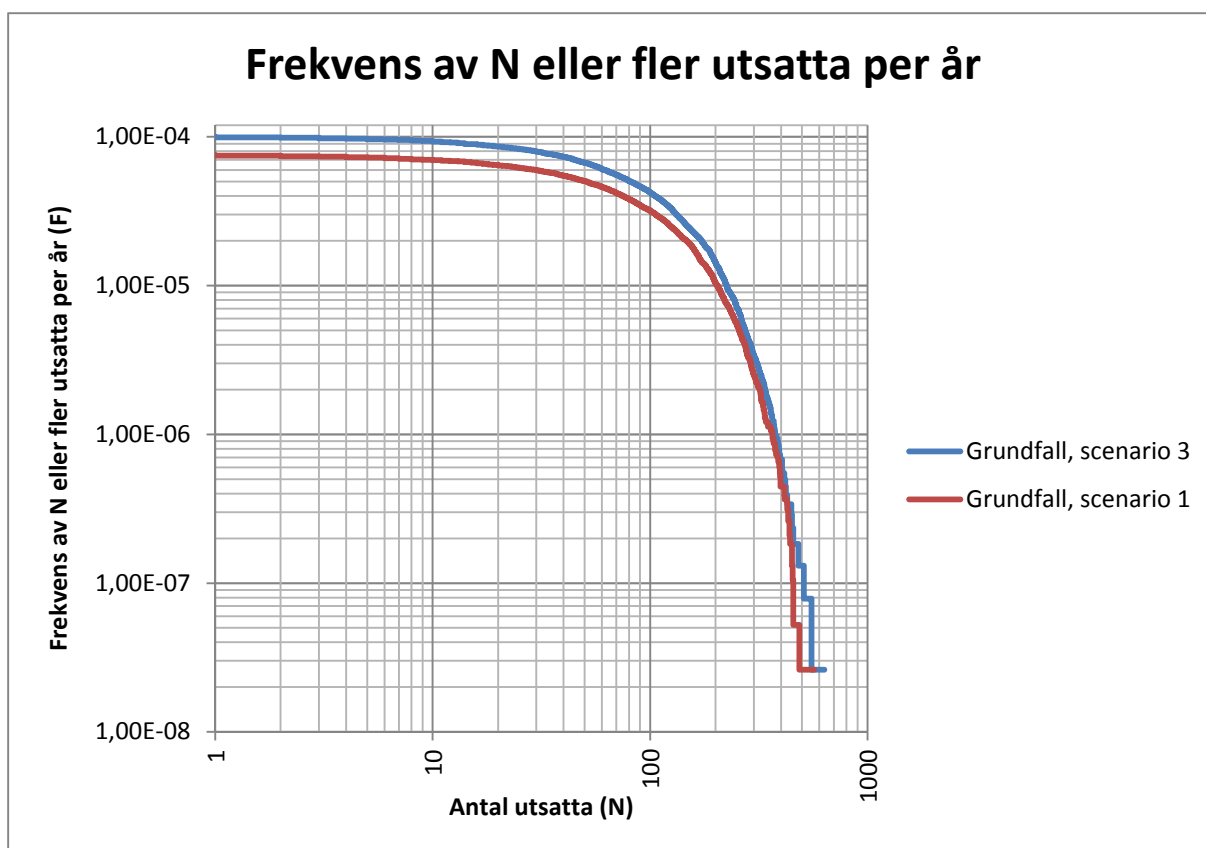


Antal bränder per kvadratmeter och år räknades tidigare fram till $1,91 \cdot 10^{-5}$. I en byggnad som är 30x30 m, det vill säga 900 m², uppstod det således 0,017 bränder/år. Vidare beräknades att enbart 7,5 % av dessa resulterade i en större brand. Med andra ord var det i genomsnitt ungefär 0,0013 större bränder/år i en 900 m² byggnad.

5.1.6. Samhällsriskerna – Grundfall



Med kunskap om antal bränder som uppstår per år, hur stor andel av bränderna som leder till en negativ säkerhetsmarginal samt fördelningen över antalet utsatta kunde en FN-kurva tas fram. Kurvan är kumulativ vilket innebär att vid en given punkt avläses hur många, eller fler, som utsätts för kritiska förhållanden per år. Resultatet redovisas i Figur 13. Det räknades med att det inte kunde erhållas fler utsatta personer än vad som antagits vistades i lokalen. Resulterade omräkningen av säkerhetsmarginal i fler utsatta ändrades detta till det antal personer som ansatts befinna sig i lokalen.



Figur 13. FN-kurva över antal utsatta per år för grundfallen. Grundfallets andra scenario finns inte med då det inte uppstod några negativa säkerhetsmarginaler för det fallet.

I figuren går det att se att risken är högre för samtliga konsekvenser i fallet då personerna inte fördelar sig jämt över utrymningsvägarna. Detta trots en relativt liten skillnad, 318, istället för 300, personer till huvudingången.

5.2. Bedömning faktor 1 – Orienterbarhet



En mer komplex geometri i en byggnad innebär att en rad olika saker påverkas ur brandsäkerhetssynpunkt. Exakt vilka dessa saker är kan inte helt enkelt pekats ut och ännu svårare är det att bedöma hur mycket som de påverkas. Generellt går det dock att säga att en mer komplex geometri innebär en sämre förutsättning vid utrymning i samband med en brand. Detta är en följd av att en mer komplex geometri i regel innebär att det är svårare att orientera sig i byggnaden och att det inte är möjligt att överskåda hela byggnaden från en punkt. Komplexiteten kan variera i grad och vad som kan anses generellt godtagbart är svårt att utpeka.

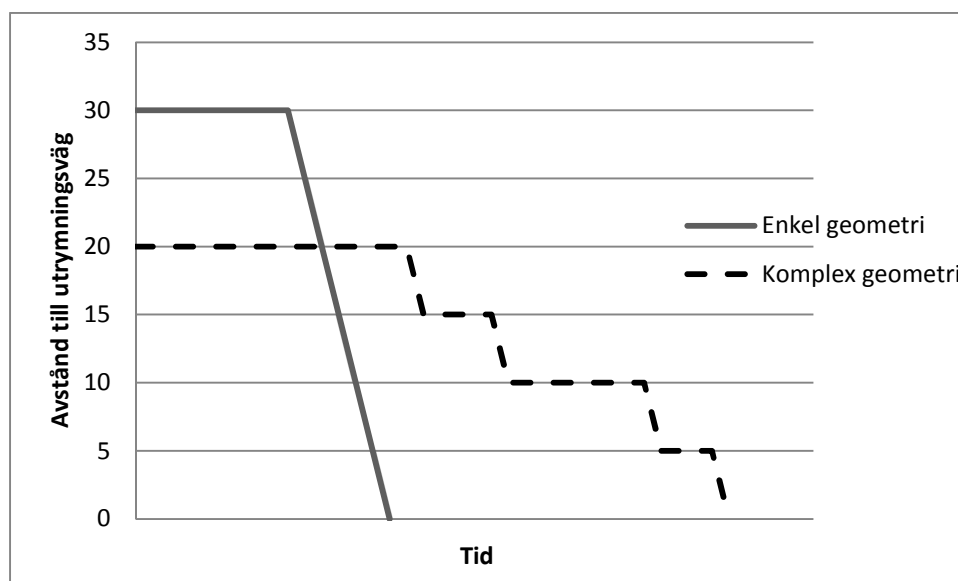
Ett dimensionerat brandskydd som följer de allmänna råden i Boverkets byggregler innebär det per automatik att det är tillräckligt säkert, vilket konstaterats i avsnitt 1.1. I de allmänna råden tas dock ingen direkt hänsyn till byggnadens geometri eller komplexitet utan detta fångas upp indirekt genom att bland annat ha krav på maximalt tillåtna gångavstånd till en utrymningsväg samt krav om att dubbelräkna sammanfallande utrymningsväg. För en byggnad som är dimensionerad med förenklad dimensionering är det alltså tänkt att personerna som vistas i byggnaden ska hinna upptäcka branden, bestämma sig för att utrymma och sedan försätta sig i säkerhet innan förhållandena blir kritiska. Så är även fallet vid analytisk dimensionering med den skillnad att det för denna metod finns ett verifieringskrav där det ska bevisas vara säkert.

En viktig fråga är när personerna i byggnaden kan förväntas upptäcka branden. Frågan blir dessutom ännu viktigare i de fall ett automatiskt brandlarm saknas eftersom det kräver en manuell detektion. Graden av komplexitet är en parameter som förmodligen påverkar, där en mer komplex geometri medför en längre varseblivningstid. En annan parameter som troligen har en inverkan är antal personer som vistas i lokalen. I de flesta fall är det rimligt att anta att ju fler personer som vistas där desto snabbare upptäcks branden.

I de fall som det finns två av varandra oberoende utrymningsvägar i en lokal är det tillräckligt att personerna upptäcker branden i ett sådant skede att de hinner bestämma sig för att utrymma och sedan ta sig ut via den ohindrade utrymningsvägen, om den andra utrymningsvägen är blockerad. Om byggnadens ytterväggar är oförändrade innebär en mer komplex geometri ofta att det verkliga gångavståndet blir kortare, om det fortsatt dimensioneras med den förenklade metoden. Det beror på att en komplex geometri kan leda till att de utrymnande personerna tvingas gå i en riktning, och sammanfallande utrymningsväg räknas dubbelt.

När personerna som befinner sig i lokalen har förstått att det brinner och att de skall utrymma, måste de också veta vart de ska gå. Det kan tänkas att en person som utrymmer ur en, för denna, okänd miljö börjar gå mot en synlig vägledande markering. Då personen väl kommer dit stannar den förmodligen för att söka efter en annan utrymningsskylt samt fundera på i vilken riktning som denna sedan ska gå i. Enligt Kobes et al. (2010) är det dessutom inte alla som använder sig av den vägledande markeringen, vilket ytterligare skulle försvåra och fördröja utrymningen.

Det är rimligt att anta att en mer komplex geometri medför fler situationer då de utrymnande tvingas stanna för att bestämma i vilken riktning som de ska fortsätta. Följaktligen kan det sägas att förberedelsetiden inte enbart uppstår innan förflyttningen påbörjas, utan även på vägens gång. Detta innebär att även om längden till utrymningsvägen skulle vara kortare i komplexa geometrier, och därmed ha en kortare förflyttningstid, så blir förmodligen den totala utrymningstiden längre. Det finns dessutom en högre sannolikhet att personerna rör sig i annan riktning än mot en utrymningsväg i mer komplexa geometrier. En jämförelse av hur avståndet till utrymningsvägen som funktion av tiden kan se ut under ett utrymningsförlopp för en enkel och en komplex geometri åskådliggörs i Figur 14. De horisontella strecken innebär att tiden går men att personen inte rör sig närmre utrymningsvägen, exempelvis på grund av att de funderar på var de ska gå. Det första horisontella strecket innefattar såväl varseblivningstid som förberedelsetid. Figuren ska ses som hur det skulle kunna vara och inte en exakt verklighet, och syftar enbart till att försöka konkretisera ovan gjorda beskrivning.



Figur 14. Illustration av hur avståndet som funktion av tiden kan se ut under ett utrymningsförlopp.

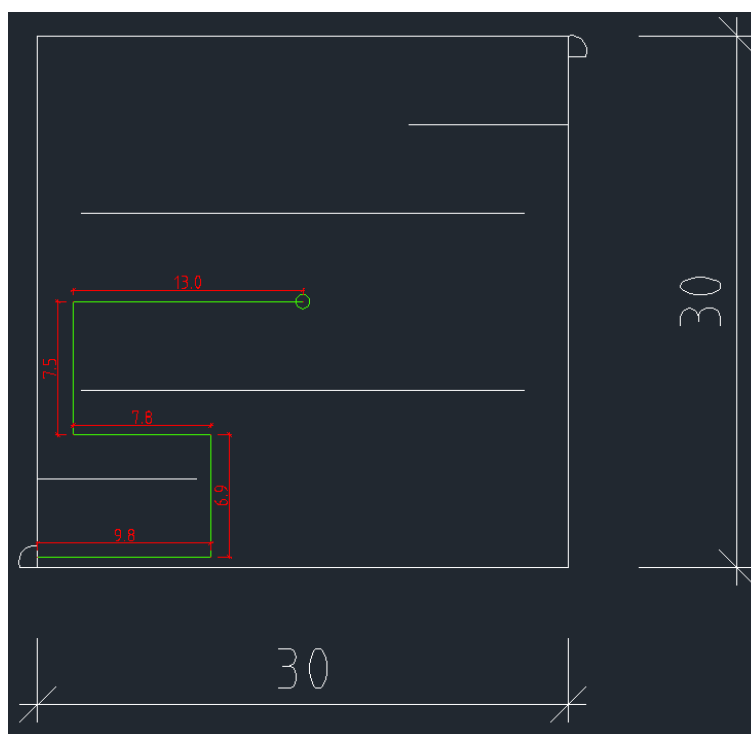
I grundfallet som illustrerats i Figur 6 ansågs väldigt god överblickbarhet, och alltså orienteringsförmåga, råda. För att undersöka hur en sämre orienteringsförmåga påverkade möjligheten att utrymma innan kritiska förhållanden uppstod sattes tre fall upp, dessa presenteras i Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Beskrivning av de olika fallen som studerats för att undersöka faktorn som berör orienterbarheten.

Parameter	Grundfall	Fall 1	Fall 2	Fall 3
Orienterbarhet	Väldigt god	God	Dålig	Väldigt dålig
Komplexitet	Väldigt låg	Låg	Hög	Väldigt hög
Verkligt avstånd till utrymningsväg [m]	30	45	20	45
Avstånd till utrymningsväg (sammanfallande utrymningsväg multipliceras med två) [m]	30	45	30	67,5
Möjlig dimensionering med den förenklade metoden?	Ja	Nej	Ja	Nej

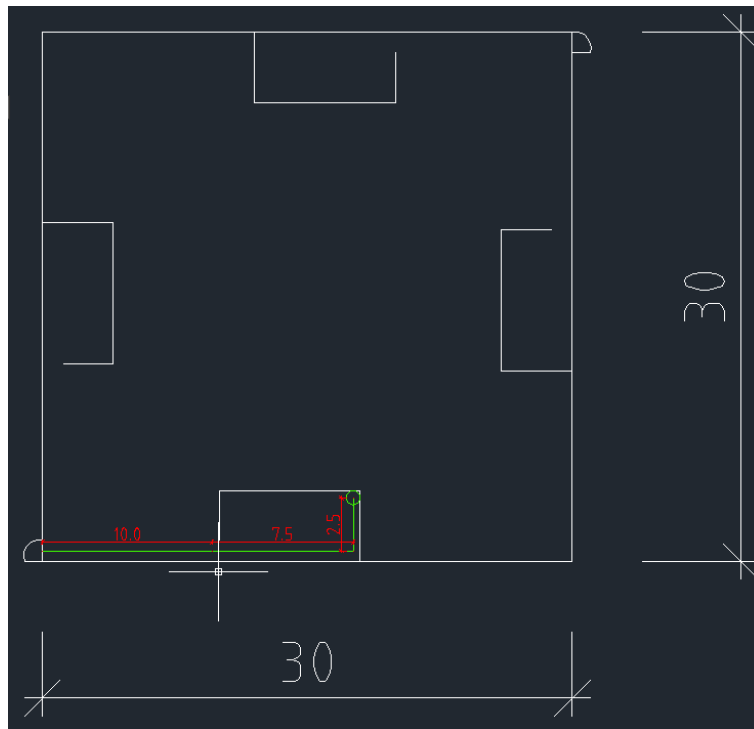
Totala bredden på utrymningsvägarna var i samtliga fall fyra meter, vilket medförde att lokalerna blev dimensionerade för maximalt 600 personer. Huvudingången antogs vara två meter bred.

För fall 1 placerades innerväggar enligt Figur 15 nedan.



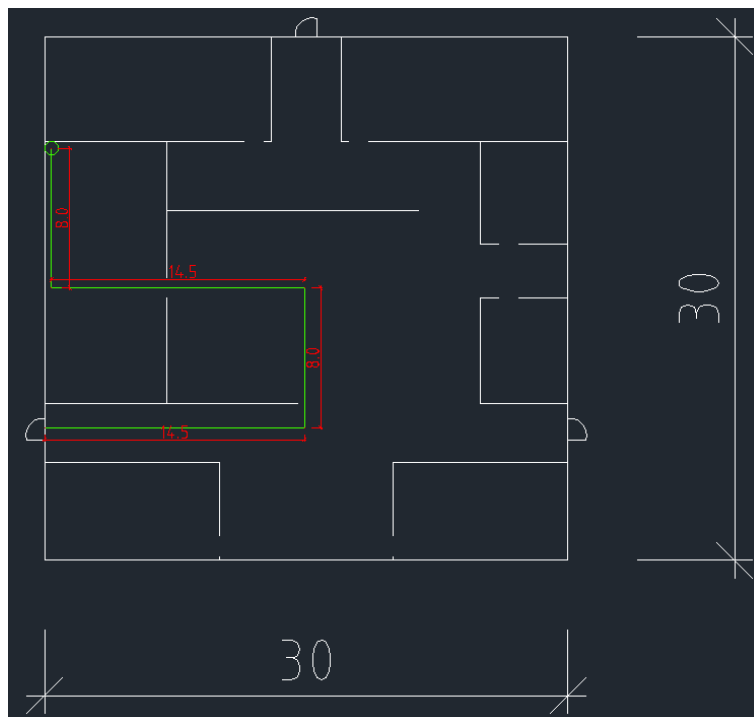
Figur 15. Illustration av byggnaden med fall 1 innehållandes innerväggar.

För fall 2 placerades fyra rum i byggnaden, enligt Figur 16 nedan.



Figur 16. Illustration av byggnaden med fall 2, innehållandes fyra stycken mindre rum.

För fall 3 placerades rum och innerväggar enligt Figur 17 nedan. Ytterligare en utrymningsväg infördes och de tidigare två flyttades något men i övrigt var byggnaden oförändrad.



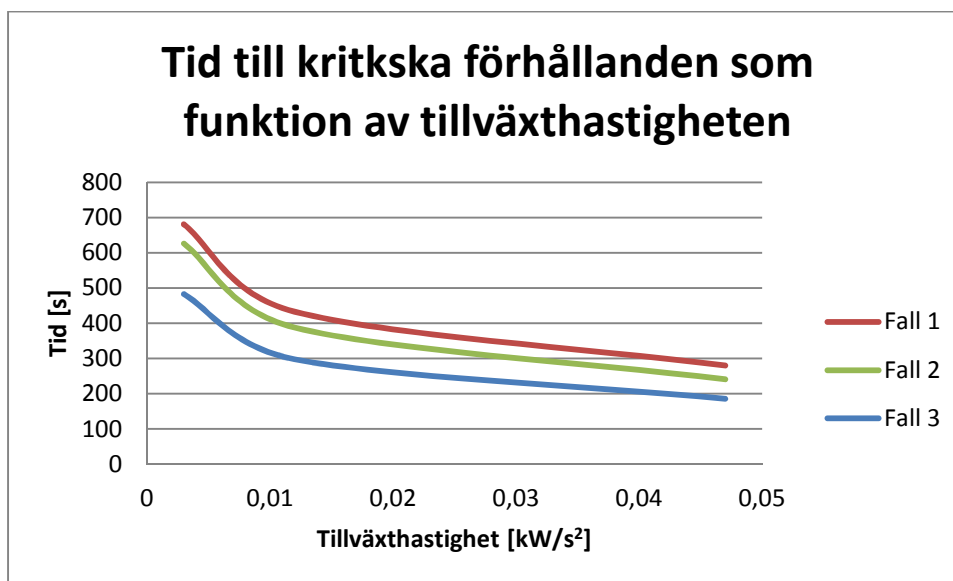
Figur 17. Illustration av byggnaden med fall 3 innehållandes rum och innerväggar.

Geometrierna ska ses som ett försök att avspegla en gradvis ökande komplexitet snarare än verkliga utformningar. Anledningen till att fall 2 ansågs mer komplex än fall 1 var då personer kan vara helt avskilda i något av rummen och därför inte alls veta vad som händer i de andra delarna i lokalen. Fall 3 ansågs vara ytterligare komplext med hänsyn till de fler rummen samt innerväggarna.

5.2.1. Tid till kritiska förhållanden – Orienterbarhet



På liknande sätt som för grundfallet simulerades bränder i FDS för respektive fall för att erhålla ett samband mellan tid till kritiska förhållanden som funktion av tillväxthastigheten. De grundläggande förutsättningarna i FDS var samma som de som presenterades i Tabell 2 ovan. Även motsvarande indatafil, som finns i Bilaga D, användes där skillnaden endast var fler väggar. Sambanden ses i Figur 18. Det anpassades trendlinjer till graferna för att erhålla ekvationer som kunde användas för vidare beräkningar.



Figur 18. Tid till kritiska förhållanden som funktion av tillväxthastigheten på branden

Ur figuren går det att utläsa att tiden till kritiska förhållanden blev kortare ju högre tillväxthastigheten var och även ju högre geometrisk komplexitet.

Från fördelningen på tillväxthastigheten, Figur 4 i avsnitt 3.1, och med ekvationerna för trendlinjerna gällande tid till kritiska förhållanden som funktion av tillväxthastigheten erhöles sedan fördelningar över tiden till kritiska förhållanden för de tre fallen. Dessa redovisas i Bilaga E.

5.2.2. Utrymningstiden – Orienterbarhet



Utrymningstiderna beräknades för två scenarier för respektive fall.

- Scenario 1: 600 personer, 50 % till huvudingången
- Scenario 2: 10 personer, 50 % till huvudingången

Anledningen till att de båda scenarierna togs med var för att urskilja eventuella skillnader till följd av antal personer. Att 50 % antogs gå till huvudingången berodde på att huvudingångens bredd var hälften av den totala bredden.

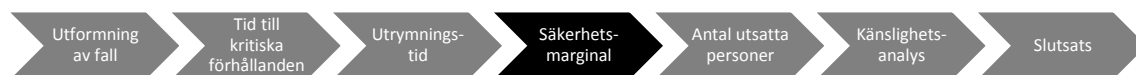
Med tidigare gjorda resonemang, studier av FDS-simuleringarna och ingenjörsmässiga bedömningar ansattes varseblivnings- och förberedelse-tiderna enligt Tabell 5. I samma tabell redovisas ingångsvärdena för beräkning av förflyttningstiden. Exempel på hur sikten kunde se ut i FDS-simuleringarna redovisas i Bilaga E.

Tabell 5. Fördelningar, medelvärde och standardavvikelser för varseblivningstiden och förberedelsestiden i de två scenarierna för fall 1, fall 2 och fall 3.

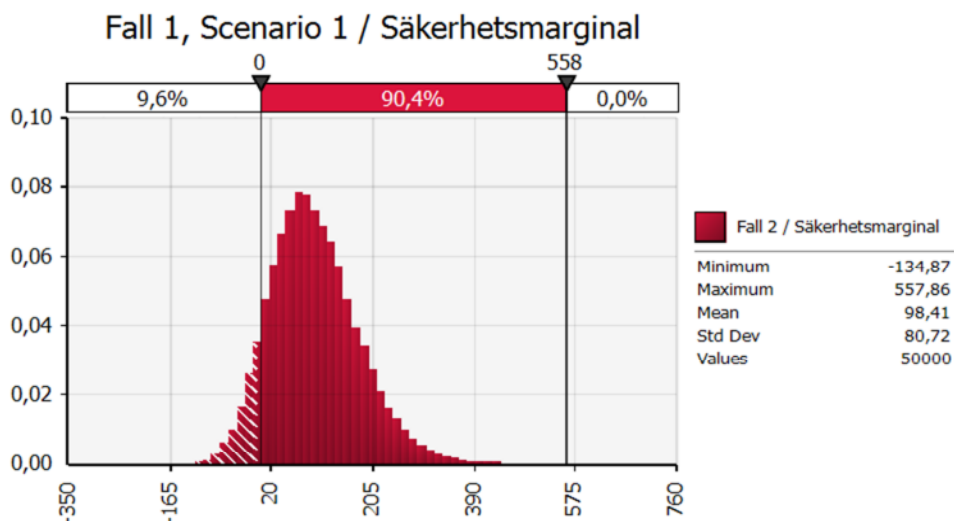
Scenario	Fall 1		Fall 2		Fall 3	
	Första	Andra	Första	Andra	Första	Andra
Antal personer	600	10	600	10	600	10
Fördelning, Varseblivning	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Lognormal
Medelvärde, Varseblivning	35	120	35	120	35	120
Standardavvikelse, Varseblivning	10	15	10	15	10	15
Fördelning, Förberedelse	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Lognormal
Medelvärde, Förberedelse	80	90	90	110	100	140
Standardavvikelse, Förberedelse	10	25	10	30	10	35
Längd till utrymningsväg [m]	45	45	20	20	45	45
Gånghastighet [m/s]	0,6	1,5	0,6	1,5	0,6	1,5
Totalt antal utrymningsvägar	2	2	2	2	2	2
Andel till huvudingången [%]	50	50	50	50	50	50
Total bredd på utrymningsvägarna [m]	4	4	4	4	4	4
Total bredd på huvudingången [m]	2	2	2	2	2	2
Flöde genom dörrarna [person/s·m]	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1

Med dessa ingångsvärden togs fördelningar fram för utrymningstiden med @Risk, vilka redovisas i Bilaga E.

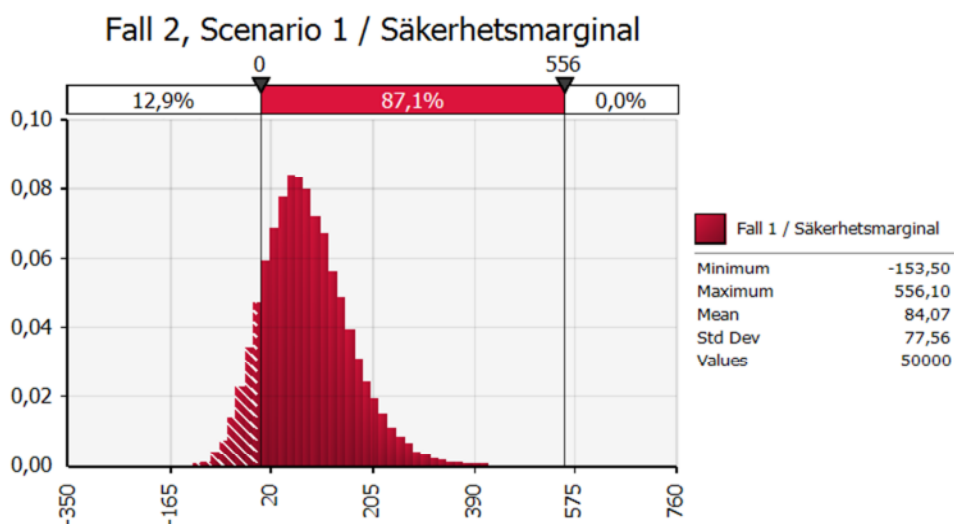
5.2.3. Säkerhetsmarginalen – Orienterbarhet



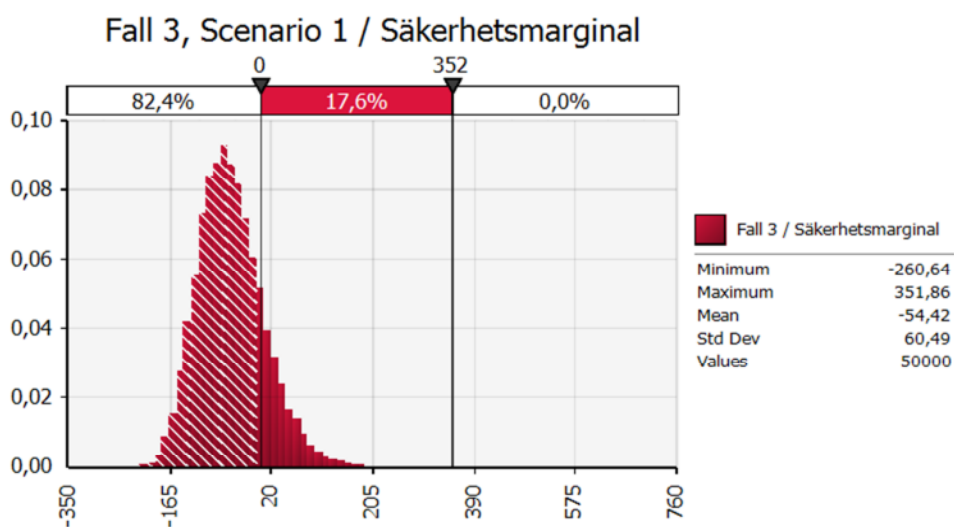
Med fördelningar för tiden till kritiska förhållanden och utrymningstiderna togs även fördelningar på säkerhetsmarginalen fram, dessa redovisas i Figur 19 – Figur 24.



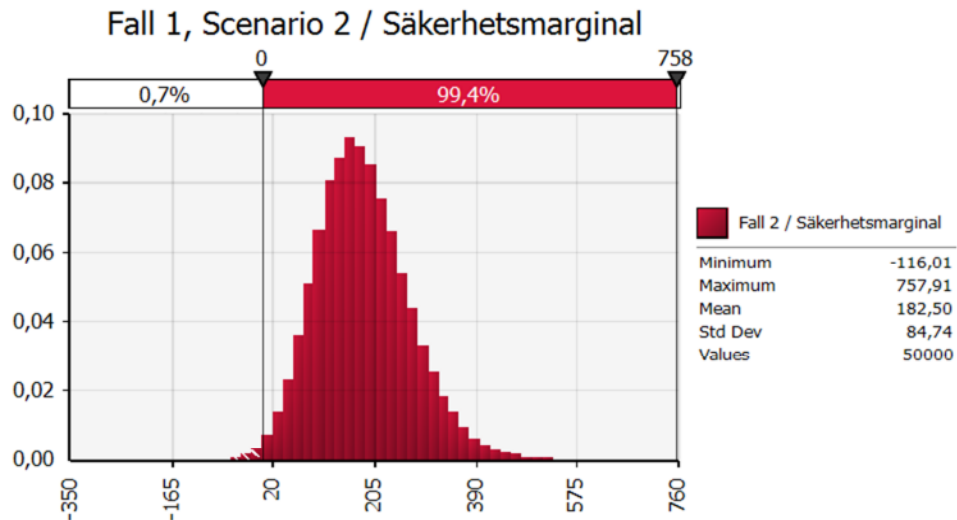
Figur 19. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för Fall 1, första scenariot, där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



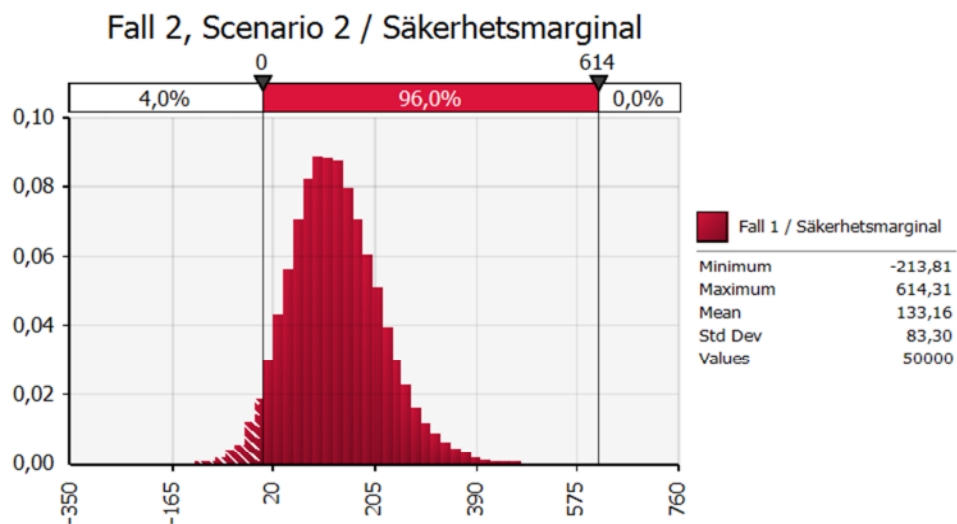
Figur 20. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för Fall 2, första scenariot, där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



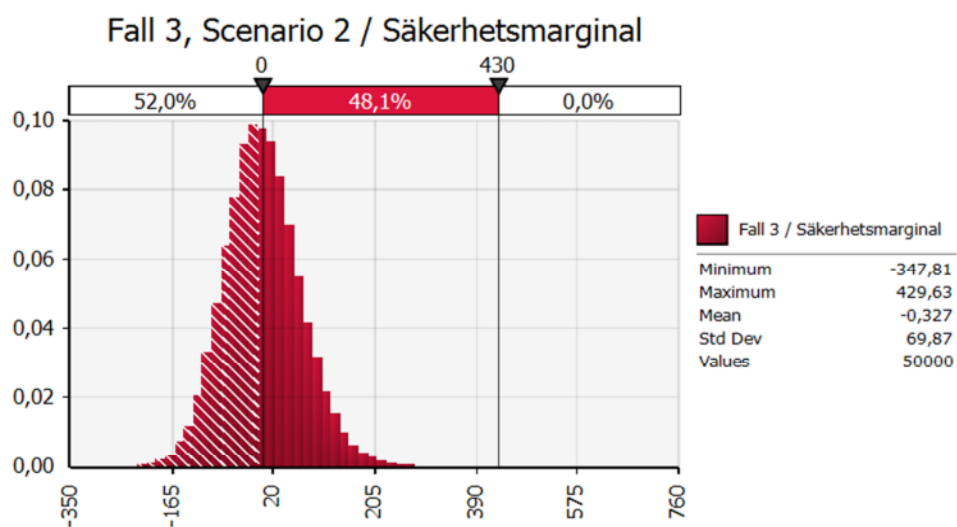
Figur 21. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för Fall 3, första scenariot, där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



Figur 22. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för Fall 1, andra scenariot, där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



Figur 23. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för Fall 2, andra scenariot, där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



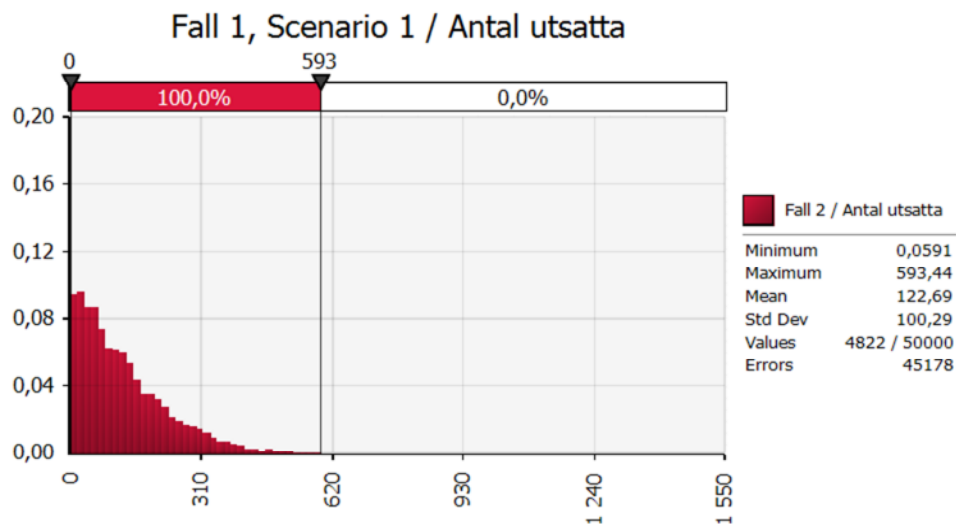
Figur 24. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för Fall 3, andra scenariot, där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

Ur figurerna går det bland annat att utläsa hur stor andel av bränderna som leder till att någon eller några utsätts för kritiska förhållanden. Exempelvis var det för fall 1, scenario 1, 9,6 %, för fall 2, scenario 1, 12,9 % och för fall 3, scenario 1, 82,4 %.

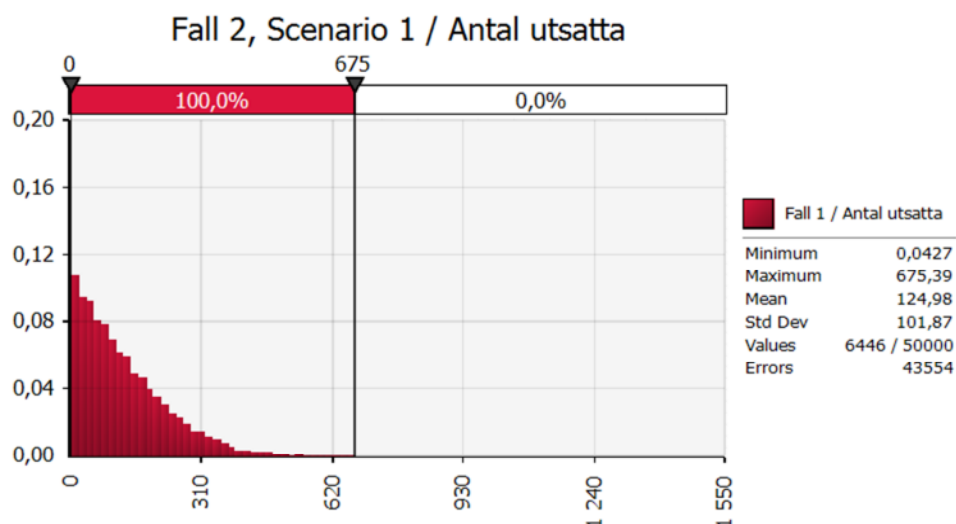
5.2.4. Antal utsatta – Orienterbarhet



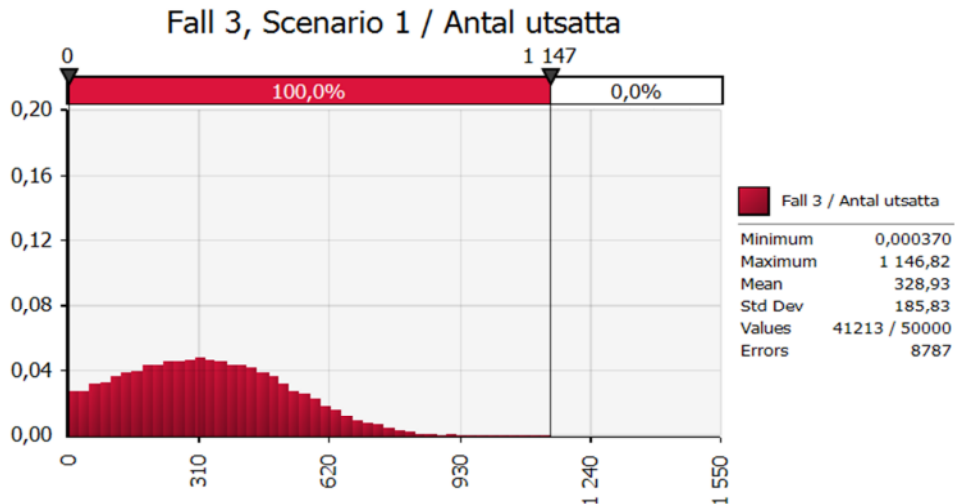
Med fördelningarna på säkerhetsmarginalen togs även data fram för hur många personer som utsattes för kritiska förhållanden. Resultatet redovisas i Figur 25 – Figur 30.



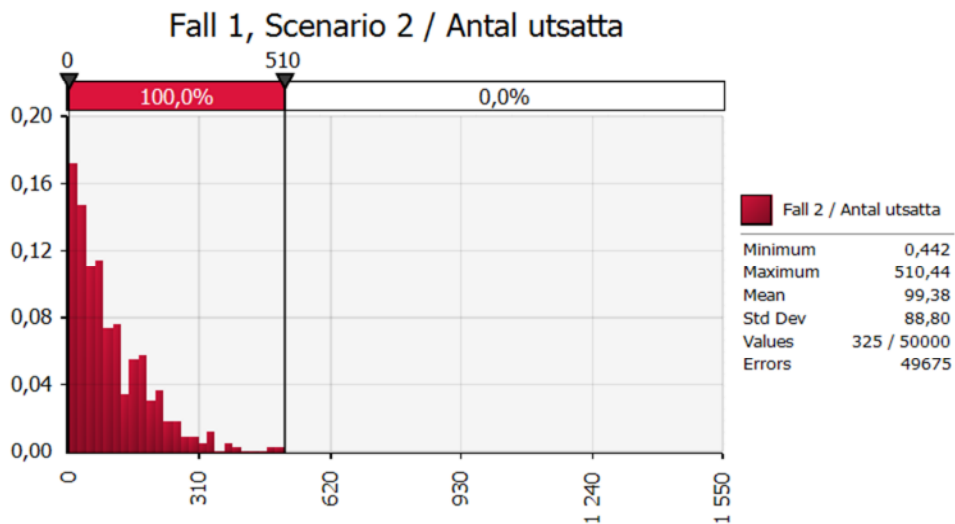
Figur 25. Fördelningen över antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i Fall 1, första scenariot, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.



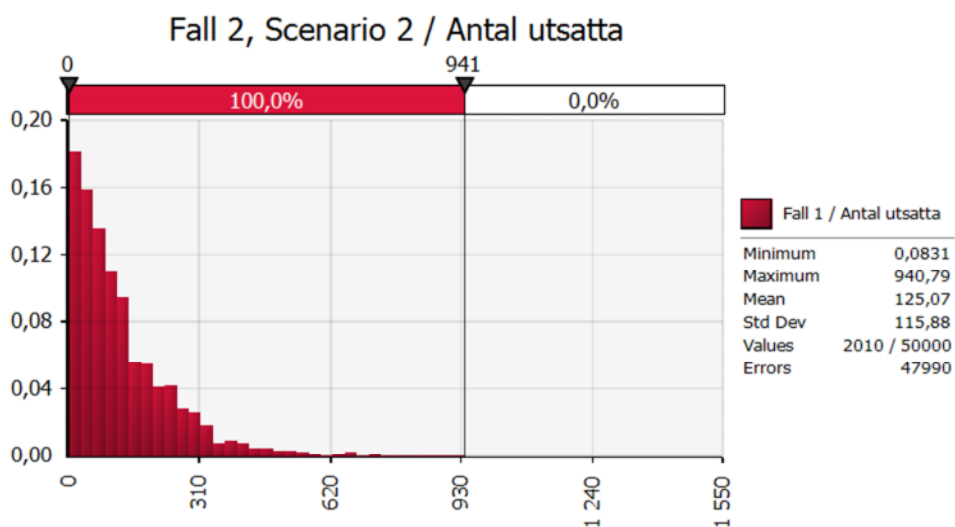
Figur 26. Fördelningen över antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i Fall 2, första scenariot, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.



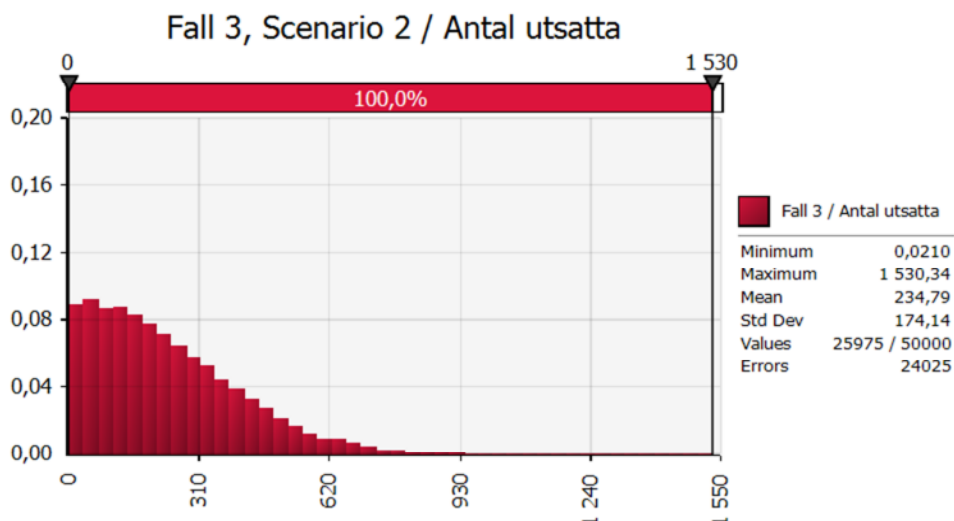
Figur 27. Fördelningen över antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i Fall 3, första scenariot, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.



Figur 28. Fördelningen över antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i Fall 1, andra scenariot, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.



Figur 29. Fördelningen över antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i Fall 2, andra scenariot, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.



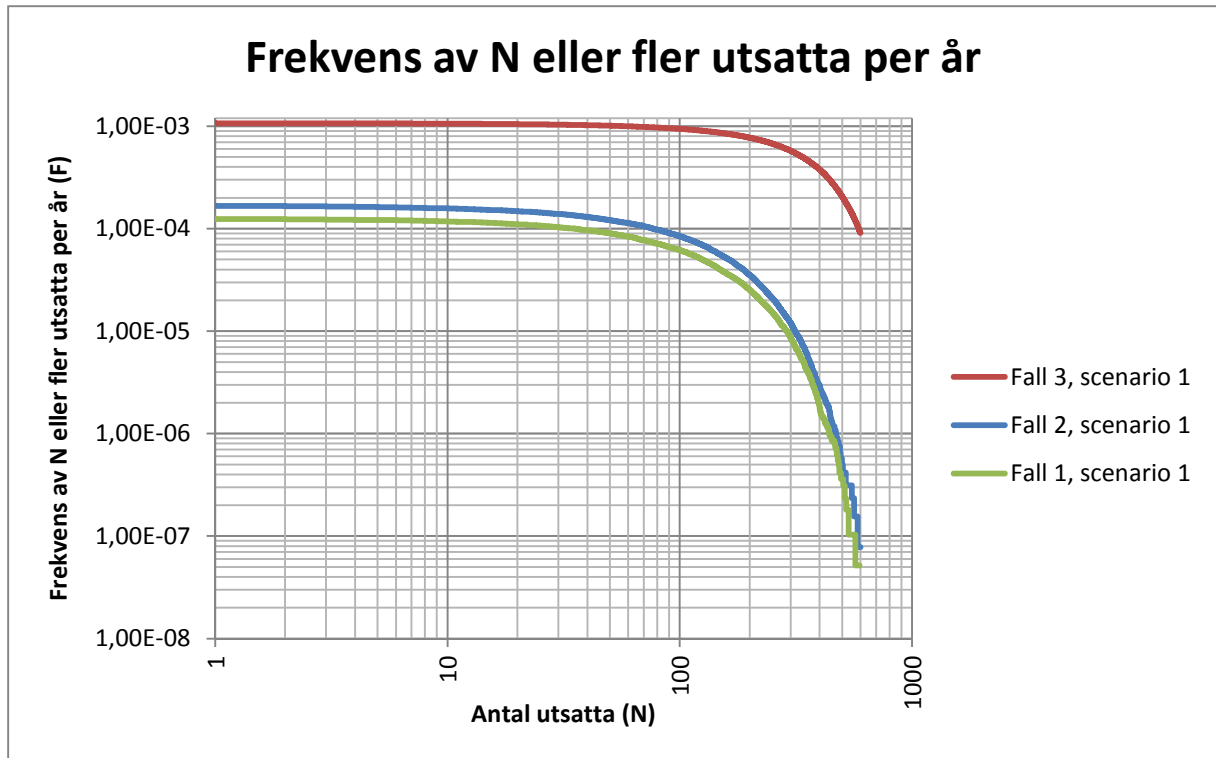
Figur 30. Fördelningen över antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i Fall 3, andra scenariot, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.

En sammanställning av resultaten redovisas i Tabell 6. Andel negativa säkerhetsmarginaler visar hur ofta som någon eller några utsattes för kritiska förhållanden. Medelvärde av antal utsatta personer har räknats fram med hjälp av de negativa säkerhetsmarginalerna och tar inte hänsyn till hur många som faktiskt vistas i byggnaden.

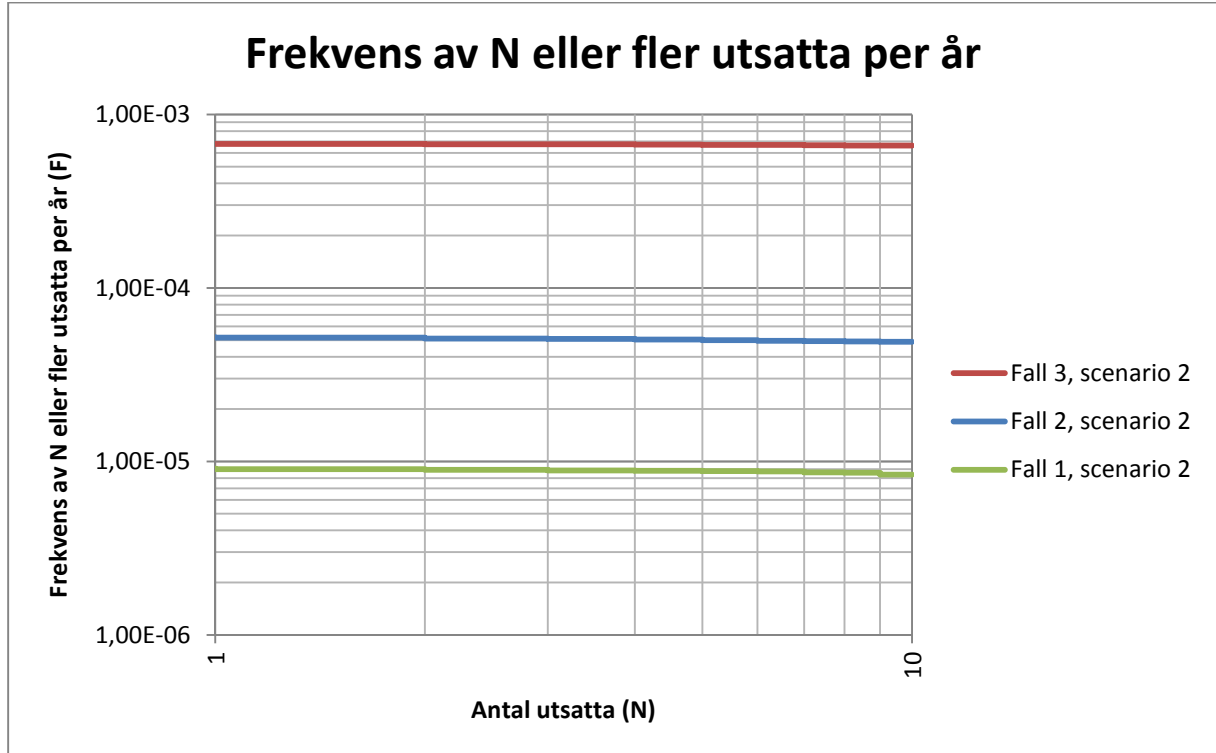
Tabell 6. Sammanställning av resultaten för samtliga scenarier för respektive fall.

Scenario	Fall 1		Fall 2		Fall 3	
	Första	Andra	Första	Andra	Första	Andra
Andel negativa säkerhetsmarginaler [%]	9,6	0,7	12,9	4,0	82,4	52,0
Medelvärde av antal personer som utsatts för kritiska förhållanden	123	100	125	126	329	235

Med kunskap om antal bränder som uppstår per år, hur stor andel av bränderna som leder till en negativ säkerhetsmarginal samt fördelningen över antalet utsatta kunde en FN-kurva tas fram. Resultatet redovisas i Figur 31 och Figur 32. Det räknades med att det inte kunde erhållas fler utsatta personer än vad som antagits vistades i lokalen. Resulterade omräkningen av säkerhetsmarginal i fler utsatta ändrades detta till det antal personer som ansatts befinna sig i lokalen.



Figur 31. FN-kurva över antal utsatta per år för första scenariot där orienterbarheten undersökts.



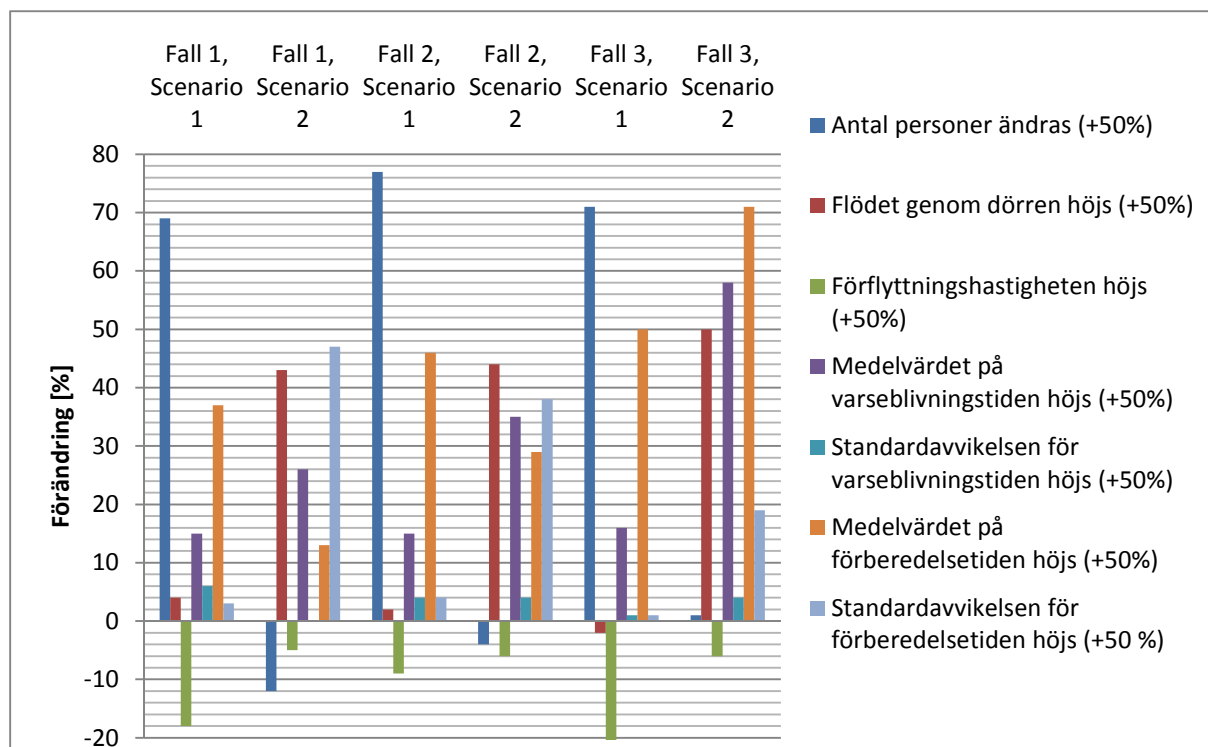
Figur 32. FN-kurva över antal utsatta per år för andra scenariot där orienterbarheten undersökts.

Figurerna visar att fallet med den väldigt komplexa geometrin gav upphov till de högsta riskerna, både i scenarierna med många och med få personer.

5.2.5. Känslighetsanalys – Orienterbarhet



För att få en uppfattning om vilka parametrar som påverkade risken mycket utfördes en känslighetsanalys där olika parametrar varierades en i taget. En sammanställning av resultatet presenteras i Figur 33 med avseende på medeltalet av antal personer som utsatts för kritiska förhållanden. Staplarna anger förändringen i procent i förhållande till antalet som utsattes innan parametern ändrades.



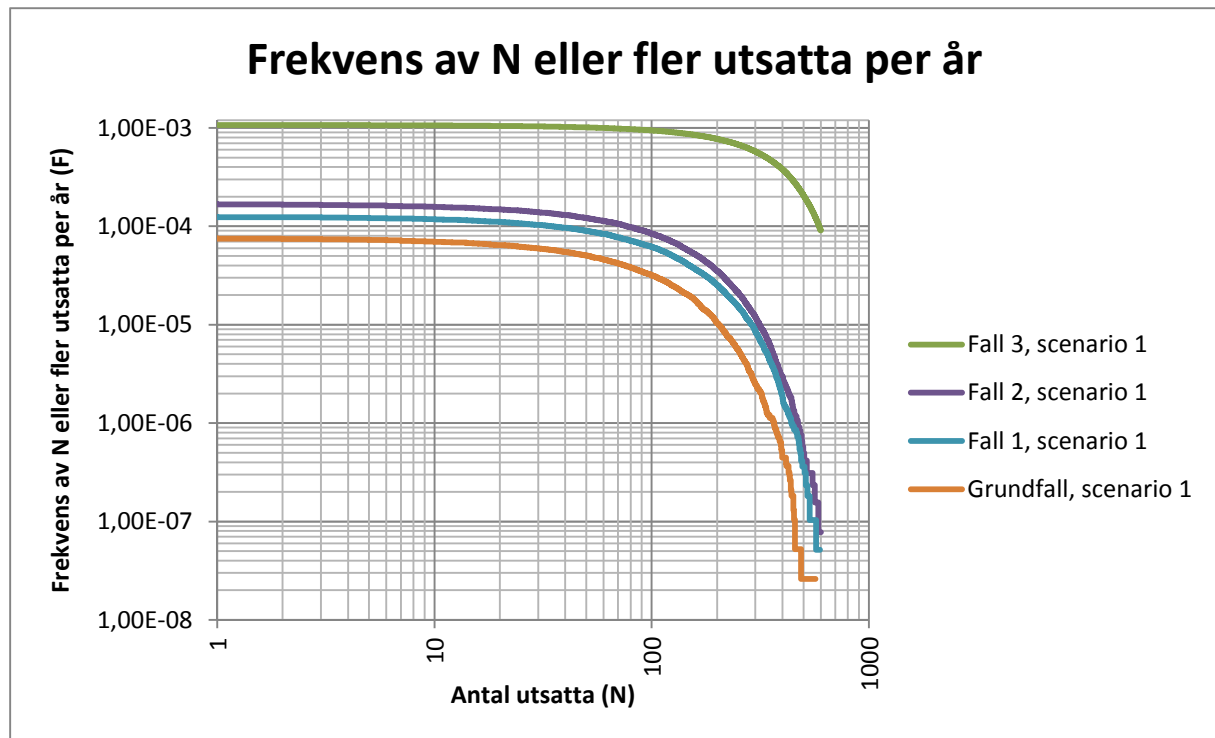
Figur 33. Resultaten av känslighetsanalysen. Staplarna visar hur stor förändringen blev i procent.

Av figuren framgår att värdena inte alltid ändrats åt det förväntade hållet. Exempelvis utsattes färre personer för kritiska förhållanden i fall 2, andra scenariot, när antalet personer ökade med 50 % och fler personer utsattes för kritiska förhållanden i fall 1, andra scenariot, när flödet ut genom dörren ökade med 50 %. Anledningen är att indatavärden kan anta negativa värden då de är anpassade efter en fördelning. Det är omöjligt i praktiken men bevisligen fullt möjligt i de teoretiska beräkningarna. Gällande scenario ett för respektive fall så ses dock att antal personer var en viktig parameter då antal utsatta ökade med mer än 50 % trots att parametern endast ändrades med 50 %. 600 personer var i linje med antal personer som valts i grundfallet och därmed ansågs denna parameter rimlig.

5.2.6. Slutsats – Orienterbarhet



Utredningen av faktorn gällande orienterbarhet har påvisat att en mer komplex geometri medför en högre risk. Detta tydliggörs ytterligare i Figur 34 nedan.



Figur 34. FN-kurva över antal utsatta per år för det första scenariot med de tre fallen samt motsvarande grundfall.

I denna figur kan det ses att risken för grundfallet håller sig under samtliga av de tre andra fallen med en gradvis ökad komplexitet. Av denna figur går det också att utläsa att fall 3 ligger betydligt högre i risk jämfört med de andra fallen och således är det rimligt att anta att många fall finns mellan fall 2 och fall 3. Det bör även poängteras att mer komplex geometrier än fall 3 förmodligen också existerar. Även i fallens scenario två, med tio personer, erhöles skillnader. Dessa jämförs inte med motsvarande grundfall i en FN-kurva då grundfallet inte erhöles några negativa säkerhetsmarginaler.

Förmodligen finns det många parametrar som talar för att scenario två, med tio personer, är mer intressant att använda som underlag då orienterbarheten utreds. En sak är att i scenario ett, med 600 personer, kommer förmodligen någon person befinna sig nära branden vilket resulterar i en kort varseblivningstid. Det är även troligt att någon känner till vart utrymningsvägen finns i scenariot med många personer, vilket resulterar i kortare förberedelsestid. Samtidigt bör det poängteras att stor osäkerhet kan råda gällande förberedelsestiden då många personer befinner sig i en lokal. När en grupp med människor, som inte känner varandra, ska fatta beslut kommer många psykologiska aspekter att påverka beslutstiden. Trots det ansattes en längre förberedelsestid i scenarierna med färre personer. Detta eftersom det antogs att en ensam person kommer bli tvungen att undersöka vart den ska gå i större utsträckning. Dessutom kommer den eventuellt att börja söka efter andra personer och det är även en större sannolikhet att den försöker släcka branden. Vid analytisk dimensionering bör det därför inte direkt ansättas att det är många personer i en lokal, om det vidare antas att branden upptäcks snabbt och att förberedelsestiden blir kort. Detta eftersom det i en lokal med färre personer kan erhållas en längre utrymningstid.

De utredda fallen ska inte ses som exakta svar på hur en komplex geometri inverkar. Vad som kan påstås är dock att ju mer komplex geometrin är desto sämre förutsättningar ur brandsynpunkt erhålls. Byggnadens utformning i övrigt påverkar också, där exempelvis en högre takhöjd medför längre tid till kritiska förhållanden men samtidigt också en längre detektionstid. En större byggnad medför att branden kan placeras på fler ställen och även längre bort från personerna som vistas där, vilket bland annat innebär att branden förmodligen upptäcks senare men också att den kritiska miljön är längre bort.

Ett kortare tillåtet gångavstånd innebär mindre möjligheter att göra geometrin komplex jämfört med ett längre tillåtet gångavstånd. Då komplexiteten påverkar risken får det anses rimligt att anta att de gångavstånd som tillåts kan, indirekt, ha tagit hänsyn till denna faktor.

5.3. Bedömning faktor 2 – Köbildning

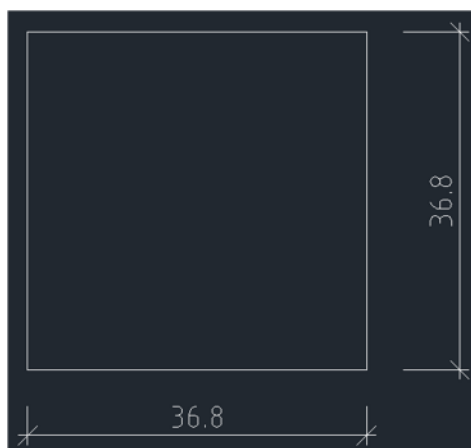


En viktig aspekt som det bör tas hänsyn till vid dimensionering av byggnader med avseende på brandskyddet är hur långa köer som kan förväntas uppstå till följd av att många människor ska ta sig ut på samma gång. Generellt kan det antas att fler personer i en byggnad innebär längre kötider, men givetvis finns det även andra parametrar som påverkar detta resultat. Enligt BBRAD 3 bör inte kötiden överstiga åtta minuter vid en utrymning vilket medför att anpassning av framförallt persontantal och dörrbredder beaktas (Boverket, 2013).

Ett längre gångavstånd till utrymningsvägen kan medföra att lokalen blir större vilket då innebär att fler personer möjligen kommer kunna vistas där. Givetvis finns det åtgärder som möjliggör större byggnader även om inte gångavståndet ökar. Exempelvis kan det placeras en utrymningsväg mitt i en lokal som leder ner i en tunnel under byggnaden, men med längre tillåtna gångavstånd skulle det inte behövas. Dessutom blir det inte per automatik fler personer i en lokal som är större, men det öppnar upp möjligheterna för det.

Med kunskap om att utrymnande personer tenderar att söka sig till kända utrymningsvägar bör inte bara den totala bredden på utrymningsvägarna i byggnaden tas hänsyn till, utan förmodligen också bredden på huvudingången.

I grundfallet, i det tredje scenariot, som beskrevs i avsnitt 5.1, fanns ett visst antal personer som skulle utrymma. För att avgöra påverkan av köbildning gjordes en FDS-simulering med samma förutsättningar som angavs i Tabell 2 ovan. En liknande indatafil, likt den i Bilaga D, användes där skillnaden bestod i placering av ytterväggarna. Dessutom varierades tillväxthastigheten likt tidigare. Golvarean gjordes ungefär 50 % större för att, med konstant persontäthet, erhålla 50 % fler personer. Byggnaden hölls fortsatt kvadratisk och geometrin åskådliggörs i Figur 35.



Figur 35. Illustration av fallet där den totala golvarean ökats med 50 %.

En huvudsaklig jämförelse av fallet med ökad golvarean, där personantalet ökat, jämfört med grundfallet görs i Tabell 7 nedan.

Tabell 7. Grundläggande förutsättningar för fallet med ökad golvarean jämfört med grundfallet.

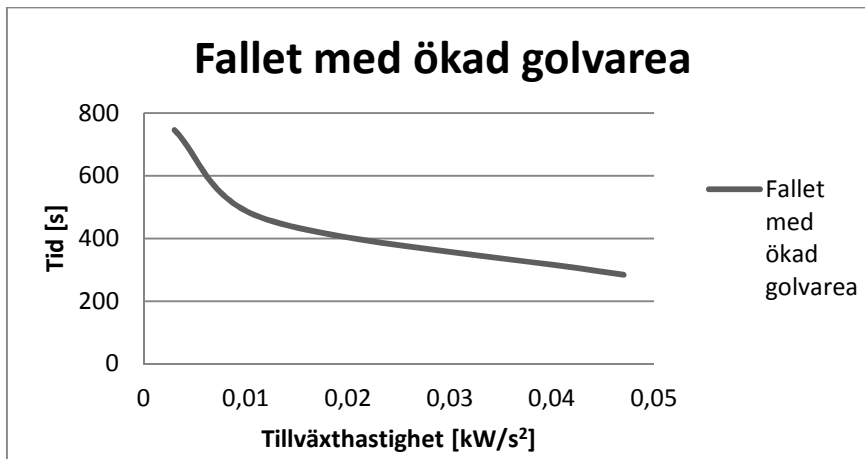
	Grundfall	Fallet med ökad golvarean
Golvarean [m ²]	900	1354
Antal personer	600	900
Persontäthet [pers./m ²]	0,67	0,67

Den totala bredden på utrymningsvägarna var sex meter vilket medförde att lokalen blev dimensionerad för maximalt 900 personer. Huvudingången var två meter bred.

5.3.1. Tid till kritiska förhållanden – Köbildning



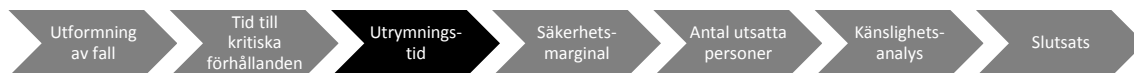
Sambandet som togs fram för tiden till kritiska förhållanden som funktion av tillväxthastigheten redovisas i Figur 36.



Figur 36. Tid till kritiska förhållanden som funktion av tillväxthastigheten på branden för fallet med ökad golvarea.

Från fördelningen på tillväxthastigheten, Figur 4 i avsnitt 3.1, och med ekvationen för trendlinjen gällande tid till kritiska förhållanden som funktion av tillväxthastigheten erhöles sedan en fördelning över tiden till kritiska förhållanden för fallet med den ökade golvarean, denna redovisas i Bilaga E.

5.3.2. Utrymningstiden – Köbildning



Med tidigare gjorda resonemang, och ingenjörsmässiga bedömningar, ansattes varseblivnings- och förflyttningstiderna enligt Tabell 8. I samma tabell återfinns ingångsvärdena för att beräkna förflyttningstiden.

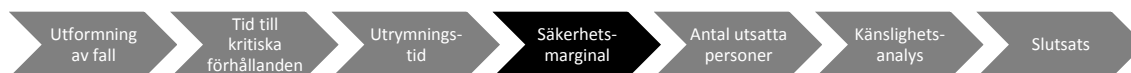
I beräkningen för förflyttningstiden användes den mer realistiska fördelningen av personerna. Det innebar att 53 % sökte sig till huvudingången, i enighet med resonemang utförda i avsnitt 5.1.2.

Tabell 8. Medelvärde och standardavvikelser för varseblivningstiden och förberedelsestiden i fallet med ökad golvarea.

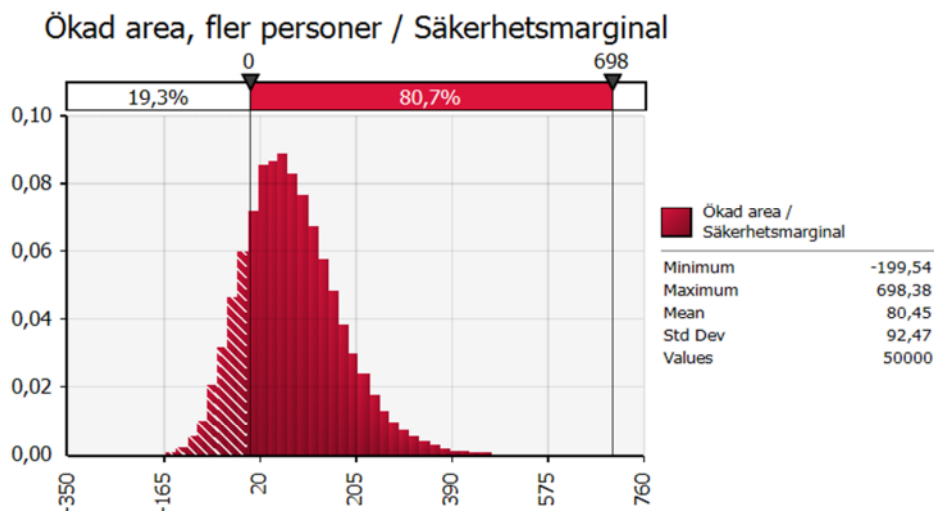
Fallet med ökad golvarea	
Antal personer	900
Fördelning, Varseblivning	Lognormal
Medelvärde, Varseblivning	35
Standardavvikelse, Varseblivning	10
Fördelning, Förberedelse	Lognormal
Medelvärde, Förberedelse	55
Standardavvikelse, Förberedelse	10
Längd till utrymningsvägen [m]	36,8
Gånghastighet [m/s]	0,6
Totalt antal utrymningsvägar	3
Andel till huvudingången [%]	53
Total bredd på utrymningsvägarna [m]	6
Total bredd på huvudingången [m]	2
Flöde genom dörrarna [pers./ s·m]	1,1

Med dessa värden togs fördelningar fram för utrymningstiden med @Risk, redovisade i Bilaga E.

5.3.3. Säkerhetsmarginalen – Köbildning



Med fördelningar för tiden till kritiska förhållanden och utrymningstid erhöles även en fördelning på säkerhetsmarginalen, denna redovisas i Figur 37.



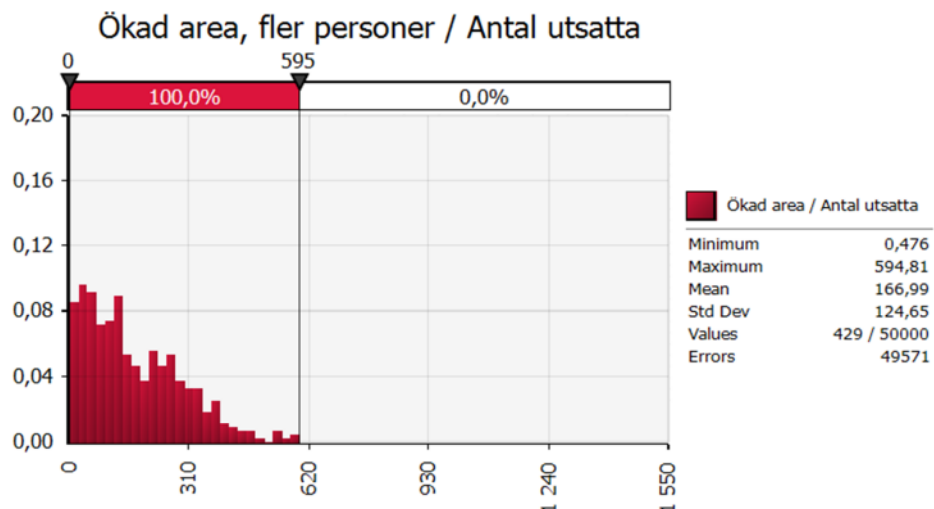
Figur 37. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för fallet med ökad golvarea med fler personer, där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

I figuren ses att i 19,3 % av bränderna utsattes någon eller några för kritiska förhållanden.

5.3.4. Antal utsatta – Köbildning



Med denna fördelning togs även resultat fram för hur många personer som utsattes för kritiska förhållanden. Resultatet redovisas i Figur 38.



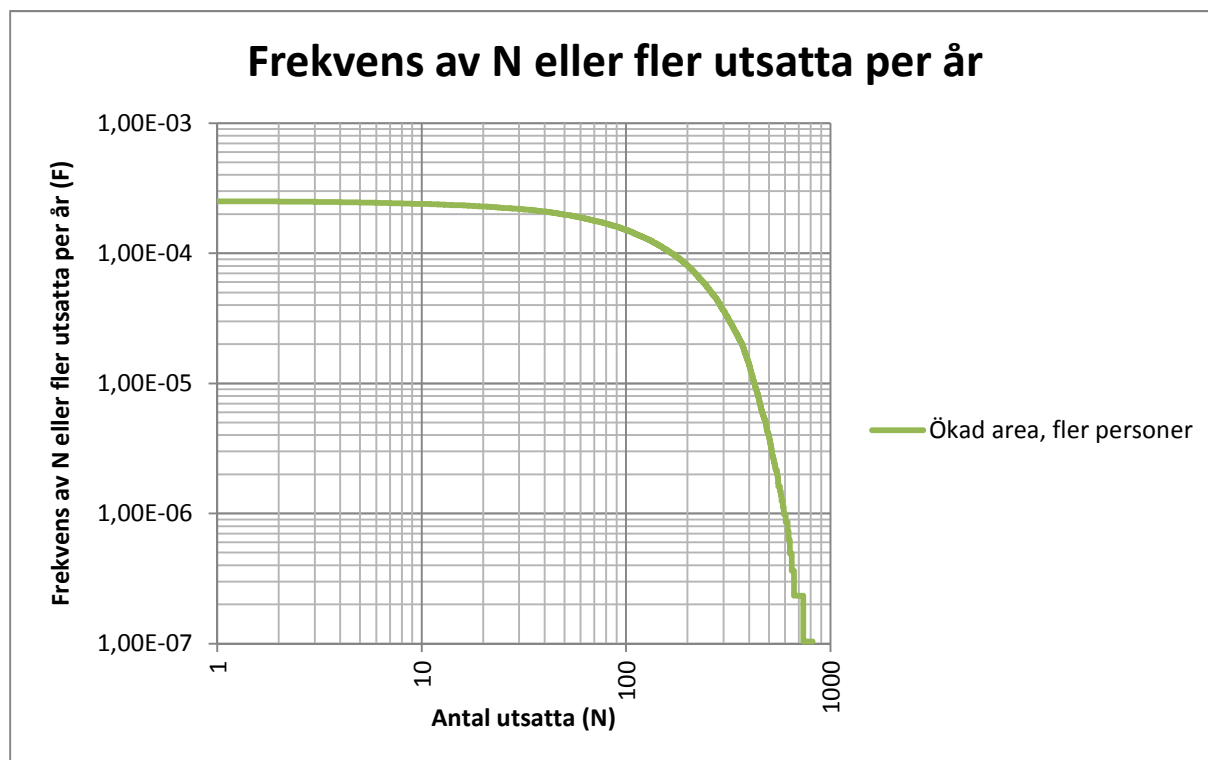
Figur 38. Fördelningen över antal personer som utsattes för kritiska förhållanden i fallet med ökad golvarea med fler personer, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.

En sammanställning av resultaten redovisas i Tabell 9. Andel negativa säkerhetsmarginaler visar i hur många fall som någon eller några utsattes för kritiska förhållanden. Medelvärde av antal utsatta personer har räknats fram med hjälp av de negativa säkerhetsmarginalerna och tar inte hänsyn till hur många som faktiskt vistas i byggnaden.

Tabell 9. Sammanställning av resultaten för fallet med ökad golvarean.

Fallet med ökade golvarean	
Andel negativa säkerhetsmarginaler [%]	19,3
Medelvärde av antal personer som utsatts för kritiska förhållanden	167

Med kunskap om antal bränder som uppstår per år, hur stor andel av bränderna som leder till en negativ säkerhetsmarginal samt fördelningen över antalet utsatta kunde en FN-kurva tas fram. Resultatet redovisas i Figur 39. Det räknades med att det inte kunde erhållas fler utsatta personer än vad som antagits vistades i lokalen. Resulterade omräkningen av säkerhetsmarginal i fler utsatta ändrades detta till det antal personer som ansatts befinna sig i lokalen. Vidare antogs sannolikheten för brand vara lika stor som för en lokal på 900 m², då det för denna faktor inte önskades ta hänsyn till en ökad sannolikhet för brand.

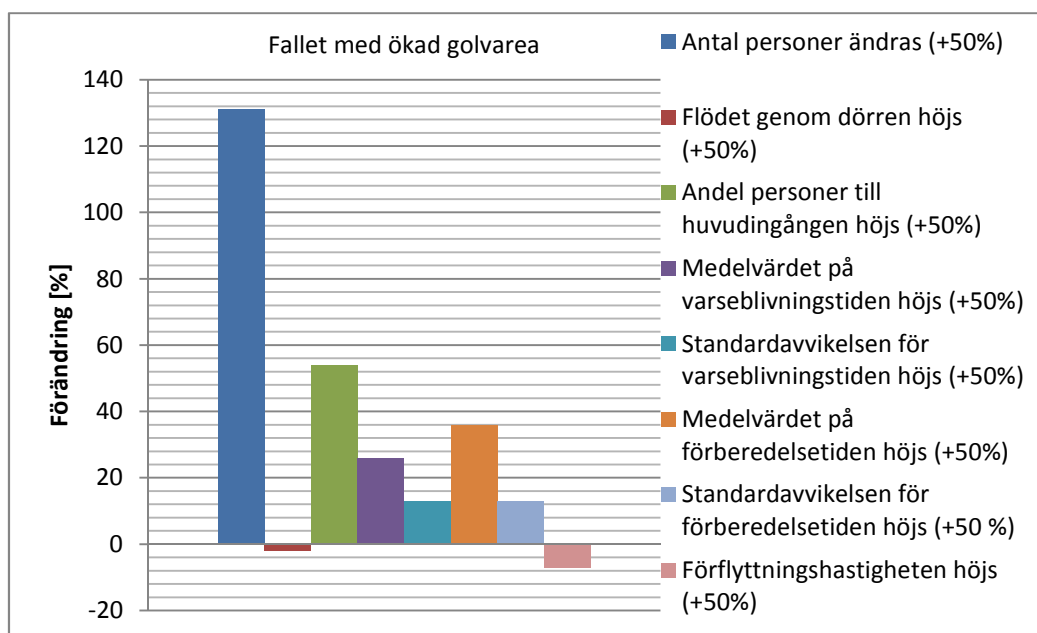


Figur 39. FN-kurva över antal utsatta per år för fallet med ökad golvarean med fler personer.

5.3.5. Känslighetsanalys - Köbildning



För att få en uppfattning om vilka parametrar som påverkade risken mycket utfördes en känslighetsanalys där olika parametrar varierades en i taget. En sammanställning av resultatet presenteras i Figur 40 med avseende på medeltalet på antal personer som utsätts för kritiska förhållanden. Staplarna anger förändringen i procent i förhållande till antalet som utsattes innan parametern ändrades.



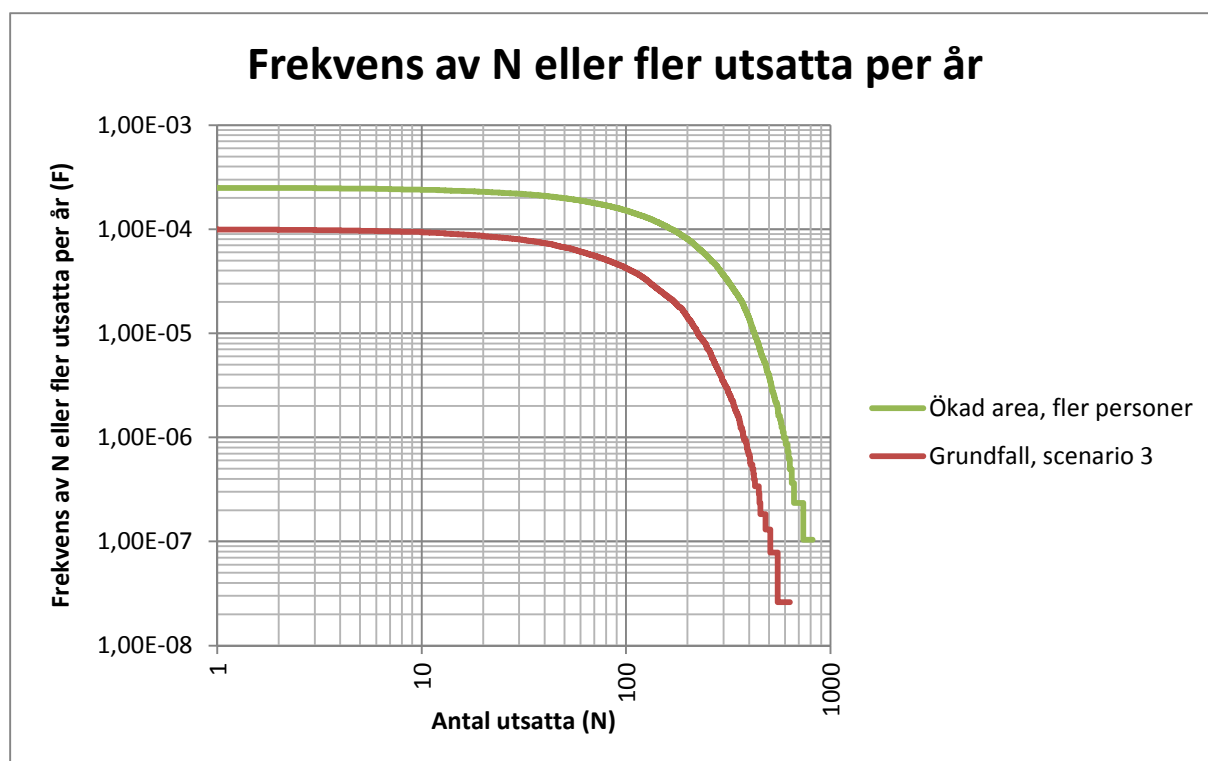
Figur 40. Resultatet av känslighetsanalysen. Staplarna visar hur stor förändringen blev i procent.

I figuren går det att utläsa att viktiga faktorer var antal personer samt andelen som utrymde via huvudingången, då dessa ökade antalet utsatta med 131 % respektive 54 % trots att parametern bara ökades 50 %. Då syftet med undersökningen var att utreda hur fler personer påverkar risken så anses resultatet av känslighetsanalysen ge ytterligare bevis för att risken ökar mycket då fler personer befinner sig i byggnaden. Gällande andelen som söker sig till huvudingången så användes en andel baserad på sju utrymningsförsök och följaktligen anses det ha varit ett bra riktvärde. Dessutom var det i två av de sju fallen där över 70 % sökte sig till huvudingången vilket talar för att det valda värdet inte var för konservativt. Det får samtidigt anses överraskande att flödet genom dörren inte påverkade resultatet mer då det borde styra kötiden i större utsträckning.

5.3.6. Slutsats – Köbildning



Fler personer medför en högre risk, vilket tydliggörs i Figur 41 nedan.



Figur 41. FN-kurva över antal utsatta för fallet med ökad area och fler personer samt grundfallet med motsvarande scenario.

Då det genom forskning och försök visats att utrymnande personer tenderar att söka sig till kända utrymningsvägar borde det ställas högre krav på dessa då en lokal dimensioneras för fler personer. Tas enbart den totala bredden av utrymningsvägarna i beaktande kan det innebära problem vid en verklig utrymningsituation. Dessutom bör det poängteras att utformningen och placeringen av de alternativa utrymningsvägarna bör göras så att det förväntade användandet av dessa ökar.

Ett kortare tillåtet gångavstånd medför mindre möjligheter att göra byggnaden väldigt stor jämfört med ett längre gångavstånd. Då fler personer medför en ökad risk är det rimligt att anta att de gångavstånd som tillåts, indirekt, kan ha tagit hänsyn till denna faktor.

5.4. Bedömning faktor 3 – Brands uppkomst



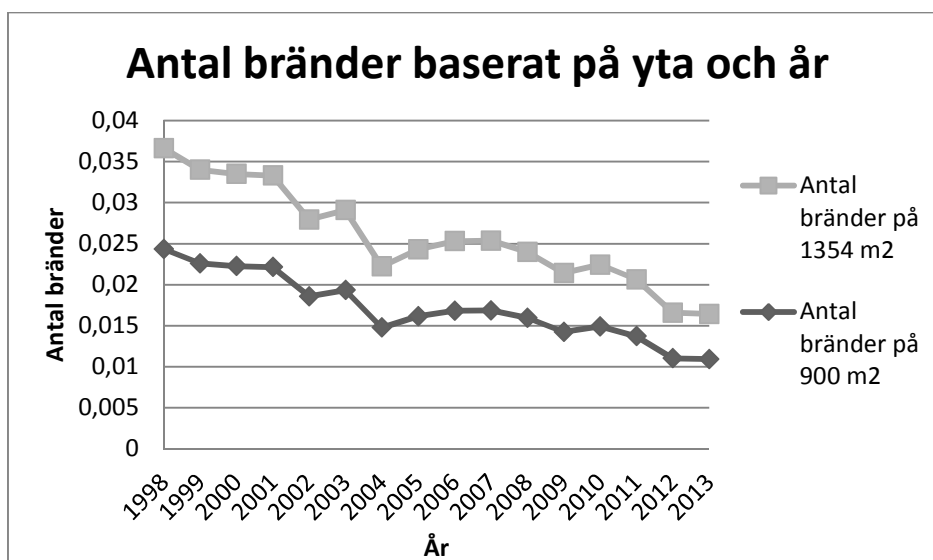
De primära riskerna i samband med en utrymningsituation är de som åstadkoms av branden. Givetvis finns det även andra risker som uppstår i en sådan situation, till exempel fallrisk, men om det inte brinner från allra första början så kommer inte heller dessa risker att uppkomma. Sannolikheten för att en brand uppstår är därför högst väsentlig att ta hänsyn till vid en riskbedömning. Vid dimensionering av brandskyddet idag måste brand förutsättas uppstå, det vill säga att sannolikheten för brand är 100 %. Det är förmodligen något positivt då det annars skulle finnas en möjlighet att en felaktig bedömning av sannolikheten för brands uppkomst resulterade i minimalt eller obefintligt brandskydd. Dock betyder förutsättningen att det inte direkt kommer tas fram åtgärder som syftar till att minska frekvensen av bränderna, vilket är negativt.

För att möjliggöra en undersökning av hur sannolikheten för brand påverkar risken i samband med utrymning, kopplat till att utsättas för kritiska förhållanden, uppskattas en sannolikhet för brand per kvadratmeter. Denna skattning används för att få fram en skillnad kopplat till en ökning av ytan i lokalen.

Generellt går det att säga att vid en jämförelse av två identiska objekt, med enda skillnaden att den ena lokalen är något större, är sannolikheten för brand större i den byggnaden med störst yta. Dock finns det andra aspekter som kan vara viktiga att påpeka vid en jämförelse, till exempel typen av besökare, geografisk placering, typ av verksamhet samt vad den utökade ytan används till. Används den utökade ytan i till exempel en restaurang till att ta in fler fritöser och stekbord blir riskökningen annorlunda jämfört med om den används till att skapa en luftigare miljö mellan borden ute vid serveringen. Dock är det förmodligen mest troligt att en utökad yta kommer utnyttjas till mer än luftighet. Exempelvis skulle det i ett affärscentra möjliggöra för ytterligare butiker. Hur tillväxten för sannolikheten för brand ser ut beror därför på och den skulle lika gärna kunna vara exempelvis linjär som exponentiell.

I grundfallet var byggnaden en viss yta vilket kopplades till en viss sannolikhet för att brand uppstår. För att avgöra hur stor påverkan på risken som en större byggnad får med avseende på sannolikheten för brands uppkomst gjordes beräkningar där grundfallet jämfördes med fallet med ökad golvyta. En illustration av grundfallet ses i Figur 6 och motsvarande bild av fallet med den ökade golvytan ses i Figur 35 ovan. Ökningen av ytan ska ses som en direkt uppskalning av byggnaden och inte som att någon specifik åtgärd genomförs till följd av ökningen. Därmed ökar sannolikheten för brand linjärt med ökningen av ytan.

Med utgångspunkt från uppgifterna i Tabell 1 och Figur 5 ovan skapades Figur 42. Figuren visar antalet bränder för dels grundfallet och dels för fallet med den ökade golvytan för respektive år.



Figur 42. Antal bränder för grundfallet, 900m², samt fallet med den ökade golvytan, 1354 m².

Tidigare uträkning visade att det uppstod 0,0013 större bränder/år i en byggnad på 900 m² med hänsyn till att sannolikheten för större brand var 7,5 %. Motsvarande siffra för en byggnad på 1354 m² blev 0,0019. Ingångsvärdena för beräkningen och resultatet presenteras i Tabell 10.

Tabell 10. Ingångsvärden och resultat för beräkning av antal bränder per år kopplat till en viss golvyta.

Fallet med ökad golvyta	
Golvnya [m ²]	1354
Antal bränder per år och m ²	1,91 · 10 ⁻⁵
Sannolikhet för större brand [%]	7,5
Antal större bränder per år och m ²	1,4 · 10 ⁻⁶
Antal större bränder per år	0,0019

Total bredd på utrymningsvägarna var fyra meter, vilket medförde att lokalen blev dimensionerad för maximalt 600 personer. Huvudingången var två meter bred.

Ingångsvärden för simuleringar och beräkningar i detta fall redovisas i Tabell 11.

Tabell 11. Skillnad i ingångsvärden mellan brandsimuleringar och utrymningsberäkningar.

	Värden för simulering av tid till kritiska förhållanden	Värden för beräkning av utrymningstiden
Golvarea [m ²]	900	1354
Längd till utrymningsväg [m]	30	36,8

5.4.1. Tid till kritiska förhållanden - Brands uppkomst



En större lokal innebär generellt en längre tid till kritiska förhållanden. För att inte den parametern skulle påverka resultatet gällande en högre sannolikhet för brand användes tiden till kritiska förhållanden från grundfallet vid vidare beräkningar i detta fall. Fördelning togs fram i avsnitt 5.1.1. och resultatet presenterades i Figur 54, i Bilaga E.

5.4.2. Utrymningstiden - Brands uppkomst



Med tidigare gjorda resonemang, och ingenjörsmässiga bedömningar, ansattes varseblivnings- och förflyttningstiderna enligt Tabell 12. I samma tabell återfinns ingångsvärdena som användes för att beräkna förflyttningstiden.

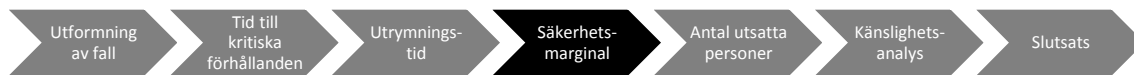
Det ansattes att 50 % av personerna sökte sig till huvudingången med anledning av att denna utgjorde hälften av den totala bredden av utrymningsvägarna.

Tabell 12. Fördelningar, medelvärde och standardavvikelse för varseblivningstiden och förberedelsestiden i fallet med ökad golvarea.

Fallet med ökad golvarea	
Antal personer	600
Fördelning, Varseblivning	Lognormal
Medelvärde, Varseblivning	35
Standardavvikelse, Varseblivning	10
Fördelning, Förberedelse	Lognormal
Medelvärde, Förberedelse	55
Standardavvikelse, Förberedelse	10
Längd till utrymningsväg[m]	36,8
Gånghastighet [m/s]	0,6
Totalt antal utrymningsvägar	2
Andel till huvudingången [%]	50
Total bredd på utrymningsvägarna [m]	4
Total bredd på huvudingången [m]	2
Flöde genom dörrarna [person/s·m]	1,1

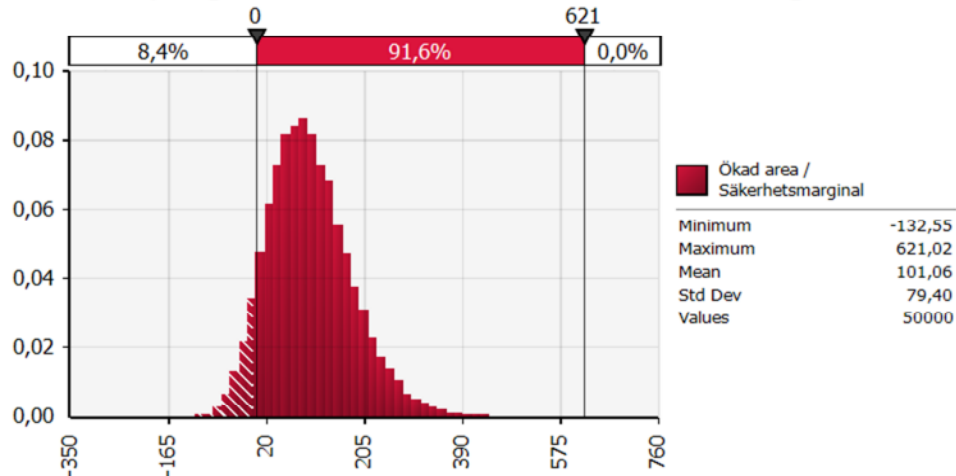
Med dessa ingångsvärden togs fördelningar fram för utrymningstiden med @Risk, vilka redovisas i Bilaga E.

5.4.3. Säkerhetsmarginalen – Brands uppkomst



Med fördelningar för tiden till kritiska förhållanden och utrymningstid erhöles även en fördelning på säkerhetsmarginalen, denna redovisas i Figur 43.

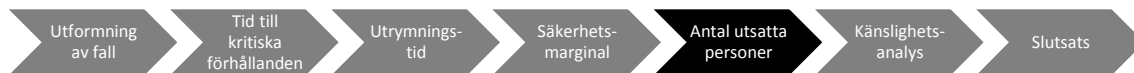
Ökad area, högre sannolikhet för brand / Säkerhetsmarginal



Figur 43. Fördelningen över säkerhetsmarginalen för fallet med ökad golvarea där sannolikheten för brand ökat, där x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

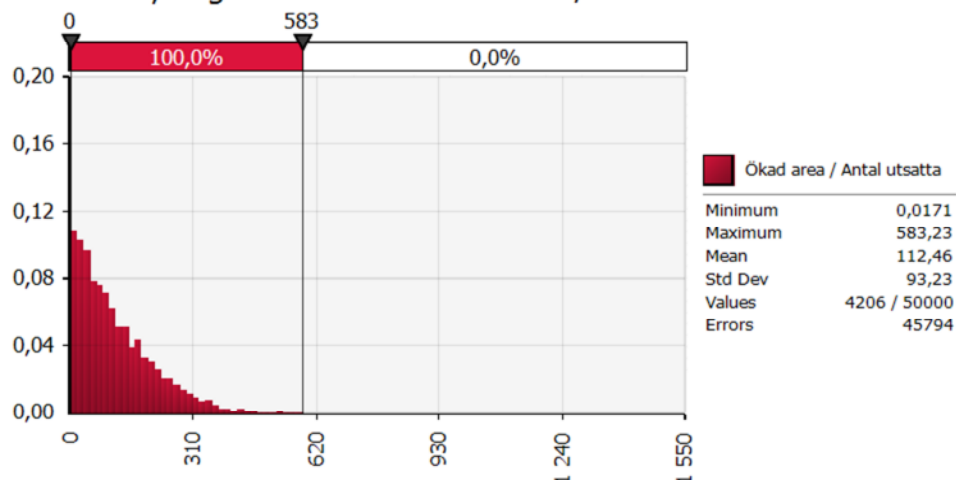
I figuren ses att det i 8,4 % av bränderna resulterade i en negativ säkerhetsmarginal, vilket innebär att någon eller några utsätts för kritiska förhållanden.

5.4.4. Antal utsatta – Brands uppkomst



Med denna fördelning togs även resultat fram för hur många personer som utsattes för kritiska förhållanden. Resultatet redovisas i Figur 44.

Ökad area, högre sannolikhet för brand / Antal utsatta



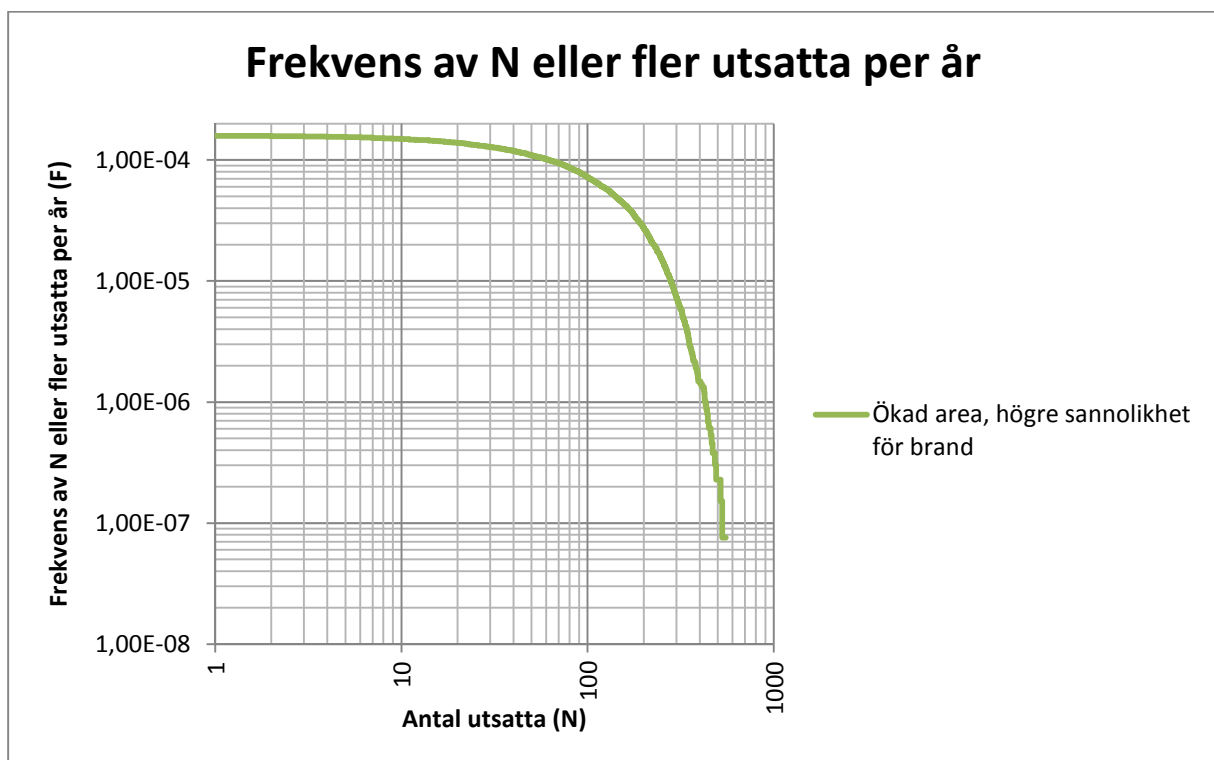
Figur 44. Fördelningen över antal personer som utsätts för kritiska förhållanden i fallet med ökad golvarea där sannolikheten för brand ökat, där x-axeln anger antal personer och y-axeln sannolikheten i andelar.

En sammanställning av resultaten redovisas i Tabell 13. Andel negativa säkerhetsmarginaler visar i hur många fall som någon eller några utsattes för kritiska förhållanden. Medelvärde av antal utsatta personer har räknats fram med hjälp av de negativa säkerhetsmarginalerna och tar inte hänsyn till hur många som faktiskt vistas i byggnaden.

Tabell 13. Sammanställning av resultaten för fallet med ökad golvarea.

Fallet med ökade golvarean	
Andel negativa säkerhetsmarginaler [%]	8,4
Medelvärde av antal personer som utsatts för kritiska förhållanden	112

Med kunskap om antal bränder som uppstår per år, hur stor andel av bränderna som leder till en negativ säkerhetsmarginal samt fördelningen över antalet utsatta kunde en FN-kurva tas fram. Resultatet redovisas i Figur 45. Det räknades med att det inte kunde erhållas fler utsatta personer än vad som antagits vistades i lokalen. Resulterade omräkningen av säkerhetsmarginal i fler utsatta ändrades detta till det antal personer som ansatts befinna sig i lokalen.

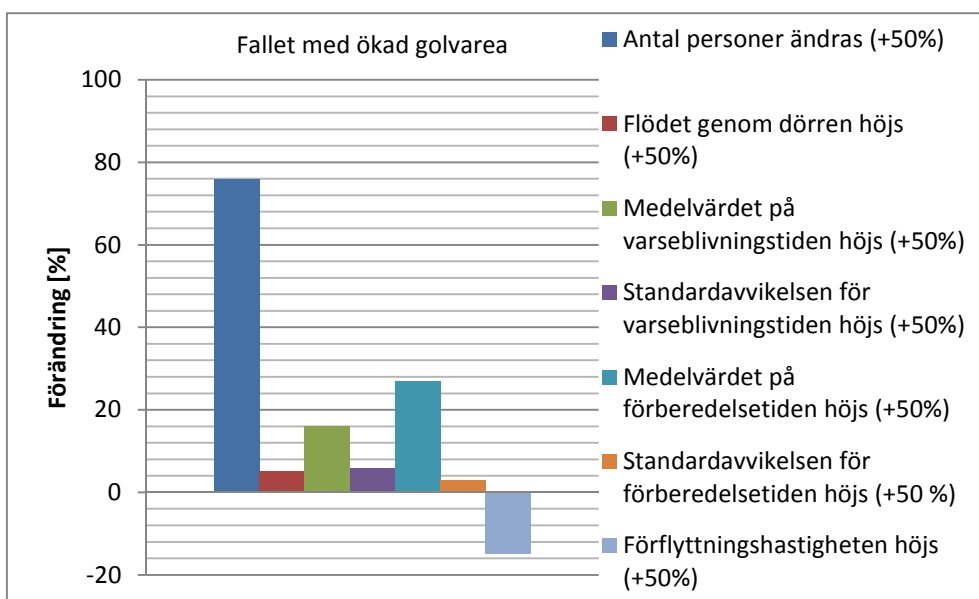


Figur 45. FN-kurva över antal utsatta per år för fallet med ökad golvarea där sannolikheten för brand ökat.

5.4.5. Känslighetsanalys - Brands uppkomst



För att få en uppfattning om vilka parametrar som påverkade risken mycket utfördes en känslighetsanalys där olika parametrar varierades en i taget. En sammanställning av resultatet presenteras i Figur 46 med avseende på medeltalet på antal personer som utsätts för kritiska förhållanden. Staplarna anger förändringen i procent i förhållande till antalet som utsattes innan parametern ändrades.



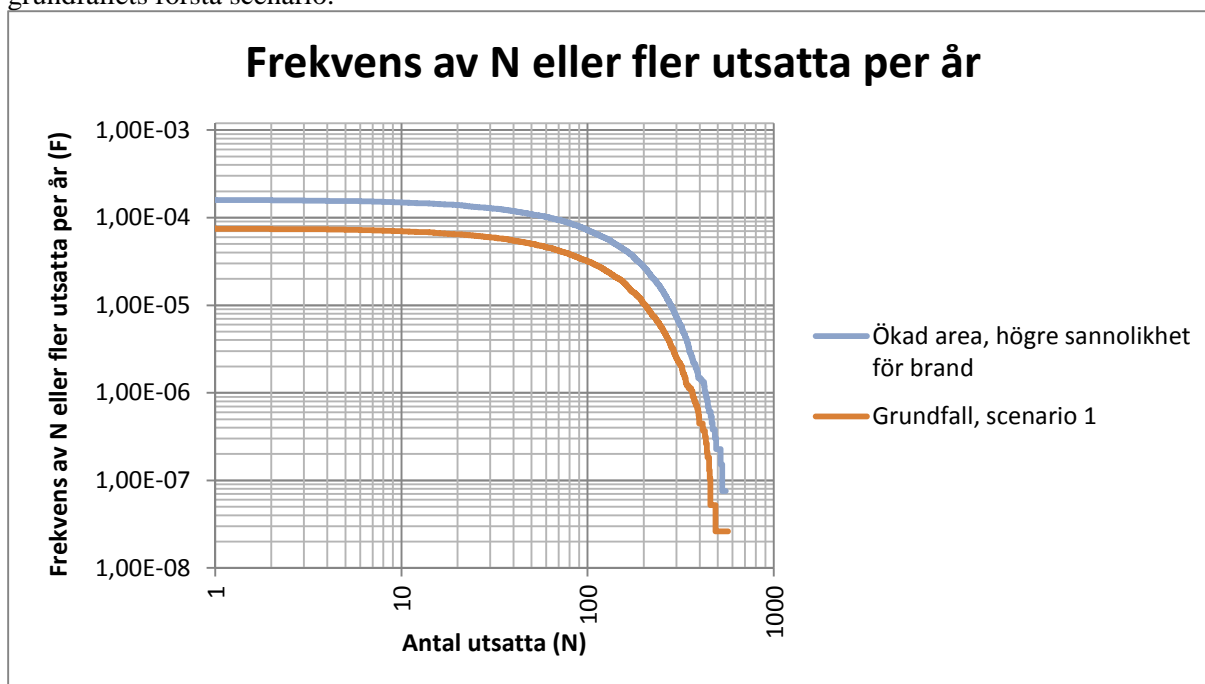
Figur 46. Resultatet av känslighetsanalysen. Staplarna visar hur stor förändringen blev i procent.

Resultatet från känslighetsanalysen visar på ett underligt resultat gällande flödet, där alltså fler personer utsattes för kritiska förhållanden när flödet ökade. Vidare ses att antal personer var en viktig faktor för resultatet då antalet utsatta ökade med 76 % när personerna bara blev 50 % fler. Med hänsyn till att golvarean ökade men att personerna inte blev fler i förhållande till grundfallet, första scenariot, var 600 personer inte ett för konservativt antagande. Om fler personer hade valts hade å andra sidan utredningen inte kunnat isolera sannolikheten för brands uppkomst påverkan på risken.

5.4.6. Slutsats – Brands uppkomst



I Figur 47 nedan redovisas en jämförelse av fallet som undersökte en högre sannolikhet för brand och grundfallets första scenario.



Figur 47. FN-kurva över antal utsatta per år för fallet med ökad golvarea där sannolikheten för brand ökat samt grundfallet med motsvarande scenario.

Ur figuren går det att utläsa att frekvensen är lägre i grundfallet för samtliga konsekvenser. Det innebär att risken påverkas om sannolikheten för brand ökar. Ur denna aspekt kan det anses viktigt att beakta sannolikheten för att bränder uppstår vid dimensioneringen av brandskyddet. Om frekvensen på bränderna minskas kommer också risken att minskas. Det kan således påstås att ett kortare gångavstånd, som resulterar i en mindre byggnad, är bättre då sannolikheten för brand generellt är lägre. Dock finns det många andra aspekter som det måste tas hänsyn till innan ett sådant resonemang kan appliceras för en generell lokal. Exempelvis kan en större lokal innebära längre tid till kritiska förhållanden och olika verksamheter har olika sannolikheter för brand.

Ett kortare tillåtet gångavstånd medför dock mindre möjligheter att göra lokalen väldigt stor jämfört med ett längre gångavstånd. Då högre sannolikhet för brand medför en ökad risk är det rimligt att anta att de gångavstånd som tillåts, indirekt, kan ha tagit hänsyn till denna faktor.

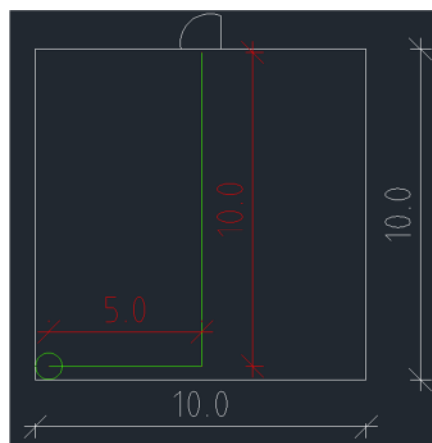
5.5. Bedömning faktor 4 – Blockerad av branden

Varje enskild geometri har olika förutsättningar för att upptäcka branden och kunna passera den och därmed varierar risken mycket beroende på hur geometrin väljs, samt var branden placeras. Bedömningen görs att en korrekt och rättvis kvantitativ bedömning av faktorn att bli instängd skulle bli så pass omfattande att det inte är möjligt att utföra den inom ramen för detta arbete. En kvalitativ utredning kommer dock att utföras då det anses nödvändigt att belysa problematiken med att inte visa hänsyn till faktorn.

Huvudmålet vid en utrymningsituation i samband med en brand får anses vara att personerna tar sig ut med livet i behåll. Förutsättningar för att det ska vara möjligt är bland annat att personerna faktiskt hittar ut, att de inte behöver vänta för länge i byggnaden till följd av kö samt att branden inte blockerar dem. För att branden inte ska hindra de utrymnande från att ta sig ut vill det till att personerna upptäcker branden i ett tidigt skede så att den går att passera alternativt att möjligheten att utrymma åt en annan riktning finns.

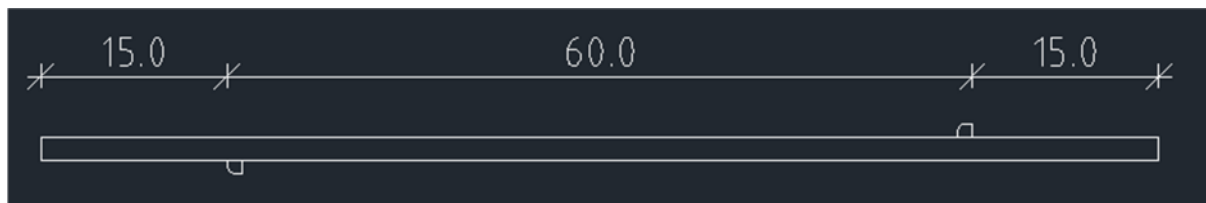
Tillfredställande utrymning förutsätts kunna genomföras då brandskyddet i en byggnad dimensionerats enligt de allmänna råden i Boverkets byggregler. I dessa allmänna råd anges att det i en lokal, exempelvis en samlingslokal i verksamhetsklass 2 A, med endast en utrymningsväg maximalt får vara 15 meters gångavstånd till utrymningsvägen, förutsatt att utrymningsvägen är synlig från huvuddelen av lokalen och att högst 30 personer vistas där (Boverket, 2014). Dessa förutsättningar kan tolkas som att i en sådan lokal kommer personerna att kunna upptäcka branden och ta sig förbi den utan att utsättas för en kritisk miljö.

För att gångavståndet 15 meter ska uppfyllas med de allmänna råden i en lokal med en enda utrymningsväg kan lokalen som störst vara 10x10 meter, om den ska vara kvadratisk, se Figur 48. Med hänsyn till att lokalen ska vara lätt överblickbar kan det antas att branden upptäcks direkt även om det endast vistas en person där. Då personerna, eller personen, som befinner sig i byggnaden hela tiden har möjlighet att följa brandförloppet är det också troligt att den tid som förflyter innan förflyttningen påbörjas, samt själva gånghastigheten, delvis anpassas efter situationen.



Figur 48. Illustration av hur en lokal med en enda utrymningsväg kan vara utformad.

Om det i en lokal finns två oberoende utrymningsvägar kan ett gångavstånd på 30 meter accepteras för en generell samlingslokal. Om det finns en del i lokalen där det enbart går att röra sig i en riktning för att komma ut, det vill säga sammanfallande utrymningsväg, måste denna sträcka räknas dubbelt. Det resulterar i att det som längst kan vara 15 meters gångavstånd om hela sträckan innebär sammanfallande utrymningsväg. Studeras en korridorliknande lokal betyder det att en utrymningsväg måste finnas inom 15 meter från den ena gaveln för att inte gångavståndet ska bli för långt, förutsatt att den förenklade dimensioneringsmetoden tillämpas, vilket visas i Figur 49.



Figur 49. Illustration av hur en smal lokal kan utformas med avseende på utrymningsvägarnas placering.

Figuren visar även att det som längst kan vara 60 meter mellan utrymningsvägarna då det som längst innebär ett gångavstånd på 30 meter till den närmaste utrymningsvägen. Genom att studera figuren kan det förstås att huruvida utrymningen kommer kunna genomföras med tillfredställande resultat eller ej till stor del beror på placeringen av branden samt när branden upptäcks.

Vad som påverkar möjligheten att kunna upptäcka branden och, om nödvändigt, passera den är geometrin på lokalen. I de två figurerna ovan har helt olika varianter redovisats och antalet möjliga konstellationer är i princip oändlig.

De allmänna råden angav att lokalen skulle vara lätt överblickbar om enbart en utrymningsväg fanns att tillgå. Dock anges inget sådant krav i de fall fler utrymningsvägar finns, även om gångavståndet från någon del i lokalen är sammanfallande hela vägen. Studeras den korridorliknande lokalen i figuren ovan skulle denna kunna ha utformats med många vinkeländringar, väggar och dörrar som medfört att den inte blev lätt överblickbar men fortsatt var godkänd enligt den förenklade metoden. Dock kan det ifrågasättas om det vore säkert.

Om det bara tas hänsyn till den yta som ska passeras och anger att det är enbart om branden uppstår där som personen riskerar att bli blockerad så kan sannolikheten för det sänkas genom att göra hela byggnaden större, det vill säga öka den totala ytan. Emellertid påverkas samtidigt andra faktorer, som undersökts tidigare i detta arbete, när ytan ökas vilket förmodligen borde tas i beaktande.

Vid en analytisk dimensionering blir det viktigt var branden placeras ur aspekten att inte bli blockerad. Dessutom är det viktigt att se till att branden kan upptäckas i ett tidigt skede så att den faktiskt kan passeras. Med hänsyn till kravet om maximalt 15 meters gångavstånd och lätt överblickbar lokal i det fall då enbart en utrymningsväg finns att tillgå anses det svårt att kunna motivera en längre sträcka där de utrymmande enbart kan gå i en riktning. Om personen befinner sig i en lätt överblickbar lokal kan denna förväntas se branden innan en eventuell detektor upptäcker den och dessutom påverkas förberedelsetiden och gånghastigheten om brandutvecklingen kan följas. Kan personen enbart utrymma i en riktning och branden ska upptäckas av en detektor någonstans mellan personen och utrymningsvägen kan det tänkas att varseblivningstiden och även förberedelsetiden blir längre då personen inledningsvis möjligen inte tar larmet på allvar, alternativt att personen börjar undersöka situationen istället för att direkt påbörja utrymningen. Vidare innebär en icke överblickbar lokal att orienteringsförmågan försämras, som diskuterats i tidigare avsnitt i denna rapport, vilket också förlänger förberedelsetiden.

Ett kortare tillåtet gångavstånd medför lägre sannolikhet att branden uppstår i de utrymmandes väg och därmed är det rimligt att anta att de gångavstånd som tillåts, indirekt, kan ha tagit hänsyn till denna faktor.

5.6. Bedömning faktor 5 – Räddningstjänstens insatsmöjligheter

Vid en brand i en byggnad kommer inte bara personerna som utrymmer att utsättas för risker utan även räddningsmanskaper som kommer till platsen för att ta kontroll över situationen påverkas. Bedömningen görs att en korrekt och rättvis kvantitativ bedömning av faktorn gällande räddningstjänstens insatsmöjligheter skulle bli så pass omfattande att det inte är möjligt att utföra den inom ramen för detta arbete. Kvalitativa resonemang kommer dock att föras då det anses nödvändigt.

Vid dimensionering av brandskyddet bör det generellt inte förutsättas att räddningstjänstens hjälp krävs för att utrymning ska vara möjlig. Det innebär att i de flesta fall ska personerna i en byggnad kunna försätta sig i säkerhet utan att räddningstjänsten tar sig in i byggnaden och bistår personerna där. Huruvida samtliga personer utrymt kan vara i princip omöjligt att avgöra, framförallt i de verksamheter där personerna som vistas där inte nödvändigtvis kan förväntas känna varandra. Således kan det säkerligen i en del fall bli aktuellt för räddningstjänsten att gå in i byggnaden för att söka efter personer. Längre gångavstånd kan bland annat medföra mer komplexa geometrier eller större byggnader vilket innebär sämre förutsättningar för räddningsmanskaper och därmed en förhöjd risk.

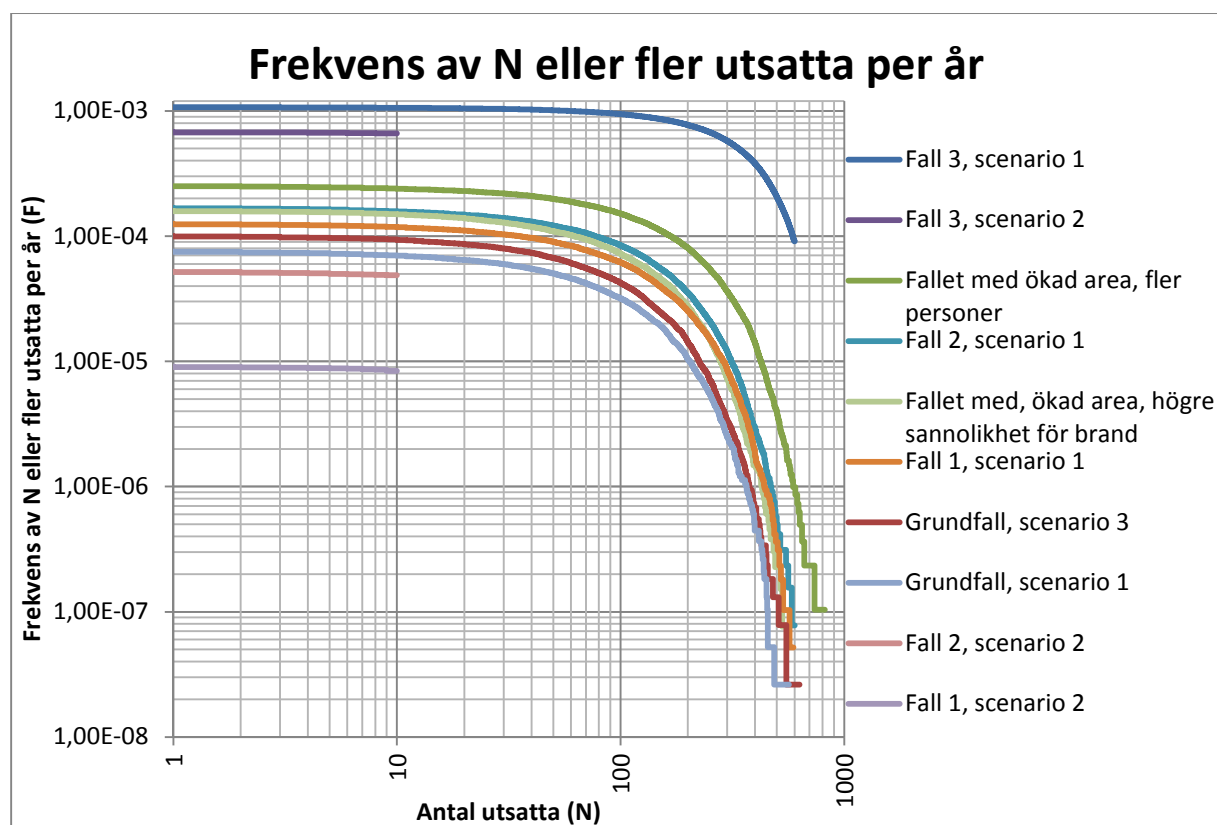
I verksamhetsklass 5 A, 5 B och 5 C anges en begränsning i hur lång tillträdesvägen till den mest avlägsna punkten från det närmaste trapphuset får vara. Avståndet som anges är 50 meter vilket därför kan antas vara en längd där räddningstjänsten inte utsätts för en för hög risk (Boverket, 2014). Vad som dock bör poängteras är att dessa verksamhetsklasser framförallt utgörs av vårdmiljöer som ofta utformas snarlikt, med raka korridorer, vilket är relativt enkla geometrier som därmed förmodligen inte medför några direkta svårigheter för räddningstjänsten. Det kan därför bli problematiskt att i exempelvis en handelslokal argumentera för att utformningen av byggnaden är tillfredställande ur räddningstjänstperspektiv även om avståndet understiger 50 meter.

Ett längre gångavstånd till en utrymningsväg innebär någon form av riskökning för räddningstjänsten och följaktligen är det rimligt att anta att de gångavstånd som tillåts, indirekt, kan ha tagit hänsyn till denna faktor.

6. Analys av faktorernas inverkan

De litteraturstudier och intervjuer som gjordes inledningsvis i arbetet påvisade att maximalt tillåtna gångavstånd till en utrymningsväg förmodligen inte valdes efter noggranna kvantitativa analyser. Dessa studier pekade nämligen på att det främst var historien som visat hur det bör byggas och att reglerna i viss mån anpassats efter det. Dock har det, med hänsyn till avsnitt 5 i denna rapport, påvisats att gångavstånden förmodligen har inbyggda faktorer som påverkar risken vid ett ändrat gångavstånd. Det är därför rimligt att anta att anledningen till att vissa gångavstånd medfört att byggnader varit säkra är att de utredda faktorerna i de fallen hållit sig inom rimliga gränser. Det är inte sagt att samtliga faktorer är utpekade i och med denna analys, men förmodligen är dessa fem de mest grundläggande med hänsyn till att inga andra framkom vid intervjuerna.

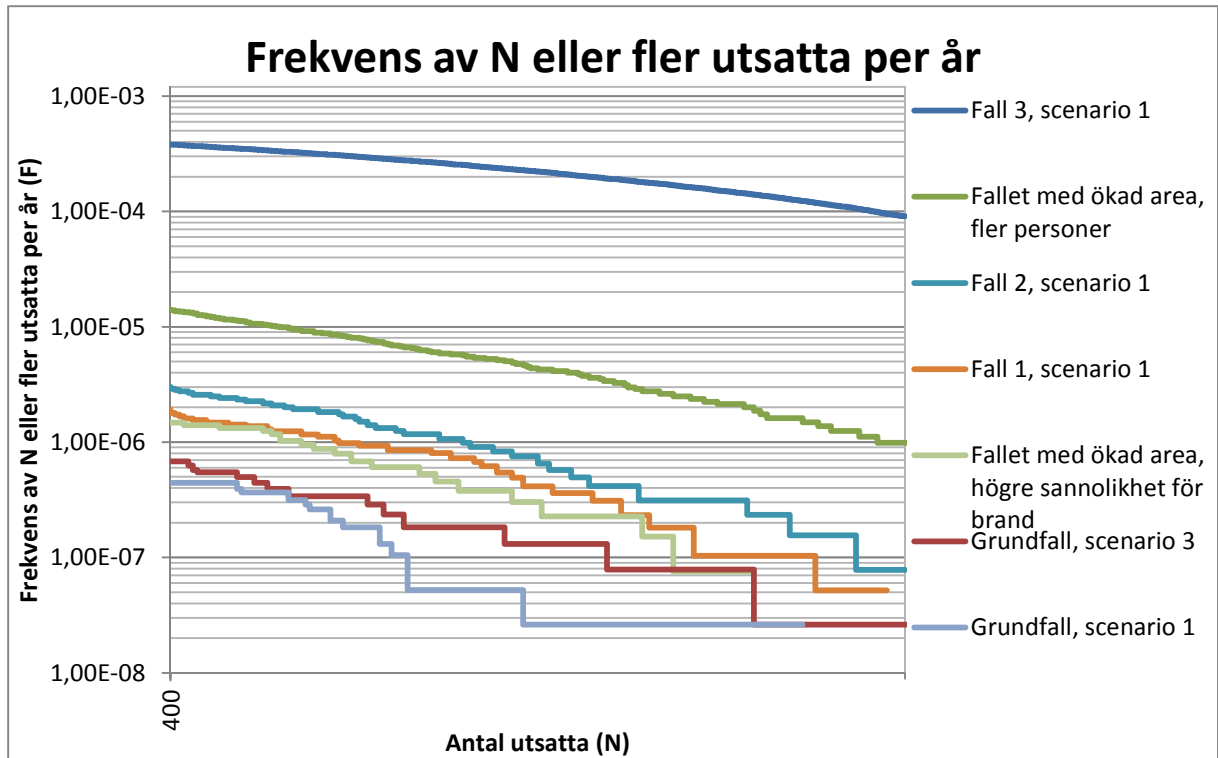
I Figur 50 nedan ses en jämförelse av de olika fallens FN-kurvor.



Figur 50. FN-kurva över antal utsatta per år för samtliga undersökta fall.

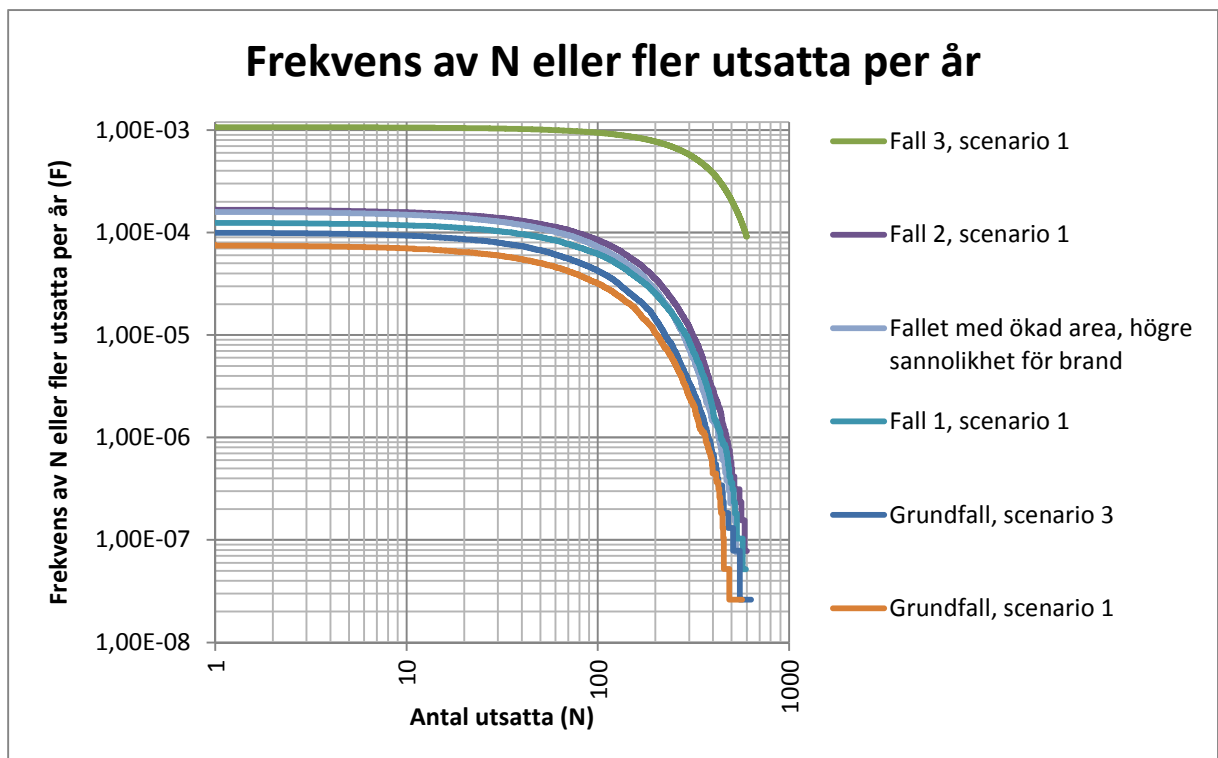
Från figuren går det att utläsa att det är fallet med en väldigt komplex geometri och 600 personer, fall 3 scenario 1, som ger den högsta risken. Det gäller både i avseende på mindre olyckor, med högre frekvens, och större olyckor med lägre frekvens. För upp till tio utsatta personer är fallet med den väldigt komplexa geometrin och tio personer, fall 3 scenario 2, den med näst högst risk. Samtidigt ska det poängteras att grundfallet med tio personer, scenario 2, inte är med i figuren då detta fall resulterade i noll utsatta per år. Det innebär att även om både scenario 2 för fall 1 och fall 2 ligger underst i figuren så hade dessa inte den lägsta risken.

I Figur 51 ges en tydligare bild av hur det ser ut vid de högre konsekvenserna.



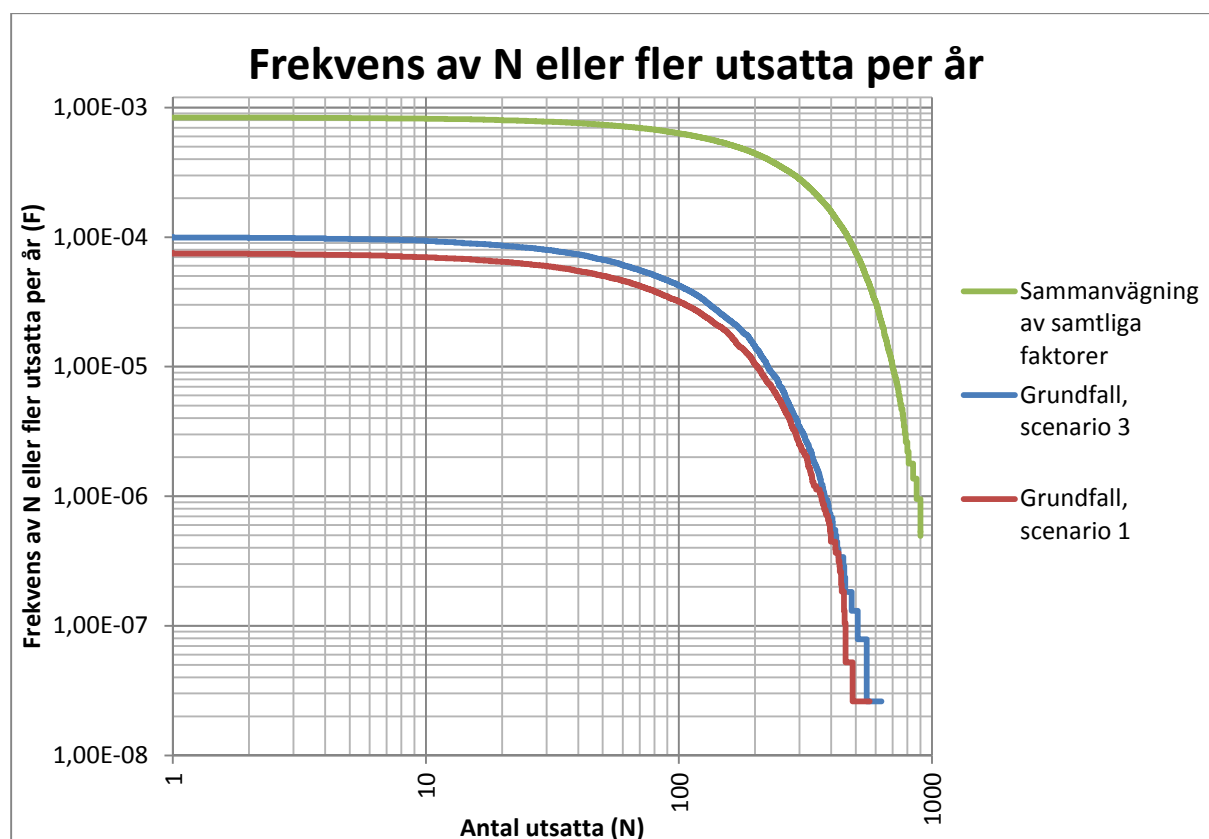
Figur 51. En närbild över de högre konsekvenserna av föregående FN-kurva där samtliga fall tagits med. Figuren redovisar antal utsatta mellan 400 och 600.

Studeras istället enbart fallen där 600 personer befann sig i byggnaden, se Figur 52, ses bland annat att fallen med högre komplexitet har en högre risk än fallet där personerna inte fördelar sig jämt över utrymningsvägarna, det vill säga grundfallets tredje scenario.



Figur 52. FN-kurva över antal utsatta per år för fallen med 600 personer.

I avsnitt 5 behandlades varje faktor enskilt men i verkligheten är det förmodligen ofta en samverkan mellan de olika. Ökar byggnadens storlek så ökar både möjligheten till att ta in fler personer och sannolikheten för att brand uppstår. Dessutom ger ett längre gångavstånd en större möjligheter till att utforma lokalerna till att vara mer komplexa och även att längre gångsträckor kan bli sammanfallande utrymningsväg vilket påverkar sannolikheten för att bli blockerad av branden. En stor byggnad medför även en högre total brandbelastning och att den blir mer svåråtkomlig och svårgenomsökt vilket påverkar räddningstjänstens insatsmöjligheter och risker. Om en sammanvägning görs av de kvantitativt utredda faktorerna, en lokal med väldigt hög komplexitet samt ökad area med fler personer och en ökad sannolikhet för brand, erhålls en FN-kurva enligt Figur 63. Det förutsattes där att 53 % av personerna sökte sig till huvudingången enligt beräkningar i avsnitt 5.1.2.



Figur 53. FN-kurva över antal utsatta per år för sammanvägningen av flera faktorer samt grundfallen med 600 personer.

I grafen ses kurvan för grundfallet med 600 personer där personerna fördelar sig jämt över utrymningsvägarna, scenario 1, samt grundfallet där 53 % söker sig till huvudingången, scenario 3. Av denna figur att döma är det oerhört viktigt att fundera kring vilka konsekvenser ett förlängt gångavstånd får då en analytisk dimensionering genomförs. Studeras enbart tiden till kritiska förhållanden, i ett punktfall, kan det innebära att väldigt många andra aspekter som påverkar riskerna negligeras. Dessutom kan direkt felaktiga slutsatser dras utifrån det. I det sammanvägda fallet erhöles nämligen en längre tid till kritiska förhållanden, vilket var kopplat till en större byggnad, medan risken blev högre. Då målet med en dimensionering är att byggnaden ska ha ett tillfredställande brandskydd, där det ingår att personerna som vistas där inte utsätts för orimligt höga risker, bör en bredare syn tas i anspråk.

En sammanställning av förväntat antal utsatta per år för samtliga undersökta fall och scenarier, samt en jämförelse mot respektive grundfall, presenteras i Tabell 14.

Tabell 14. Sammanställning av förväntat antal utsatta personer per år för respektive fall.

Fall	Förväntat antal utsatta per brand med negativ säkerhetsmarginal	Antal bränder per år	Antal bränder med negativ säkerhetsmarginal	Förväntat antal utsatta per år	Förändring i förhållande till respektive grundfall
Grundfall, scenario 1	103,71	0,0013	0,058	0,00783	-
Grundfall, scenario 2	0	0,0013	0,0	0	-
Grundfall, scenario 3	105,51	0,0013	0,077	0,01056	-
Fall 1, scenario 1	122,69	0,0013	0,096	0,01526	+95%
Fall 1, scenario 2	99,38	0,0013	0,007	0,00090	-
Fall 2, scenario 1	124,98	0,0013	0,129	0,02090	+167%
Fall 2, scenario 2	125,07	0,0013	0,04	0,00652	-
Fall 3, scenario 1	328,93	0,0013	0,824	0,35267	+4 404%
Fall 3, scenario 2	234,79	0,0013	0,520	0,15860	-
Ökad area, fler personer (scenario 3)	166,99	0,0013	0,193	0,04190	+297%
Ökad area, högre sannolikhet för brand (scenario 1)	112,46	0,0019	0,084	0,01795	+129%
Sammanvägn ingen av alla faktorer (scenario 1)	242,34	0,0019	0,442	0,20332	+2 497%

Anledningen till att ingen jämförelse räknats ut för fallen med det andra scenariot beror på att motsvarande grundfall resulterade i noll utsatta per år. I teorin skulle det innebära att förändringen gick mot oändligheten vilket inte ansågs tillräckligt motiverat för att ange. Dock kan det poängteras att det visats att en ökning i komplexitet påverkar risken, framförallt i fallen med färre personer.

Tabellen visar att det erhöles en mindre riskökning vid sammanvägningen av faktorer jämfört med fall 3 scenario 1. Anledningen är kopplad till tiden till kritiska förhållanden där sammanvägningen av faktorer fick en längre tid då det antogs vara en större byggnad. Hade samma tid till kritiska förhållanden förutsatts hade riskökningen varit högre för sammanvägningen. Riskökningen hade av samma anledning varit större för fallet med ökad area och fler personer om det även här antagits uppstå kritiska förhållanden lika snabbt som i motsvarande grundfall.

För att ta fram en metod för hur berörda faktorer kan hanteras rent analytiskt krävs ytterligare utredningar och vidare forskning. Utifrån denna rapport går det dock att påpeka vikten av att inte se en förlängning av gångavståndet enbart som en förlängd förflyttningstid. Längre gångavstånd påverkar nämligen även andra faktorer som kan medföra att personer utsätts för kritiska förhållanden om de inte tas i beaktning.

7. Diskussion

7.1. Litteraturstudierna och intervjuerna

Målet med rapporten var att identifiera vilka faktorer som har en koppling till gångavståndet till en utrymningsväg, för att på så sätt kunna fastställa vilka som bör beaktas vid en dimensionering. Inledningsvis studerades litteratur, både nationell och internationell. Därifrån erhöles information som var intressant och som möjliggjorde rapporten. Då det skrivits, debatterats och analyserats mycket på området funktionsbaserade regler och analytisk dimensionering fanns en hel del material att tillgå. Detta var dock inte enbart positivt eftersom det medförde att det var svårt att sortera ut det viktigaste och mest relevanta. Skulle all tillgänglig litteratur ha studerats hade arbetet möjligen kunnat nå målen med bättre precision, men då hade den delen av arbetet blivit väldigt omfattande. Storleken på arbetet skulle hållas inom rimliga gränser och dessutom gäller det att ständigt väga kostnaderna mot nyttan för att erhålla god effektivitet.

Gällande intervjuerna gjordes även där avgränsningar. Mängden diskussionspunkter begränsades för att intervjuerna inte skulle bli för långa och dessutom begränsades antalet intervjuer. Det hade förmodligen varit intressant att ha utökat antal punkter som det resoneras kring, men troligen hade det inte fört rapporten närmre målet. Möjligen hade tydligare resultat kunnat erhållas genom att intervjua fler personer, eftersom det kunnat leda till tydligare mönster i åsikterna. Dock tycktes de erhållna svaren peka på enighet kring några faktorer och skilda meningar om andra. Dessutom valdes intervjupersonerna ut med omtanke för att framförallt erhålla synpunkter från personer kunniga inom området. Andra viktiga kriterium var att inte samtliga personer skulle vara aktiva inom samma del av branschen samt att få spridning på hur länge de varit verksamma. Begränsningen låg främst i tillgänglig tid för intervjuerna samt intresset hos de kontaktade personerna.

7.2. Analysmetoden

För att uppfylla syfte och mål med rapporten var det inte tillräckligt att ha pekat ut faktorer som potentiellt hade en koppling till gångavståndet till en utrymningsväg. Det var ingen enkel uppgift att utforma analysmetoden och det krävdes en hel del resonering. Något som påpekats vid brandingenjörsutbildningen är att det inte går att räkna på allt, men bedömningen gjordes att någon form av kvantitativt tillvägagångssätt var nödvändigt för att resultaten skulle bli tydliga. Mängden utpekade faktorer och rimligheten på arbetets omfattning medförde dock att två av faktorerna enbart utreddes kvalitativt.

7.2.1. Utformningen av fallen

Analysen hade förmodligen kunnat göras på flera olika sätt, men för detta arbete valdes att ta fram ett antal fall som skulle representera de olika faktorerna, samt ett grundfall som referensobjekt. Utformningen av fallen hade givetvis en inverkan på resultaten. För att det skulle ha varit möjligt att presentera ett generellt svar för verksamhetsklass 2B hade antal fall behövt utökas med bland annat fler utformningar av geometrin. Förhållandet mellan bredd och längd på byggnaden, takhöjden, placering av utrymningsvägar och placering av innerväggar är bara några parametrar som påverkat utfallet. Bakgrunden till de valda geometrierna var att de önskades vara relativt enkla, för att inte andra faktorer än den undersökta skulle ha effekt på svaren. Även i de fall som användes var det svårt att helt undvika inverkan från andra faktorer. Den påverkan får dock ses som en del av fallet eftersom det ändå, vilket redan konstaterats, hade krävts fler fall för ett fullständigt generellt svar. Dessutom kan det påpekas att ett fullständigt generellt svar förmodligen inte existerar då det finns stora skillnader mellan byggnader även om de innehåller samma verksamhet. För att få bättre resultat togs dock tre olika fall fram för faktorn gällande orienterbarhet. De tre fallen skulle symbolisera en gradvis ökande komplexitet. Ytterligare ett steg mot att erhålla mer intressanta resultat togs då olika scenarier infördes för några fall. Samtliga fall som undersökte komplexiteten delades upp i två scenarier, ett med många och ett med få personer. Dessutom delades grundfallet upp i tre olika scenarier för att jämförelsen med de undersökta fallen inte skulle bli för skev. Bara denna lilla ökning resulterade i totalt elva olika

scenarier som undersöktes och jämfördes i rapporten. Därutöver togs även ett scenario fram där samtliga av de kvantitativt undersökta faktorerna vägdes in.

Det sistnämnda fallet, med sammanvägningen av flera olika faktorer, var ett försök att återspegla verkligheten ur ett mer realistiskt perspektiv. När varje faktor hanteras separat så kan komplikationer uppstå till följd av att inverkan från andra parametrar försöker undvikas. I praktiken är det förmodligen omöjligt att hantera varje faktor enskilt, men för att kunna få fram fristående resultat så var det nödvändigt. De bitar som kunde påverka resultaten, och som inte önskades undersökas, försökte kartläggas. Detta så att de kunde ansättas liknande i samtliga undersökningar och därmed inte påverka utfallet av jämförelserna.

7.2.2. Svårigheter med fallen

Ett fall som medförde extra svårigheter var det som syftade till att utreda faktorn gällande högre sannolikhet för brand. Resonemanget var att ett längre gångavstånd kan medföra en större byggnad och därmed en högre sannolikhet för brand. Vid utredningen av fallet antogs sannolikheten för brand öka, kopplat till att byggnaden blev större, men branden simulerades i en byggnad med grundfallets utformning. Anledningen var att om byggnaden förstoras kommer det erhållas en längre tid till kritiska förhållanden. Huruvida det är sant i verkligheten beror bland annat på innerväggars placering, och då det var okänt antogs tiden till kritiska förhållanden vara samma som för grundfallet. För beräkning av förflyttningstiden användes gångavståndet för den större byggnaden.

Ett annat problem med fallet som skulle undersöka faktorn gällande högre sannolikhet för brand var just om sannolikheten för brand ökar linjärt med en ökad golvarea. Detta var något som inte undersöktes i detalj och således var det enbart ett antagande. Resonemang kring detta i berört avsnitt talade om att ändringen av sannolikheten för brand beror på vad som görs med ökningen av ytan. Det konstaterades dock att en ytökning av en lokal förmodligen kommer vilja utnyttjas av verksamheten till mer än bara luft. Således var det rimligt att anta att sannolikheten för brand ökade. En möjlighet är att sannolikheten inte ökade så mycket som antagits, med hänsyn till att det inte blev fler personer i lokalen. Ökningen beror inte enbart på antal personer och om lokalen ses som en restaurang, som görs större, så skulle det kunna innebära fler fritöser och stekbord som ger upphov till en högre sannolikhet för brand.

7.2.3. Tid till kritiska förhållanden

En annan del i analysmetoden var att klargöra när kritiska förhållanden inträffar, det vill säga bestämma acceptanskriterier. Anledningen till att inte nivåerna från BBRAD 3 användes var för att en mer verklighetsbaserad nivå önskades tillämpas. Vad som är kritiska förhållanden i verkligheten är dock väldigt svårt att avgöra, bland annat då det beror på individen. En ung och fullt frisk person klarar förmodligen mer än en gammal och sjuk person. Det kan bli problematiskt att enbart se till ett kriterium eftersom det är en samverkan mellan många olika. Förmodligen finns det en korrelation som till viss del automatiskt uppstår, men för bästa resultat skulle alla kriterier ha behövt visas hänsyn. Skulle mer än ett kriterium ha studerats hade betydligt mer arbete krävts. Då det inte bedömdes vara det mest grundläggande för rapporten ansågs det tillräckligt med att enbart studera sikten.

7.2.4. Val av fördelningar

Både fördelningen av tillväxthastigheten på branden, som påverkade tid till kritiska förhållanden, samt varseblivnings- och förflyttningstiden, som påverkade utrymningstiden, ansattes vara lognormalfördelade. Detta är helt en ingenjörsmässig bedömning baserad på en uppfattning om att mycket följer en sådan fördelning. För detta arbete hade det kunnat antas en annan fördelning som förmodligen inte givit upphov till exakt samma resultat. För att en mer motiverad fördelning skulle ha använts hade antingen djupare litteraturstudier eller egna försök krävts. Detta ansågs inte tillräckligt motiverat med hänsyn till omfattningen på arbetet, varför lognormalfördelningen ansågs tillräckligt lämplig. Problemet med fördelningarna, och till viss del resultaten och känslighetsanalyserna, var att parametrar kunde anta negativa värden, vilket är praktiskt omöjligt i verkligheten. Det kan därmed inte

uteslutas att resultaten visat något annat om det varit annorlunda. Dock var det lika för samtliga simuleringar varför jämförelserna inte borde ha påverkats i för stor utsträckning.

7.3. Resultaten

Samtliga undersökningar av faktorerna visade på att risken ökade om faktorerna ändrades. Då flera fall undersöktes för faktorn kopplad till komplexitet kunde resultaten dessutom visa att det skiljer i resultat beroende på hur komplex geometrin är. I fallet som undersökte faktorn kopplad till sannolikheten för brand erhöles en riskökning med ungefär 130 %. Detta trots att sannolikheten för brand endast kopplades till en 50 % större byggnad. I fallet med mer folk blev risken nästan 300 % högre fast att antalet personer endast blev 50 % fler. Resultaten tyder således på att det finns en koppling mellan de undersökta faktorerna och gångavståndet till en utrymningsväg. Exakt hur mycket är inte möjligt att uttrycka med hänsyn till att det skiljer mellan olika lokaler.

Utredningen visar på att faktorerna är beroende av gångavståndet och de borde därmed visas hänsyn. Det gäller framförallt då analytisk dimensionering tillämpas för att visa att ett längre gångavstånd, än de som står i de allmänna råden, är säkert. Men det får också anses viktigt att känna till i allmänhet, så att förståelse finns för att gångavstånden är ett mått på säkerhet och inte enbart en sträcka. Gällande varför gränsen går vid exempelvis 30 och inte 31 meter uttryckte Föreningen för Brandteknisk Ingenjörsvetenskap (BIV) det som att "... metern ska i sammanhanget betraktas som en referens på vad som är en tillräcklig säkerhetsnivå" (Föreningen för Brandteknisk Ingenjörsvetenskap, 2014). Resultaten får anses extra intressanta med hänsyn till att branschen ställde sig tveksamma till några av faktorerna i samband med intervjuerna. Det faktum att inte alla var överens och att de utredda faktorerna visade sig ha en inverkan visar på att utredningen var nödvändig.

7.4. Framtida forskning

Med hänsyn till att det gjorts avgränsningar i rapporten så finns det saker att gå vidare med för att erhålla mer tillförlitliga resultat. Det finns då framförallt två aspekter som det anses nödvändigt att fokusera extra på. Dels gäller det fördelningarna på varseblivnings- och förberedelseiderna. I rapporten användes lognormalfördelningar vilket inte nödvändigtvis beskriver verkligheten bäst. Följaktligen vore det intressant med en analys av det för att få ett bättre djup på utredningen. Dels gäller det byggnadskonstellationerna. Det är förmodligen inte praktiskt möjligt att ta hänsyn till och testa alla möjliga utformningar. Dock vore det ett viktigt steg att utreda flera utformningar för att på så sätt ge utredningen bättre bredd.

Det slutliga målet borde vara att ta fram en analytisk metod för hur faktorerna kan, och bör, hanteras så att alla utför den analytiska dimensioneringen på snarlika sätt och grunder. Daniel Nilsson (2014) menade i en intervju att "Det bästa vore om det inte fanns några specifika regler, men detta hade krävt att alla konsulter hade exakt samma höga kompetensgrad och rutiner i sitt arbete" (Nilsson, 2014). Tills den dagen kommer då världen är perfekt måste ett väl fungerande regelverk finnas, som ständigt uppdateras och följer med i utvecklingen.

Avslutningsvis kan det sägas, precis som BIV (2014) menade, att det är bra med en dialog mellan berörda aktörer. Diskuteras det exempelvis vad som bör visas hänsyn vid dimensionering av brandskyddet, samt hur det kan göras, kommer nämligen utvecklingen att gå mot säkrare och bättre lösningar.

8. Slutsatser

Frågeställningarna som presenterades inledningsvis i rapporten får anses mer eller mindre utredda. De faktorer som påverkar vid ett ändrat gångavstånd till en utrymningsväg, och således bör tas i beaktande vid dimensionering, är:

- Komplexitet
- Antal personer
- Sannolikheten att brand uppstår
- Sannolikheten att bli blockerad av branden
- Räddningstjänstens insatsmöjligheter

Hur stor risk för att utsättas för kritiska förhållanden respektive faktor medför utreddes för tre olika faktorer. Dessutom gjordes en värdering av ett fall där dessa tre faktorer samverkade. Resultatet av detta blev enligt Tabell 15.

Tabell 15. De olika faktorernas inverkan på risken att utsättas för kritiska förhållanden.

Faktor	Förväntat antal utsatta per år	Förändring av förväntat antal utsatta per år, jämfört med respektive grundfall
Komplex geometri	0,01526	+95 %
Mer komplex geometri	0,02090	+167 %
Väldigt komplex geometri	0,35267	+4 404 %
Fler personer	0,04190	+297 %
Högre sannolikhet för brand	0,01795	+129 %
Väldigt komplex geometri, fler personer och högre sannolikhet för brand	0,20332	+2 497 %

Frågan gällande hur dessa faktorer behandlas idag besvarades framförallt i och med de intervjuer som genomfördes. Där framkom det att det inte finns ett tydligt sätt hur de ska tas med, då de inte är utpekade. Därmed varierar det i stor grad huruvida de överhuvudtaget tas i beaktande eller ej.

På vilket sätt faktorerna ska hanteras har inte klargjorts i detalj. Om de kan hanteras analytiskt på ett smidigt sätt är också fortfarande oklart. Allt går inte att räkna på, men det är dock klargjort att faktorerna borde funderas kring då ett längre gångavstånd tillämpas.

9. Litteraturförteckning

Anderberg, Y., 1991. Fire Safety Design Practices in Scandinavia. i: *Conference on Firesafety Design in the 21st Century*. Worcester, Massachusetts, USA: Proceedings, 8-10 Maj, Worcester Polytechnic Institute, pp. 30-44.

Anderson, W., 2007. *Överetablering av detaljhandelsyta i Sverige - Verklighet eller myt?*, Stockholm: Steen & Ström Sverige AB.

Angerd, M., 1999. *Är utrymningssschablonerna vid brandteknisk dimensionering säkra?*, Lund: Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola.

Boverket 1, 2011. *Konsekvensutredning, - för revidering (BFS 2011:26) av avsnitt 5 Brandskydd i Boverkets byggregler, BBR (BFS 2011:6), - för allmänt råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BFS 2011:27)*, Karlskrona: Boverket.

Boverket 2, 2011. *BFS 2011:27*, Karlskrona: Boverket.

Boverket, 1993. *BFS 1993:57*. Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2013. *BFS 2011:27 med ändringar till och med BFS 2013:12*. Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2014. *BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2014:3*. Karlskrona: Boverket.

British Standards Institution, 2008. *Code of practice for fire safety in the design, management and use of buildings*. London, UK: British Standards Institution.

Buchanan, A. H., 1994. *Fire Engineering Design Guide*, Christchurch, Canterbury, Nya Zeeland: Centre for Advanced Engineering University of Canterbury.

Cohn, B. M., 1991. The Synthesis of a Goal-Oriented Building Code. i: *Conference on Firesafety Design in the 21st Century*. Worcester, Massachusetts, USA: Proceedings, 8-10 Maj, Worcester Polytechnic Institute, pp. 84-97.

Corbett, G. P., 1991. Codes, Code Officials, and Firesafety Design in the 21st Century. i: *Conference on Firesafety Design in the 21st Century*. Worcester, Massachusetts, USA: Proceedings, 8-10 Maj, Worcester Polytechnic Institute, pp. 107-123.

Coté, R., 1994. *Life Safety Code Handbook*. 6:e red. USA: NFPA.

Department of the Environment and The Welsh Office, 1992. *The Building Regulations 1991. Approved Document B. Fire Safety*. 1992 red. London: HMSO.

Frantzich, H., 1994. *En modell för dimensionering av förbindelser för utrymning utifrån funktionsbaserade krav*, Lund: Avdelningen för Brandteknik vid Lunds tekniska högskola.

Frantzich, H., 2000. *Tid för utrymning vid brand*, Karlstad: Räddningsverket.

Föreningen för Brandteknisk Ingenjörsvetenskap, 2014. *Magkänsla olämpligt rättesnöre i viktiga säkerhetsfrågor*. [Online]
Available at: <http://www.sfpe-biv.se/nyheter/nyhetsarkiv/10143-magkaensla-olaemplant-rattesnoere-i-viktiga-saekerhetsfragor>
[Använd 5 November 2014].

Hadjisophocleous, G. V., Benichou, N. & Tamim, A. S., 1998. Literature Review of performance-Based Fire Codes and Design Environment. *Journal of Fire Protection Engineering*, 9(1), pp. 12-40.

- Havel, G., 2007. *Construction Concerns: Means of Egress*. [Online]
Available at: <http://www.fireengineering.com/articles/2007/11/construction-concerns-means-of-egress.html>
[Använd 11 September 2014].
- Hedbäck Paulsson, A. & Engström, C., 2013. *Byggregler - En historisk överblick*. [Online]
Available at: http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/Bygg-och-konstruktionsregler/aldre-byggregler/aldre-byggregler-2013-09-10.pdf
[Använd 11 September 2014].
- Jin, T., 1976. *Visibility through fire smoke (No. 42)*, u.o.: Report of Fire Research Institute of Japan.
- Johnson, P. F., 1993. International Implications of Performance Based Fire Engineering Design Codes. *Journal of Fire Protection Engineering*, 5(4), pp. 141-146.
- Kobes, M. o.a., 2010. Way finding during fire evacuation; an analysis of unannounced fire drills in a hotel at night. *Building and Environment*, 45(3), pp. 537-548.
- Kungliga Byggnadsstyrelsen, 1960. *Anvisningar till byggnadsstadgan, BABS60*. 1:a red. Stockholm: Kungliga Byggnadsstyrelsens publikationer.
- Kungliga Majestätet, 1960. *SFS 1959:612*. Stockholm: Kungl. Boktryckeriet, P. A. Norstedt & Söner.
- Lundin, J., 2004. *Acceptabel risk vid dimensionering av utrymnings säkerhet*, Lund: Avdelningen för Bradteknik vid Lunds tekniska högskola.
- McGrattan, K. & et al., 2010. *Fire Dynamics Simulator (Version 5) User's Guide*. USA: NIST Special Publication 1019-5.
- Meacham, B. J. & Custer, R. L., 1995. Performance-Based Fire Safety Engineering: An Introduction of Basic Concepts. *Journal of Fire Protection Engineering*, 7(2), pp. 35-54.
- MMI MiljöMätinstrument AB, 2014. *Information om kolmonoxid*. [Online]
Available at: <http://www.mmi-ab.se/kolmonoxidm%C3%A4tare/co.php>
[Använd 30 Oktober 2014].
- MSB, 2013. *Statistikdatabasen IDA: Döda i bränder 1999-2013*. [Online]
Available at: <http://ida.msb.se/ida2#page=a0095>
[Använd 17 Oktober 2014].
- MSB, 2014. *Statistikdatabasen IDA: Bränder i byggnader 1998-2013*. [Online]
Available at: <http://ida.msb.se/ida2#page=a0109>
[Använd 15 Oktober 2014].
- NFPA, 1994. *NFPA 101: Life Safety Code*. USA: NFPA cop..
- Nilsson, D., 2014. *Intervju med universitetslektor Daniel Nilsson* [Intervju] (19 September 2014).
- Purser, D., 2009. *Means of escape for single enclosures and multi-storey buildings*. Moreton, UK, Hartford Environmental Research.
- Rantatalo, T., 1994. *Utrymningsdimensionering*, Karlskrona: Boverket.
- Shields, T. & Boyce, K., 2000. A study of evacuation from large retail stores. *Fire Safety Journal*, Volym 35, pp. 25-49.
- Socialdepartementet, 2011. *SFS 2011:338*. Västerås: Thomson Reuters Professional AB.
- Statens planverk, 1968. *Svensk Byggnorm 67*. 2:a red. Stockholm: Boktryckeri AB Thule.

Tanaka, T., 1990. A Performance Based Design Method for Fire Safety of Buildings. i: *Fire Research and Safety. 11th Joint Panel Meeting October 19-24, 1989*. Berkeley, Kalifornien, USA: Japan Government Cooperative Program on Natural Resources, pp. 269-291.

Watts, Jr., J. M., 1994. Performance-Based Codes. *Fire Technology*, 30(4), pp. 385-386.

Bilaga A – Intervjuguide

Nedan följer den intervjuguide som är tänkt att utgöra grunden för de intervjuer som ska genomföras i samband med examensarbetet med den preliminära titeln ”Vad avgör maximalt tillåtna gångavstånd till en utrymningsväg och hur borde det vara?”. Syftet är att undersöka huruvida rimliga faktorer pekats ut som grund för den samlade risk som gett upphov till de schablonmässiga gångavstånd som idag är rådande. Dessutom önskas eventuella nya faktorer pekas ut. Målet är att intervjua tongivande personer inom brandsäkerhetsbranschen för att få deras erkännande och åsikter kring faktorer som påverkar risken som slutligen gett upphov till det maximalt tillåtna gångavstånden. För att försöka att täcka en så stor del av branschen som möjligt ska personer från både konsultbranschen, forskningsvärlden och räddningstjänsten intervjuas. Dessutom ska MSB och Boverkets åsikter också lyssnas till.

Presentation

Presentera mig själv samt syfte och mål med exjobbet. Berätta även vad tanken är med intervjuerna. Ta därefter grundläggande uppgifter om personen som intervjuas, t.ex. vilken del av branschen som den är verksam i, vilken utbildning som den har, hur många år som den jobbat i branschen samt hur ofta som den kommer i kontakt med gångavståndsregler eller dimensionering.

Resonemang

Där finns egentligen inte så mycket bakgrund som utförligt beskriver var gångavstånden kommer ifrån, som jag hittat. Men de verkar ganska överens, både om man studerar internationell och nationell litteratur, om att det är olyckor som lärt oss och som format fram de regler som vi har. Det har ju under åren utbrutit en och annan brand som fått blandade konsekvenser. Men vad är det egentligen som gör det säkrare att vistas i en lokal med exempelvis 30 meter gångavstånd jämfört med 45 meter?

Idag tittar man oftast på tiden det tar att utrymma jämfört med tiden till kritiska förhållanden uppstår och så görs en bedömning om det är okej med det längre gångavståndet eller inte (om kritiska förhållanden inträffar efter att utrymningen avslutas är det okej). Men en snabb uppskattning på ökningen av 15 meter ger oss 15 sekunders längre utrymningstid, vilket i det stora hela inte är särskilt mycket framförallt inte om man pratar om samlingslokaler med över 150 personer där det förmodligen uppstår lite köbildning framför dörrarna ändå. Så varför är det då mer säkert, eftersom det utan vidare är okej, med 30 meters gångavstånd istället för 45?

För att ytterligare belysa frågetecken kring ämnet så accepteras endast 15 meters gångavstånd till utrymningsväg om det ska utrymmas via fönster. Men om man ska utnyttja fönsterutrymning så förutsätts ibland räddningstjänstens hjälp med stegar. Att gå 15 meter ta ca 15 sekunder. För räddningstjänster tar det ca 10 minuter innan de är på plats och kan inleda en insats. Varför är det viktigt att man ska stå vid fönstret efter 15 sekunder för att sedan vänta där i ungefär 9 minuter?

Faktorer som påverkar gångavståndet

Jag har några punkter som jag funderat kring, men först vill jag låta Dig komma till tals om Du har några direkta idéer eller tankar kring varför vi har just avståndet 30 meter? Du kanske vet varför det är/blivit som det är?

Längre gångavstånd → mer svårorienterade lokaler → sannolikheten att inte hitta ut ökar
Att man får 45 meter istället för 30 meter kan ju bero på geometrin i byggnaden. Det är kanske innerväggar som är placerade så att du måste gå runt dessa och på så sätt gå en längre sträcka än om innerväggarna inte varit där. Kan det vara så att 30 meter jämfört med 45 meter innebär en betydande lägre risk för att inte lyckas hitta ut?

Längre gångavstånd → större lokaler → fler personer → sannolikhet för mer kö

Längre gångavstånd kan ju bero på att lokalen i sig är större. En större lokal rymmer fler personer. Forskning visar på att personer tenderar att gå till "kända utrymningsvägar" och således kan det blir avsevärt längre kötid om där är fler personer i byggnaden. Påverkar detta gångavstånden?

Längre gångavstånd → större lokaler → sannolikheten att brand uppstår ökar

Ju större lokalen är desto fler ställen finns det som brand kan uppstå på. Men ökar antalet bränder i en byggnad om ytan på byggnaden ökar? Om ja, är detta något som påverkar gångavstånden? Beror det på vilken typ av lokal? En restaurang med några extra kvadratmeter yta att servera gäster på kanske inte ökar antalet bränder som uppstår, men om en butik tillkommer i ett affärscentrat ökar sannolikheten för att brand uppstår i affärscentrat? Sannolikheten för brand brukar hittas som sannolikhet/lokal och inte sannolikhet/m² – men är det så?

Längre gångavstånd → större sannolikhet att en brand uppstår i min väg till utrymningsvägen

Ju längre avstånd man får att gå ju större är sannolikheten att en brand uppstår i just den vägen där man ska gå vid utrymning. Tillåter man bara ett kortare avstånd minskar alltså risken för personerna i byggnaden, eller? Är detta något som påverkar?

Längre gångavstånd → längre tillträdesvägar

Många gånger använder räddningstjänsten utrymningsvägen som tillträdesväg. Ökar man längden på en utrymningsväg ökas därför också vägen på tillträdesvägen. Men om man analytisk ska visa att ett längre gångavstånd är acceptabelt tar man inte hänsyn till räddningstjänstpersonalens säkerhet vid deras arbete i byggnaden. Detta får till följd att riskerna för räddningstjänsten ökar till följd av förlängt gångavstånd, eller? Är detta något som påverkar de schablonmässiga gångavstånden?

Andra problem

Om man "vänder på det", använder man bara ett schablonvärde utan vidare behöver inte det betyda att personer i byggnaden inte riskerar att utsättas för kritiska förhållanden vid en simulering. Framförallt byggnader med låg takhöjd får snabbt kritiska förhållanden och således skulle man inte kunna räkna hem ens det schablonmässigt tillåtna gångavståndet med analytisk dimensionering. Hur tänker du kring detta och vad tror du är anledningen till att vi har det så?

Man har förvisso förbättrat då man infört verksamhetsklasser men det finns fortfarande stor spridning inom samma. En restaurang med låg takhöjd och smala gångar kan ha samma tillåtna gångavstånd som en utställningshall med högt i tak och väldigt fria ytor. Det kan med andra ord vara "osäkert" med både 30 och 35 meter, men 35 meter kan aldrig accepteras trots att det bara rör sig om en skillnad i utrymningstid på ca 5 sekunder. Ska vi sänka kravet för byggnader med låg takhöjd eller snarare jämföra andra parametrar än kritiska förhållanden i dessa fall?

Man kanske borde göra som vid "tekniska byten" och blint titta på en referensbyggnad (inte om människor utsätts för kritiska förhållanden utan om t.ex. utrymningen tar maximalt lika lång tid som för referensbyggnaden)? I så fall kan man enkelt räkna hem 30 meters längre gångavstånd (30 sekunder) om man installerar ett utrymningslarm i en byggnad som inte behöver det (60 sekunder kortare förberedelsestid).

I BBRAD anger man att maximalt gångavstånd aldrig bör överstiga 80 meter, varför har man just denna siffra tror du? I en äldre rapport, Utrymningsdimensionering, står det att anledning till att man bör begränsa avståndet till maximalt 60 meter beror på att de utrymmande personerna inte ska känna en oro (stress) över att eventuellt inte komma ut. Men vad är det som säger att gränsen går just där? Är lokalen lätt överblickbar (man kan se utrymningsvägen som finns exempelvis 100 meter bort), har en låg brandbelastning, låg persontäthet, personer som vistas i byggnaden är välbekanta med den och sannolikheten för uppkomst av brand är låg så borde väl inte det vara något problem? Då kan de väl känna att de har kontroll över situationen hela tiden?

Bilaga B - Intervjupersoner

Nedan, i Tabell 16, redovisas namnen på de personer som intervjuats samt på vilket företag, verksamhet eller myndighet som de har som arbetsplats idag. Personerna är sorterade efter bokstavsordning baserad på deras efternamn.

Tabell 16. Redovisar namnen på de personer i branschen som intervjuats.

Namn	Företag/Verksamhet
Bodin, Minna	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
Eriksson, Ola	Brandkåren Attunda
Fallqvist, Kjell	Brandkonsulten
Harrysson, Karl	Brandskyddslaget
Johansson, Anders	Boverket
Jönsson, Axel	Brandskyddslaget
Karlsson, Per	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap
Kristjansson, Gunnar	Sjálfstætt starfandi brunaverkfræðingur
Liljeröth, Peder	Södra Älvsborgs Räddningstjänst
Nilsson, Daniel	Forskare vid Brandteknik, LTH
Norén, Johan	Briab
Nystedt, Fredrik	Wuz
Olsson, Nils	Bengt Dahlgren
Purser, David	Forskare vid Hartford Environmental Research
Rantatalo, Tomas	Fire Safety Design
Rosberg, Daniel	WSP
Streer, Mats	Räddningstjänsten Syd
Strömögren, Michael	Forskare vid SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Bilaga C – Intervjuresultat

Målet med intervjuerna var främst att få synpunkter på de faktorer som tagits fram som potentiellt kan ha en inverkan på maximalt tillåtna gångavstånd. Faktorerna var:

1. Ett längre gångavstånd medför att det tillåts en mer komplicerad geometri med exempelvis fler innerväggar som ökar sannolikheten för att inte hitta ut.
2. Ett längre gångavstånd medför att lokalen blir större och således att det blir fler personer vilket i sin tur resulterar i en högre sannolikhet för långa köer vid utrymningsvägarna.
3. Ett längre gångavstånd medför att lokalen blir större och således att sannolikheten för att brand uppstår ökar.
4. Ett längre gångavstånd medför en ökad sannolikhet för att branden uppstår längs med utrymningsvägen och således hindrar de utrymnande för att kunna ta sig ut.
5. Ett längre gångavstånd innebär att räddningstjänstens tillträdesvägar blir längre och således att riskerna för räddningstjänstpersonalen ökar.

Svaren från de intervjuade har tolkats som något av följande;

- Ja, det är en faktor som påverkar maximalt tillåtet gångavstånd
- Nja, det är en faktor som delvis påverkar maximalt tillåtet gångavstånd
- Nej, det är en faktor som inte påverkar maximalt tillåtet gångavstånd

Gällande nja har svaren hänförs dit i de fall då den intervjuade menat att det exempelvis förmodligen finns en koppling mellan faktorn och risken för de utrymnandes, men att de samtidigt inte trott att faktorn haft en inverkan på tillåtna gångavståndet.

En sammanställning av resultaten redovisas i Tabell 17.

Tabell 17. Sammanställning av svarsresultaten från intervjuerna med avseende på de faktorer som önskats undersökas.

	Faktor				
	1	2	3	4	5
Ja	16 (88,9%)	6 (33,3%)	4 (22,2%)	16 (88,9%)	8 (44,4%)
Nja	1 (5,5%)	7 (38,9%)	8 (44,4%)	1 (5,5%)	5 (27,8%)
Nej	1 (5,5%)	5 (27,8%)	6 (33,3%)	1 (5,5%)	5 (27,8%)

En sammanställning av resultaten, där personerna delats upp efter nuvarande arbete, redovisas i Tabell 18, Tabell 19 och Tabell 20. Uppdelningen består av Konsulter, Räddningstjänst samt Övriga där övriga innefattar myndighetspersoner från både MSB och Boverket samt personer som jobbar som forskare.

Tabell 18. Sammanställning av svarsresultaten från intervjuerna av konsulterna med avseende på de faktorer som önskats undersökas.

	Faktor				
	1	2	3	4	5
Ja	8 (88,9%)	3 (33,3%)	2 (22,2%)	8 (88,9%)	2 (22,2%)
Nja	0 (0,0%)	2 (22,2%)	4 (44,4%)	0 (0,0%)	4 (44,4%)
Nej	1 (11,1%)	4 (44,4%)	3 (33,3%)	1 (11,1%)	3 (33,3%)

Konsulterna utgör 50 % av de tillfrågade. Deras svar påminner i väldigt stor utsträckning om de samlade svaren för samtliga intervjuade.

Tabell 19. Sammanställning av svarsresultaten från intervjuerna av Räddningstjänst- personalen med avseende på de faktorer som önskats undersökas.

	Faktor				
	1	2	3	4	5
Ja	3 (100%)	1 (33,3%)	1 (33,3%)	3 (100%)	2 (66,7%)
Nja	0 (0,0%)	2 (66,7%)	2 (66,7%)	0 (0,0%)	1 (33,3%)
Nej	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)

Räddningstjänstpersonalen utgör ungefär 17 % av de tillfrågade. Då de enbart är tre stycken kan det upplevas som om deras svar skiljer sig lite från den totala svarssammanställningen, men tendenserna bedöms som snarlika.

Tabell 20. Sammanställning av svarsresultaten från intervjuerna av Övriga med avseende på de faktorer som önskats undersökas.

	Faktor				
	1	2	3	4	5
Ja	5 (83,3%)	2 (33,3%)	1 (16,7%)	5 (83,3%)	4 (66,7%)
Nja	1 (16,7%)	3 (50,0%)	2 (33,3%)	1 (16,7%)	0 (0,0%)
Nej	0 (0,0%)	1 (16,7%)	3 (50,0%)	0 (0,0%)	2 (33,3%)

De övriga som intervjuades utgör ungefär 33 % av de tillfrågade. Även deras svar bedöms som likartade i förhållande till den totala sammanställningen.

Bilaga D – Indatafil för FDS

Nedan följer den indatafil som användes för grundfallet med en tillväxthastighet på 0,047 kW/m². För de andra simuleringarna har endast ändringar gjorts gällande tillväxthastigheten samt geometrins utformning enligt beskrivningar under respektive avsnitt i rapporten.

```
&TIME T_END=900.0/
&DUMP COLUMN_DUMP_LIMIT=.FALSE., DT_HRR10.0, DT_PL3D=60.0, DT_RESTART=300.0, WRITE_XYZ=.TRUE./
&MESH ID=MESH01, IJK=180,180,30, XB=-3.2,32.8,-3.2,32.8,-1.4,4.6/

&REAC ID='REAC',
  C=4.56,
  H=6.56,
  O=2.34,
  N=0.4,
  HEAT_OF_COMBUSTION=2.0E4,
  CO_YIELD=0.06,
  SOOT_YIELD=0.06,
  VISIBILITY_FACTOR=8.0/

&PROP ID='Cleary Photoelectric P1',
  QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
  ALPHA_E=1.8,
  BETA_E=-1.0,
  ALPHA_C=1.0,
  BETA_C=-0.8/

&DEVC ID='Brand_temp05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.2,15.2,2.7/
&DEVC ID='Brand_temp04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.2,15.2,2.2/
&DEVC ID='Brand_temp03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.2,15.2,1.7/
&DEVC ID='Brand_temp02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.2,15.2,1.2/
&DEVC ID='Brand_temp01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=15.2,15.2,0.7/
&DEVC ID='SV_temp01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,1.0,0.7/
&DEVC ID='SV_temp02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,1.0,1.2/
&DEVC ID='SV_temp03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,1.0,1.7/
&DEVC ID='SV_temp04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,1.0,2.2/
&DEVC ID='SV_temp05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=1.0,1.0,2.7/
&DEVC ID='SV_sikt01', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=1.0,1.0,0.7/
&DEVC ID='SV_sikt02', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=1.0,1.0,1.2/
&DEVC ID='SV_sikt03', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=1.0,1.0,1.7/
&DEVC ID='SV_sikt04', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=1.0,1.0,2.2/
&DEVC ID='SV_sikt05', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=1.0,1.0,2.7/
&DEVC ID='NO_temp01', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=29.0,29.0,0.7/
&DEVC ID='NO_temp02', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=29.0,29.0,1.2/
&DEVC ID='NO_temp03', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=29.0,29.0,1.7/
&DEVC ID='NO_temp04', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=29.0,29.0,2.2/
&DEVC ID='NO_temp05', QUANTITY='TEMPERATURE', XYZ=29.0,29.0,2.7/
&DEVC ID='NO_sikt01', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=29.0,29.0,0.7/
&DEVC ID='NO_sikt02', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=29.0,29.0,1.2/
&DEVC ID='NO_sikt03', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=29.0,29.0,1.7/
&DEVC ID='NO_sikt04', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=29.0,29.0,2.2/
&DEVC ID='NO_sikt05', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=29.0,29.0,2.7/
&DEVC ID='SO_sikt01', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=25.0,5.0,0.7/
&DEVC ID='SO_sikt02', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=25.0,5.0,1.2/
&DEVC ID='SO_sikt03', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=25.0,5.0,1.7/
&DEVC ID='SO_sikt04', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=25.0,5.0,2.2/
&DEVC ID='SO_sikt05', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=25.0,5.0,2.7/
&DEVC ID='NV_sikt01', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.0,25.0,0.7/
&DEVC ID='NV_sikt02', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.0,25.0,1.2/
&DEVC ID='NV_sikt03', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.0,25.0,1.7/
&DEVC ID='NV_sikt04', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.0,25.0,2.2/
&DEVC ID='NV_sikt05', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=5.0,25.0,2.7/
&DEVC ID='V_sikt01', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.1,7.1,0.7/
&DEVC ID='V_sikt02', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.1,7.1,1.2/
&DEVC ID='V_sikt03', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.1,7.1,1.7/
&DEVC ID='V_sikt04', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.1,7.1,2.2/
&DEVC ID='V_sikt05', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=7.1,7.1,2.7/
&DEVC ID='O_sikt01', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=23.0,23.0,0.7/
&DEVC ID='O_sikt02', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=23.0,23.0,1.2/
&DEVC ID='O_sikt03', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=23.0,23.0,1.7/
&DEVC ID='O_sikt04', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=23.0,23.0,2.2/
&DEVC ID='O_sikt05', QUANTITY='VISIBILITY', XYZ=23.0,23.0,2.7/
&DEVC ID='SD_1', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=9.2,9.2,2.8/
&DEVC ID='SD_2', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=9.2,21.2,2.8/
&DEVC ID='SD_3', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=21.2,9.2,2.8/
&DEVC ID='SD_4', PROP_ID='Cleary Photoelectric P1', XYZ=21.2,21.2,2.8/

&SURF ID='ADIABATIC',
  COLOR='GRAY 80',
  ADIABATIC=.TRUE./
&SURF ID='Fire_10MW',
  COLOR='RED',
  HRRPUA=2500.0/
```

&OBST XB=-0.4,30.4,-0.4,0.0,-0.2,3.4, SURF_ID='INERT'/ Wall1
&OBST XB=-0.4,0.0,-0.4,30.4,-0.2,3.4, SURF_ID='INERT'/ Wall2
&OBST XB=-0.4,30.4,30.0,30.4,-0.2,3.4, SURF_ID='INERT'/ Wall3
&OBST XB=30.0,30.4,-0.4,30.4,-0.2,3.4, SURF_ID='INERT'/ Wall4
&OBST XB=-0.4,30.4,-0.4,30.4,-0.2,0.2, SURF_ID='INERT'/ Floor
&OBST XB=-0.4,30.4,-0.4,30.4,3.0,3.4, SURF_ID='INERT'/ Roof
&OBST XB=14.2,16.2,14.2,16.2,0.2,0.6, SURF_IDS='ADIABATIC','INERT','INERT'/ Brand

&HOLE XB=-1.2,0.8,0.4,2.0,0.2,2.2/ Door1
&HOLE XB=29.2,31.2,28.0,29.6,0.2,2.2/ Door2
&HOLE XB=25.2,27.2,-1.2,0.8,0.2,1.4/ Opening1
&HOLE XB=2.8,4.8,29.2,31.2,0.2,1.4/ Opening2

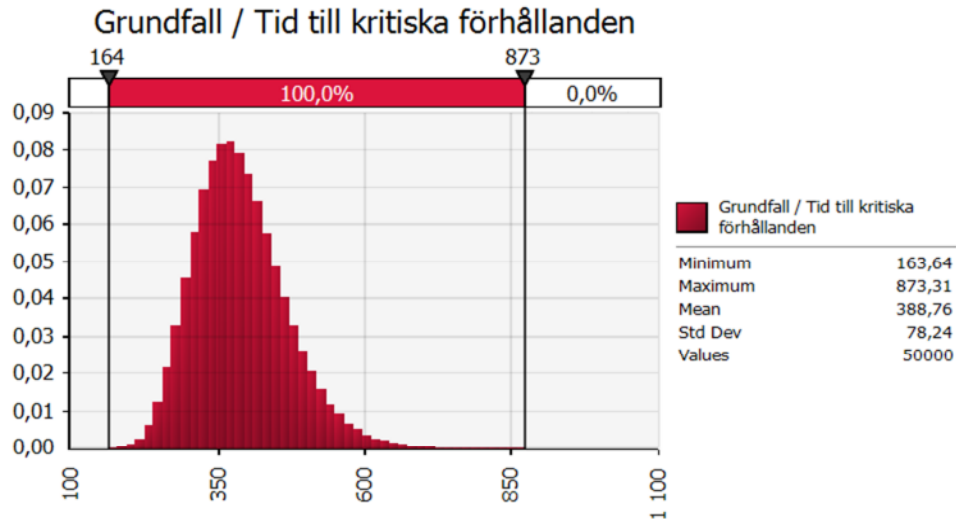
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=32.8,32.8,-1.2,30.8,-0.4,3.6/ Mesh Vent: MESH01 [XMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-3.2,-3.2,-1.2,30.8,-0.4,3.6/ Mesh Vent: MESH01 [XMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,30.8,32.8,32.8,-0.4,3.6/ Mesh Vent: MESH01 [YMAX]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,30.8,-3.2,-3.2,-0.4,3.6/ Mesh Vent: MESH01 [YMIN]
&VENT SURF_ID='OPEN', XB=-1.2,30.8,-1.2,30.8,4.6,4.6/ Mesh Vent: MESH01 [ZMAX]
&VENT SURF_ID='Fire_10MW', XB=14.2,16.2,14.2,16.2,0.6,0.6, COLOR='RED', XYZ=15.2,15.2,0.6, SPREAD_RATE=0.00244689/ Brand

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='carbon dioxide', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='carbon monoxide', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VOLUME FRACTION', SPEC_ID='oxygen', PBZ=2.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=1.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=15.2/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBX=29.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=1.0/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=15.2/
&SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBY=29.0/

Bilaga E – Data från utredningen

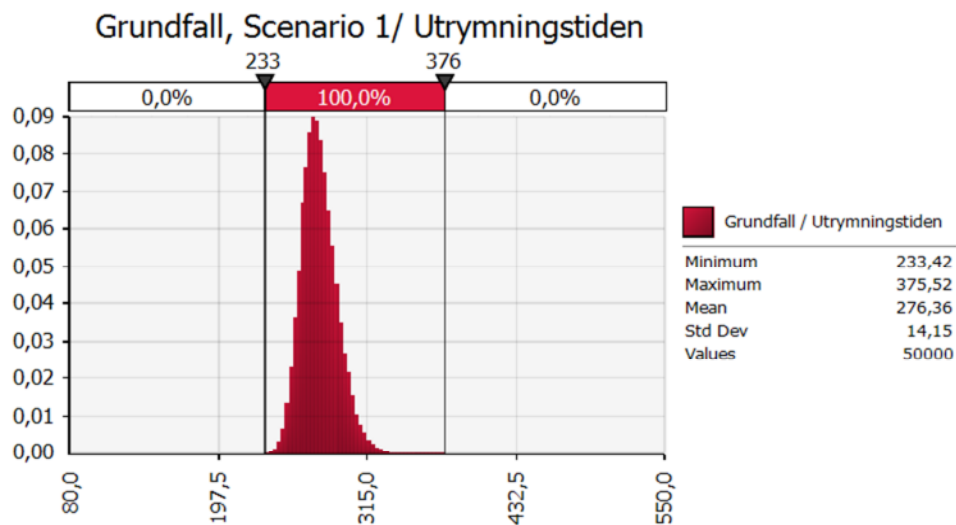
Grundfall

Fördelningen av tiden till kritiska förhållanden redovisas i Figur 54.

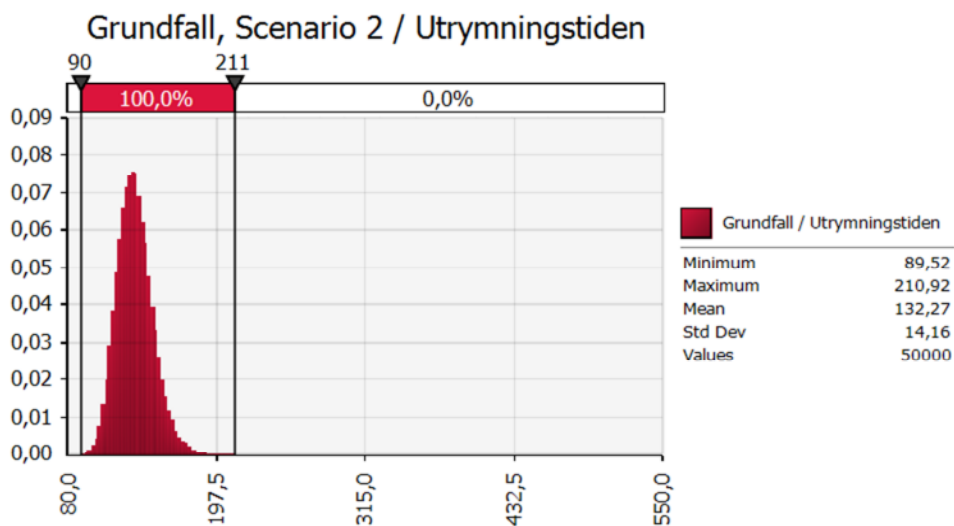


Figur 54. Fördelning över tiden till kritiska förhållanden, x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

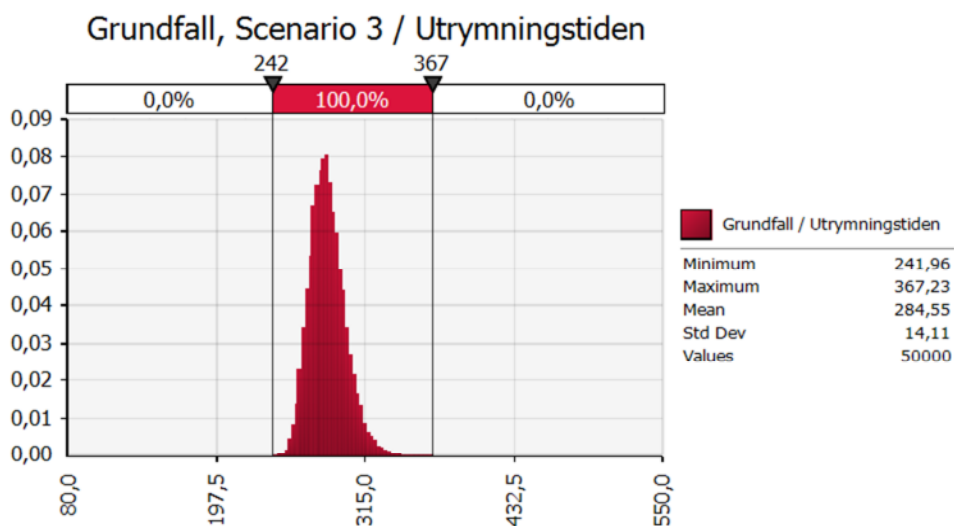
Resultaten, fördelningarna, av utrymningstiderna redovisas i Figur 55 – Figur 57.



Figur 55. Fördelningen över utrymningstiden vid första scenariot, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



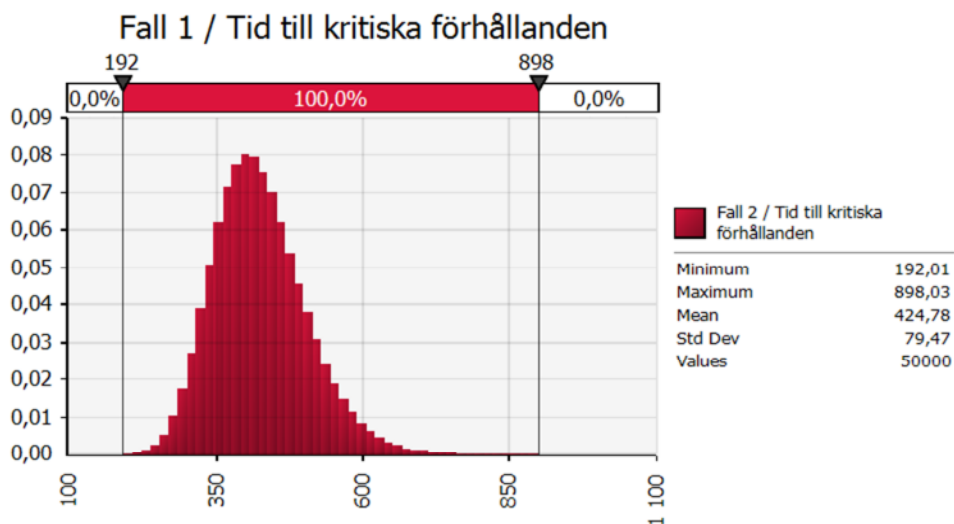
Figur 56. Fördelningen över utrymningstiden vid andra scenariot, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



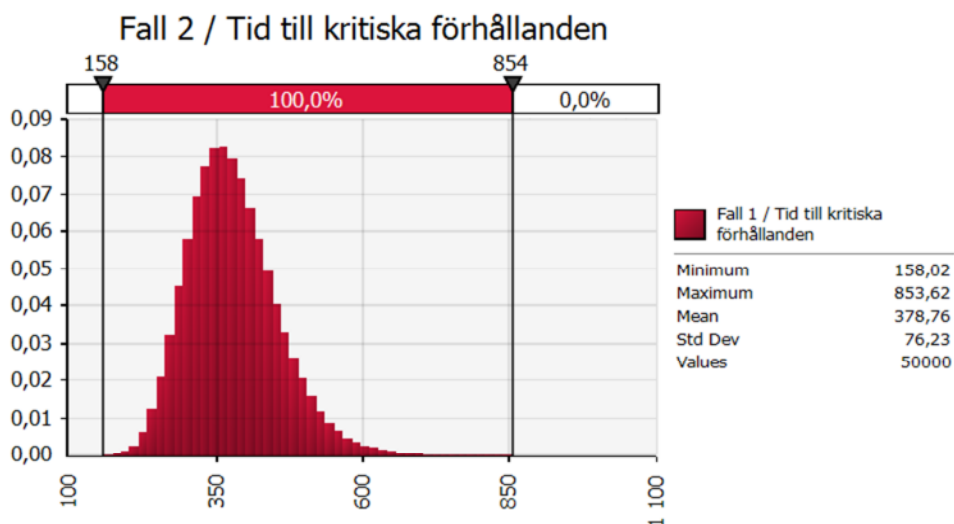
Figur 57. Fördelningen över utrymningstiden vid tredje scenariot, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

Orienterbarhet

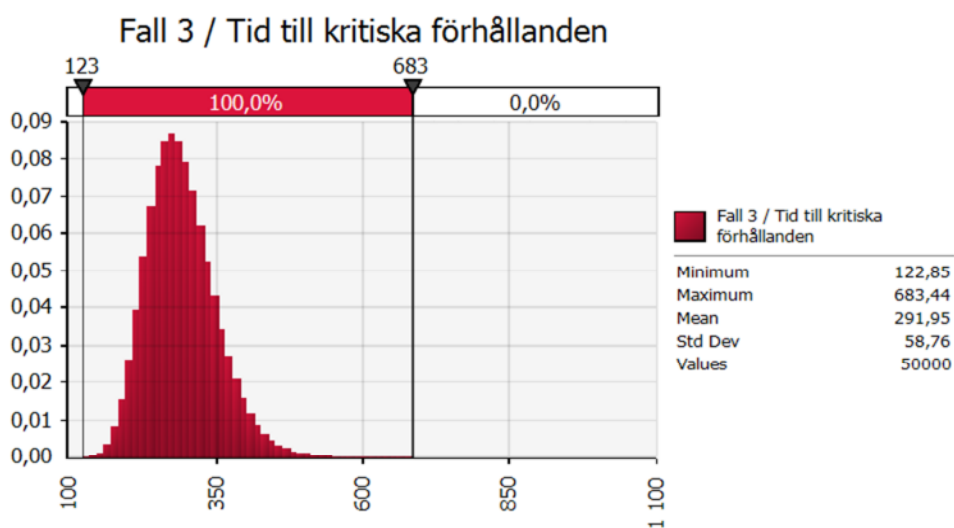
Fördelningarna för tiden till kritiska förhållanden redovisas i Figur 58 – Figur 60.



Figur 58. Fördelning över tiden till kritiska förhållanden, x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



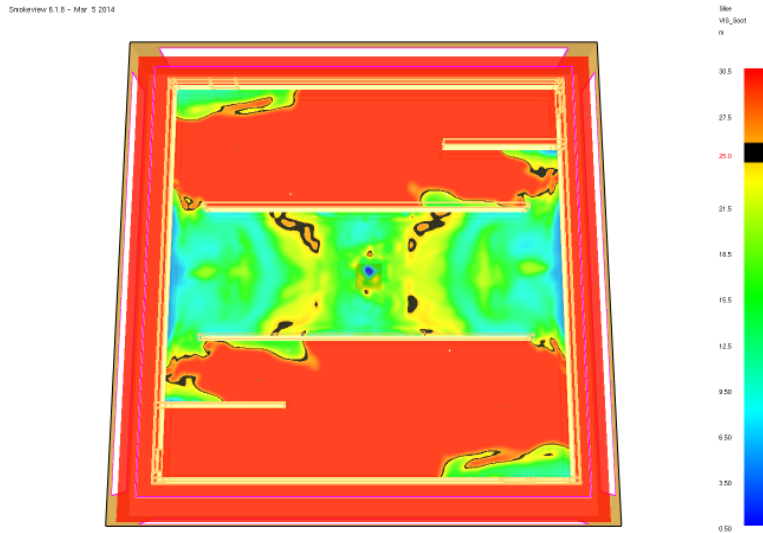
Figur 59. Fördelning över tiden till kritiska förhållanden, x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



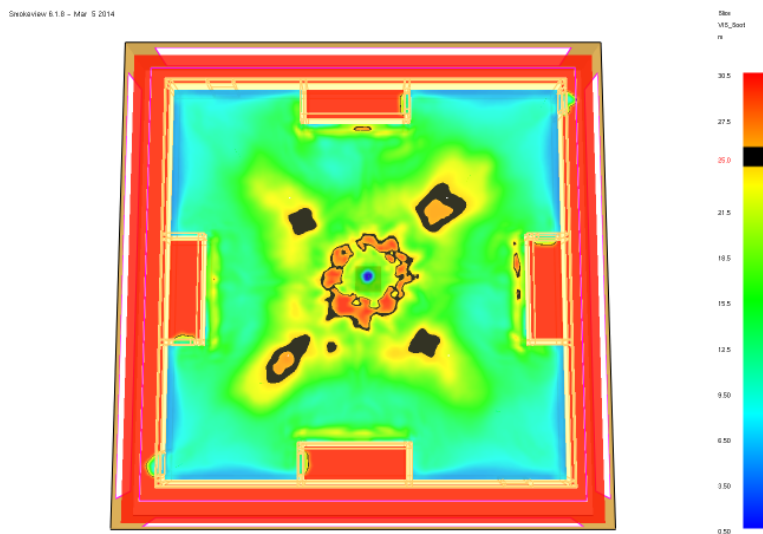
Figur 60. Fördelning över tiden till kritiska förhållanden, x-axeln anger

tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

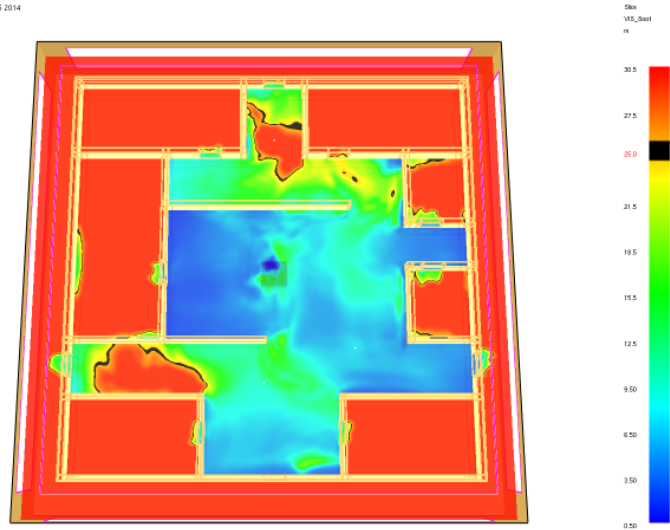
En aspekt som utnyttjades för att bedöma varseblivningstiden var att studera rökspridningen från FDS-simuleringarna. Från dessa framkom det att tiden till brandgaser var synbara på de minst fördelaktiga ställena i lokalerna var snarlika i de tre fallen. Detta redovisas i Figur 61, Figur 62 och Figur 63.



Figur 61. Efter 120 sekunder börjar brandgaser bli synliga även på andra sidan innerväggarna, för fall 1.

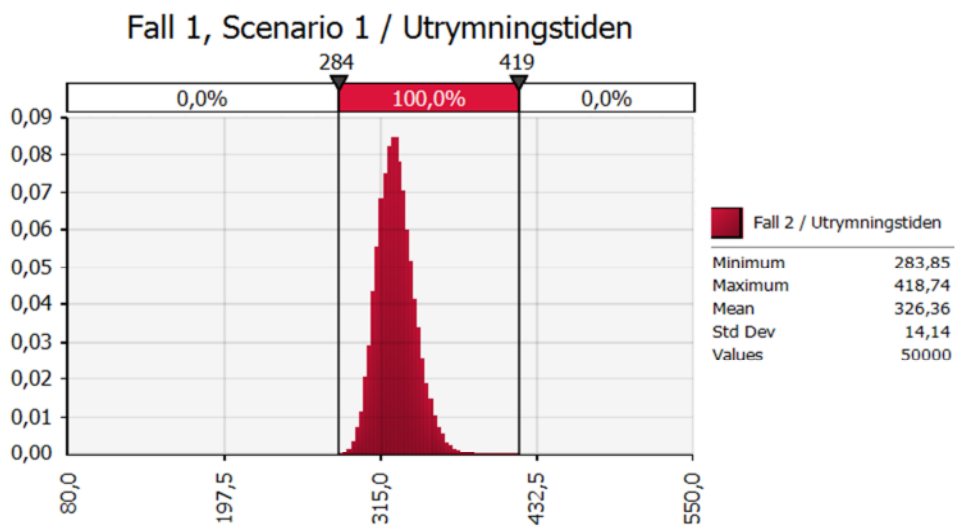


Figur 62. Efter 120 sekunder börjar brandgaser komma in i rummen, för fall 2.

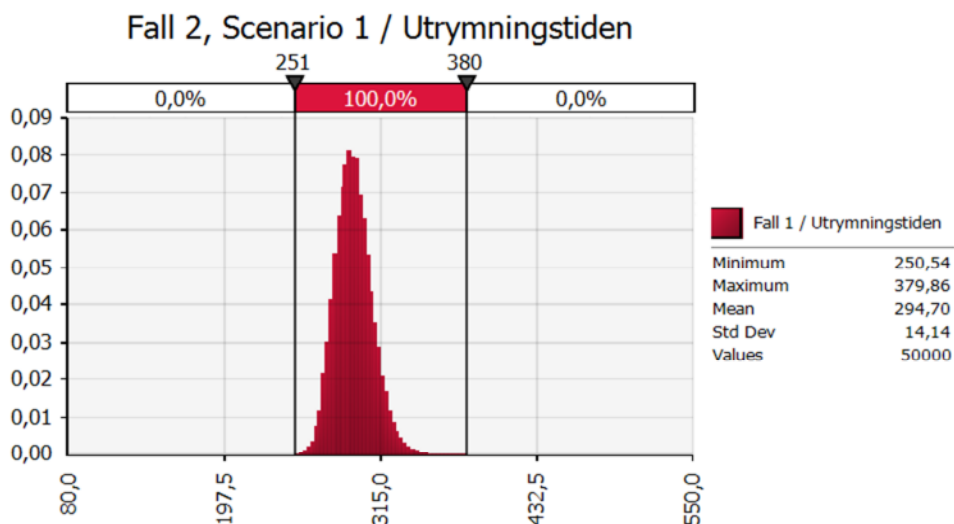


Figur 63. Efter 120 sekunder börjar brandgaser komma in i rummen, för fall 3.

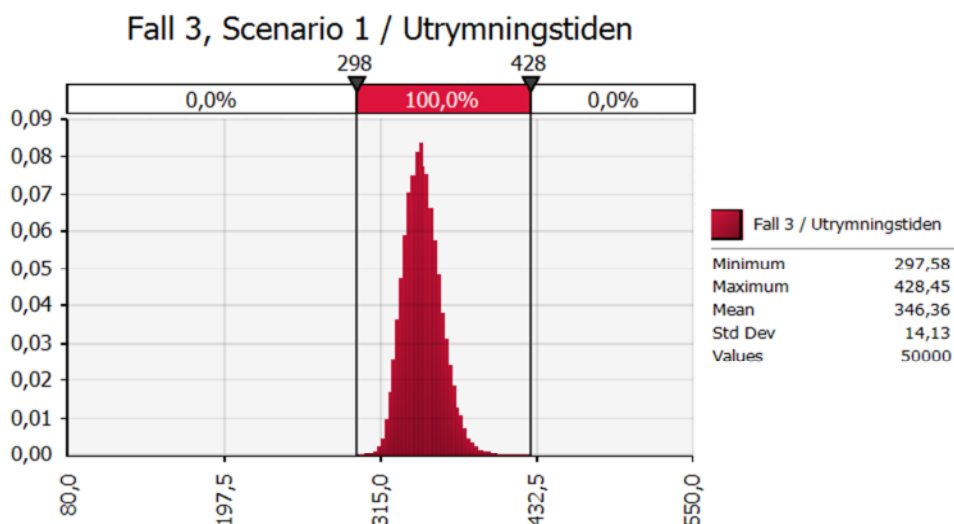
Resultaten, fördelningarna, av utrymningstiderna redovisas i Figur 64 – Figur 69.



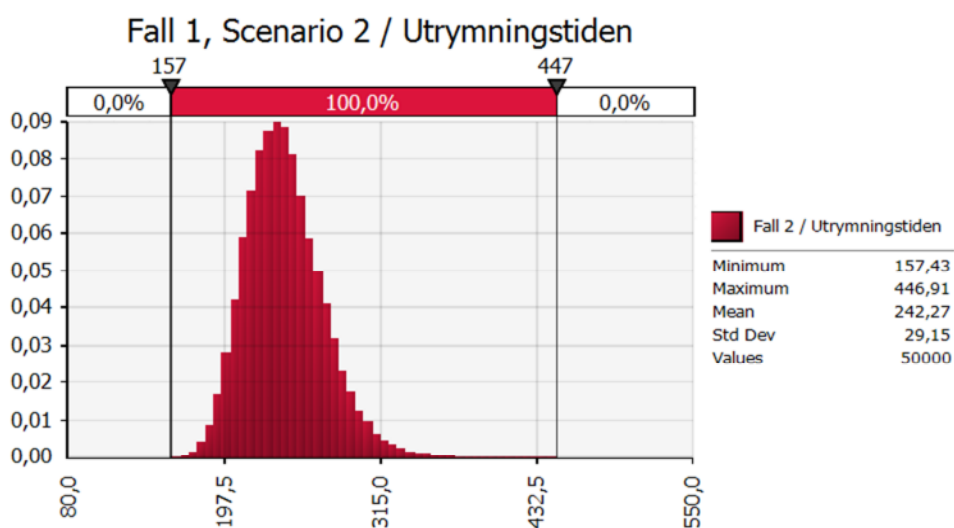
Figur 64. Fördelningen över utrymningstiden vid fall 1, första scenariot, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



Figur 65. Fördelningen över utrymningstiden vid fall 2, första scenariot, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

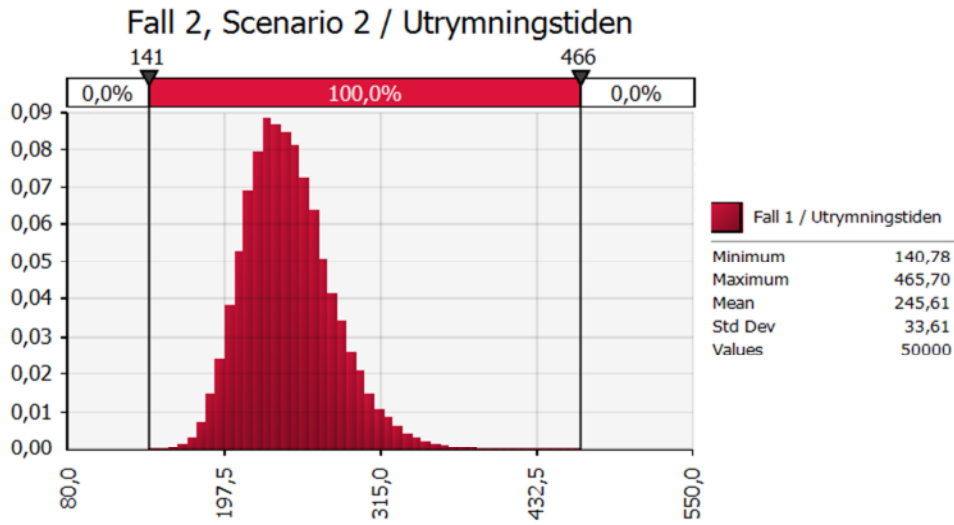


Figur 66. Fördelningen över utrymningstiden vid fall 3, första scenariot, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

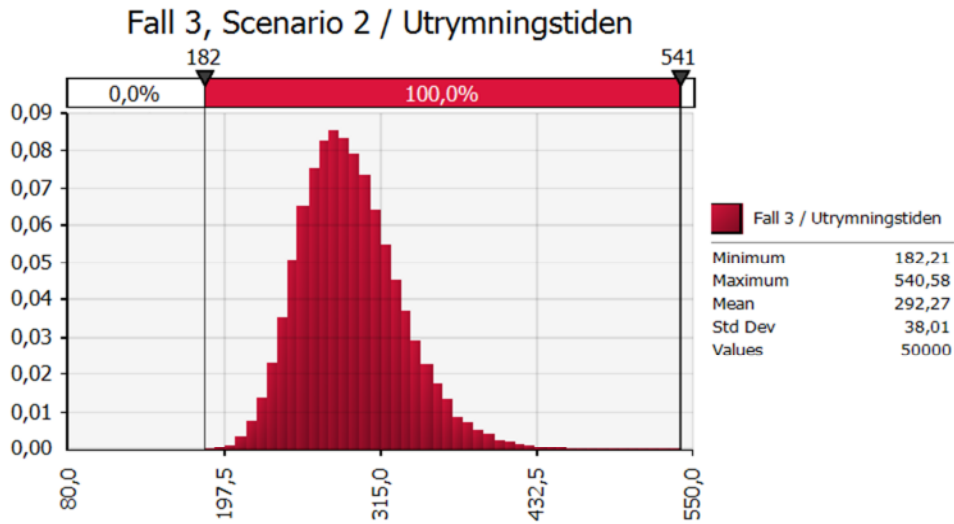


Figur 67. Fördelningen över utrymningstiden vid fall 1, andra scenariot, där x-axeln anger

utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



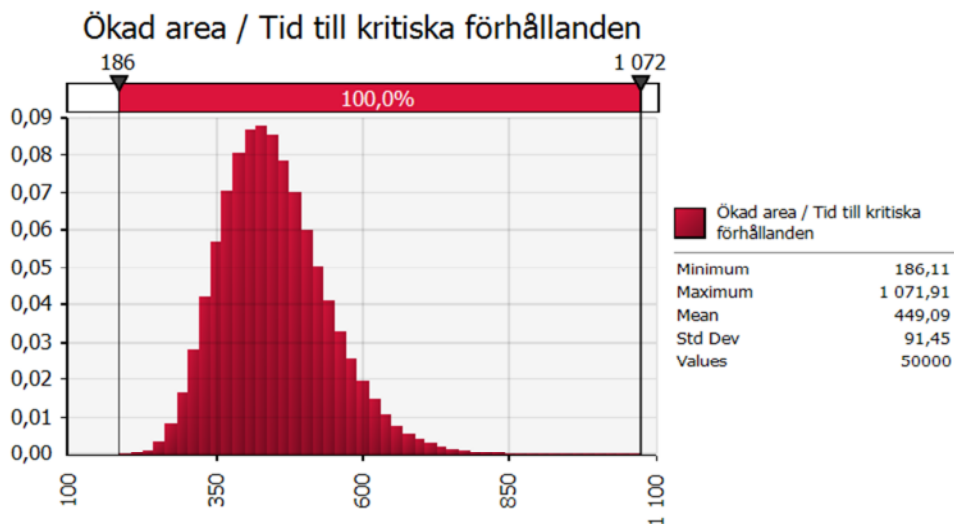
Figur 68. Fördelningen över utrymningstiden vid fall 2, andra scenariot, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.



Figur 69. Fördelningen över utrymningstiden vid fall 3, andra scenariot, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

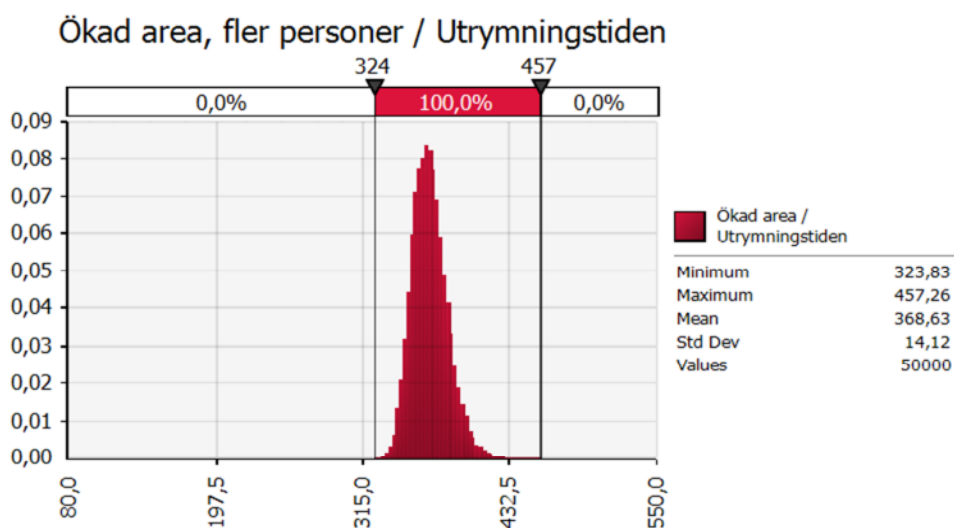
Sannolikhet för kö

Fördelningen över tiden till kritiska förhållanden redovisas i Figur 70.



Figur 70. Fördelning över tiden till kritiska förhållanden, x-axeln anger tiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

Resultaten, fördelningarna, av utrymningstiderna redovisas i Figur 71.

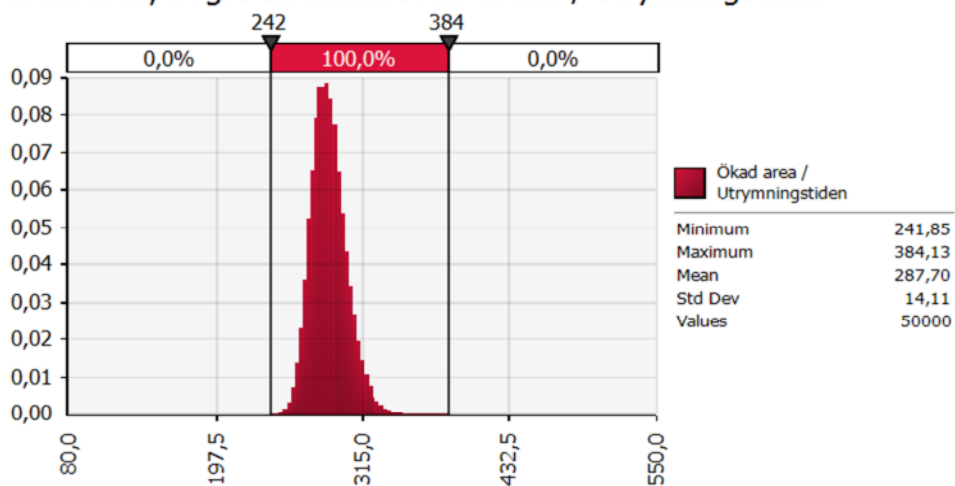


Figur 71. Fördelningen över utrymningstiden vid fallet med ökad golvarea och fler personer, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.

Sannolikhet för brand

Resultaten, fördelningarna, av utrymningstiderna redovisas i Figur 72.

Ökad area, högre sannolikhet för brand / Utrymningstiden



Figur 72. Fördelningen över utrymningstiden vid fallet med ökad golvarea och högre sannolikhet för brand, där x-axeln anger utrymningstiden i sekunder och y-axeln sannolikheten i andelar.