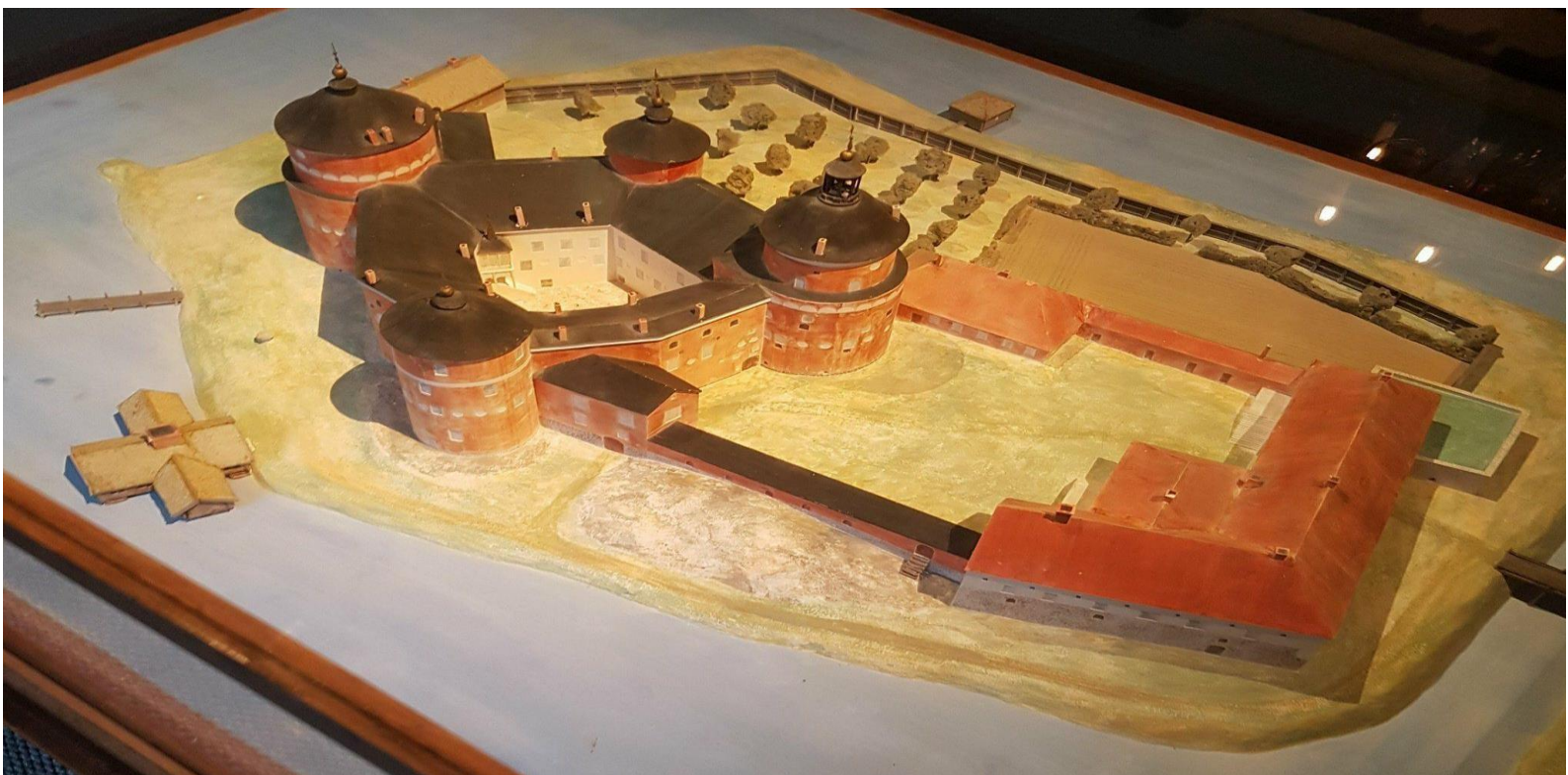


Gripsholms slott, Mariefred

En brandteknisk riskvärdering av plan 3



LUNDS
UNIVERSITET

Rapport 9511

Adam Ardinge
Anton Petersson
Emma Andersson
Stephanie Axelsson

Lund 2018

Gripsholms slott, Mariefred
-En brandteknisk riskvärdering av plan 3

2018

Författare:

Adam Ardinge

Anton Petersson

Emma Andersson

Stephanie Axelsson

Handledare:

Dan Madsen

Opponentgrupp:

7

Följande rapport är framtagen i undervisningen. Det huvudsakliga syftet har varit träning i problemlösning och metodik. Rapportens slutsatser och beräkningsresultat har inte kvalitetsgranskats i den omfattning som krävs för kvalitetssäkring. Rapporten måste därför användas med stor försiktighet. Den som åberopar resultaten från rapporten i något sammanhang bär själv ansvaret.

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Gripsholms slott, Mariefred.

Title

Fire risk assessment of Gripsholms castle, Mariefred.

Författare/authors

Adam Ardinge, Anton Petersson, Emma Andersson, Stephanie Axelsson.

Handledare/advisor

Dan Madsen

Nyckelord

Gripsholms slott, brandteknisk riskvärdering, brandskydd, utrymning, Argos, Pathfinder ASET, RSET.

Keywords

Gripsholm castle, fire risk assessment, fire protection, evacuation, Argos, Pathfinder, ASET, RSET.

Avdelningen för Brandteknik

Lunds Tekniska Högskola

Lunds Universitet

Box 118

221 00 Lund

Telefon: 046 – 222 73 60

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

brand@brand.lth.se

**Department of Fire Safety
Engineering**

Lund University P.O. Box 118

SE-221 00 Lund

Sweden

Telephone: +46 222 73 60

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

brand@brand.lth.se

Abstract

Gripsholm castle offers the opportunity to gain an insight into the history of the Swedish royal family. The purpose of this report is to investigate if the castle can provide its visitors a satisfying protection against fire. If that's not the case, proposals for different measures will be given. The report is limited to the third floor of the building, as well as evacuation safety from this plan and will therefore not take into account environmental and property damage.

The castle is a stone building with a small, wooden extension. The interior of the chosen plan consists partly of roof-long curtains, fabric-clad furniture, paintings and cabinets of various materials. Important to note is that none of the 28 available rooms on the third plan are arranged in the same way. Therefore, some rooms can reach significantly higher heat release rate in case of fire. Because of this, seven different fire scenarios have been identified in different spaces where higher heat release rate can occur and then they got placed in a risk matrix. Considerations regarding the placement of the fires was also taken into account. Some rooms only have one exit, meaning that people visiting these rooms could be cut off from the exits out of the building, if a fire in the adjacent room would occur. With the risk matrix as a basis, the design fires were estimated to "Fire in Rikssalen" and "Fire in Kungens sängkammare".

Simulations were performed for the design fires using the evacuation program Pathfinder and the fire simulation program Argos. When some of the results of these simulations were compared in the form of RSET acquired from Pathfinder and ASET acquired from Argos, a small difference between the values was discovered where RSET was bigger than ASET. That means that a safe evacuation isn't guaranteed in these scenarios. RSET stands for Required safe egress time and is the time people need to evacuate. ASET, or Available safe egress time, is the time until it is no longer safe to evacuate. Based on the results of the simulations, the following actions must be implemented:

- An extensive analysis of the optimal number, distances and sensitivity of the detectors in Rikssalen has to be performed, due to insufficient fire protection at the moment.
- Control the function of the painted detectors.

It is also recommended to complete with further actions to further increase safety and minimize the risk of fire. Some of these actions are:

- Regular checks on electronics and cables.
- Regular cleaning under Karnapet to get rid of dry leaves, waste etc.
- The sampled system must be investigated and, if necessary, be supplemented or replaced.

Sammanfattning

Gripsholms slott är en verksamhet som erbjuder möjligheten att få en inblick i den svenska kungafamiliens historia. Syftet med denna rapport är att undersöka ifall slottet kan erbjuda dess besökare ett tillfredställande brandskydd, om så inte är fallet kommer förslag på åtgärder att ges. Rapporten är begränsad till byggnadens tredje plan samt utrymnings säkerhet från detta plan och kommer därför inte ta hänsyn till miljö- och egendomsskador.

Slottet är en stenbyggnad med en liten tillbyggnad i trä. Inredningen på det valda våningsplanet består delvis av taklånga gardiner, tyginklädda möbler, tavlor och skåp av diverse material. Viktigt att notera är att inget av planets 28 tillgängliga rum är inrett på samma sätt varvid vissa rum kan uppnå betydligt större effektutveckling än andra i händelse av brand. Därför har sju olika brandscenarion identifierats i olika rum där högre effektutveckling kan uppstå och sedan placerats in i en riskmatris. Hänsyn har också tagits till var branden uppkommer. Vissa rum har endast en utgång, vilket innebär att folk kan bli avskurna från utrymningsvägarna om en brand skulle uppkomma i ett angränsande rum. Med riskmatrisen som grund valdes de dimensionerande bränderna till "Brand i Rikssalen" och "Brand i kungens sängkammare".

Simuleringar genomfördes för de dimensionerande bränderna med hjälp av utrymningsprogrammet Pathfinder och brandsimuleringsprogrammet Argos. Ur Pathfinder erhålls RSET och ur Argos erhålls ASET. RSET står för Required safe egress time och är tiden folk behöver för att evakuera. ASET, eller Available safe egress time, är tiden tills det inte längre är möjligt att evakuera säkert. När resultaten av dessa simuleringar jämfördes visade det sig att RSET i vissa fall var större än ASET, vilket innebär att utrymning i dessa scenarion inte kan ske säkert. Detta medför att följande åtgärder måste genomföras:

- En utförlig analys om det optimala antalet, avståndet och känsligheten på detektorerna i Rikssalen måste genomföras, eftersom brandskyddet där inte är tillräckligt i nuläget.
- Kontrollera funktionen av de övermålade detektorerna.

Även ytterligare åtgärder bör övervägas för att vidare öka säkerheten och minimera brandrisken. Några av dessa åtgärder är:

- Regelbundna kontroller av elektronik och kablar.
- Regelbunden städning under Karnapet för att bli av med torra löv, skräp m.m.
- Det samplade systemet bör utredas och vid behov kompletteras eller bytas ut.

Förord

Denna rapport är resultatet av hårt arbete och gott samarbete under vårterminen 2018. Efter diverse diskussioner och omformuleringar blev rapporten slutligen klar och presenteras stolt nedan av sina författare.

För att kunna möjliggöra denna rapport har hjälp, tips och råd införskaffats från olika håll och därför vill vi speciellt tacka följande personer:

Dan Madsen – Handledare och doktorand vid Avdelningen för Brandteknik, LTH

Jim Sjöberg – Kontaktperson och slottsupplysningsman på Gripsholms slott

Håkan Frantzich – Docent vid Avdelningen för Brandteknik, LTH

Enrico Ronchi – Universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik, LTH

Patrick van Hees – Professor vid Avdelningen för Brandteknik, LTH

Daniel Nilsson – Universitetslektor vid Avdelningen för Brandteknik, LTH

Akronymer

| | |
|-----------------|---|
| ASET | Available Safe Egress Time |
| CAD | Computer- aided Design |
| DN | Dagens Nyheter |
| FDS | Fire Dynamics Simulator |
| IDA | Indikatorer Data Analys |
| K- märkta | Kulturmärkta |
| MSB | Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap |
| RSET | Required Safe Egress Time |
| SBA- Utbildning | Systematiskt Brandskyddsarbete |

Innehållsförteckning

| | |
|---|----|
| 1 Inledning | 2 |
| 1.2 Syfte | 2 |
| 1.3 Mål | 2 |
| 1.4 Skyddsmål | 2 |
| 1.5 Acceptanskriterium..... | 2 |
| 1.6 Avgränsningar | 2 |
| 2 Arbetsgång..... | 4 |
| 3 Objektbeskrivning | 6 |
| 3.1 Byggnaden | 6 |
| 3.2 Verksamhet..... | 7 |
| 3.3 Befintligt brandskydd..... | 7 |
| 3.3.1 Utbildning och rutiner | 9 |
| 3.3.2 Utrymningsstrategi | 9 |
| 4 Riskidentifiering | 12 |
| 4.1 Enkätundersökning | 12 |
| 5 Teori om brandförlopp och utrymning..... | 14 |
| 5.1 Brandförlopp..... | 14 |
| 5.2 Kritiska förhållanden..... | 15 |
| 5.3 Beräkningsmetod..... | 15 |
| 6 Brandscenarier..... | 16 |
| 6.1 Val av brandscenarier | 16 |
| 6.1.1 Brand i Rikssalen..... | 16 |
| 6.1.2 Brand i elcentralen | 17 |
| 6.1.3 Brand i Gula salongen..... | 18 |
| 6.1.4 Brand i Konseljrummet..... | 18 |
| 6.1.5 Brand i Karnapet..... | 19 |
| 6.1.6 Brand i Audienssalen | 20 |
| 6.1.7 Brand i Kungens sängkammare | 21 |
| 6.2 Grovriskanalys..... | 22 |
| 6.2.1 Brandscenarier på grund av elfel..... | 22 |
| 6.2.2 Brandscenarier på grund av anlagd brand | 22 |
| 6.2.3 Resultat av grovriskanalys | 24 |
| 6.3 Dimensionerande brand | 25 |
| 7 Teori bakom datorprogrammen | 26 |
| 7.1 Argos | 26 |

| | |
|---|----|
| 7.1.1 Begränsningar | 26 |
| 7.1.2 Förklaring till användandet av Argos | 26 |
| 7.2 Pathfinder | 26 |
| 7.2.1 Begränsningar | 27 |
| 7.2.2 Förklaring till användandet av Pathfinder | 27 |
| 8 Simuleringsantaganden | 28 |
| 8.1 Argos | 28 |
| 8.2 Pathfinder | 28 |
| 9 Resultat | 32 |
| 9.1 Argos | 32 |
| 9.1.1 Kungens sängkammare..... | 32 |
| 9.1.2 Rikssalen | 34 |
| 9.2 Pathfinder | 36 |
| 10 Känslighetsanalys..... | 38 |
| 10.1 Känslighetsanalys Argos..... | 38 |
| 10.1.1 Brand i Kungens sängkammare | 38 |
| 10.1.2 Brand i Rikssalen..... | 39 |
| 10.2 Känslighetsanalys Pathfinder..... | 40 |
| 10.2.1 Brand i Kungens sängkammare | 40 |
| 10.2.2 Brand i Rikssalen..... | 41 |
| 11 Utvärdering av brandskyddet | 44 |
| 11.1 Kungens sängkammare..... | 44 |
| 11.1.1 ASET | 44 |
| 11.1.2 RSET | 45 |
| 11.2 Rikssalen | 46 |
| 11.2.1 ASET | 46 |
| 11.2.2 RSET | 47 |
| 12 Åtgärder | 48 |
| 12.1 Krav på åtgärder | 48 |
| 12.2 Förslag på åtgärder | 48 |
| 13 Verifiering av åtgärder | 50 |
| 14 Diskussion | 52 |
| 14.1 Optisk densitet..... | 52 |
| 14.2 Simuleringar..... | 52 |
| 14.3 Befintligt brandskydd..... | 55 |
| 14.4 Förslag på åtgärder | 55 |

| | |
|--------------------------|------|
| 14.5 Toxicitet | 56 |
| 15 Slutsats..... | 58 |
| Referenser | 60 |
| Bilaga A | i |
| Gula salongen | i |
| Karnapet | i |
| Audienssalen..... | i |
| Kungens sängkammare..... | ii |
| Konseljrummet | iii |
| Bilaga B | v |
| Bilaga C | vii |
| Bilaga D | xi |
| Bilaga E..... | xiii |
| Bilaga F..... | xvii |
| Bilaga G | xix |

1 Inledning

I detta kapitel presenteras rapportens syfte, mål, skyddsmål och avgränsningar. Rapporten avser Gripsholms slott och ingår i kursen *Brandteknisk riskvärdering, VBRN70* som ges vid Lunds Tekniska Högskola. Rapporten kommer innehålla inslag av diverse kurser som läses på skolan av elever på Brandingenjörsprogrammet.

Slottet byggdes år 1537 och innehåller mycket värdefull historia. På grund av detta har slottet blivit kulturskyddat, vilket försvårar brandskyddsarbetet och därför även utrymningsmöjligheten. Även byggnadens planlösning försvårar utrymningen eftersom det finns många rum och vägarna runt på våningsplanen är komplicerade.

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att utföra en brandteknisk riskvärdering över personsäkerheten vid Gripsholms slott. Utrymningsmöjligheterna kommer att utvärderas för att kontrollera personsäkerheten vid eventuell brand i byggnaden.

1.3 Mål

Målet med denna rapport är att bedöma om byggnaden uppfyller brandskyddskraven för att säkerställa att säker utrymning och personsäkerhet kan garanteras. Om så inte är fallet kommer förslag på åtgärder att ges för att Gripsholms slott ska kunna förse besökarna med betryggande personsäkerhet och möjlighet till tillfredställande utrymning i händelse av brand.

1.4 Skyddsmål

Skyddsmålet för denna rapport är att samtliga som befinner sig på slottet ska kunna utrymma säkert vid händelse av brand, dvs. de ska inte råda kritiska förhållanden under utrymningen.

1.5 Acceptanskriterium

I händelse av brand ska alla människor kunna utrymma utan att utsättas för kritiska förhållanden, oavsett var i lokalen de befinner sig.

1.6 Avgränsningar

Rapporten kommer att avgränsas till plan tre med undantag från vissa rum som inte är öppna för allmänheten. Dessa rum är Nedre rustkammaren, Målarrummet och rum 307b, se Figur 1.

Rapporten kommer dessutom endast hantera utrymnings säkerheten på slottet. Därför har ingen hänsyn tagits till miljö- och egendomsskador vilket gör att endast det initiala brandförloppet är intressant att titta på.

2 Arbetsgång

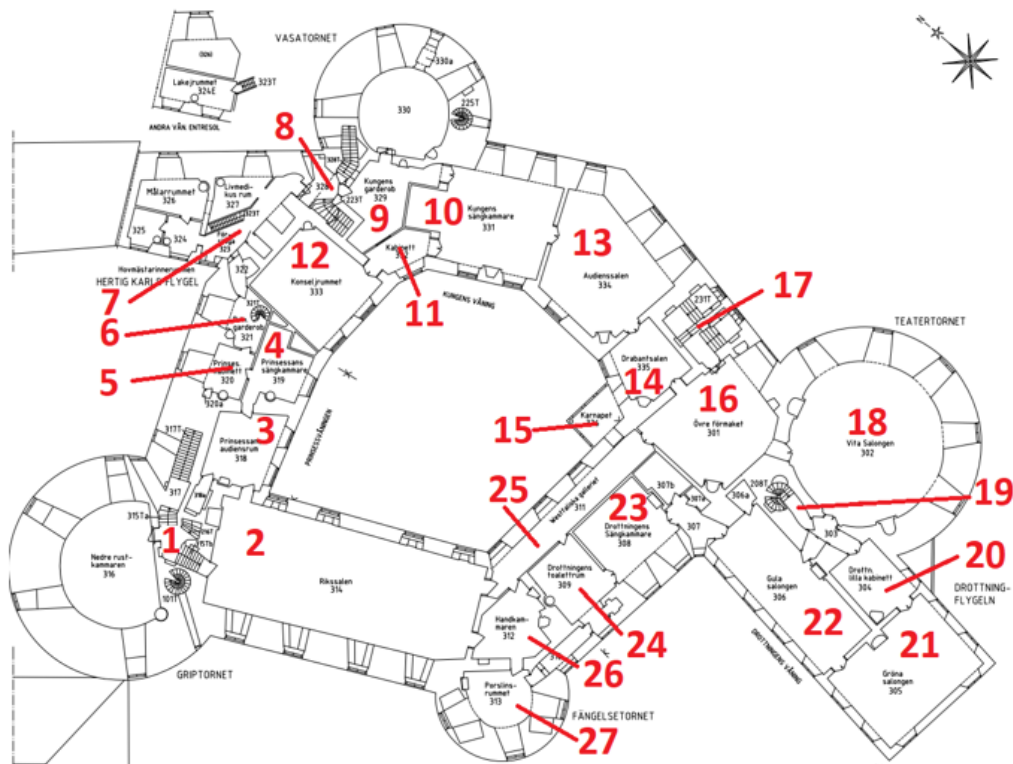
Projektet började med att studera ritningar över Gripsholms slott. Slottet är väldigt stort, därför bestämdes det att rapporten skulle avgränsas till plan tre då detta rekommenderades av slottsupplysningsmannen. Detta med motiveringen att det var det mest intressanta planet att titta på ur utrymningssynpunkt. Plan tre är öppet för besöksverksamhet och där finns utrymmen för föredrag och presentationer. Som ett komplement till besöket förbereddes enkäter med frågor till personalen angående utrymning och brandsäkerhet som sedan lämnades på slottet och samlades in efter besöket.

Platsbesöket genomfördes den 19 februari 2018 där slottsupplysningsmannen höll en rundvandring av det valda planet. Under rundvandringen togs det bilder, geometrier mättes med hjälp av lasermätare och linjal samt frågor ställdes angående verksamhet och utrymning. Kartorna över det valda våningsplanet användes för att markera ut släckutrustning, utrymningsvägar och potentiella brandkällor. Även möjliga brandscenarion diskuterades.

Efter besöket analyserades materialet och dimensionerande bränder togs fram och simulerades i Argos och Pathfinder. Information om dessa program kan erhållas i kapitel 7 Teori bakom datorprogrammen. Detta gjordes för att kunna utvärdera det befintliga brandskyddet och komma fram till riskreducerande åtgärder för att kunna säkerställa säker utrymning.

3 Objektbeskrivning

Nedan följer en beskrivning över plan tre på Gripsholms slott, se Figur 1. Gripsholms slott ligger precis utanför Mariefred, ute på en udde i Mälaren. Slottet är uppdelat i högborgen och lågborgen. Den avgränsade delen av objektet som behandlas i rapporten, dvs. plan tre, ligger i högborgen. Det var där kungafamiljen bodde och plan tre innehåller bland annat deras sängkammare, audienssalen och rikssalen. På plan fyra ligger Gustav III:s teater och plan två innehåller bland annat kronprinsens våning.



| | | |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1 – Västra rappa | 10 - Kungens sängkammare | 19 - Elcentral |
| 2 - Rikssalen | 11 - Kabinett | 20 - Drottningens lilla kabinett |
| 3 - Prinsessans audiensrum | 12 - Konseljrummet | 21 - Gröna salongen |
| 4 - Prinsessans sängkammare | 13 - Audienssalen | 22 - Gula salongen |
| 5 - Prinsessans kabinett | 14 - Drabant salen | 23 - Drottningens sängkammare |
| 6 - Prinsessans garderob | 15 - Karnapet | 24 - Drottningens toaletterum |
| 7 - Förstuga | 16 - Övre förmaket | 25 - Westfaliska galleriet |
| 8 - Norra trappan | 17 - Östra trappan | 26 - Handkammaren |
| 9 - Kungens garderob | 18 - Vita salongen | 27 - Porslinsrummet |

Figur 1 Översikt bild Gripsholms slott.

3.1 Byggnaden

Plan tre är sammankopplat med resten av högborgen genom tre trapphus. Trapphusen är de områden som är markerade i grönt i Figur 1. Byggnaden har en någorlunda cirkulär form och de olika planen omsluter den ”cirkulära” borggården. Det går en rundtur för besökare genom

hela våningen, som passerar alla utrymningsvägarna. Det finns ett fåtal rum på plan tre som endast har en ingång/utgång, men eftersom planet är cirkulärt utformat finns det i de flesta fall minst två vägar ut från rummen. Taket, golvet och innerväggarna är konstruerade i trä, medan ytterväggarna är byggda av tegel. Väggarna är till största del klädda med tapet och porträtt på historiska personer och rummets möblemang är mestadels i trä och beklädda med tyger. De flesta rum har fönster, men dessa hålls stängda.

3.2 Verksamhet

Gripsholms slott är öppet för allmänheten mellan april och november. Guidade turer hålls regelbundet, framförallt under sommarmånaderna. Det är också hem åt svenska statens porträttsamling, vilken utökas varje år (Kungahuset, u.d.). Städning sker regelbundet och även under de månader då slottet inte är öppet finns det personal på plats. I Rikssalen, se Figur 1, hålls ibland föredrag och andra uppträdande på kvällarna. Enligt kontaktpersonen på slottet har maximalt antal besökare varit ca 300 personer samtidigt.

3.3 Befintligt brandskydd

Eftersom slottet är kulturskyddat är brandskyddsmöjligheterna begränsade då byggnaden inte får ändras på sådant sätt att dess kulturhistoriska värde minskar (Thalberg, 2018). De ändringar som görs ska kunna avlägsnas och återställas om så önskas, vilket gör att håltagning helst undviks och därför näst intill omöjliggör installering av till exempel sprinklers (Räddningsverket & Riksantikvarieämbetet, 1997). För tillfället har det gjorts ett försök att skapa två brandcellsindelade utrymningsvägar på plan tre, se Figur 2. Dörrarna till utrymningsvägarna är något förstärkta för ett bättre brandskydd och har en självstängande funktion. Det finns tydliga utrymningsskyltar utplacerade på våningen och där det inte finns skyltar finns det nödbelysning för att visa utrymningsvägarna.



Figur 2 Karta över brandcellsindelning.

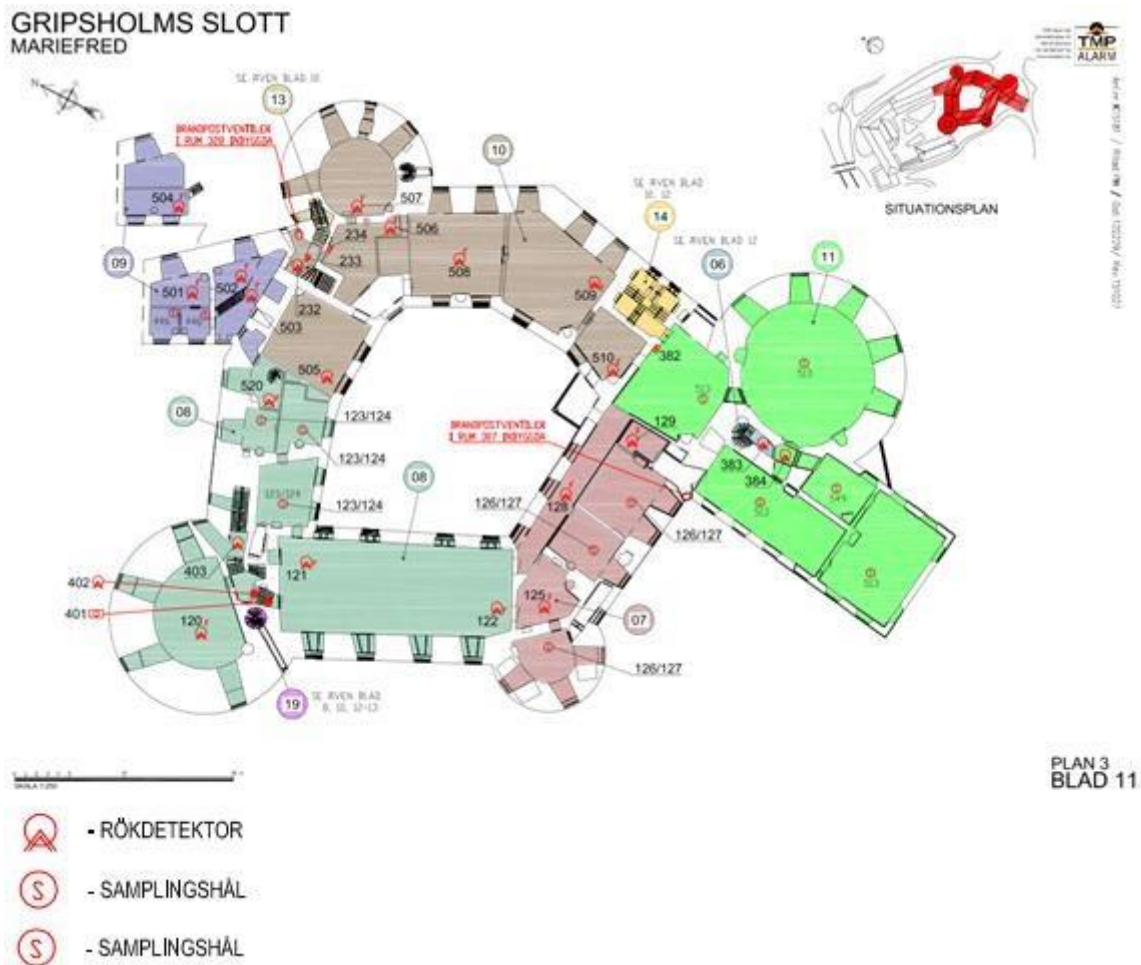
Majoriteten av rummen på slottet är utrustade med rökdetektorer och resterande rum har samplande system, se Figur 3. Samplande system suger in luft från rummet och låter den passera förbi en centralenhet där luften analyseras innan den återförs till rummet igen. Undercentralen till det samplande systemet är placerad på vinden på grund av att dess storlek och ljudlighet störde den museala miljön. På grund av dess placering medföljer väldigt långa slanglängder vilket ibland resulterar i störningar, samt att luften måste passera olika klimatzoner mellan undercentralen och det aktuella rummet som medför kondens i slangarna. Anordningen har ett fellarm som aktiverar när luftflödet i en av slangarna minskar eller ökar med 50 %.

Larmknappar finns vid samtliga trappor i byggnaden samt handbrandsläckare och utrymningsplaner är utplacerade med jämna mellanrum på slottet. Det finns även ett litet utrymme på plan tre där två brandslangar förvaras som kan fästas i en stigarledning som är installerad i rummet bredvid.

Vid de tillfällen då levande ljus används finns det alltid personal närvarande i rummet som håller uppsikt så brand inte uppstår.

Då brand detekteras aktiveras brandlarmet och en signal skickas direkt till räddningstjänst som har sin första styrka på plats inom 10 min. Den andra styrkan med rökdykare anländer inom 20 min till slottet. För att säkerställa att brandlarmet fungerar testas det en gång i kvartalet.

Som det ser ut idag är det väldigt problematiskt att finna den detektor som detekterat branden. Detta beror på att brandlarmsystemet inte kan identifiera detektorns placering i kombination med byggnadens komplicerade planlösning. Dessa problem resulterar i att det kan ta upp till en timme för räddningsstyrkan att lokalisera detektorn av intresse (Sjöberg, 2018)



Figur 3 Bild över var rökdetektorer och samplade system är placerade.

3.3.1 Utbildning och rutiner

Hela säsongspersonalen utbildas varje år i utrymning, användning av handbrandsläckare och enklare brandkunskap. De som handhar brandskyddsfrågor går även en utbildning om systematiskt brandskyddsarbete (SBA).

Vartannat år utförs en stor utrymningsövning med figuranter för att de anställda ska få öva på att utrymma slottet och se till att de är bekanta med slottets utrymningsstrategi. Varje kvartal genomförs systematisk brandskyddskontroll för att kontrollera att utrymningsskyltarna fungerar, att all släckutrustning står på plats m.m.

3.3.2 Utrymningsstrategi

Enligt slottsupplysningsmannen är personalens första prioritering att få ut alla besökare och inte släppa in nya då larmet går. Guiderna leder ut sina grupper och försöker samtidigt samla

in ströbesökare på vägen. Alla besökare samlas på inre borggården och visas sedan vidare till tvättstugan på Slottsholmen då det fastslagits att larmet aktiverats på grund av brand.

För att säkerställa att alla besökare kommer ut finns där två våningsvakter på varje plan som ser till att dessa töms. En av personerna är våningsansvarig medan den andra hjälper till att försäkra att alla kommit ut. (Sjöberg, 2018)

Det är väldigt viktigt att personalen gör en grundlig genomsökning av slottets alla rum eftersom det inte förs någon notering över besökarantalet i slottet vilket resulterar i att antalet besökare är okänt. Dock är personalen instruerade att aldrig gå in i ett rökfyllt utrymme, utan istället ska de stänga dörren till utrymmet för att minimera rök/brandspridningen.

4 Riskidentifiering

I detta kapitel presenteras de olika riskerna som identifierats på slottet. Dessa risker avser både potentiella tändkällor och fallerande system då båda dessa faktorer kan påverka utrymningen på slottet.

Slottet har länge varit skonat från bränder. Den senaste uppstod på 70-talet i en elcentral som enkelt släcktes med en handbrandsläckare. I nuläget är en av elcentralerna placerad på plan tre, vilket medför en relevant risk att ta hänsyn till i rapporten.

Det framgick under platsbesöket att de har haft problem med det samplande systemet då det inte varit helt pålitligt. Problemet med systemet ligger i att det finns runt fyra sugpunkter per zon. Det resulterar nämligen i att det kan uppkomma stopp i en sugpunkt utan att larmet utlöses eftersom de övriga sugpunkterna kompenserar genom att öka sina insug. Kontentan av detta är att utrymmen i praktiken kan utsättas för brand utan att systemet larmar. Dessutom är systemet sårbart då det vid haveri kan ta lång tid att få tag på nya delar och få dessa installerade. Slottsupplysningsmannen informerade om att systemet tidigare varit ur funktion vilket resulterar i att vissa rum varit utan brandskydd. (Sjöberg, 2018).

Rökdetektorerna på slottet är övermålade för att smälta in i taket. Detta kan påverka detektionsförmågan som i sin tur kan påverka utrymningsmöjligheterna negativt då varseblivningstiden kan fördröjas.

Även elektriska värmekällor är en risk som identifierats på slottet. Dessa är i form av element och värmebläktar som står utplacerade i olika rum. Värmekällorna utgör potentiella tändkällor som skulle kunna ge upphov till brand. Det finns även elektrisk utrustning med långa kabeldragningar utplacerade i slottet. Dessa kablar är alltid inkopplade vilket bidrar till en antändningsrisk. Värmebläktarna är placerade i kaminer gjorda i stenmaterial vilket kan minska risken för brandspridning. Modell och funktion är okänt men det observerades under besöket att de var igång. På grund av saknad av isolering krävs det att dessa hålls igång dygnet runt för att ingenting ska bli fuktskadat.

I olika salar finns det levande ljus i takkronor och i ljushållare på väggarna. Dessa tänds ibland under vissa rundvandringar men då ska det alltid finnas personal i närheten.

Fasaden på slottet är byggt i tegel, men en liten del är helt byggt i trä. Under detta utrymme ligger mycket torrt material i form av löv och skräp som skulle kunna antändas.

4.1 Enkätundersökning

Det gjordes en enkätundersökning, där det delades ut enkäter till personalen på slottet. Fem svar erhöles.

Svaren på enkäterna som gavs ut var väldigt enhetliga. Alla som fyllde i enkäten bekräftade att de vet var nödutgångarna finns och att de är enkla att hitta. De bekräftar även att de vet var återsamlingsplatsen finns och att de gått en utbildning om utrymning/brandskydd. Där var dock två anställda som svarade att de sett blockerade utrymningsvägar. De blockerande objekten var en bygghiss samt ”brännbart material i stor mängd placerad i trapphus”. Det ska dock framgå att enligt samma person åtgärdades dessa blockeringar omedelbart.

På frågan om personalen uppfattat någon speciell risk för uppkomst av brand i verksamheten svarade två personer ja. Riskkällorna identifierades som anlagd brand, dåliga kablar samt att där finns en oro över alla sladdar och tekniska apparaturer som alltid sitter inkopplade.

För att se enkäten med medföljande svar se Bilaga G.

5 Teori om brandförlopp och utrymning

Genom att jämföra utrymningstiden mot tiden då kritiska förhållanden uppstår är det möjligt att se om utrymning kan ske på ett säkert sätt. I det här kapitlet förklaras brandens utveckling och det tillvägagångssätt som används för att komma fram till ifall säker utrymning uppnås eller inte.

5.1 Brandförlopp

Enligt *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000) kan ett brandförlopp i en lokal delas upp i olika faser.

1. **Antändningsfasen** - Antändning av bränslet kan ske med hjälp av en pilotlåga (gnista, tändare) eller spontan antändning (temperaturen i materialet höjs över antändningspunkten).
2. **Tillväxtfasen** - Direkt efter att bränslet antänds påbörjas tillväxtfasen. Beroende på olika faktorer, som exempelvis typ av förbränning och bränsle, är tillväxtförloppet allt från väldigt snabbt till väldigt långsamt. Rökutvecklingen och brandgaslagerbildningen följer den s.k. tvåzonsmodellen, vilket innebär att rummet är uppdelat i två zoner, en med luft och en med brandrök.
3. **Övertändning** - Övergången mellan tillväxtfasen och den fullt utvecklade rumsbranden kallas för övertändning. Den kännetecknas av en mycket snabb temperaturökning, som leder till att allt brännbart i rummet fattar eld. Övertändning har ingen fast definition, men antas inträffa då strålningen mot golvet från brandgaslagret är 15–20 kW/m², temperaturen är 500–600 °C eller då flammor börjar slå ut från fönstren.
4. **Fullt utvecklad rumsbrand** - Fram tills den fullt utvecklade rumsbranden börjar är branden bränslekontrollerad. Efter övertändning då branden istället blir ventilationskontrollerad och temperaturen stigit till 700–1200 °C har fullt utvecklad brand uppstått. Under den fullt utvecklade rumsbranden övergår röken från att ha varit i ett separat lager till att spridas i hela rummet.
5. **Avsvalningsfasen** - Efterhand som bränslet konsumeras minskar effektutvecklingen och rumstemperaturen. I detta skede kan branden åter bli bränslekontrollerad och så småningom självslockna då allt material förbränts.

Indelningen ovan baseras på temperaturen i brandrummet. Brandförlopp kan delas in i andra faser som är baserade på andra faktorer, exempelvis flöde av rök genom öppningar (Karlsson & Quintiere, 2000). I den här rapporten kommer dock enbart ovanstående indelning redovisas eftersom den anses vara fullt tillräcklig för att ge förståelse för ett brandförlopp i ett rum.

Med tanke på den stora brandbelastningen som finns i rummen, de stora volymerna luft och takhöjden, är det rimligt att anta att utrymning kommer ske under tillväxtfasen. Rökgaslagret kommer antagligen inte nå ner så pass lågt för att ge 15–20 kW/m² strålning mot golvet innan utrymningen genomförts. Rummen är även stora, vilket innebär att det kommer ta lång tid att värma upp dem till 500 °C. Det betyder följaktligen att branden antagligen inte kommer bli ventilationskontrollerad eftersom det finns så pass mycket syre i rummen. Därför kommer endast det initiala brandförloppet att analyseras i den här rapporten.

5.2 Kritiska förhållanden

Kritiska förhållanden uppstår då omgivande miljö betraktas vara skadlig för människor på kort sikt och utrymning inte längre kan genomföras utan vidare komplikationer. I en analytisk dimensionering blir således kravet att alla måste vara ute ur byggnaden innan kritiska förhållanden uppstår. Det finns olika kriterier som beskriver när förhållandena blir kritiska. Några av dessa beskrivs nedan:

- *Kritisk strålningseffekt:* Strålningseffekten får inte överskrida 2,5 kW/m². Skulle denna effekt uppnås är det dock inte tillåtet att exponeras i över 30 s. (EUROPE, 2009) Den tillåtna exponeringstiden är fortfarande tillräcklig för att tillåta snabb evakuering genom det utsatta rummet.
- *Kritisk temperatur:* Den kritiska temperaturen sätts till 110 °C. Enligt SFPE kan den temperaturen uthärdas i torr luft i 25 min (Purser, 2002).
- *Kritisk sikt:* I rum mindre än 150 m² går gränsen till kritiska förhållanden vid 5 m sikt, dvs. då den optiska densiteten når 2 dB/m. Vid rum större än 150 m² går gränsen vid 10 m sikt (1 dB/m). Gränsvärdena hämtas från Argos användarguide (Deibjerg, P. Husted, Bygbjerg, & Westerman, 2003).
- *Toxicitet:* Toxicitet är en faktor man också kan beaktas, men detta har inte gjorts i rapporten. Se kapitel 14.5 för diskussion om toxicitet.

Dessa gränsvärden gäller för den brandutsatta brandcellen och utrymningsvägen, om brandgaser kan spridas dit.

5.3 Beräkningsmetod

För att veta om tiden för utrymning är tillräcklig jämfört med tiden tills kritiska förhållanden används nedanstående ekvation (Frantzich, Tid för utrymning, 2001):

Ekvation 1 Beräkning av utrymningsmarginalen

$$Marginal = t_{krit} - t_{varse} - t_{förbered} - t_{förflytt} \quad \text{Ekvation 1}$$

Där

- t_{krit} är tiden tills kritiska förhållanden uppstår. Denna tid kallas i viss litteratur även för Available Safe Egress Time (ASET).
- t_{varse} är varseblivningstiden, dvs. tiden tills folk uppmärksammar branden. Den benämns även som detektionstiden.
- $t_{förbered}$ är förberedelsetiden, dvs. tiden mellan att folk har fått information om branden tills de börjar röra sig mot utgångarna.
- $t_{förflytt}$ är förflyttningstiden, dvs. tiden tills folk har lämnat lokalen.

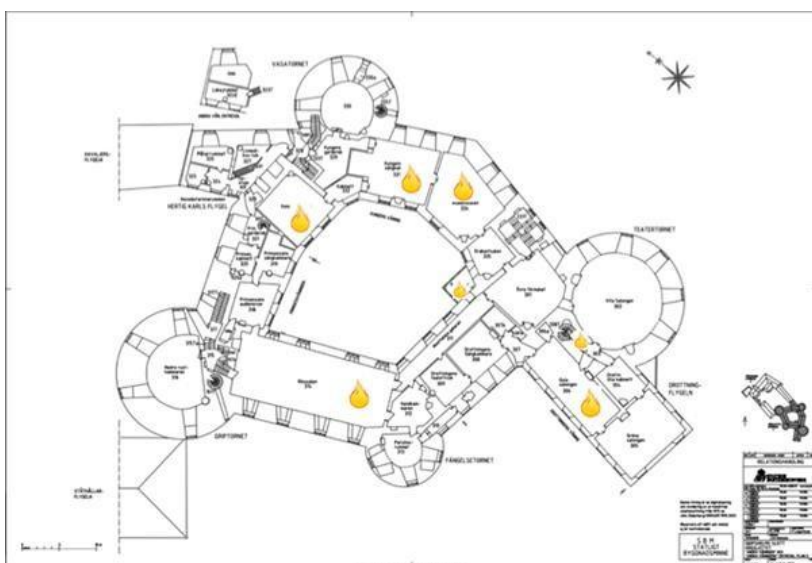
Varseblivningstiden, förberedelsetiden och förflyttningstiden kallas med ett gemensamt namn för utrymningstiden. Den kallas även för Required Safe Egress Time (RSET). Som Ekvation 1 visar kommer utrymning kunna genomföras på ett säkert sätt om marginalen är positiv, dvs. $ASET > RSET$. I rapporten kommer tiden till kritiska förhållanden och utrymningstiden behandlas olika eftersom de erhålls med olika simuleringsprogram.

6 Brandscenarier

I detta avsnitt presenteras och utvärderas möjliga brandscenarier som sedan presenteras i en riskmatris.

6.1 Val av brandscenarier

Nedan följer beskrivningar av olika brandscenarion som kan tänkas uppstå på plan tre i byggnaden. Både uppkomsten av branden och utrymningsmöjligheterna vid diverse scenario diskuteras och scenariot placeras sedan in på lämplig plats i en riskmatris. Se Figur 4 för en överblick av brandscenarierna.



Figur 4 Placering av olika tänkbara brandscenarion.

6.1.1 Brand i Rikssalen

Rikssalen är ett mycket stort, rektangulärt rum på ungefär 190 m² och en takhöjd på ca 5 m. Inredningen består av en stor scen, samt 156 stolar placerade i rader framför scenen.



Figur 5 Bild över scenen som "blockerar" ena utrymningsvägen.

I Rikssalen finns det mycket elektronik som potentiellt skulle kunna ge upphov till brand. Det mesta i rummet är konstruerat i trä, vilket innebär att det finns gott om brännbart material. Ibland hålls föredrag i salen, vilket innebär att det under vissa tillfällen befinner sig många besökare samlade i rummet samtidigt, vilket ställer högre krav på utrymningsmöjligheterna. I ena delen av rummet står en stor scen placerad, som nämndes ovan, så att utrymning genom en av två utrymningsvägar kan försvåras. Det står även två stolar placerade i nära anslutning till nödutgången vilket kan försvåra utrymningen ytterligare, se Figur 5.

Ett tänkbart brandscenario skulle kunna uppstå på grund av oönskad värmeutveckling i kablarna som är placerade på scenen och antänder denna. En sådan brand skulle resultera i en värmeutveckling på ungefär 130 kW/m^2 (Hyeong-Jin & Lilley, 2000) och då scenen är cirka 13 m^2 blir den totala effektutvecklingen knappt 1700 kW . Denna effekt kan förväntas leda till ytterligare brandspridning till väggar och golv vilket skulle resultera i en högre maxeffekt.

6.1.2 Brand i elcentralen

I ett stängt utrymme mellan Vita och Gula salongen finns det en trappa som leder ner till andra planet och vid den trappan är en elcentral installerad.



Figur 6 Bild på elcentralen.

En brand i elcentralen skulle kunna uppstå då det finns lågspänning som kan ge hög värmeutveckling om kablarna skulle skadas. I utrymmet finns inget annat brännbart än de kablar som finns längs väggen. Det är en liten mängd kablar och skulle de antända skulle det leda till en effekt på ca $100\text{-}300 \text{ kW}$ (Van Hees, 2001). På insidan av dörren som leder ut mot övriga slottet sitter en extra träskiva vars funktion är att fördröja brandspridningen. Rummet har en liten volym vilket gör att brandgaser snabbt kan ansamlas vid brand, men eftersom rummet är avskilt från övrig aktivitet i slottet förväntas utrymningen inte försvåras.

6.1.3 Brand i Gula salongen

Gula salongen är ett långt rektangulärt rum med långa gardiner i alla fyra fönster. Längst med den högra väggen står tyginklädda möbler och i taket hänger stora lampor.



Figur 7 Inredning av Gula salongen.

En potentiell tändkälla i salen skulle kunna vara anlagd brand. Längst högra väggen står tolv stolar och två soffor. Stoppade möbler i material som inte smälter brinner med 680 kW/m^2 (Karlsson & Quintiere, 2000). Stolarna täcker en golvarea på $0,42 \times 0,45 \text{ m}^2$ och sofforna täcker $1,5 \times 0,57 \text{ m}^2$. Detta resulterar i en effekt på 2700 kW då allt möblemang brinner. För detaljerad beräkning se Bilaga B, Gula salongen. Denna effekt skulle sannolikt antända golv och väggar vilket skulle ge en högre maxeffekt.

Skulle brand uppstå i rummet kan utrymning ske från två håll. Dörren i ena änden av rummet har en brandskyddsmålad dörr som kan förhindra brand- och rökspridningen ett tag, dock endast om den stängs manuellt då dörren inte har automatisk stängning. I och med att det finns två möjliga utrymningsvägar ut ur rummet förväntas konsekvenserna inte bli lika allvarliga om en utgång blockeras av branden eftersom det fortfarande är möjligt att utrymma rummet.

6.1.4 Brand i Konseljrummet

Konseljrummet är ett relativt stort, välmöblerat rum, där flera värdefulla antikviteter finns placerade. Bland annat står där ett skåp, som är färgat med snäckskal. Rummet är till viss del avspärrat för besökare på ett sätt som gör att möblerna inte går att komma åt. Vid lokalisering av Konseljrummet i Figur 1 framgår det att rummet bildar en återvändsgränd och att det inte ligger längs med huvudgången. Väggbeklädnaden är papptapeter och bakom sofforna går sladdar till elementen runt om i rummet. Se Figur 8 för visuell representation.



Figur 8 Konsejrummet.

På grund av papptapeterna, träväggarna, möblerna och porträtten kan konsejrummet uppnå en hög effektutveckling. Eftersom en anlagd brand skulle kunna leda till en rejäl brand med snabbt brandförlopp. Med tanke på att rummet ligger i slutet på en sidogång från huvudleden, känns det inte troligt att någon skulle råka bli avskuren från utrymningsvägarna om brand uppkom här.

En anlagd brand i soffan kan sprida sig till träpanelerna och väggen. Träpaneler brinner initialt med upp till 2000 kW (Särdqvist, 1993). Soffan och stolarna antas brinna med ca 680 kW/m² (Karlsson & Quintiere, 2000). På långsidan står det ytterligare en rad stolar och på andra kortsidan står det ett piano. Om branden sprids vidare till dessa antas effektutvecklingen minst hamna på ca 3000 kW då denna höga effekt sannolikt även antänder golv och väggar. Beräkningarna redovisas i Bilaga A.

6.1.5 Brand i Karnapet

Karnapet är ett litet rum helt i trä och som ligger mellan Drabantsalen och Westfaliska galleriet, se Figur 1. Rummet är dock bara öppet mot Drabantsalen, eftersom passagen till Westfaliska galleriet är blockerad med en glasskiva. Under Karnapet finns en trappa där det kan ansamlas löv och skräp vilket kan vara riskabelt ur brandperspektiv då det är väldigt lättantändligt. Uppstår detta kan branden spridas till Karnapet. För bild över Karnapet se Figur 9.



Figur 9 Karnapet.

Det finns inga brandvarnare i Karnapet, vilket innebär att en brand kan bli ganska stor innan rökdetektorerna i Drabantsalen aktiveras. Branden i Karnapet kan förväntas uppkomma under golvet i trapphuset, för att sedan sprida sig uppåt. Det innebär att en brand i Karnapet kommer medföra en väldigt hög effektutveckling eftersom allt är konstruerat i trä. Det innebär även att branden kommer sprida sig väldigt snabbt genom rummet och ge upphov till stor rökutveckling.

6.1.6 Brand i Audienssalen

Audienssalen är ett stort rum på drygt 85 m² och en takhöjd på drygt 5 m. Längst väggarna hänger långa gardiner som når från golv till tak och det står tyginklädda trästolar mellan varje fönster.



Figur 10 Gardiner och stolar placerade i Audienssalen.

Ett potentiellt scenario är anlagd brand i gardinerna. Rummet har fyra fönster som alla har gardiner som snuddar vid de tyginklädda stolarna mellan fönsterna, se Figur 10.

En brand i dessa gardiner skulle leda till en effekt på 2,2 MW. Skulle branden dessutom sprida sig till stolarna skulle den totala effekten bli 3 MW då en stol har en maxeffekt på 80 kW och det finns tio stolar i rummet. (Särdqvist, 1993) För beräkningar och antaganden se Bilaga A. Då denna effekt uppnås är risken hög att även konstruktionen antänder och bidrar till att maxeffekten blir betydligt högre än 3 MW.

Vid brand går det att utrymma rummet genom två olika utgångar som är placerade i varsin ände av rummet vilket underlättar utrymningen ur salen. Det tänkta brandscenariot startar längst in vid väggen vilket gör att branden inte blockerar utrymningsvägarna förrän längre in i brandförloppet. Rummet är även stort vilket gör att det kommer ta lång tid för brandgaslagret att sjunka ner till kritiska förhållanden.

6.1.7 Brand i Kungens sängkammare

Kungen sängkammare är ett någorlunda stort rum på 80 m² med drygt 5 m högt i tak. Det finns inte mycket möbler i rummet, endast en stor säng som står bakom en halv vägg av plexiglas, se Figur 11.



Figur 11 Sängen i kungens sängkammare, skyddad med plexiglas.

Ett brandscenario i kungens sängkammare skulle kunna vara en anlagd brand i sängen. Eftersom sängen är skyddad av plexiglas kan detta leda till försvårat släckningsarbete av branden vilket leder till en hög effektutveckling. För sängen brinna fritt skulle den kunna utgöra

en effekt på ungefär 2,4 MW. För beräkningar se Bilaga A. Med en sådan hög effekt skulle även stora delar av rummet kunna antända och höja maxeffekten avsevärt.

Eftersom rummet är relativt stort med stor takhöjd tar lång tid för brandgaserna att sjunka till kritisk nivå vilket gör att detta inte kommer leda till försvårad utrymning från Kabinetten och Konseljrummet vars enda utgång vetter mot Kungens sängkammare. Strålningens påverkan på utrymningen är svårare att förutse. Blir värmestrålningen hög fort kan denna bidra till att besökare inte kan utrymma konseljrummet utan att utsättas för kritiska förhållanden.

6.2 Grovriskanalys

Nedan utvärderas de olika brandscenarierna och presenteras sedan i en riskmatris. För att få en bild av hur ofta olika bränder uppstår har statistik från MSBs statistik databas IDA använts.

6.2.1 Brandscenarier på grund av elfel

Under besöket observerades att det fanns elektriska värmekällor i princip varje rum. Detta innebär att det finns många olika riskkällor för uppkomst av brand på grund av elfel.

Rikssalen

I Rikssalen är det möjligt att uppkomsten till en brand främst skulle bero på elfel i kablarna till ljudutrustningen. Brand på grund av elfel i lös inredning, i detta fall kablar, sker cirka fyra gånger per år (MSB).

Det värsta troliga scenariot är således att elfel i kablarna skulle leda till att hela scenen antänds vilket skulle resultera i att en av två tillgängliga utrymningsvägar blockeras helt av branden. Eftersom det förekommer att ett stort antal besökare vistas i utrymmet samtidigt kan utrymningen försvåras om endast en utgång är tillgänglig.

Med hänsyn till dessa faktorer får scenariot en låg sannolikhet men hög konsekvens. Att scenariot inte förväntas få mycket höga konsekvenser beror på att det fortfarande finns utrymningsmöjligheter även om en utgång blockeras.

Elcentralen

Slottet har som tidigare nämnts haft en brandincident som hade sitt ursprung i en elcentral installerad på slottet. Detta tyder på att den befintliga elcentralen på plan tre är en potentiell brandkälla på slottet. Enligt statistik, (MSB), uppstår det cirka 103 bränder per år med elcentraler som brandkällor.

Den tidigare branden i elcentralen på slottet släcktes enkelt med en handbrandsläckare och konsekvenserna av branden var minimala. Elcentralen på plan tre är placerad i ett eget utrymme, vars dörr hålls stängd eftersom besökarna inte har tillgång till utrymmet. Dörren är dessutom utrustad med en extra träskiva för att begränsa brandspridningen samtidigt som en rökdetektor är placerad i utrymmet.

Baserat på ovanstående information bedöms sannolikheten för en brand i elcentralen vara medel medan konsekvenserna anses vara mycket låga då effekten inte bedöms bli speciellt hög och utrymningen inte förväntas påverkas.

6.2.2 Brandscenarier på grund av anlagd brand

Enligt räddningstjänstens insatsrapporter sker det ca 1400 anlagda bränder i byggnader, vilket motsvarar ca 12 % av alla rapporterade byggnadsbränder 2015 (MSB, 2016). Sannolikheten

för en anlagd brand på slottet förväntas vara relativt låg trots statistiken för anlagda bränder. Detta beror på att slottet är stängt för allmänheten större delar av året, ligger avlägset samt att byggnadens fasad är konstruerad i sten.

Gula salongen

I Gula salongen är den mest tänkbara brandkällan anlagd brand. Sannolikheten för detta bedöms vara låg eftersom planet som analyseras i rapporten är svårtillgängligt då bemannad reception måste passeras och inträde till slottet betalas. Rummet går dessutom inte att nå från utsidan då det är ligger på tredje planet. Skulle brand ändå uppstå i Gula salongen förväntas branden utvecklas längs ena väggen, detta ger folk tid att utrymma genom båda in/utgångarna till salen. Med tanke på detta anses konsekvenserna vara låga.

Konseljrummet

I Konseljrummet skulle det kunna uppstå en brand både genom oönskad värmeutveckling i kablar eller på grund av anlagd brand. Som tidigare nämnt sker det inte speciellt många bränder på grund av elfel i kablar samt att det som för Gula salongen kräver inträde för att nå utrymmet. Sannolikheten bedöms därför vara mycket låg.

Rummet är utrustat med rökdetektor vilket gör att en brand upptäcks relativt snabbt. Det finns bara en in/utgång till rummet och endast en liten del är till för besökare medan resterande är avgränsad och får inte överträdas. Detta gör att de som befinner sig i rummet enkelt kan ta sig ut och konsekvenserna för en brand uppskattas vara låga ur utrymningssynpunkt.

Karnapet

Karnapet är mer lättillgängligt för utomstående jämfört med andra delar av slottet, eftersom en anlagd brand i trappan under Karnapet kan spridas och antända det i trä byggda rummet. En brand i Karnapet kan få hög effekt då branden kan vara svårupptäckt på grund av rummets placering samt dess avsaknad av detektorer.

Trots hög effekt- och rökutveckling förväntas inte utrymningen påverkas avsevärt då det finns goda utrymningsmöjligheter genom tre oberoende utrymningsvägar varav en ligger precis vid Karnapet. De två återstående kan nås oberoende av var besökarna befinner sig i förhållande till rummet.

Sammanfattningsvis anses sannolikheten för en anlagd brand i Karnapet vara medel medan konsekvensen anses vara låg.

Audienssalen

Sannolikheten för anlagd brand i Audienssalen antas vara låg med samma motivering som för Gula salongen. Trots risken att brand i salen skulle kunna medföra väldigt hög effekt förväntas utrymningen inte försvåras avsevärt då besökarna har tillgång till två utgångar från rummet samt en rökdetektor som snabbt kan upptäcka branden. Konsekvensen bedöms därför vara låg.

Kungens sängkammare

En anlagd brand i sängen i Kungens sängkammare kan leda till hög effektutveckling då släckarbete kan försvåras på grund av plexiglas framför. Utrymningen förväntas inte försvåras på grund av rök då det är ett stort rum med högt i tak vilket medför att det tar lång tid för brandgaslagret att nå kritisk höjd. Dock skulle branden kunna sprida sig så pass att dörren mellan Kungens sängkammare och Kabinettrummet blockeras. Sker detta på kort tid finns

riskan att besökare inte har möjlighet att utrymma via Kungens sängkammare, utan blir fast i byggnaden då det inte finns någon annan utrymningsmöjlighet från Kabinettrummet.

Med tanke på att branden måste växa och sprida sig med hög hastighet för att ovanstående scenario ska inträffa anses sannolikheten vara låg, men då risken att bli instängd existerar bedöms konsekvensen kunna bli mycket hög.

6.2.3 Resultat av grovriskanalys

I riskmatrisen nedan presenteras resultatet av grovriskanalysen. Den ljusgrå zonen representerar acceptabla risker medan den mörkgrå representerar de som är helt oacceptabla vilket resulterar i stort behov av vidare åtgärder. I zonen mellan dessa är riskerna inte helt oacceptabla men kan åtgärder vidtas bör detta göras. Med statistiken från IDA som grund har diskussioner förts kring hur applicerbara de är på byggnaden och med hjälp av detta samt resonemang har de olika scenarierna placerats in i riskmatrisen. Dessa är alltså inte relativa varandra utan endast framtagna genom diskussioner och resonemang.

Beskrivning av konsekvenser

Mycket låg – Ingen påverkas av branden

Låg – Ingen kommer till skada

Medel – Ingen kommer till skada men utrymning kan försvåras något

Hög – Utrymning försvårad, inga allvarigare skador förväntas

Mycket hög – Utrymning försvårad eller omöjlig, skador på personer kan förekomma

Sannolikhet

| | | | | | |
|------------|-----------------------|---|-------|---------------------|-------------------------------|
| Mycket hög | | | | | |
| Hög | | | | | |
| Medel | – Brand i elcentralen | – Brand i Karnapet | | | |
| Låg | | – Brand i Audienssalen – Brand i konseljrummet | | – Brand i rikssalen | – Brand i Kungens sängkammare |
| Mycket låg | | – Brand i Gula salongen | | | |
| | Mycket låg | Låg | Medel | Hög | Mycket hög |
| | | | | | Konsekvens |

Figur 12 Riskmatris med utplacerade scenarier.

6.3 Dimensionerande brand

De scenarion som ligger i den ljusgrå zonen är acceptabla och kräver därför inga vidare åtgärder. Detta resulterar i att de dimensionerade bränderna utgörs av brand i Rikssalen och Kungens sängkammare, då dessa förväntas få högst konsekvenser av de undersökta scenarierna. Detta betyder att risken finns att personsäkerheten kan hotas i händelse av brand.

Som ses i Figur 12 blir de dimensionerande bränderna de bränder som uppstår i Kungens sängkammare och i Rikssalen. Dessa bränder kommer att studeras vidare med hjälp av Argos och Pathfinder i följande kapitel för att undersöka om utrymningsmöjligheterna är tillfredställande i byggnaden.

7 Teori bakom datorprogrammen

Nedan redovisas de datorprogram som används för att simulera brandförlopp och utrymning. Programmen som används är Argos för detektionstiden och brandförlopp (och därmed tiden till kritiska förhållanden), samt Pathfinder för förflyttningstiden. Förklaring till varför just dessa program valdes erhålls under de enskilda rubrikerna för varje program. FDS är ett vanligt simuleringsprogram, men det ansågs inte nödvändigt att använda det, i och med att simuleringarna tar lång tid och byggnadens geometrier gick att använda i Argos.

7.1 Argos

Argos är ett simuleringsprogram, som baseras på tvåzonsmodellen, presenterad i *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000). Programmet används för att simulera bränder i begränsade utrymmen (Deibjerg, P. Husted, Bygbjerg, & Westerman, 2003). Resultat erhålls i form av diagram över bland annat effektutvecklingen, temperaturen och nivån på rökgaslagret. Argos tillåter även användaren att simulera med rökdetektorer, sprinkler och ventilationsluckor (Husted & Westerman, 2009).

7.1.1 Begränsningar

Argos kan bara hantera maximalt 10 rum i en simulering och kan endast simulera rektangulära eller kvadratiska utrymmen. Om utrymmet är stort och högt i tak är inte tvåzonsmodellen en bra modell, eftersom rökgaslagret hinner kylas till rumstemperatur innan det når taket. Argos klarar alltså inte av stora geometrier. Tvåzonsmodellen är också endast användbar innan branden når övertändning (se. Kap. 5.1 Brandförlopp). Det betyder att Argos inte är det bästa simuleringsprogrammet under den fullt utvecklade rumsbranden. Argos erbjuder heller ingen visuell bild av utrymmena, utan endast diagram över branden erhålls. Det kan därför bli svårt att visualisera hur utrymmena ser ut.

7.1.2 Förklaring till användandet av Argos

Argos valdes som simulationsprogram, eftersom rummen där de dimensionerande bränderna uppkommer är tillräckligt små för programmet och dessutom rektangulära. Tvåzonsmodellen anses därför vara ett rimligt antagande för tidig brandutveckling. Tack vare de snabba simuleringarna som Argos erbjuder kan flera simuleringar genomföras. Programmet är således förlåtande vid misstag, vilket är en fördel då flera simuleringsförsök kan tänkas behöva genomföras för att fastställa ett representativt resultat. Resultaten presenteras visserligen enbart i form av diagram och händelseförlopp, men detta anses tillräckligt för att åskådliggöra bränderna.

7.2 Pathfinder

Pathfinder är ett datorprogram som används för att simulera utrymning. Programmet har tillgång till flera väsentliga parametrar som kan ändras av användaren för att konstruera verklighetstroga scenarion. Parametrar som kan ändras är exempelvis beteende som val av utrymningsvägar och förberedelsestid samt personliga egenskaper som gånghastighet och kroppsbyggnad. Resultatet som erhålls av programmet är dock endast tiden det tar för alla agenter, det vill säga personer som placerats på slottet, att utrymma rummen som byggts upp.

7.2.1 Begränsningar

Problemet med Pathfinder är att det inte går att integrera utrymningen med ett tänkt brandförlopp vilket leder till extra arbete då utrymningen måste simuleras separat och sedan jämföras med resultaten ifrån Argos.

Det är även inte möjligt att simulera komplicerade beteenden, exempelvis familjegruppering. Det går att placera in en grupp i programmet och anpassa gruppmedlemmarnas hastighet till den långsammaste förekommande gånghastighet i gruppen, men då förflyttning väl påbörjats rör sig inte gruppen tillsammans. Gruppmedlemmarna kan även tilldelas olika förberedelseid då denna valts att distribueras i en lognormerad fördelning vilket leder till att besökarna i gruppen börjar röra på sig vid olika tidpunkter. (Thunderhead, 2017)

7.2.2 Förklaring till användandet av Pathfinder

Pathfinder användes för att erhålla en rimlig tid för utrymning från det att besökarna får veta att det brinner till att de hinner ut. Pathfinder är en kontinuerlig modell, vilket betyder att programmet inte är begränsad till ett digitalt rutnät, en grid, utan bygger på koordinater. Detta ger ett mer realistiskt resultat då utrymningen simuleras smidigare.

Programmets tillgång till parametrar är också en stor fördel eftersom det tillåter användaren att simulera ideala scenarion. Programmet tillåter även att ritningar importeras från CAD, vilket resulterar i att simuleringar kan utföras i exakta geometrier.

8 Simuleringsantaganden

Nedan presenteras de antaganden som gjorts i samband med simuleringarna.

8.1 Argos

För branden i Rikssalen antas branden utvecklas enligt en α^2 -kurva. Scenen antas uppnå en maxeffekt på ca 1,7 MW, som nämndes i kap.6.1.1 och α -värdet antas vara 0,047 kW/s². I *Enclosure Fire Dynamics* betecknas den hastigheten som ”fast” (Karlsson & Quintiere, 2000) och det exakta värdet på tillväxthastigheten valdes eftersom det motsvarar ett standardvärde i *Enclosure Fire Dynamics*. Andra föremål som också har en liknande brandutveckling är träpallar, garderober av spånskivor och tomma kartonger som staplats 4,6 m högt. Dessa föremål brinner mycket snabbare än vad en horisontell träskiva kan tänkas göra. Med avseende på att branden i träskivan kan tänkas sprida sig vidare till väggarna anses värdet ändå vara rimligt. Om endast scenen brinner kommer antagligen tillväxthastigheten sakta ner då branden sprider sig till det horisontella planet, men om väggarna brinner kommer tillväxthastigheten att öka då en större väggyta brinner. Utifrån dessa antaganden och teorier, beslöts det därför att ta ett standardvärde som är konservativt.

Även branden i Kungens sängkammare antas följa en α^2 -kurva. Effektutvecklingskoefficienten, α , hämtas även denna från *Enclosure Fire Dynamics* och sätts till 0,012 kW/s². Den tillväxthastigheten betecknas som ”medium” och gäller för ”Cotton/Polyester innerspring mattress (including bedding)”.

Trots att maxeffekten på de olika objekten angavs i riskidentifieringen i kap. 6 används dessa värden inte i simuleringarna. Anledningen till det är att det förväntas att branden kommer att sprida sig från objekten till väggar, tak och andra möbler. Det anses därför icke konservativt att använda en maxeffekt, baserad på enbart ett objekt. Istället antas det att brandens tillväxt varar under hela utrymningsförloppet (se kap. 5.1), eftersom att osäkerheten med maxeffekten då elimineras. Tillväxthastigheten kan också uppskattas till att följa en α^2 -kurva under hela utrymningen, då fler objekt kommer att börja brinna och bidra till brandförloppet. Då branden i Kungens sängkammare simulerades användes en maxeffekt på 10 MW och respektive värde i Rikssalen var 20 MW. Simuleringen slutfördes efter 10 min, innan det att maximeffekten uppnåtts eftersom endast initialbranden är av intresse. Rumsgeometrierna togs fram genom att mäta arean och den längsta diagonalen i varje rum.

Vägg-, tak- och golvmaterialet i slottet bestod mestadels av tegel och trä. Det var dock inte möjligt att ta fram värden för tjocklek, densitet, värmekapacitet och termisk ledningsförmåga för dessa material. Alla material valdes därför till material som redan fanns tillgängliga i Argos. Golven valdes till timmer, taket till en komposit av trä, mineralull och betong, flertalet innerväggarna till trä och ytterväggarna till tegel.

Bränslenas rökpotential togs från en tabell tagen från en manual till Argos (Husted B. P., 2004) medan rökkänslighet på detektorn antogs vara 0,4 dB/m, vilket är det värdet i Argos som är mest okänsligt och därför ger det mest konservativa resultatet.

8.2 Pathfinder

Olika profiler skapades i programmet för att kunna ta hänsyn till variationen av människor som besöker slottet. Dessa var följande:

1. Barn
2. Barn i sällskap med äldre
3. Vuxen kvinna
4. Vuxen kvinna med barn
5. Vuxen man
6. Vuxen man med barn
7. Äldre kvinna
8. Äldre man

Profilerna skiljs åt genom olika egenskaper i form av gånghastighet, längd och bredd. Gånghastigheterna hämtades från SFPE-handboken (Engineers, 2002) Profilernas bredd och längd hämtades från olika sidor. För kvinnor och män användes en artikel om genomsnittlig axelbredd (Östberg, 2017) medan längden på barnen avlästes från en tillväxtkurva för barn och längden för män och kvinnor erhöles från en tidningsartikel i DN. Det är även antaget att det befinner sig 100 personer per plan eftersom rekordantalet besökare är 300 personer samtidigt och byggnaden har tre plan.

Anledningen till att profilerna 2, 4 och 6 är egna profiler beror på att deras hastighet anpassas till den långsammaste individen i gruppen, vilket i profil 2 är den äldre och i profil 4 och 6 är barnet. Det kan förväntas ha en påverkan på utrymningstiden eftersom det resulterar i att fler besökare rör sig med en lägre hastighet.

Förberedelsetiden ($t_{\text{förbered}}$, se kap. 5.3) är lognormerad runt 1 min. Valet av denna tid är baserad på utrymningsexperiment i biosalonger och olika IKEA varuhus. Förberedelsetiden i biosalongerna uppmättes till 40 s då det fanns tillgång till larmklocka, men inte personal medan experimenten resulterade i 30 s för IKEA varuhuset där det fanns tillgång till talat meddelande och engagerad personal (Frantzich, Tid för utrymning, 2001). Gripsholms slott har både likheter och olikheter med ovanstående beskrivna utrymningsexperiment då slottet är utrustat med larm och engagerad personal. Dock går inte alla besökare i guidade grupper, utan där finns de som går själva. De som går själva antas reagera långsammare än de som går i guidad grupp då de inte får instruktioner av guiderna. Det är även sannolikt att besökare som börjat läsa på skyltar eller liknande vill läsa klart innan de börja evakuera eftersom de betalt inträde och vill dra nytta av investeringen. Med ovanstående information som bakgrund anses därför 1 min vara ett lagom konservativt antagande. Utrymningstiden observerades från simuleringarna och genom att subtrahera bort förberedelsetiden från denna erhålls förflyttningstiden.

Personflödet genom dörrarna varierar beroende på bredden av dörren. Utifrån resultatet av utförda experiment på personflöde genom dörröppningar visas det att flödet nästan följer ett linjärt förhållande för dörrbredder $> 0,6\text{m}$. För dörrbredder som varierar mellan 0,4–1,8 m uppnås ett flöde på 0,8 – 3,9 personer/s (Seyfried, o.a., 2009)

Utgångsscenarioet som simulerades för brand i Kungens sängkammare och Rikssalen gjordes med inställningarna att utrymningen sker enligt "The theory of affiliation" som innebär att folk går till den utgång de känner till. I simuleringen valdes då oftast den första utrymningsväg som passerades på vägen tillbaka till den ut/ingång de använde för att komma till plan 3. Ingångar till rummet där branden är stängs även vid tiden då kritiska förhållanden uppstår för att kontrollera att ingen blir fast i byggnaden samt få en mer verklighetstrogen simuleringssituation.

För input till simuleringarna se Bilaga B.

När agenterna utrymmer från och igenom brandrummen stoppas tiden för förflyttning när sista personen har tagit sig ut ur rummet och nått en trappa som leder ner till andra planet. I Rikssalen innebär detta att när agenterna har nått den Västra trappan har de tagit sig till en säker plats. I Kungens sängkammare däremot, när agenterna lämnat brandrummet har de inte nått den Norra trappan ännu. Det är ett fåtal meter kvar till trappan som anses vara en säker plats, men tiden för förflyttning stoppas när de lämnat brandrummet. Det antas att kritiska förhållanden inte kommer att ske i detta intilliggande rum innan de har utrymt till säker plats. Detta på grund av att det är väldigt högt i tak och att längden från tak till övre dörrkant är lång, vilket för att det kommer ta en längre tid för brandgaserna att spridas vidare till detta rum.

Utrymningsscenario ser alltid olika ut, även om förutsättningarna är samma, eftersom människor aldrig reagerar och agerar exakt likadant. På grund av detta kommer det krävas att ett utrymningsscenario simuleras mer än en gång för att se hur förberedelse- och förflyttningstiden varierar. Av dessa olika tider kommer den högsta tiden att användas, detta för att få ett konservativt värde.

För att se hur många gånger varje simulering måste genomföras användes konvergensanalys. Genom att simulera de olika scenarierna tills skillnaden mellan de efterföljande tiderna understiger 5 % tio gånger i rad, säkerställs ett noggrant värde på förberedelse- och förflyttningstiden. Först simulerades alltså en tid fram, sedan en till, vilket ger ett medelvärde. Det tredje värdet ger upphov till ett nytt medelvärde. Genom att dividera differensen mellan det nya och gamla medelvärdet med det gamla medelvärdet, erhålls den procentuella skillnaden mellan medelvärdena. Som nämndes tidigare, om denna procentuella skillnad understiger 5 % tio gånger i rad, kan det antas att det erhållna medelvärdet som fås fram efter den tionde gången är tillräckligt noggrant.

5 % valdes som gräns då ett rimligt värde på signifikansen behövdes. 5 % är ett vedertaget värde på signifikansnivån inom hypotesprövning och det ansågs att denna gräns även kunde appliceras i detta fall (Körner & Wahlgren, 2015). Att den procentuella skillnaden skulle vara under 5% just 10 gånger i rad beror på att 10 gånger ansågs vara tillräckligt många försök för att säkerställa att slumpen inte hade någon allvarlig inverkan på resultatet.

9 Resultat

Resultaten som erhöles av simuleringsförsöken sammanfattas i följande kapitel i form av grafer, bilder och tabeller.

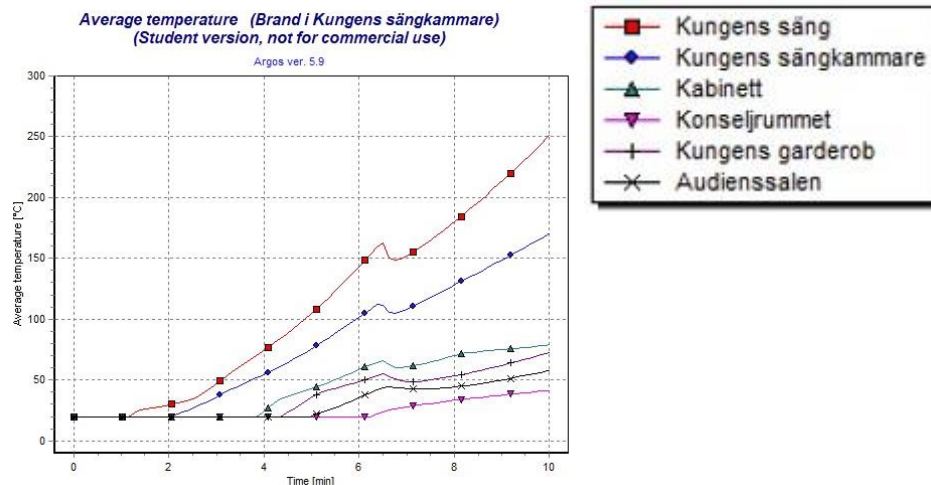
9.1 Argos

I detta avsnitt presenteras resultaten från Argos-simuleringarna. Ur resultaten går det att avläsa när kritiska förhållanden uppnås. De kritiska förhållandena presenteras i kapitel 5.2.

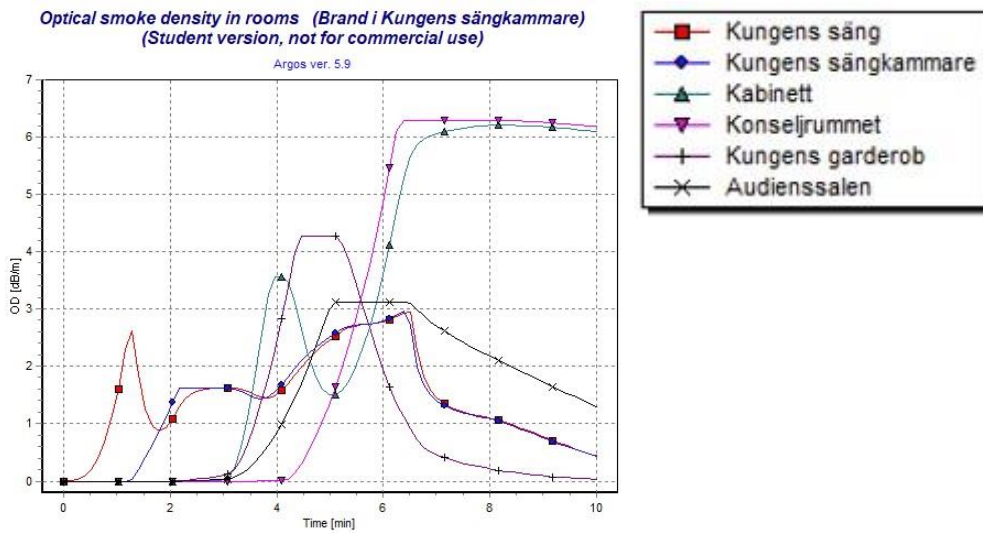
9.1.1 Kungens sängkammare

De rum som tas hänsyn till vid simulering av brand är Kungens säng, Kungens sängkammare, Kabinett, Konseljrummet, Kungens garderob och Audienssalen. Kungens säng är inte ett eget rum, utan det är en del av Kungens sängkammare och är endast den del där branden startar.

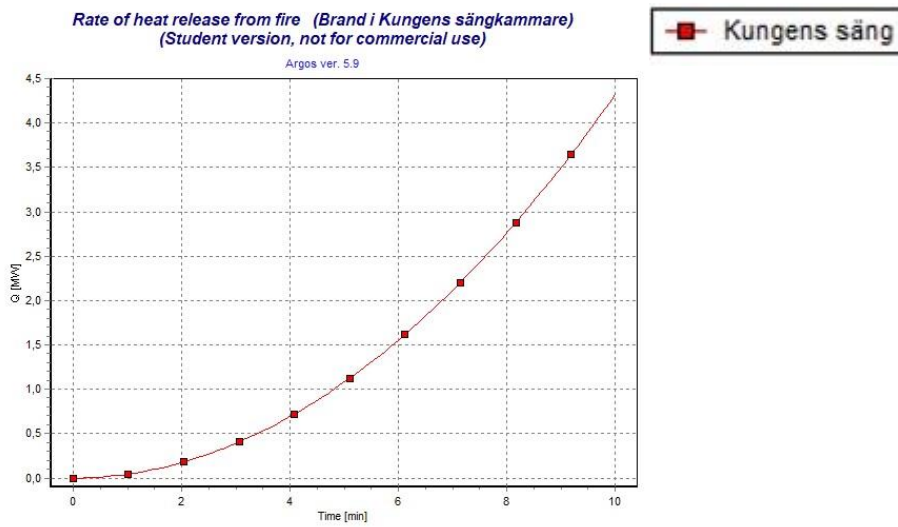
Nedan presenteras medeltemperaturen, optisk rökdensitet, effektutvecklingen samt strålningen från rökgaslagret för rummen. Den lilla svackan som uppkommer efter 6 min i figur 13, 14 och 16 beror på att fönstren har gått sönder på grund av för hög temperatur.



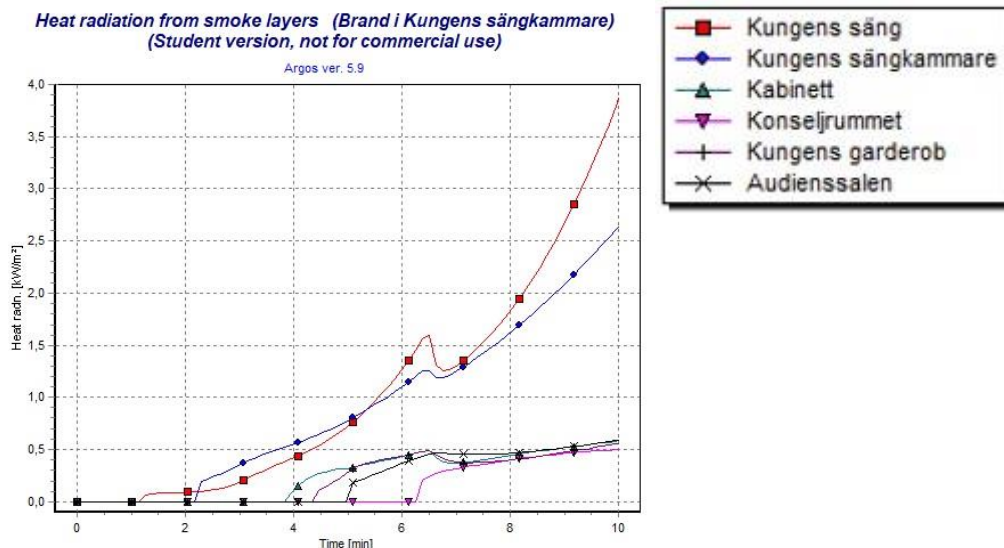
Figur 13 Temperaturen på y-axeln är medeltemperaturen under brandgaslagret och intilliggande rum.



Figur 14 Optisk rökdensitet under rökgaslagret i Kungens sängkammare och intilliggande rum.



Figur 15 Effektutveckling i Kungens sängkammare.



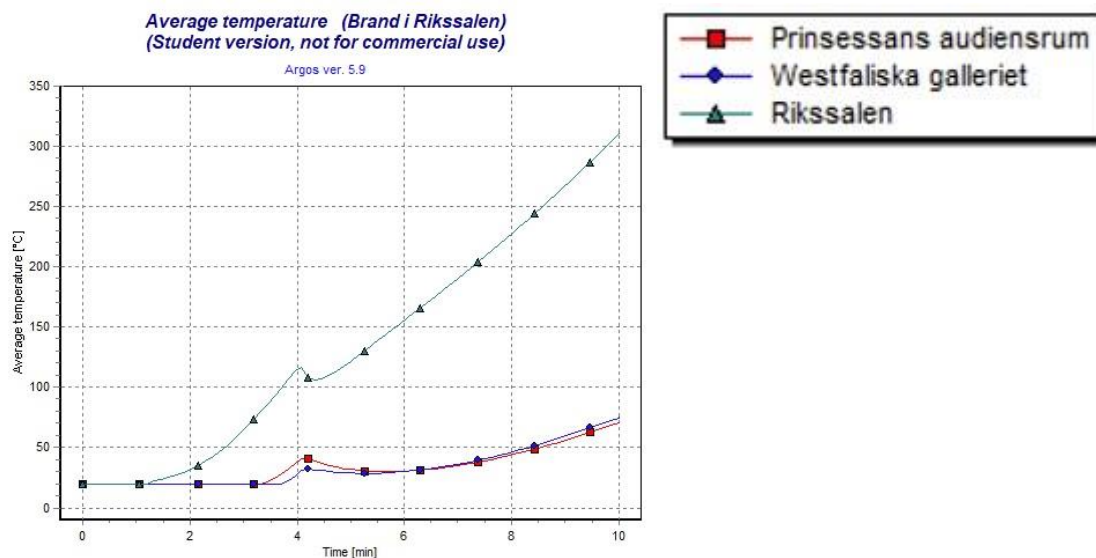
Figur 16 Strålning från rökgaslagret i Kungens sängkammare och intilliggande rum.

Detektionstiden för branden simulerades till 1 min 31 s och tiden till kritisk sikt är 4 min 22 s. För att se händelseförloppet som tas fram av Argos, se Bilaga D.

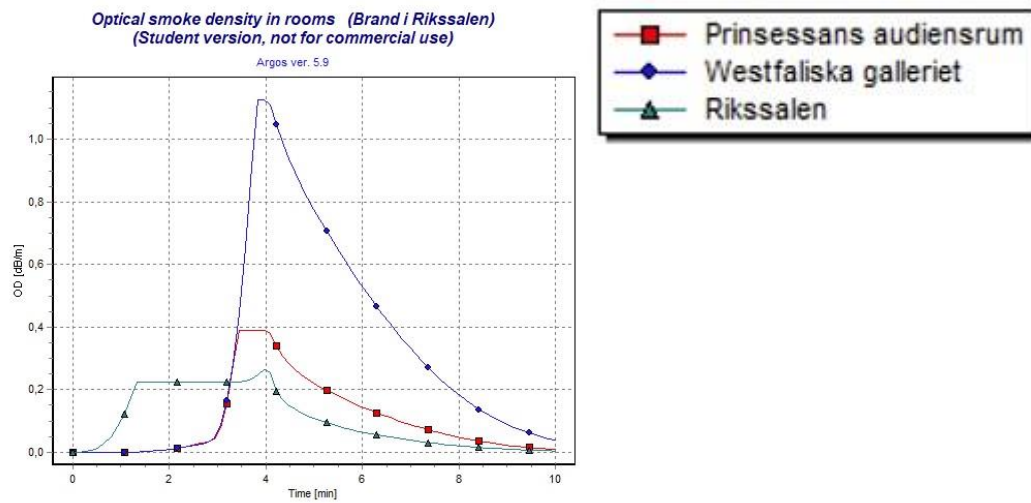
9.1.2 Rikssalen

De rum som tas hänsyn till vid simulering av brand är Rikssalen, Prinsessans audiensrum och Westfaliska galleriet. Rikssalen är det rum som branden startar i.

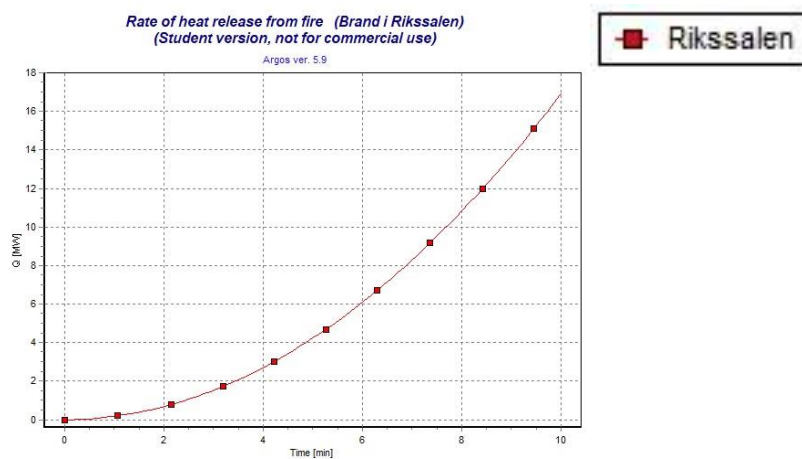
Nedan presenteras medeltemperaturen, optiska rökdensitet, effektutvecklingen samt strålningen från rökgaslagret för rummen. Den lilla svackan som uppkommer efter 4 min i figur 17, 18 och 20 beror på att fönstren har gått sönder på grund av för hög temperatur.



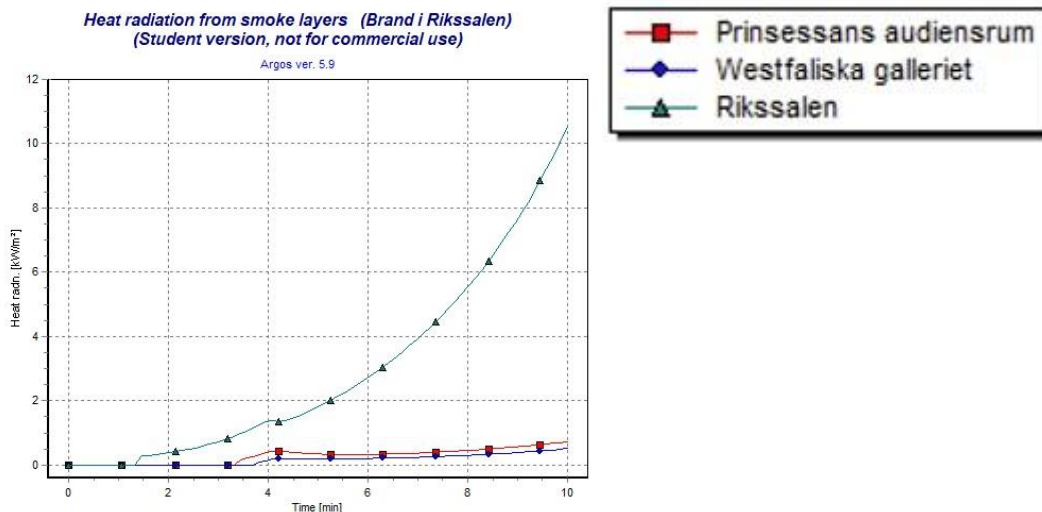
Figur 17 Temperaturen på y-axeln är medeltemperaturen under brandgaslagret i Rikssalen och intilliggande rum.



Figur 18 Optisk densitet under rökgaslagret i Rikssalen och intilliggande rum.



Figur 19 Effektutveckling i Rikssalen.



Figur 20 Strålning från rökgaslagret i Rikssalen och intilliggande rum.

Detektionstiden för branden simulerades till 1 min 25 s och tiden till kritisk temperatur är 3 min 52 s.

För en överblick av händelseförloppen samt tiden till kritiska förhållanden se Bilaga D. Kritisk temperatur går inte att avläsa ur händelseförloppet, utan avläses istället ifrån Figur 17.

9.2 Pathfinder

Nedan presenteras resultaten från Pathfinder där de fetmarkerade värdena är de som vidare kommer användas då dessa är de längsta tiderna, vilket gör dessa konservativa. Resultaten avser de kritiska delarna i byggnaden det vill säga brandrummet.

Simulering 1, Brand i Kungens sängkammare, utrymningstid för den kritiska delen av byggnaden:

Tabell 1 Utrymningstid, Kungens sängkammare.

| Försök | T_{förberead} + T_{förflytt} |
|---------------|---|
| 1 | 1 min 35s |
| 2 | 1min 26s |
| 3 | 1min 31s |
| 4 | 1min 41s |
| 5 | 1min 27s |
| 6 | 1min 33s |
| 7 | 1min 26s |
| 8 | 1min 33s |
| 9 | 1min 24s |
| 10 | 1min 24s |
| 11 | 1min 33 |
| 12 | 1min 30s |

Simulering 2, Brand i Rikssalen, utrymningstid för den kritiska delen av byggnaden:

Tabell 2 Utrymningstid, Rikssalen.

| Försök | T_{förberead} + T_{förflytt} |
|---------------|---|
| 1 | 1 min 28s |
| 2 | 1min 32s |
| 3 | 1min 37s |
| 4 | 1min 34s |
| 5 | 1min 31s |
| 6 | 1min 34s |
| 7 | 1min 31s |
| 8 | 1min 32s |
| 9 | 1min 32s |
| 10 | 1min 44s |
| 11 | 1min 28s |
| 12 | 1min 29s |

10 Känslighetsanalys

Syftet med en känslighetsanalys är att se vilken parameter som påverkar resultatet mest, i det här fallet utrymningsmöjligheten. Resultaten visar på var fokus bör läggas för att effektivisera utrymningen vid larm för att nå målsättningen att alla hinner ut innan kritiska förhållanden uppnås.

Kapitlet kommer vara indelat i två huvudrubriker baserade på vilket program som använts. Det första kapitlet behandlar tiden till kritiska förhållanden (ASET), dvs. hur olika parametrar inom brandförloppet påverkar marginalen. Den andra rubriken behandlar tiden som simulerades i Pathfinder, det som i Ekvation 1 är förberedelse tiden adderad med förflyttningstiden.

Nedan presenteras även resultatet från känslighetsanalysen i form av tornadodiagram för att få en bättre bild av fördelningen.

10.1 Känslighetsanalys Argos

För att avgöra vilka parametrar som har störst påverkan på brandförloppet, gjordes ett urval av ingående faktorer. Nedan visas vilka parametrar som valdes, samt hur tiden till ASET förändrades.

Tiderna i kolumnen ”Tid till kritiska förhållanden och orsakande faktor” i tabellerna nedan kommer jämföras med det initialt beräknade värdet som är 4 min 22 s för Kungens sängkammare resp. 3 min 52 s för Rikssalen.

10.1.1 Brand i Kungens sängkammare

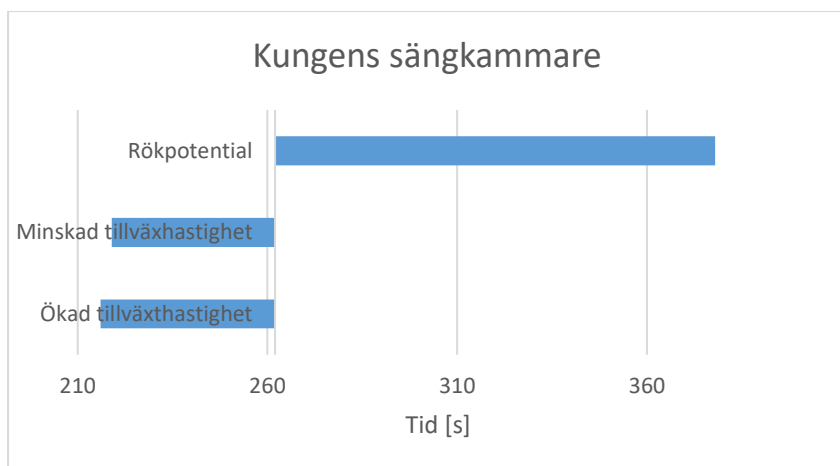
Parametrarna tillväxthastighet och rökpotential har valts eftersom dessa förväntas påverka de kritiska förhållandena mest. Tillväxthastigheten ändras till 0,047 kW/s² respektive 0,003 kW/s² (fast resp. slow enligt Karlsson & Quintiere). Dessa värden presenteras som standardvärden för tillväxthastigheten (Karlsson & Quintiere, 2000) och därför anses det rimligt att använda dessa.

Rökpotentialen ändras till 85,53 dB/m, eftersom det motsvarar ett värde på en sängmadrass i skum och som skiljer sig väldigt mycket från det initialt beräknade värdet. På så sätt demonstreras spannets storlek. Rökpotentialen analyseras enbart med ett värde där det största värdet valdes som standardvärde (Husted B. P., 2004).

Tabell 3 Känslighetsanalys för brandscenario i Kungens sängkammare.

| Ändrade variabler | Original | Förändring till | Tid till kritiska förhållanden och orsakande faktor (Initial tid: 4 min 22 s, begränsad sikt) |
|---------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| Tillväxthastigheten | 0,012 kW/s ² | 0,047 kW/s ² | 3 min 36 s (Rumstemperatur) |
| Tillväxthastigheten | 0,012 kW/s ² | 0,003 kW/s ² | 3 min 39 s (Begränsad sikt) |
| Rökpotential | 298 dB/m | 85,53 dB/m | 6 min 18 s (Rumstemperatur) |

Den parameter som påverkar mest i Kungens sängkammare är rökpotentialen.



Figur 21 Tornadodiagram, Kungens sängkammare.

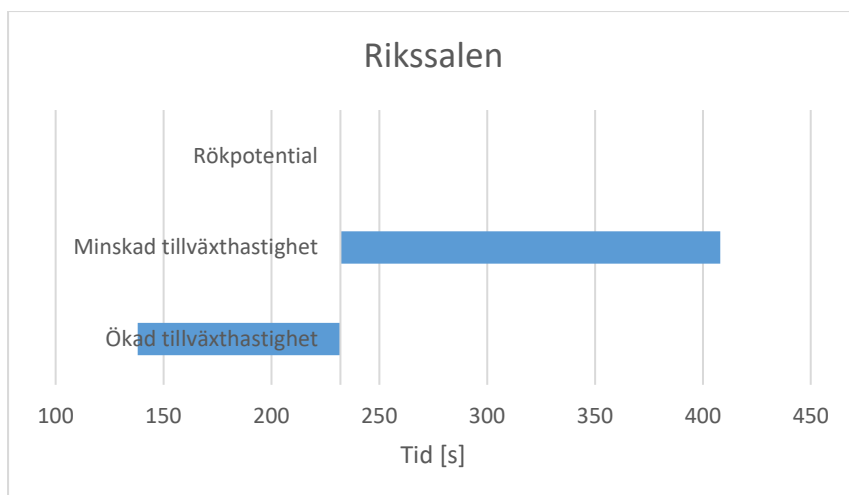
10.1.2 Brand i Rikssalen

Av samma anledning som ovan valdes tillväxthastigheterna till $0,19 \text{ kW/s}^2$ resp. $0,012 \text{ kW/s}^2$. Rökpotentialen analyseras, precis som vid branden i Kungens sängkammare, enbart med ett värde som ändrades till $35,03 \text{ dB/m}$. Värdena större än originalvärdet skiljde sig inte nämnvärt från originalvärdet och därför anses det inte givande att ta med dessa.

Tabell 4 Känslighetsanalys för brandscenario i Rikssalen.

| Ändrade variabler | Original | Förändring till | Tid till kritiska förhållanden och orsakande faktor (Initial tid: 3 min 52 s, temperatur) |
|---------------------|------------------------|------------------------|---|
| Tillväxthastigheten | $0,047 \text{ kW/s}^2$ | $0,19 \text{ kW/s}^2$ | 2 min 18 s (Rumstemperatur) |
| Tillväxthastigheten | $0,047 \text{ kW/s}^2$ | $0,012 \text{ kW/s}^2$ | 6 min 48 s (Rumstemperatur) |
| Rökpotential | $94,6 \text{ dB/m}$ | $35,03 \text{ dB/m}$ | 3 min 52 s (Rumstemperatur) |

Den parameter som påverkar mest i Rikssalen är minskad tillväxthastighet. Det går att avläsa ur både tabellen ovan och tornadodiagrammet nedan att minskad rökpotential inte påverkar tiden till kritiska förhållanden.



Figur 22 Tornadodiagram, Rikssalen.

10.2 Känslighetsanalys Pathfinder

För att göra en känslighetsanalys över utrymningsmöjligheterna ändrades olika parametrar en åt gången i Pathfinder medan övriga förblev de samma. De parametrar som förväntades påverka resultatet mest valdes i känslighetsanalysen. För att se resultatet av alla simuleringar med ändrade parametrar se Bilaga C.

Utrymningstiderna för de ändrade variablerna kommer att jämföras med de initialt beräknade värdena för utrymning som är 1 min 41 s resp. 1 min 44 s för Kungens sängkammare resp. Rikssalen. Genom att jämföra utrymningstiden för simulering 1 och 2, se kapitel 9.2, med utrymningstiderna som togs fram genom känslighetsanalys, Tabell 5 och Tabell 6, går det att avläsa vilka parametrar som har störst inverkan för utrymningstiden.

Resultatet av känslighetsanalysen kommer även att presenteras i form av tornadodiagram för att få en bättre överblick av fördelningen.

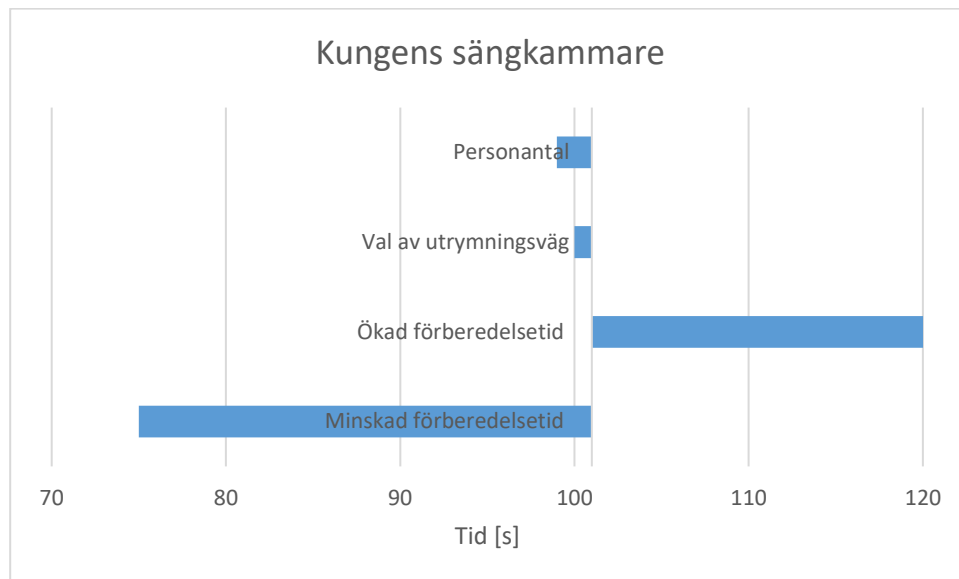
10.2.1 Brand i Kungens sängkammare

Först ändrades parametrarna för Brand i Kungens sängkammare. De ändrade parametrarna och resultatet av dessa redovisas i Tabell 5 nedan. Personantalet gäller för hela planet.

Tabell 5 Ändrade variabler och resultat för Brand i Kungens sängkammare.

| Ändrade variabler | Original | Förändring till | Högsta observerad tid (förberedelsetid + förflyttningtid) Initial tid: 1 min 41 s |
|----------------------|---------------------------------------|---|---|
| Förberedelsetid | 60 s | 40 s | 1 min 15 s |
| Förberedelsetid | 60 s | 80 s | 2 min 0 s |
| Val av utrymningsväg | Utrymningsvägen som passerades senast | Majoriteten går till utrymningsvägen de kom ifrån (Rikssalen) | 1 min 40 s |
| Personantal | 100 | 150 | 1 min 39 s |

Ur känslighetsanalysen erhålls att förberedelsetiden är den parameter som påverkar utrymningstiden mest för Kungens sängkammare.



Figur 23 Tornadodiagram, Kungens sängkammare.

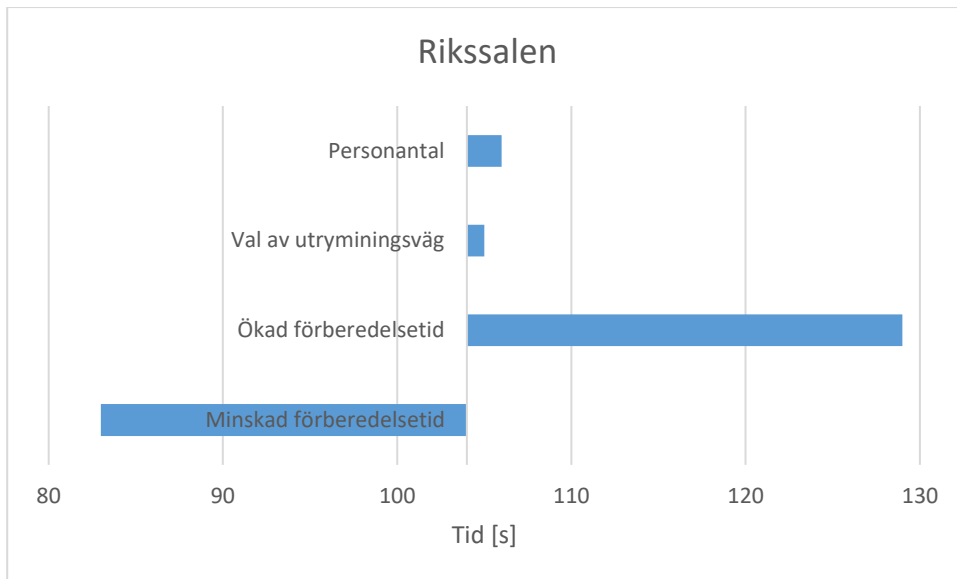
10.2.2 Brand i Rikssalen

Sedan ändrades parametrarna för brand i Rikssalen vars ändringar och resultat redovisas i Tabell 6 nedan.

Tabell 6 Ändrade variabler och resultat för Brand i Rikssalen.

| Ändrade variabler | Original | Förändring till | Högsta tid observerad (förberedelsetid + förflyttningtid) Initial tid: 1 min 44 s |
|----------------------|---------------------------------------|--|---|
| Förberedelsetid | 60 s | 40 s | 1 min 23 s |
| Förberedelsetid | 60 s | 80 s | 2 min 9 s |
| Val av utrymningsväg | Utrymningsvägen som passerades senast | Ingång till Rikssalen stängs vid kritiska förhållanden | 1 min 45 s |
| Personantal | 100 | 150 | 1 min 46 s |

Likt scenariot i Kungens sängkammare är förberedelsetiden den parameter som påverkar utrymningstiden mest i Rikssalen.



Figur 24 Tornodiagram, Rikssalen.

11 Utvärdering av brandskyddet

I detta kapitel kommer ASET och RSET att jämföras där ASET är framtagen genom Argos och RSET är framtagen genom att addera tiden från Pathfinder, vilket är summan av förflyttningstiden och förberedelsetiden, med detektionstiden. Både tiderna för originalscenariona och tiderna framtagna genom känslighetsanalysen kommer jämföras då parameterändringarna påverkar den tillgängliga och nödvändiga tiden. De olika tiderna har tagits fram i kapitel 9 Resultat respektive kapitel

11.1 Kungens sängkammare

Den första tabellen som presenteras nedan, Tabell 7, är baserad på rapportens standardscenario. För att se hur tiderna i tabellen tagits fram se kapitel 9.

Tabell 7 Resultat av ASET och RSET för Kungens sängkammare i standardscenariot.

| Detektionstid | ASET | t_{förbered} + t_{förflyttning} (tid från Pathfinder) | t_{detektion} + t_{förbered} + t_{förflyttning} (RSET) | Marginal (ASET-RSET) |
|----------------------|-------------|--|---|---------------------------------|
| 1 min 31 s | 4 min 22 s | 1 min 41 s | 3 min 12 s | 1 min 10 s |

11.1.1 ASET

Den följande tabellen är baserad på tiderna som fås från scenariona i kapitel 10 där olika parametrar ändrats. De ändrade parametrarna kopplade till ASET är:

- Tillväxthastighet
- Rökpotential

Som ett resultat av att parametrar ändras får de olika scenariona olika ASET vilket medför varierande detektionstider och då även varierande RSET. Detektionstiderna går att avläsa i Händelseförloppen i Bilaga E. Notera att summan av förberedelsetiden och förflyttningstiden är samma som för standardscenariot (1 min 41 s). Detta på grund av att denna del av utvärderingen enbart behandlar brandens parametrar och utrymningsparametrarna lämnas oförändrad tills vidare.

Tabell 8 Tabell över marginalen mellan ASET och RSET vid förändringar av brandparametrar.

| Förändring i simulering | Detektionstid | ASET | t _{detektion} + t _{förbered} + t _{förflyttning} (RSET) | Marginal (ASET-RSET) |
|--|---------------|------------|---|----------------------|
| Ökad tillväxthastighet till 0,047 kW/s ² | 0 min 55 s | 3 min 36 | 2 min 36 s | 1 min 0 s |
| Minskad tillväxthastighet till 0,003 kW/s ² | 2 min 39 s | 3 min 39 s | 4 min 20 s | -0 min 41 s |
| Minskad rökpotential till 85,53 dB/m | 2 min 3 s | 6 min 18 s | 3 min 44 s | 2 min 34 s |

I ett scenario kan säker utrymning inte garanteras. Händelseförloppen i Bilaga E visar att det är enbart ett kritiskt förhållande (Sikten) som uppnås innan utrymningen genomförs, de övriga två uppnås efteråt.

11.1.2 RSET

Den följande tabellen är baserad på scenariona i kapitel 10, där olika parametrar ändrats. De ändrade parametrarna kopplade till RSET är:

- Förberedelsetid
- Val av utrymningsväg
- Personantal

Då ovanstående parametrar ändras medför det att utrymningstiden förändras vilket resulterar i att även RSET ändras. Eftersom att denna del av utvärderingen rör förändringarna i utrymningen kommer ASET och detektionstiden vara desamma som för standardscenariot, dvs. detektionstiden är 1 min 31 s och ASET är 4 min 22 s.

Tabell 9 Tabell över marginalen mellan ASET och RSET vid förändringar av olika utrymningsparametrar.

| Förändring i simulering | t _{förbered} + t _{förflyttning} (tid från Pathfinder) | t _{detektion} + t _{förbered} + t _{förflyttning} (RSET) | Marginal (ASET-RSET) |
|--------------------------------------|---|---|----------------------|
| Minskad förberedelsetid till 40 s | 1 min 15 s | 2 min 46 s | 1 min 36 s |
| Ökad förberedelsetid till 80 s | 2 min 0 s | 3 min 31 s | 0 min 51 s |
| Ändrat val av utrymningsväg | 1 min 40 s | 3 min 11 s | 1 min 11 s |
| Ändrat personantal till 150 personer | 1 min 39 s | 3 min 10 s | 1 min 12 s |

Brandskyddet är i 1 av 8 fall inte tillräckligt för att säkerställa en säker utrymning, där de 8 fallen inkluderar grund- och känslighetsscenarioerna. Det fallerande scenariot uppstår då brandens egenskaper ändras vilket innebär att dessa är avgörande för personsäkerheten på slottet. Ändras parametrarna, som är kopplade till utrymningsmöjligheterna, visar tabellerna ovan att marginalerna ändras men de är fortfarande positiva.

11.2 Rikssalen

Den första tabellen som presenteras nedan, Tabell 10, är baserad på rapportens standardscenario. För att se hur tiderna i tabellen tagits fram se kapitel 9.

Tabell 10 Resultat av ASET och RSET för Rikssalen i standardscenario.

| Detektionstid | ASET | t _{förbered} + t _{förflyttning} (tid från Pathfinder) | t _{detektion} + t _{förbered} + t _{förflyttning} (RSET) | Marginal (ASET-RSET) |
|---------------|------------|--|---|-------------------------|
| 1 min 25 s | 3 min 52 s | 1 min 44 s | 3 min 9 s | 0 min 43 s |

11.2.1 ASET

Den följande tabellen är baserad på tiderna som fås från scenarierna i kapitel där

olika parametrar ändrats. De ändrade parametrarna kopplade till ASET är:

- Tillväxthastighet
- Rökpotential

Som ett resultat av att parametrar ändras får de olika scenarierna olika ASET vilket medför varierande detektionstider och då även varierande RSET. Detektionstiderna går att avläsa i Händelseförloppen i Bilaga E. Precis som ovan är summan av förberedelsetiden och förflyttningstiden densamma som i standardscenarioet, eftersom att endast förändringar av brandparametrarna redovisas här, d.v.s. 1 min 44 s

Tabell 11 Tabell över marginalen mellan ASET och RSET vid förändringar av olika brandparametrar.

| Förändring i simulering | Detektionstid | ASET | t _{detektion} + t _{förbered} + t _{förflyttning} (RSET) | Marginal (ASET-RSET) |
|--|---------------|------------|---|-------------------------|
| Ökad tillväxthastighet till 0,19 kW/s ² | 0 min 46 s | 2 min 18 s | 2 min 30 s | -0 min 12 s |
| Minskad tillväxthastighet till 0,012 kW/s ² | 2 min 30 s | 6 min 48 s | 4 min 14 s | 2 min 34 s |
| Minskad rökpotential till 35,03 dB/m | 1 min 25 s | 3 min 52 s | 3 min 9 s | 0 min 43 s |

I ett scenario kan säker utrymning inte garanteras. Händelseförloppen i Bilaga E visar att det är enbart ett kritiskt förhållande som uppnås innan utrymningen genomförts (temperaturen), de övriga två uppnås efteråt.

11.2.2 RSET

Den följande tabellen är baserad på scenarierna i kapitel 10, där olika parametrar ändrats. De ändrade parametrarna kopplade till RSET är:

- Förberedelsetid
- Val av utrymningsväg
- Personantal

Då ovanstående parametrar ändras medför det att utrymningstiden förändras vilket resulterar i att även RSET ändras. Brandens parametrar är desamma som för standardscenariot och de är även detektionstiden (1 min 25 s) och ASET (3 min 52 s).

Tabell 12 Tabell över marginalen mellan ASET och RSET vid förändringar av olika utrymningsparametrar.

| Förändring i simulering | t_{förbered} + t_{förflyttning} | t_{detektion} + t_{förbered} + t_{förflyttning} (RSET) | Marginal (ASET-RSET) |
|--------------------------------------|--|---|-----------------------------|
| Minskad förberedelsetid till 40 s | 1 min 23 s | 2 min 48 s | 1 min 4 s |
| Ökad förberedelsetid till 80 s | 2 min 9 s | 3 min 34 s | 0 min 18 s |
| Ändrat val av utrymningsväg | 1 min 45 s | 3 min 10 s | 0 min 42 s |
| Ändrat personantal till 150 personer | 1 min 46 s | 3 min 11 s | 0 min 41 s |

12 Åtgärder

Som konstaterats i föregående kapitel är det befintliga brandskyddet tillfredställande i samtliga fall utom två. För att säkerställa utrymningen och ta hänsyn till osäkerheter innehåller följande kapitel krav på åtgärder, som måste genomföras, samt förslag på åtgärder som kan förbättra marginalen och komplettera det befintliga brandskyddet.

12.1 Krav på åtgärder

Vid brand i Rikssalen då tillväxthastigheten är $0,19 \text{ kW/s}^2$ och vid brand i Kungens sängkammare då tillväxthastigheten är $0,003 \text{ kW/s}^2$ går säker utrymning inte att säkerställas, se känslighetsanalys. För att utrymningen ska kunna genomföras på ett säkert sätt behövs ett lägre RSET, dvs. en snabbare detektion. Detektionstiden är enklast att påverka med kvantifierade resultat. Det innebär att det behövs fler detektorer med kortare avstånd mellan varandra och/eller känsligare detektorer installerade i Rikssalen.

Det ställs också krav på att övriga detektorer på plan tre ska ses över. Eftersom att de är övermålade är det osäkert om de fungerar enligt tillverkarens föreskrifter. Resultaten, presenterade i rapporten, utgår från att samtliga detektorer fungerar på ett tillfredsställande sätt. Om så inte är fallet kan inte resultaten från denna rapport anses tillförlitliga.

12.2 Förslag på åtgärder

Som nämnts i kapitel 4, fungerar det samplade systemet inte på ett tillfredsställande sätt. På grund av detta bör det utredas och vid behov kompletteras eller bytas ut.

Besökarna skulle kunna informeras om var utrymningsvägar finns samt hur de ska gå tillväga i händelse av brand eller om larmet går, exempelvis genom broschyrer där utrymningsvägarna är tydligt markerade. Denna enkla handling ger besökarna möjlighet till en överblick av slottet samt uppmärksammar dem på de olika nödutgångarna. På så sätt kan trängsel och köbildning vid en nödutgång förhoppningsvis motverkas.

En enkel åtgärd som kan vidtas är att kontinuerligt se över kablar och elektronik för att säkra att allt är helt och i ordning. Detta minskar sannolikheten för kabelbrand.

För att reducera risken för brand under Karnapet (kap. 6.1.5) borde det, med jämna mellanrum, städas bort löv och skräp som ligger under slottsdelens för att reducera risken att en anlagd brand utvecklar sig.

13 Verifiering av åtgärder

I det här avsnittet kommer åtgärderna diskuteras och verifieras.

För att säker utrymning ska kunna säkerställas vid en tillväxthastighet på $0,19 \text{ kW/s}^2$ i samband med brand i Rikssalen, föreslogs det i kapitel 12 att installation av fler detektorer med kortare avstånd mellan varandra och/eller snabbare rökdetektorer ska genomföras. I det ovan nämnda scenariot blir marginalen negativ med 12 s med detektering efter 46 s. Om scenariot ska kunna godkännas med positiv marginal, behöver detektionstiden sänkas med minst 12 s. När simuleringar gjordes med kortare avstånd på mellan detektorerna istället för nuvarande avstånd blev det ingen skillnad i detektionstid. När simuleringar istället gjordes med känsligare detektorer som larmar vid optisk densitet på $0,2 \text{ dB/m}$ istället för $0,4 \text{ dB/m}$ blev detektionstiden 37 s, vilket är 9 s snabbare, men fortfarande inte tillräckligt för att uppnå en positiv säkerhetsmarginal. Avståndet mellan detektorerna påverkar här endast detektionstiden om känsligheten samtidigt ökas. Detta gjorde att känsligheten ökades samtidigt som detektoravståndets gradvis sänktes till dess att detektionstiden sänkts med 12 s, vilket skedde vid 5,6 m detektoravstånd. Det avståndet gav en distans från detektor till brand på 3,96 m. För att kunna uppnå den distansen från detektor till brand behövs åtta detektorer i Rikssalen. Avståndet mellan detektorerna kan kortas ner för en mer optimal placering vilket skulle ge en snabbare detektionstid. För att se simuleringresultat för detektoraktivering från verifieringarna, se Bilaga F.

För att ovanstående verifiering ska gälla krävs det att detektorerna fungerar enligt tillverkarens föreskrifter. Eftersom de nuvarande detektorerna är övermålade går detta inte att säkerställa och därför måste deras funktion kontrolleras. Skulle inte detektorerna fungera som förväntat måste samtliga bytas ut.

14 Diskussion

Nedan följer en diskussion angående väsentliga delar i rapporten.

14.1 Optisk densitet

Väggarna är av stor betydelse vid utrymning (Gunnarsson, 2003). Med tanke på att Kungens sängkammare är ett relativt litet rum är det därför rimligt att sänka kravet på sikt med tanke på att det är möjligt att följa väggen, vilket är ett förknippat beteende i rökfyllda lokaler. Vidare skriver Gunnarsson "Vid "normal" lysrörsbelysning vållade en röktäthet på 3-4 obscura [dB/m] inga problem" om diverse utrymningsförsök. Vid 4 min 20 s som är RSET vid brand i Kungens sängkammare då tillväxthastigheten är $0,003 \text{ kW/s}^2$, är optisk densitet ca 3,22 dB/m. Det motsvarar ca 3,1 m sikt. Även enligt Frantzich och Nilsson är väggarna av stor betydelse vid utrymning genom tät rök. Majoriteten av personerna följer den ena väggen och är ovilliga att vika undan från den (Frantzich & Nilsson, Utrymning genom tät rök: beteende och förflyttning, 2003). Från Figur 13 och Figur 16 går det att avläsa att tiderna till kritisk temperatur och kritisk strålning uppnås långt efter att folk har utrymt. Baserat på detta är det rimligt att utgå från att säker utrymning kan genomföras i Kungens sängkammare då tillväxthastigheten är $0,003 \text{ kW/s}^2$.

Westfaliska galleriet har inte behandlats tidigare i rapporten, men då den optiska densiteten i rummet stiger kraftigt under brandförloppet i Rikssalen, se Figur 18, är det värt att kommentera. Varför kurvan ser ut som den gör är osäkert, men utrymningen kommer med säkerhet inte äventyras. Med samma resonemang som ovan kan säker utrymning påvisas eftersom Westfaliska galleriet kan liknas vid en korridor och det är lätt att följa väggarna. Det framgår även genom Figur 17 och Figur 20 att varken strålning eller temperatur hotar utrymningssäkerheten.

14.2 Simuleringar

Figur 17 visar att temperaturen i undre delen av rummet, dvs. där besökarna rör sig, i brandrummen inte når över 350 °C , vilket innebär att övertändning aldrig inträffar. Bränderna lämnade inte tillväxtfasen, vilket betyder att antagandet om att endast det initiala brandförloppet är av intresse var korrekt och att Argos är ett tillräckligt pålitligt simuleringsprogram i sammanhanget.

För att få fram de redovisade simuleringsresultaten har en mängd antaganden gjorts vilket medför viss påverkan på resultaten.

Resultaten från Pathfinder påverkar scenariernas RSET. Viktiga parametrar så som antal besökare på våningen, deras fördelning, kroppsform och förutsättningar som gånghastighet har hämtats från olika källor. Enligt vår kontaktperson har det maximala antalet besökare på slottet varit 300 personer samtidigt. Då slottet består av tre våningar antogs det vara 100 personer på varje våning. Antal personer på våningsplanet har stor betydelse när det kommer till utrymningstid då det tar längre tid att utrymma många människor. Det kan dock diskuteras hur stor betydelse det har om antalet varierar med ± 20 personer. Det uppskattades i alla fall att det befinner sig 100 personer på det aktuella våningsplanet.

Huruvida detta är ett konservativt antagande eller inte går att diskuteras. Ett besökarantal på

300 personer på slottet är ett rekordantal och inte så många besökare som vistas där samtidigt i normalfall. Med detta i åtanke anses antagandet 100 personer på våningsplanet vara ett konservativt antagande.

Det är även värt att nämna att de antagande som gjorts kring hur många som placerats i de olika rummen kan ha stor påverkan på resultatet. Skulle alla 100 personer placeras i till exempel rikssalen hade tillfredsställande utrymning förmodligen varit omöjlig att uppnå oavsett fall och variabeländring. Hade däremot alla placerats i ett utrymme långt från den dimensionerande branden med en utrymningsväg i närheten hade det istället möjligt resulterat i att alla kunde utrymma säkert. Det är svårt att göra en bedömning på hur konservativt det bör vara utan att det blir osannolikt.

När det kommer till kroppsgeometrier användes medelvärden på längder och axelbredder så långt det gick att hitta för, barn, vuxna och äldre. Eftersom medelvärdena ges till alla personerna som simuleras blir resultatet rimligtvis tämligen missvisande eftersom långt ifrån allas kroppsform följer medelvärdet. Skulle besökarna vara större än vad som antagits i rapporten betyder det att de tar upp större plats vilket påverkar flödet genom dörrarna. En större kroppsgeometri resulterar vanligtvis även i en långsammare gånghastighet vilket ökar utrymningstiden. Eftersom storlek och gånghastighet är betydelsefulla parametrar medför det att även ålder och könsfördelningen blir väsentlig. Skulle besökarna endast bestå av vältränade vuxna män och kvinnor skulle utrymningen ske betydligt fortare än om alla besökare skulle vara äldre. I ett försök att reducera risken för missvisande resultat avseende dessa faktorer sattes rimliga grupper av människor ihop. Grupperna bestod av vuxna par, äldre med barn, äldre par och kompisgäng samt vuxna med barn. Med hänsyn till att verksamheten drivs i ett slott och kretsar kring kungafamiliens historia, simulerades majoriteten av besökarna som äldre personer. Detta även för att få ett konservativt tillvägagångssätt.

Som framgår i kapitel 11 ändras förutsättningarna för säker utrymning då olika parametrar ändras. Ur kapitlets tabeller går det även att urskilja att brandens egenskaper har betydande påverkan på utrymningsmöjligheterna och det är ett bevis på att ASET inte alltid är större än RSET då ett scenario resulterar i detta. Det är därför viktigt att ta hänsyn till de varierande marginalerna för att säkerställa byggnadens brandskydd. Det är även viktigt att ta hänsyn till de antaganden som gjorts i simuleringsprogrammen. Antagandena som gjorts utgår från en konservativ synvinkel för att utmana det befintliga brandskyddet.

Det är även svårt att avgöra en brands tillväxthastighet. I denna rapport har värden tagits ifrån liknande objekt vars tillväxthastighet blivit dokumenterade. Det fanns ingen möjlighet att ta reda på vilka ämnen madrassen i sängen som är placerad i Kungens sängkammare innehöll vilket resulterade i antaganden baserade på alternativ angivna i *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson & Quintiere, 2000). På samma sätt gjordes antaganden i Rikssalen. Dessa antagna tillväxthastigheter förutsätter att ingen utomstående påverkar förloppet genom antingen släckningsförsök eller genom att tillföra bränsle.

I Argos finns det många olika typer av brandförloppsmodeller att välja mellan. Dessa kräver dock en hel del ingångsdata som inte finns tillgänglig, vilket i så fall skulle leda till stora osäkerheter då fler antagande hade behövt göras. Detta ledde till att en αt^2 -kurva användes då det endast krävdes en maxeffekt och tillväxthastighet vilket är betydligt enklare att få fram.

I ett verkligt fall är det rimligt att tillväxthastigheten, i tidigt skede av brandförloppet, är betydligt lägre än den givna tillväxthastigheten i brandscenariot. Detta beror på att antändningskällan förmodligen initialt kommer ge upphov till en glödbland. Då dessa bildar mycket rök kommer branden potentiellt detekteras något tidigare än vad som simulerats vilket i sådant fall ger möjlighet till en tidigare utrymning. Argos utgår från att branden tar fart från början och växer exponentiellt, se Figur 15 och Figur 19. I verkligheten kan det dock förväntas att det kommer ta ett tag innan branden utvecklas till en flambrand, dvs. det kommer enbart pyra och glöda. Medan detta sker är det möjligt att branden upptäcks och rapporteras. Sannolikheten att branden hinner utveckla sig så pass mycket att detektorerna aktiverar larmet innan manuell aktivering sker kan därför diskuteras. Anledningen till att det i rapporten utgått från att branden inte upptäcks innan detektorn aktiveras är för att kunna vara konservativa. Det är dock fullt rimligt att branden kommer upptäckas tidigare av personal eller besökare men detta är inget som går att förlita sig på.

I känslighetsanalysen höjs tillväxthastigheten på branden i Rikssalen till $0,19 \text{ kW/s}^2$, vilket motsvarar ”Ultra fast” i *Enclosure Fire Dynamics*. Den simuleringen innebär att det måste installeras åtta detektorer i Rikssalen för att detektera branden i tid. Att anta att en brand har en tillväxthastighet som är så hög, kan vara för konservativt. *Enclosure Fire Dynamics* anger att en bensinpöl med en diameter större än tre fot, (0,91m), garderob av tunn plywood och metylalkohol brinner med sådana tillväxthastigheter. Därför borde en noggrannare analys av hur många detektorer som optimalt behövs i Rikssalen genomföras.

Valet av golv-, tak- och väggmaterial påverkar endast temperaturen i rummet. Eftersom att det inte fanns indata tillgängligt för att helt korrekta skapa materialen på egen hand användes förbestämda material som kan ha andra termiska egenskaper och tjocklek. Det gör att den kritiska temperaturen kan ha uppnåtts tidigare eller senare, vilket skapar osäkerheter i resultatet.

Då känslighetsanalysen gjordes ändrades följande parametrar:

- Förberedelsetiden, både ökad och minskad
- Val av utrymningsväg
- Personantal

Förberedelsetiden och val av utrymningsväg är intressanta att titta på eftersom de är väldigt individuella. Det är svårt att förutse hur snabbt en människa reagerar och var personen väljer att gå när han eller hon väl har gjort det.

Det uppmärksammades att ASET uppkom 43 s tidigare då tillväxthastigheten var $0,003 \text{ kW/s}^2$ än då den var $0,012 \text{ kW/s}^2$ (ursprunglig brand) vid brand i Kungens sängkammare se Tabell 3. I båda fallen var det sikten som blev för dålig. Efter att ha undersökt varför detta inträffade framkom det att det hade blivit ett misstag i uppställningen av rummen i Argos. Kungens säng, brandkällan hade placerats i ett enskilt rum för att geometrierna skulle stämma överens så mycket som möjligt med verkligheten. Kungens säng är dock inte skild från resten av sängkammaren av fysiska hinder. Argos tolkade dock det som att Kungens säng och Kungens sängkammare var två olika rum, med fysiska hinder mellan, och rök inte kan sprida sig mellan rum om det inte finns ett rökgaslager, enligt Argos. Att Argos räknade på det sättet för rökspridning mellan rum var okänt för oss då simuleringarna gjordes. För den lilla branden var det inga problem, men för den ursprungliga branden innebar det att röken inte spred sig till Kungens sängkammare förrän väldigt sent. Detta gjorde att kritiska förhållanden för sikt

uppkom senare än vad som är rimligt. De presenterade åtgärderna är dock fortfarande relevanta och bortsett från att den ursprungliga branden får en negativ marginal mellan ASET och RSET påverkas inte resultatet heller.

14.3 Befintligt brandskydd

Slottsupplysningsmannen har arbetat länge med att få förbättra slottets brandskydd, men då det är kulturskyddat är möjligheterna begränsade. Det brandskydd som finns installerat är både bra och behövligt. Som konstaterats tidigare i rapporten krävs det vidare förbättringar för att utrymningsmöjligheterna ska vara tillfredställande. De förbättringsförslag som föreslagits i rapporten är möjliga att genomföra då det handlar om att komplettera eller byta ut det befintliga brandskyddet mot liknande utrustning samt att investera i att förbättra besökarnas medvetenhet angående utrymningsvägar. Detta är åtgärder som inte påverkar byggnaden alls eller i någon större utsträckning, vilket är kravet för kulturskyddade byggnader.

Önskemål om att få slottet indelat i godkända brandceller har även diskuterats men i slutändan nekats då det skulle ha för stor påverkan på slottets kulturhistoriska värde. Istället har vissa dörrar utrustats med dörrstängare och förstärks med dörrskivor samt brandskyddsmålats. Dessa åtgärder kan i praktiken inte mäta sig med en korrekt brandcellsindelning, men bidrar ändå till något bättre brandskydd.

När det kommer till utbildning av personal och rutiner håller verksamheten en hög standard. Med regelbundna personalutbildningar, utrymningsövningar och brandskyddskontroller genomför verksamheten flera viktiga åtgärder för att förebygga bränder. Utförs detta på ett tillfredställande sätt anses detta vara tillräckligt brandskydd utifrån den organisatoriska aspekten.

14.4 Förslag på åtgärder

Det är att föredra att ha ett fungerande brandlarmsystem i varje rum, speciellt med tanke på slottets geometrier som dels består av långa avstånd mellan tak och dörröppningarnas överkant. Detta resulterar i att det tar tid för brandgaserna att sprida sig från ett rum utan fungerande/befintlig detektor in till ett rum med en fungerande detektor. På grund av detta kan branden hinna bli ganska omfattande innan den detekteras vilket kan leda till försvårade utrymningsmöjligheter. Eftersom det samplade systemet på slottet inte fungerar tillförlitligt bör detta systemet utredas och vid behov kompletteras eller bytas ut. Det är inte bara det faktum att det samplade systemet inte är optimalt för byggnaden då det är opålitligt, det är även problematiskt att det är svårt och långdraget att byta ut delar som gått sönder. Eftersom detta, baserat på slottupplysningsmannens erfarenhet, tar tid då systemet är utgången vilket resulterar i att reservdelar kan vara svåra att få tag på. (Sjöberg, 2018) På grund av ovanstående förutsättningar borde någon form av åtgärd vidtas i de aktuella rummen.

Ett enkelt sätt som möjligtvis skulle kunna leda till minskad utrymningstid är att informera besökarna var utrymningsvägarna finns placerade i slottet och hur de bör gå tillväga vid händelse av brand eller om larmet går. Förhoppningen med åtgärden är att minska köbildningen genom att uppmärksamma besökarna på tillgängliga vägar. Ett sätt att få ut informationen skulle kunna vara genom utdelning av broschyrer i receptionen.

Genom att regelbundet se över kablar och diverse elektronik är det enkelt att identifiera och åtgärda skador som på något vis uppstått på en komponent. Detta är en åtgärd som endast kostar

lite extra tid men som kan minimera risken för uppkomst av brand på grund av elfel. I och med att det är en så pass enkel åtgärd som dessutom är gratis är den starkt rekommenderad. Även om uppkomsten av elfel inte är särskilt vanligt kan de fortfarande ske och bör därför betraktas som en rimlig risk. Elfel har redan startat en brand på slottet en gång vilket gör att personalen borde vara angelägna om att det inte ska hända igen.

Karnapet är konstruerat i massivt trä vilket gör att utrymmet i sig inte är lättantändligt. Risken för en stor brand ligger därför mer i att det finns en del löv och skräp i trappan under Karnapet som kan ge en snabb brandspridning. Genom att se till att det hålls relativt städat där kan risken för en stor utvecklad brand minimeras. Detta är en åtgärd som anses relativt enkel och billig att vidta. Denna åtgärd blir dessutom extra viktig då det är svårt att övervaka platsen då den syns dåligt från insidan av slottet på grund av att de flesta fönster har långa och stora gardiner som skymmer sikten.

14.5 Toxicitet

De kritiska förhållanden som användes i rapporten är strålning från rökgaslagret, sikt och rumstemperatur (se kap. 5.2). Toxicitet behandlas alltså inte. Det var ingenting som kunde undersökas, eftersom versionen av Argos som användes, inte har implementerade beräkningsmetoder för toxicitet. Som en följd av detta togs det inte heller med något krav för rökgaslagrets höjd, eftersom det inte kunde avgöras hur länge det går att befinna sig i rökgaslagret utan att ta skada av röken.

Då toxiciteten inte beaktas i denna rapport kan resultatet vara något missvisande eftersom det inte går att bekräfta att detta kritiska förhållande uppstår senare än de kritiska förhållanden som utgåtts från i rapporten.

15 Slutsats

Vid utvärdering av det befintliga brandskyddet visades det att utrymning inte kan ske tillfredställande i samtliga fall. På grund av detta måste åtgärder vidtas för att säkerställa de bestämda skyddsmålen och därmed säkerheten på Gripsholms slott. En del av åtgärderna kommer ställas som krav och en del som förslag på förbättringar som bör genomföras. De åtgärder som krävs presenteras i punktlistan nedan:

- En utförlig analys om det optimala antalet, avståndet och känsligheten på detektorerna i Rikssalen måste genomföras, eftersom brandskyddet där inte är tillräckligt i nuläget.
- Kontrollera detektorernas funktion då de är övermålade.

De åtgärder som föreslås presenteras i punktlistan nedan:

- Kablar och elektronik bör ses över så att allt är helt för att minska risk för oönskad värmeutveckling och därmed uppkomst av brand.
- De löv och skräp under trappan under Karnapet bör städas undan för att minska risken att en anlagd brand får fäste i trappan.
- Det samplande systemet bör utredas och vid behov kompletteras eller bytas ut mot annan detektor.
- Uppmärksamma besökarna på befintliga utrymningsvägar.

Referenser

- Deibjerg, T., P. Husted, B., Bygbjerg, H., & Westerman, D. (2003). *Argos User's Guide*. Köpenhamn: Danish Institute of Fire and Security Technology.
- Engineers, S. o. (2002). *Engineering Guide to Human Behavior in Fire*.
- EUROPE, C. (2009). *European Guideline* .
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning*. Räddningsverket .
- Frantzich, H., & Nilsson, D. (2003). *Utrymning genom tät rök: beteende och förflyttning*. Lund.
- Gunnarsson, H. (2003). *Evakuering genom rök*. Lund.
- Husted, B. P. (2004). *Optical smoke units and smoke potential of different products*. Danish Institute of Fire and Security Technology.
- Husted, B. P., & Westerman, D. (2009). *Argos Theory Manual*. Hvidovre: Danish Institute of fire and Security Technology.
- Hyeong-Jin, K., & Lilley, D. G. (2000). *Heat release of burning items in fires*.
- Jun-bin, X., Cheng, Z., Jun-fei, Z., Qing-quan, C., & Jia-bao, W. (2013). *The Study on Influence Factors of the Mechanical Smoke Evacuation System in Atrium Buildings*.
- Karlsson, B., & Quintiere, J. G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*.
- Körner, S., & Wahlgren, L. (2015). *Statistisk Dataanalys*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Kungahuset. (n.d.). *Gripsholms slott*. Retrieved from Kungahuset.
- MSB. (2016). *Räddningstjänst i siffror 2015*. MSB.
- MSB. (n.d.). MSB:s statistik- och analysverktyg IDA.
- Östberg, L. (2017, mars 1). Den genomsnittliga axelbredd kvinnor. *DommeTual*.
- Purser, D. A. (2002). *Toxicity Assessment of Combustion products*. Quincy: NFPA.
- Räddningsverket, & Riksantikvarieämbetet. (1997). *Brandskydd i kulturbyggnader*.
- Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires* . Lund.
- SCB. (2016, December 14). Retrieved from <https://www.scb.se/hittastatistik/sok/?query=medell%C3%A4ngd&lang=sv>
- Seyfried, A., Boltz, M., Kähler, J., Klingsch, W., Portz, A., Rupprecht, T., . . . Winkens, A. (2009). *Enhanced Empirical Data for the Fundamental Diagram and the Flow Through Bottlenecks*. Berlin: Springer.
- Sjöberg, J. (2018, Mars 14).
- Thalberg, C. (2018, februari 2). *Lagar och ansvar för kulturhistorisk bebyggelse*.
- Thunderhead. (2017). *Pathfinder User Manual* . New York , United State of America .
- Van Hees, P. A. (2001). *Mathematical Modelling of Fire Development in Cable*. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd.

Bilaga A

I denna bilaga presenteras beräkningar och antaganden för varje brandscenario som tas upp i avsnitt 6.

Gula salongen

I salen står där 12 stolarna som vardera täcker en golvyta på $0,45 \times 0,42$ meter och brinner med en effekt på 680 kW/m^2 . Maxeffekt för stolarna blir då:

$$0,45 * 0,42 * 680 * 12 = 1540 \text{ kW}$$

I salen står även två soffor som även de brinner med en effekt på 680 kW/m^2 men täcker en golvyta på $1,5 \times 0,57$ meter. Detta ger en maxeffekt på:

$$1,5 * 0,57 * 680 * 2 = 1160 \text{ kW} \text{ Detta}$$

ger sammanlagt en total maximal effekt på:

$$1160 + 1540 = 2700 \text{ kW}$$

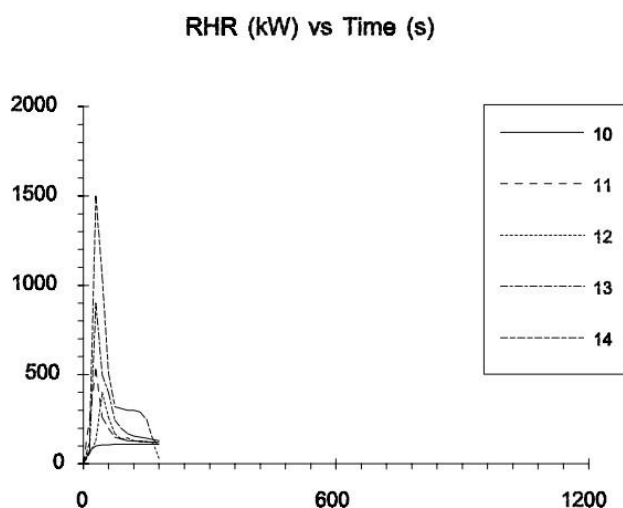
Karnapet

Karnapet innehåller 3 stolar och ett bord (och en krukväxt som bortses från). Stolarna antas brinna med 680 kW/m^2 och golvet och bordet med 250 kW/m^2 . Anledningen till att golvet räknas med är på grund av att branden startar under karnapet och sprids uppåt och då utsätts golvet först. Arealen på golvet är ca 10 m^2 , stolarna har en area på $0,16 \text{ m}^2$ och bordet är ca $0,28 \text{ m}^2$ stort.

$$680 * 3 * 0,16 + 0,28 * 250 + 10 * 250 = 2900 \text{ kW}$$

Audienssalen

Effektkurvan för gardiner av olika slag ser ut som följande (Särdqvist, 1993).

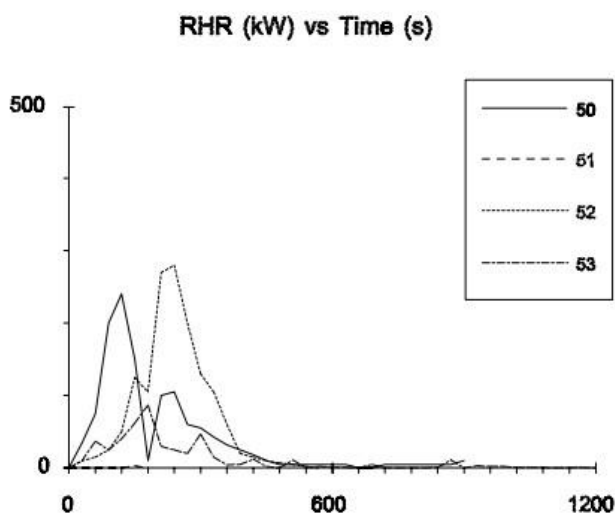


Figur 25 RHR kurvor för olika slags gardiner.

Gardinsort nummer 11 valdes då dessa var gjorda av bomull. Testen var gjorda för gardiner med arean 9 m^2 så den maximala effekten på 500 kW dividerades med 9 för att få maximal

effekt/m². Detta värde multiplicerades sedan med antalet gardiner (8 stycken) och deras area (5 m²) detta gav en maximal effekt på 2200kW.

Stolarna som stod mellan fönsterna togs också med då de antas antända om gardinerna gör det. Effektkurvor för olika stolar ses nedan. (Särdqvist, 1993)



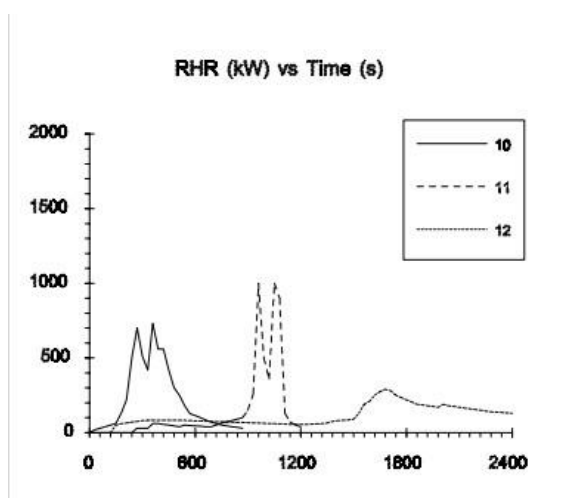
Figur 26 RHR kurvor för olika sorters stolar.

Stolsnummer 53 valdes då detta försök gjordes med stolar av trä, vilket stolarna i rummet också var gjorda av. Varje stol har en maximal effekt på 80 kW vilket multiplicerades med antal stolar (10 stycken). Detta gav en maximal effekt på 800 kW.

Den maximala effekten från gardinerna och stolarna lades sedan samman till en total maximal effekt vilket blev 3000 kW.

Kungens sängkammare

Effektkurvan för sängen antas följa kurva nummer 11 då det förväntas motsvarande ungefär samma mängd material, se Figur 27. Värmeutvecklingen multiplicerades med två då sängen är något större än endast en sjukhussäng. Detta blev då 1000 kW*2=2000 kW.



Figur 27 RHR kurvor för två typer sjukhussängar.

För att beräkna effektutvecklingen från tyget som hänger ner runt sängen användes gardinsort 11, se Figur 25. Tyget motsvarar uppskattningsvis fyra stycken gardiner med måtten 2 m². Testerna för kurvan i Figur 27 var gjorda för 9 m² gardiner därför dividerades den maximala effekten på 500 kW med 9. Sedan multiplicerades detta värdet med antal gardiner och arean på dessa, effekten för tyget blev då 444 kW.

Den totala effekten för sängen blev drygt 2400 kW.

Konseljrummet

Stolarna har en golvarea på ca 0,4*0,4 m². Soffan är ungefär lika bred som tre stolar och har därför en golvarea på 0,4*1,2 m². Branden i startobjektet blir därför.

$$0,4 * 0,4 * 680 * 2 + 0,4 * 1,2 * 680 + 2000 = 2544 \text{ kW}$$

2000 kW kommer från träpanelen. Med tanke på osäkerhet i beräkningarna, avrundas resultatet till 3000 kW.

Bilaga B

Nedan presenteras de konstanter som används i Pathfinder. De konstanter som används är den procentuella fördelningen mellan grupper samt hastighet, längd och bredd för olika typer av personer.

Konstanter:

12% av besökare är barn som är där med äldre personer, alltså går de långsammare.

10% är barn där med sina föräldrar

23% är äldre kvinnor

23% är äldre män

8% är kvinnor utan barn

8% är kvinnor med barn

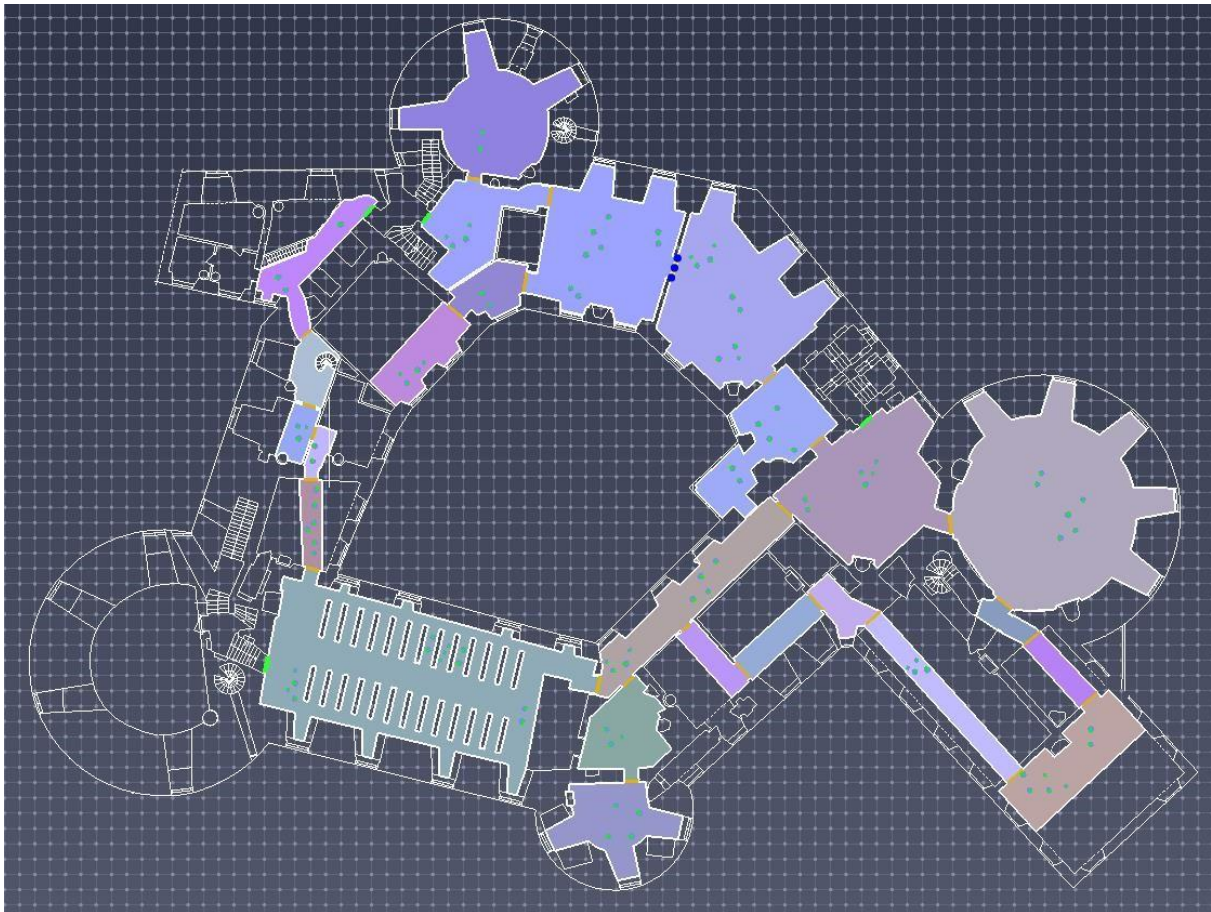
9% är män utan barn

7% är män med barn

Förberedelsetiden sattes till 60s. Men då programmet använder en lognormerad fördelning sattes spridningen för tiden till $\pm 25s$

Tabell 13 Konstanter för de olika grupperna som används.

| Personer | Hastighet (m/s) | Längd (m) | Bredd (cm) |
|-----------------|------------------------|------------------|-------------------|
| Barn | 1,08 | 1,2 | 35 |
| Vuxen kvinna | 1,24 | 1,68 | 43 |
| Vuxen man | 1,3 | 1,82 | 49 |
| Äldre kvinna | 1,04 | 1,68 | 43 |
| Äldre man | 1,05 | 1,82 | 49 |



Figur 28 Överbild över simulering i Pathfinder.

Bilaga C

Nedan presenteras värdena från varje simulering i Pathfinder vid ändringar av olika variabler. I fetstilt står det högsta observerade värdet, bestämt av konvergensanalys.

Simuleringsresultat för känslighetsanalys av Kungens sängkammare:

Tabell 14 Resultat av minskad förberedelsestid till 40 s.

| Försök | Utrymningstider |
|---------------|------------------------|
| 1 | 1 min 7 s |
| 2 | 1 min 12 s |
| 3 | 1 min 10 s |
| 4 | 1 min 15 s |
| 5 | 1 min 10 s |
| 6 | 1 min 6 s |
| 7 | 1 min 14 s |
| 8 | 1 min 13 s |
| 9 | 1 min 9 s |
| 10 | 1 min 11 s |
| 11 | 1 min 3 s |
| 12 | 1 min 13 s |

Tabell 15 Resultat av ökad utrymningstid till 80 s.

| Försök | Utrymningstider |
|---------------|------------------------|
| 1 | 2 min 0 s |
| 2 | 1 min 49 s |
| 3 | 1 min 54 s |
| 4 | 1 min 50 s |
| 5 | 1 min 55 s |
| 6 | 1 min 51 s |
| 7 | 1 min 58 s |
| 8 | 1 min 59 s |
| 9 | 1 min 43 s |
| 10 | 1 min 52 s |
| 11 | 1 min 52 s |
| 12 | 1 min 48 s |

Tabell 16 Resultat av ändrad utrymningsväg, då de flesta går ut genom Rikssalen.

| Försök | Utrymningstider |
|---------------|------------------------|
| 1 | 1 min 31 s |
| 2 | 1 min 33 s |
| 3 | 1 min 26 s |
| 4 | 1 min 32 s |
| 5 | 1 min 39 s |
| 6 | 1 min 37 s |
| 7 | 1 min 31 s |
| 8 | 1 min 40 s |
| 9 | 1 min 33 s |
| 10 | 1 min 28 s |
| 11 | 1 min 32 s |
| 12 | 1 min 24 s |

Tabell 17 Resultat av ökat personantal till 150 personer.

| Försök | Utrymningstider |
|---------------|------------------------|
| 1 | 1 min 39 s |
| 2 | 1 min 39 s |
| 3 | 1 min 27 s |
| 4 | 1 min 28 s |
| 5 | 1 min 33 s |
| 6 | 1 min 38 s |
| 7 | 1 min 27 s |
| 8 | 1 min 37 s |
| 9 | 1 min 27 s |
| 10 | 1 min 24 s |
| 11 | 1 min 30 s |
| 12 | 1 min 29 s |

Simuleringsresultat för känslighetsanalys av Rikssalen:

Tabell 18 Resultat av minskad förberedelseid till 40 s.

| Försök | Utrymningstider |
|---------------|------------------------|
| 1 | 1 min 10 s |
| 2 | 1 min 11 s |
| 3 | 1 min 11 s |
| 4 | 1 min 15 s |
| 5 | 1 min 15 s |
| 6 | 1 min 15 s |
| 7 | 1 min 13 s |
| 8 | 1 min 23 s |
| 9 | 1 min 11 s |
| 10 | 1 min 22 s |
| 11 | 1 min 20 |
| 12 | 1 min 8 s |

Tabell 19 Resultat av ökad förberedelseid till 80 s.

| Försök | Utrymningstider |
|---------------|------------------------|
| 1 | 1 min 50 s |
| 2 | 2 min 9 s |
| 3 | 1 min 57 s |
| 4 | 1 min 56 s |
| 5 | 1 min 53 s |
| 6 | 1 min 52 s |
| 7 | 1 min 50 s |
| 8 | 1 min 56 s |
| 9 | 1 min 55 s |
| 10 | 1 min 50 s |
| 11 | 1 min 54 s |
| 12 | 1 min 58 s |

Tabell 20 Resultat av ändrad utrymningsväg, då de flesta går ut genom Rikssalen.

| Försök | Utrymningstider |
|----------|-------------------|
| 1 | 1 min 26 s |
| 2 | 1 min 28 s |
| 3 | 1 min 34 s |
| 4 | 1 min 34 s |
| 5 | 1 min 32 s |
| 6 | 1 min 43 s |
| 7 | 1 min 30 s |
| 8 | 1 min 43 s |
| 9 | 1 min 45 s |
| 10 | 1 min 28 s |
| 11 | 1 min 34 s |
| 12 | 1 min 28 s |

Tabell 21 Resultat av ökat personantal till 150 personer.

| Försök | Utrymningstider |
|-----------|-------------------|
| 1 | 1 min 35 s |
| 2 | 1 min 42 s |
| 3 | 1 min 36 s |
| 4 | 1 min 27 s |
| 5 | 1 min 39 s |
| 6 | 1 min 32 s |
| 7 | 1 min 33 s |
| 8 | 1 min 34 s |
| 9 | 1 min 35 s |
| 10 | 1 min 38 s |
| 11 | 1 min 46 s |
| 12 | 1 min 30 s |

Bilaga D

Nedan presenteras händelseförloppen för de initialt simulerade brandscenerierna.

Händelseförlopp i Kungens sängkammare

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Kungens sängkammare

Plumemodell > Heskestad

00:01:05 : Critical condition in room 'Kungens säng': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:01:31 : Room 'Kungens sängkammare': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:03:16 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Smoke free height less than 2,12 m
 00:03:37 : Critical condition in room 'Kabinett': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:03:50 : Critical condition in room 'Kungens säng': Smoke free height less than 2,12 m
 00:03:53 : Critical condition in room 'Kungens garderob': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:04:12 : Critical condition in room 'Kabinett': Smoke free height less than 2,12 m
 00:04:22 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:04:35 : Critical condition in room 'Audienssalen': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:04:54 : Critical condition in room 'Kungens garderob': Smoke free height less than 2,12 m
 00:05:13 : Critical condition in room 'Konseljrummet': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:06:07 : Critical condition in room 'Audienssalen': Smoke free height less than 2,11 m
 00:06:28 : Room 'Kungens sängkammare'/Surroundings: Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:07:36 : Critical condition in room 'Konseljrummet': Smoke free height less than 2,07 m
 00:08:50 : Critical condition in room 'Kungens säng': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:09:46 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²

Händelseförlopp i Rikssalen

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Rikssalen

Plumemodell > Heskestad

00:01:25 : Room 'Rikssalen': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:02:48 : Critical condition in room 'Rikssalen': Smoke free height less than 2,06 m
 00:03:51 : Critical condition in room 'Prinsessans audiensrum': Smoke free height less than 2,00 m
 00:04:03 : Room 'Rikssalen'/Surroundings: Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:05:46 : Critical condition in room 'Rikssalen': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:06:51 : Critical condition in room 'Westfaliska galleriet': Smoke free height less than 2,10 m
 00:07:41 : Room 'Rikssalen': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
 00:09:50 : Room 'Rikssalen': Entry by fire brigade is no longer possible
 00:10:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Bilaga E

Nedan presenteras händelseförloppet för känslighetsanalysen i de olika brandscenerierna.

Händelseförlopp i Kungens sängkammare

Minskad rökpotential

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Kungens sängkammare

Plumemodel > Heskestad

00:02:03 : Room 'Kungens sängkammare': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:03:16 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Smoke free height less than 2,12 m
 00:03:50 : Critical condition in room 'Kungens säng': Smoke free height less than 2,12 m
 00:04:12 : Critical condition in room 'Kabinett': Smoke free height less than 2,12 m
 00:04:54 : Critical condition in room 'Kungens garderob': Smoke free height less than 2,12 m
 00:06:07 : Critical condition in room 'Audienssalen': Smoke free height less than 2,11 m
 00:06:28 : Room 'Kungens sängkammare'/Surroundings: Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:07:36 : Critical condition in room 'Konseljrummet': Smoke free height less than 2,07 m
 00:08:50 : Critical condition in room 'Kungens säng': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:09:46 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:10:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Minskad tillväxthastighet

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Kungens sängkammare

Plumemodel > Heskestad

00:01:44 : Critical condition in room 'Kungens säng': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:02:39 : Room 'Kungens sängkammare': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:03:39 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:05:31 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Smoke free height less than 2,12 m
 00:05:52 : Critical condition in room 'Kabinett': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:06:11 : Critical condition in room 'Kungens garderob': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:06:51 : Critical condition in room 'Kungens säng': Smoke free height less than 2,12 m
 00:07:10 : Critical condition in room 'Audienssalen': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:07:24 : Critical condition in room 'Kabinett': Smoke free height less than 2,12 m
 00:08:24 : Critical condition in room 'Konseljrummet': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:08:39 : Critical condition in room 'Kungens garderob': Smoke free height less than 2,12 m
 00:10:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Ökad tillväxthastighet

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Kungens sängkammare

Plumemodell > Heskestad

00:00:55 : Room 'Kungens sängkammare': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:02:03 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Smoke free height less than 2,12 m
 00:02:19 : Critical condition in room 'Kungens säng': Smoke free height less than 2,12 m
 00:02:35 : Critical condition in room 'Kabinett': Smoke free height less than 2,12 m
 00:02:56 : Critical condition in room 'Kungens garderob': Smoke free height less than 2,12 m
 00:03:26 : Critical condition in room 'Konseljrummet': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:03:37 : Room 'Kungens sängkammare'/Surroundings': Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:03:39 : Critical condition in room 'Kabinett': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:03:54 : Critical condition in room 'Audienssalen': Smoke free height less than 2,11 m
 00:04:37 : Critical condition in room 'Kungens säng': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:05:15 : Critical condition in room 'Kungens sängkammare': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:05:36 : Room 'Kungens säng': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
 00:05:50 : Critical condition in room 'Konseljrummet': Smoke free height less than 2,07 m
 00:05:56 : Room 'Kabinett'/Surroundings': Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:06:38 : Room 'Kungens säng': Entry by fire brigade is no longer possible
 00:06:46 : Room 'Kungens sängkammare': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
 00:07:38 : Room 'Kungens säng': Flash-over
 00:07:38 : Fire is declining
 00:07:40 : Room 'Kungens sängkammare': Entry by fire brigade is no longer possible
 00:07:40 : Room 'Kungens säng' is now filled with smoke
 00:07:46 : Room 'Kungens sängkammare': Flash-over
 00:08:03 : Room 'Audienssalen'/Surroundings': Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:08:10 : Critical condition in room 'Kabinett': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:09:20 : Critical condition in room 'Audienssalen': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:09:20 : Critical condition in room 'Kungens garderob': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:10:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Händelseförlopp i Rikssalen

Minskad rökpotential

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Rikssalen

Plumemodell > Heskestad

00:01:25 : Room 'Rikssalen': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:02:48 : Critical condition in room 'Rikssalen': Smoke free height less than 2,06 m
 00:03:51 : Critical condition in room 'Prinsessans audiensrum': Smoke free height less than 2,00 m
 00:04:03 : Room 'Rikssalen'/Surroundings': Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:05:46 : Critical condition in room 'Rikssalen': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:06:51 : Critical condition in room 'Westfaliska galleriet': Smoke free height less than 2,10 m
 00:07:41 : Room 'Rikssalen': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
 00:09:50 : Room 'Rikssalen': Entry by fire brigade is no longer possible
 00:10:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Minskad tillväxthastighet

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Rikssalen

Plumemodell > Heskestad

00:02:30 : Room 'Rikssalen': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:04:26 : Critical condition in room 'Rikssalen': Smoke free height less than 2,06 m
 00:06:09 : Critical condition in room 'Prinsessans audiensrum': Smoke free height less than 2,00 m
 00:06:19 : Critical condition in room 'Westfaliska galleriet': Optical density greater than 2,0 dB/m
 00:07:04 : Room 'Rikssalen'/Surroundings': Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:10:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Ökad tillväxthastighet

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Rikssalen

Plumemodell > Heskestad

00:00:46 : Room 'Rikssalen': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated
 00:01:48 : Critical condition in room 'Rikssalen': Smoke free height less than 2,06 m
 00:02:19 : Room 'Rikssalen'/Surroundings': Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:03:08 : Critical condition in room 'Rikssalen': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:03:27 : Critical condition in room 'Prinsessans audiensrum': Smoke free height less than 2,00 m
 00:04:00 : Critical condition in room 'Westfaliska galleriet': Smoke free height less than 2,10 m
 00:04:05 : Room 'Rikssalen': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
 00:05:12 : Room 'Rikssalen': Entry by fire brigade is no longer possible
 00:06:22 : Room 'Westfaliska galleriet'/Surroundings': Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:06:24 : Room 'Rikssalen': Flash-over
 00:06:29 : Room 'Prinsessans audiensrum'/Surroundings': Breakage of window(s), temperature greater than 140 °C
 00:06:50 : Room 'Rikssalen' is now filled with smoke
 00:06:51 : Critical condition in room 'Prinsessans audiensrum': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:06:57 : Fire is declining
 00:08:21 : Critical condition in room 'Westfaliska galleriet': Heat radiation from smoke layer greater than 2,5 kW/m²
 00:08:45 : Room 'Prinsessans audiensrum': Heat radiation at floor is now 5 kW/m²
 00:10:00 : MAX. CALCULATION TIME - CALCULATION ABORTED!

Bilaga F

Nedan visas detektionstiderna för olika åtgärder i Rikssalen vid förhöjd tillväxthastighet.

Fler deckare

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Rikssalen

Plumemodel > Heskestad

00:00:46 : Room 'Rikssalen': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated

Känsligare deckare

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Rikssalen

Plumemodel > Heskestad

00:00:37 : Room 'Rikssalen': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated

Fler och känsligare deckare

Events

Fire progression:

Energy formula fire > Brand i Rikssalen

Plumemodel > Heskestad

00:00:34 : Room 'Rikssalen': Smoke-detected fire alarm (AFA) activated

Bilaga G

Enkät, Brandsäkerhet på Gripsholms slott

Hej!

Vi är fyra brandingenjörsstudenter från Lunds Tekniska Högskola som ska göra en brandteknisk riskvärdering av Gripsholms slott.

Vi är hjärtligt tacksamma för att du väljer att medverka i vår enkät angående brandskyddet här på Gripsholms slott. Den är såklart anonym och vi uppskattar om ni är villiga att utveckla era svar i kommentarsfälten.

Om brand skulle uppstå, vet du var nödutgångarna finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Vi rör oss i hela slottet då vi sköter lokalvården. Därmed
har man hela tiden koll på nödutgångarna och var de finns!

Om svaret på förra frågan var Ja, finner du dem enkla att hitta?

Ja

Nej

Kommentar:

De är enkla att hitta i och med att de är tydligt uppmärkta.

Har du någon gång upptäckt en blockerad nödutgång i byggnaden?

Ja

Nej

Kommentar:

Saker placeras alltid undan vid speciella arbeten
av tex. hantverkare.

Vet du var återsamlingsplatsen för byggnaden finns?

Ja

Nej

Kommentar:

(Utanför den s.k Sjöporten)

Har du gått en utbildning om utrymning /brandskydd?

Ja

Nej

Kommentar:

(Kontinuerlig utbildning och övningar ges i slottet.)

Har du uppfattat någon speciell risk för uppkomst av brand inom verksamheten?

Exempel: levande ljus, cigaretter

Ja

Nej

Kommentar:

Halogenlampor som blir väldigt varma, som sitter bakom maskineriet i teatern (på 3:e våningen).

Tack igen!

Adam, Anton, Emma & Stephanie

Enkät, Brandsäkerhet på Gripsholms slott

Hej!

Vi är fyra brandingenjörstudenter från Lunds Tekniska Högskola som ska göra en brandteknisk riskvärdering av Gripsholms slott.

Vi är hjärtligt tacksamma för att du väljer att medverka i vår enkät angående brandskyddet här på Gripsholms slott. Den är såklart anonym och vi uppskattar om ni är villiga att utveckla era svar i kommentarsfälten.

Om brand skulle uppstå, vet du var nödutgångarna finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Om svaret på förra frågan var Ja, finner du dem enkla att hitta?

Ja

Nej

Kommentar:

De är lätta för mig. Besökarna måste följa vägledande markeringar

Har du någon gång upptäckt en blockerad nödutgång i byggnaden?

Ja

Nej

Kommentar:

Utgång till det fika blockerad av byggkiss. Städutrustning i trappa, brännbart material i vägar m.m. placerad i trapphus. Åtgärder saknas.

Vet du var återsamlingsplatsen för byggnaden finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Har du gått en utbildning om utrymning /brandskydd?

Ja

Nej

Kommentar:

Har du uppfattat någon speciell risk för uppkomst av brand inom verksamheten?

Exempel: levande ljus, cigaretter

Ja

Nej

Kommentar:

Arbetsgöd brand, gammal smörgö el.

Tack igen!

Adam, Anton, Emma & Stephanie

Enkät, Brandsäkerhet på Gripsholms slott

Hej!

Vi är fyra brandingenjörsstudenter från Lunds Tekniska Högskola som ska göra en brandteknisk riskvärdering av Gripsholms slott.

Vi är hjärtligt tacksamma för att du väljer att medverka i vår enkät angående brandskyddet här på Gripsholms slott. Den är såklart anonym och vi uppskattar om ni är villiga att utveckla era svar i kommentarsfälten.

Om brand skulle uppstå, vet du var nödutgångarna finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Om svaret på förra frågan var Ja, finner du dem enkla att hitta?

Ja

Nej

Kommentar:

De är lätta att hitta för den som hittar på ett slott där det generellt är svårt att hitta.

Har du någon gång upptäckt en blockerad nödutgång i byggnaden?

Ja

Nej

Kommentar:

Vet du var återsamlingsplatsen för byggnaden finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Har du gått en utbildning om utrymning /brandskydd?

Ja

Nej

Kommentar:

Har du uppfattat någon speciell risk för uppkomst av brand inom verksamheten?

Exempel: levande ljus, cigaretter

Ja

Nej - men -

Kommentar:

min rädsla är att teknisk apparatur
och alla laddare som ständigt är
i laddade.

Tack igen!

Adam, Anton, Emma & Stephanie

Enkät, Brandsäkerhet på Gripsholms slott

Hej!

Vi är fyra brandingenjörsstudenter från Lunds Tekniska Högskola som ska göra en brandteknisk riskvärdering av Gripsholms slott.

Vi är hjärtligt tacksamma för att du väljer att medverka i vår enkät angående brandskyddet här på Gripsholms slott. Den är såklart anonym och vi uppskattar om ni är villiga att utveckla era svar i kommentarsfälten.

Om brand skulle uppstå, vet du var nödutgångarna finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Vi har återkommande utbildning av
all personal

Om svaret på förra frågan var Ja, finner du dem enkla att hitta?

Ja

Nej

Kommentar:

Har du någon gång upptäckt en blockerad nödutgång i byggnaden?

Ja

Nej

Kommentar:

Vet du var återsamlingsplatsen för byggnaden finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Fäst personal har en plats (lägsäsongen) ^{→ sjö portsrådet}
 För besökare har vi en plats → trättstugan

Har du gått en utbildning om utrymning /brandskydd?

Ja

Nej

Kommentar:

vi har återkommand utbildning av personal
 har även gått en tvådagars på Rosersberg
 Räddningsverket.

Har du uppfattat någon speciell risk för uppkomst av brand inom verksamheten?

Exempel: levande ljus, cigaretter

Ja

Nej

Kommentar:

Tack igen!

Adam, Anton, Emma & Stephanie

Enkät, Brandsäkerhet på Gripsholms slott

Hej!

Vi är fyra brandingenjörstudenter från Lunds Tekniska Högskola som ska göra en brandteknisk riskvärdering av Gripsholms slott.

Vi är hjärtligt tacksamma för att du väljer att medverka i vår enkät angående brandskyddet här på Gripsholms slott. Den är såklart anonym och vi uppskattar om ni är villiga att utveckla era svar i kommentarsfälten.

Om brand skulle uppstå, vet du var nödutgångarna finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Om svaret på förra frågan var Ja, finner du dem enkla att hitta?

Ja

Nej

Kommentar:

Har du någon gång upptäckt en blockerad nödutgång i byggnaden?

Ja

Nej

Kommentar:

Vet du var återsamlingsplatsen för byggnaden finns?

Ja

Nej

Kommentar:

Har du gått en utbildning om utrymning /brandskydd?

Ja

Nej

Kommentar:

Har du uppfattat någon speciell risk för uppkomst av brand inom verksamheten?

Exempel: levande ljus, cigaretter

Ja

Nej

Kommentar:

Tack igen!

Adam, Anton, Emma & Stephanie

