

# **Utrymning och vägval i Virtual Reality**

*Kan personer som utrymmer styras med hjälp av blinkande ljussignaler i grönt och rött?*

***Joachim Johansson***  
***Ludvig Petersson***

---

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

**Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5440, Lund 2013**



# **Utrymning och vägval i Virtual Reality**

***Joachim Johansson***

***Ludvig Petersson***

**Lund 2013**

Utrymning och vägval i Virtual Reality

Evacuation and choice of exit in Virtual Reality

Joachim Johansson & Ludvig Petersson

**Report 5440**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--5440--SE**

Number of pages: 90 (Including appendices)

Illustrations: Joachim Johansson, Ludvig Petersson, Håkan Frantzich and Joakim Eriksson

Keywords:

Fire, evacuation, behaviour, exit choice, green and red flashing lights, experiments, Virtual Reality, validation, Unity, CAVE

Sökord:

Brand, utrymning, beteende, vägval, gröna och röda blinkande ljussignaler, försök, Virtual Reality, validering, Unity, CAVE

Abstract:

The purpose of the study was to investigate whether evacuating people can be directed by using red and green flashing lights. This was investigated by evacuation experiments in two different virtual environments conducted in the *Virtual Reality Lab* in Lund. The purpose of the first experiment was to examine whether people make the same choice of exits in Virtual Reality as in real evacuation experiments in simple environments with flashing lights. In the second experiment subjects were faced with three different situations where they could choose between two exits with flashing lights in red or green. In the first experiment 30 subjects participated and the result showed that there was no significant difference between the real and virtual experiment. In the second experiment 40 subjects participated and the results showed that 35 subjects consistently chose exits with green lights and that the exits with green lights were perceived as the most secure choice.

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

---

Brandteknik och Riskhantering  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

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

Telefon: 046 - 222 73 60  
Telefax: 046 - 222 46 12

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

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

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

## Förord

Denna rapport är det slutgiltiga resultatet av ett examensarbete på civilingenjörsprogrammet i riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola.

Det finns många personer som varit till stor hjälp under arbetets gång och utan dessa personer hade arbetet inte gått att genomföra. Först och främst vill vi rikta ett stort tack till vår handledare *Håkan Frantzich*, universitetslektor vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering på LTH, som alltid varit till stor hjälp och kommit med värdefulla synpunkter under arbetets gång. Utan Håkans ofta snabba och knivskarpa svar på frågor hade arbetsprocessen blivit betydligt mindre effektiv.

Ett stort tack riktas även till *Joakim Eriksson*, forskningsingenjör vid institutionen för Designvetenskaper på LTH, som var mycket behjälplig vid skapandet av programvarorna till försöken. Utan hans programmeringskunskaper hade programvarorna troligtvis inte varit färdigställda i skrivandets stund.

Vidare tackas *Daniel Nilsson*, universitetslektor vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, som har fått oss att förstå hur viktigt det är att ta hänsyn till etiska aspekter vid försök med människor. Daniel har även kommit med värdefulla kommentarer som varit till stor hjälp vid utformandet av de virtuella miljöerna.

Ett tack riktas även till *Per-Erik Isberg*, universitetsadjunkt vid Statistiska institutionen på Lunds Universitet, för hjälpen med att analysera den insamlade datan från försöken.

Dessutom vill vi tacka *Kristin Andrée*, doktorand vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, för hjälp och tips angående försöksupställningen.

Slutligen vill vi även rikta ett stort tack till alla försökspersoner som deltog och gjorde försöken möjliga att genomföra.

Lund, december 2013

Joachim Johansson och Ludvig Petersson



## Sammanfattning

Forskning har visat att personer som utrymmer vid händelse av brand använder utgångar som de är bekanta med sedan tidigare och på sin väg dit passerar mer närliggande nödutgångar. En konsekvens av detta kan bli att utrymningstiden blir längre än nödvändigt på grund av ett längre gångavstånd. Detta medför i sin tur en ökad sannolikhet att personer som utrymmer ska utsättas för kritiska nivåer av strålning och giftiga brandgaser. För att minska denna problematik kan utrymningsvägar göras mer attraktiva så att användandet av dessa ökar. En metod som visat sig användbar för ändamålet är att förse utrymningsvägarna med blinkande ljussignaler i anslutning till utrymningsskylten.

I denna studie undersöktes det om metoden kan utvecklas ytterligare genom att använda en kombination av gröna och röda ljussignaler för att styra personer som utrymmer mot de mest lämpliga utrymningsvägarna. För att samla in information om detta genomfördes utrymningsförsök i Virtual Reality. Virtual Reality är ett samlingsnamn för tekniker som syftar till att simulera fysisk närvaro i en virtuell miljö och användningsområden finns i dagsläget bland annat inom arkitektur, pilotträning och militärövningar. Försöken genomfördes 21-25 oktober 2013 i det CAVE-system som finns i *Virtual Reality Lab* på Lunds Tekniska Högskola. Ett CAVE-system är en displayprodukt som kan liknas vid ett omslutande rum med projektion på golvet samt på väggarna till vänster, framför och till höger om försökspersonen.

Det har dock visat sig att utrymningsförsök i virtuella miljöer är ett relativt nytt användningsområde och därför genomfördes det först ett validerande försök. Detta för att undersöka om personer som utrymmer kan förväntas göra samma vägval i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök i enklare miljöer med blinkande ljussignaler.

Med detta som bakgrund undersöktes följande frågeställningar i denna studie:

- Kan personer som utrymmer styras med hjälp av grönt och rött blinkande ljus?
- Kan personer förväntas göra samma vägval i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök?

I försök 1, som var det validerande försöket, återskapades ett verkligt försök i en virtuell miljö. Försökspersoner placerades i en korridor med en utrymningsväg i vardera änden där den enda skillnaden mellan utgångarna var att den ena var försedd med gröna blinkande ljussignaler. Totalt deltog 30 försökspersoner i försök 1 och majoriteten av dessa var studenter från LTH.

Resultatet från försök 1 visade att 20 försökspersoner valde utgången med gröna blinkande ljussignaler och att 10 försökspersoner valde utgången utan ljussignaler. Detta resultat medförde att det inte fanns någon signifikant skillnad mellan hur försökspersonerna valde utgång i det verkliga och det virtuella försöket. Vidare visade resultatet att försökspersonernas upplevelser i försöken liknade varandra och att försökspersonerna motiverade sina val av utgång på liknande sätt. Dessutom uppmärksammades de blinkande ljussignalerna i den virtuella miljön av en majoritet av de som tittade mot dem. Vidare förknippade deltagarna ljussignalerna med säkerhet på samma sätt som försökspersonerna gjorde i verkliga försöket.

De blinkande ljussignaler bedömdes därmed ge en liknande varseblivning i Virtual Reality som i verkliga försök. Dessutom kan personer som uppmärksammar ljussignalerna förväntas fatta

samma beslut i verkliga och virtuella miljöer. Därmed ansågs Virtual Reality vara validerat som ett verktyg för utrymningsförsök i enklare miljöer med blinkande ljussignaler.

Den virtuella miljön i försök 2 skapades så att försökspersonerna på sin väg mot det fria ställdes inför totalt tre vägvalssituationer. I de två första valsituationerna kunde försökspersonerna välja mellan två utgångar där den ena var försedd med gröna blinkande ljussignaler och den andra var försedd med röda blinkande ljussignaler. Den tredje valsituationen skiljde sig från de två första genom att försökspersonerna fick välja mellan två utgångar där de blinkande ljussignalerna hade samma färg. Däremot bytte ljussignalerna vid den valda utgången färg då försökspersonen rört sig en viss sträcka mot denna. Detta för att undersöka i vilken omfattning försökspersonerna var beredda att omvärdera sina val av utgång. Totalt deltog 40 försökspersoner i försök 2 och även i detta försök var majoriteten av deltagarna studenter från LTH.

Resultatet från försök 2 visade att majoriteten av försökspersonerna konsekvent valde utgångar med gröna ljussignaler och att endast ett fåtal deltagare valde utgångar med röda ljussignaler. Vidare valde samtliga försökspersoner som konsekvent gick mot utgångar med gröna ljussignaler att omvärdera sitt val av utgång när ljussignalerna slog om från grönt till rött i den sista valsituationen. Av dessa personer var det dessutom 80 procent som förknippade färgbytet med att branden hade spridit sig och att utrymningsvägen inte längre var säker att använda. Samtidigt var försökspersonernas samlade bedömning att färgen hade mycket stor betydelse vid valet av utgång och att utgångarna med gröna ljussignaler upplevdes som det säkraste alternativet.

Hypotesprövningar genomfördes och dessa visade att utgången med gröna ljussignaler valdes i signifikant större utsträckning än utgången med röda ljussignaler i de två första valsituationerna. Slutsatsen bedömdes därmed vara att det är möjligt att styra personer som utrymmer med ljussignaler i rött och grönt.



## Summary

Research has shown that evacuating people often use exits that they are familiar with and on their way there passes nearer exits. One consequence of this may be that the evacuation takes longer than necessary because of long walking distances. This leads to an increased likelihood that the evacuating people are exposed to critical levels of radiation and toxic smoke. To reduce this problem emergency exits can be made more attractive so that the use of these increases. A method that proved useful for this purpose is to provide escape routes with flashing lights adjacent to the escape sign.

In this study it was examined whether the method can be further developed by using a combination of green and red lights to direct evacuating people to the most appropriate escape routes. To gather information, evacuation experiments were conducted in Virtual Reality. Virtual Reality is a generic term for technologies designed to simulate physical presence in a virtual environment and commonly used areas are architecture, pilot training and military exercises among others. The experiments were carried out 21 to 25 October 2013, in the CAVE-system in the *Virtual Reality Lab* at Lund University. A CAVE-system is a display product that can be compared to an immersive room with projection on the floor and on the walls to the left, in front and to the right of the subject.

Experiments in Virtual Reality are a relatively new area and therefore one validating experiment was conducted. The purpose was to investigate whether evacuating people can be expected to make the same choices in Virtual Reality as in real evacuation experiments with flashing lights.

Based on this, the following questions were investigated in this study:

- Can evacuating persons be directed by green and red flashing lights?
- Can people be expected to make the same choice of exits in Virtual Reality as in real evacuation experiments?

In experiment 1, which was the validating experiment, a real experiment was recreated in a virtual environment. Subjects were placed in the middle of a corridor with an exit at each end with the only difference that one had green flashing lights. A total of 30 subjects participated in experiment 1 and the majority were students from Lund University.

The results from experiment 1 showed that 20 subjects chose the exit with green flashing lights and 10 subjects chose the exit without lights. This result entailed that there was no significant difference between how the subjects chose exit in the real and virtual experiment. Furthermore, the results showed that the subjects' experiences in the experiments were similar and that the subjects motivated their choice of exit in a similar way. Furthermore, the flashing lights in the virtual environment were perceived of a majority of the subjects who looked at them. At the same time the participants associated the lights with safety in the same way as the subjects did in the real experiment.

The flashing lights were therefore considered to provide a similar perception in Virtual Reality as in real experiments. In addition, people who perceive the lights can be expected to make the same decision in real and virtual environments. Hence, Virtual Reality are considered to be validated as a tool for evacuation experiments in basic environments with flashing lights.

The virtual environment in experiment 2 was created so the subjects on their way out faced a total of three routing situations. In the first two choice situations the subjects could choose between two exits where one was provided with green flashing light signals and the other was provided with red flashing light signals. In the third choice situation the subjects had to choose between two exits where the flashing lights had the same color. However, the light signals at the selected exit changed color when the subject had moved a certain distance towards the exit. This was made to examine the extent to which the subject was willing to reconsider its choice of output. A total of 40 subjects participated in experiment 2 and in this experiment, as well as in experiment 1, the majority were students from Lund University.

The results of experiment 2 showed that the majority of the subjects consistently chose exits with green lights and that only a few participants chose exits with red lights. Furthermore, all subjects who consistently went against exits with green lights chose to reevaluate their choice of exit when the light signals reraised from green to red in the last choice situation. Of these people, 80 percent associated the color change with a fire spread and that the escape route was no longer safe to use. Meanwhile, the subjects' overall assessment were that the color was very important in the choice of exits and that the green light signals were perceived as the safest choice.

Hypothesis tests were carried out and they revealed that the exits with green lights were chosen in significantly greater extent than the exits with red lights in the first two choice situations. Therefore, the conclusion is that it is considered to be possible to direct evacuating people with red and green lights.

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1. Bakgrund.....	1
1.2. Syfte.....	3
1.3. Mål.....	4
1.4. Avgränsningar.....	4
1.5. Disposition.....	4
2. Metod.....	5
2.1. Litteraturstudie.....	5
2.2. Experiment.....	5
2.3. Insamlande av data.....	6
2.4. Hantering av data.....	8
2.5. Diskussion och slutsats.....	8
3. Litteraturstudie.....	9
3.1. Människans beteende vid utrymning.....	9
3.2. Virtual Reality.....	12
4. Skapande av virtuella miljöer.....	17
4.1. Sketchup Pro.....	17
4.2. Unity 4.....	17
4.3. CAVE-system.....	19
5. Försök 1.....	21
5.1. Verkligt försök.....	21
5.2. Virtuell försöksmiljö.....	24
5.3. Försökspersoner.....	26
5.4. Genomförande.....	27
6. Försök 2.....	29
6.1. Virtuell försöksmiljö.....	29
6.2. Försökspersoner.....	31
6.3. Genomförande.....	32
7. Etiska aspekter.....	33
7.1. Lidande och skador.....	33
7.2. Risk gentemot nytta.....	34
7.3. Informerat samtycke.....	34
7.4. Rätt att avbryta.....	34
7.5. Skydd av integritet.....	35

8. Resultat .....	37
8.1. Försök 1 .....	37
8.2. Försök 2.....	39
9. Analys .....	45
9.1. Försök 1 .....	45
9.2. Försök 2.....	49
10. Diskussion.....	51
10.1. Skapande av virtuella miljöer.....	51
10.2. Blinkande ljussignaler i VR.....	51
10.3. Instruktioner och enkäter .....	52
10.4. Realism .....	53
10.5. Navigation .....	54
10.6. Validering .....	56
10.7. Nyttan med utrymningsmarkeringar .....	57
11. Slutsatser .....	59
12. Fortsatt forskning.....	61
13. Referenser .....	63
Appendix 1. Enkäter.....	67
Appendix 2. Intervjufrågor försök 2 .....	73
Appendix 3. Rekryteringsblad.....	75
Appendix 4. Samtyckesblankett .....	77
Appendix 5. Rådata försök 1.....	79
Appendix 6. Rådata försök 2 .....	83
Appendix 7. Statistiska tester .....	87
Appendix 8. Upplevelser i försök 1.....	89

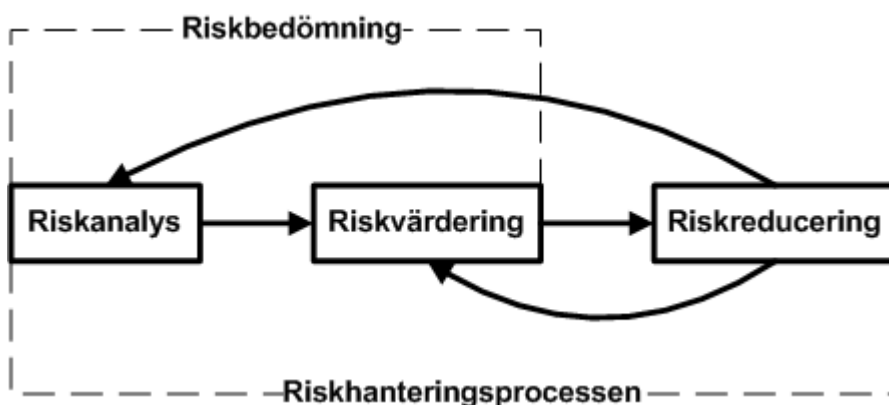
# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

I Sverige regleras grundläggande krav för byggnation genom plan- och bygglagen (SFS 2010:900) samt genom den tillhörande plan- och byggförordningen (SFS 2011:338). I dessa bestämmelser framgår det bland annat att personer som befinner sig i ett byggnadsverk vid händelse av brand skall kunna lämna det eller på annat sätt räddas. Mer detaljerade krav för hur det byggnadstekniska brandskyddet skall utformas för att uppfylla lagkraven kring utrymningssäkerhet ges i tillämpningsföreskriften Boverkets Byggregler (Boverket, 2013a). I dessa byggregler framgår det att en byggnads brandskydd skall projekteras, utformas och verifieras med hjälp av förenklad eller analytisk dimensionering. Förenklad dimensionering innebär att föreskrifterna uppfylls genom tillämpning av de lösningar och metoder som anges i de allmänna råden medan analytisk dimensionering innebär att en eller flera av föreskrifterna uppfylls på ett annat sätt än genom förenklad dimensionering. Verifieringen vid analytisk dimensionering kan göras med kvalitativa bedömningar, scenarioanalyser eller genom kvantitativa riskanalyser.

Kvalitativa bedömningar får endast användas i de fall som avstegen från förenklad dimensionering är små och innebär att verifieringen sker med hjälp av exempelvis statistik, logiska resonemang eller med sedan tidigare beprövade lösningar. En scenarioanalys innebär istället att en byggnad utsätts för ett eller flera brandscenarier. Dessa scenarier väljs utifrån byggnadens särskilda förutsättningar och så att de utgör en värsta trolig påfrestning. Vid större avsteg kan en kvantitativ riskanalys genomföras för att verifiera brandskyddet. En sådan utgörs vanligtvis av en scenarioanalys där de ingående variablerna baseras på statistiska fördelningar. Verifieringen bör omfatta en känslighetsanalys av de ingående variablerna och därefter kan en osäkerhetsanalys genomföras för att studera speciellt känsliga parametrar (Boverket, 2013b).

Scenarioanalyser och kvantitativa riskanalyser är två metoder som båda är en del av en större riskhanteringsprocess. En riskhanteringsprocess kan beskrivas med hjälp av tre delprocesser; riskanalys, riskvärdering och riskreducering, se figur 1.



Figur 1. Riskhanteringsprocessen.

Initialt genomförs en riskanalys i syfte att identifiera och bedöma sannolikheten och konsekvensen för relevanta risker. Därefter görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan anses vara acceptabla eller inte. Tillsammans med riskanalysen utgör riskvärderingen en så kallad riskbedömning. Om riskbedömningen visar att riskerna inte är acceptabla lämnas förslag

på riskreducerande åtgärder. När riskreducerande åtgärder genomförts är det viktigt att en ny riskbedömning görs för att undersöka huruvida riskerna sänkts och denna process fortgår vanligtvis till riskerna nått acceptabla nivåer (Akselsson, 2011).

I dagsläget finns det en problematik med att personer som utrymmer använder utgångar som de är bekanta med sedan tidigare och på sin väg dit passerar mer närliggande nödutgångar. En konsekvens av detta kan bli att utrymningstiden blir längre än nödvändigt på grund av ett längre gångavstånd samt att påfrestningen på bekanta in- och utgångar ökar. Detta leder till en ökad sannolikhet att personer som utrymmer ska utsättas för exempelvis kritiska nivåer av strålning och giftiga brandgaser. En riskreducerande åtgärd för att minska konsekvenserna vid en utrymningssituation skulle därmed kunna vara att göra utrymningsvägar mer attraktiva så att användandet av dessa ökar.

Forskning visar att utrymningsvägar kan göras mer attraktiva med bland annat blinkande lampor, större utrymningsskyltar, ljudsignaler och räckan. Frantzich (2004) har genomfört försök i syfte att undersöka hur blink- och blixtljus i anslutning till genomlysande utrymningsskyltar kan påverka utrymningsvägars attraktivitet. Resultaten visade att dessa tekniska system ökade användandet av utrymningsvägen jämfört med att endast använda en genomlyst utrymningsskylt i anslutning till utgången.

Ytterligare studier har gjorts av Nilsson (2009) som visade att blinkande lampor ökar användandet av utrymningsvägar men att andra faktorer som lokalkännedom och social påverkan är viktiga att beakta. Resultaten från dessa studier visade även att gröna lampor är att föredra eftersom dessa ofta förknippas med säkerhet och nödutgång. Att färgen är av betydelse för hur personer uppfattar en signal har även visats i andra studier. Bland annat beskriver Wickens och Hollands (2000) hur grönt förknippas med säkerhet och rött med fara och hot, samt att detta kan skilja sig mellan olika kulturer. Dessa associationer påvisades även av Frantzich (2004) i en enkätundersökning där personer fick svara på frågor om vad de förknippade olika färger med.

Att människor uppfattar signaler olika beroende på dess färg tillsammans med kunskapen om att blinkande lampor ökar utrymningsvägars attraktivitet skulle kunna användas för att styra personer som utrymmer. Anledningen till att ett sådant behov finns är på grund av att det i utrymningssituationer kan uppstå situationer där utrymningsvägar blir blockerade eller rökfyllda och att de därmed inte lämpliga för utrymning. För att i praktiken kunna utnyttja detta som ett verktyg i riskhanteringsprocesser behöver kunskapen kvantifieras och osäkerheter identifieras och beskrivas. Den kvantifierade kunskapen skulle kunna vara användbar i situationer där syftet är att reducera risker genom att påverka människors vägval och förflyttning mot de bäst lämpade utrymningsvägarna. Tänkbara situationer skulle kunna vara allt från enklare analytiska utrymningsdimensioneringar till evakueringar av större byggnader och arenor där tusentals människor samlas samtidigt. På detta sätt skulle kunskapen kunna bidra till ett säkrare samhälle.

Möjligheten att styra personer mot de bäst lämpade utrymningsvägarna med blinkande ljussignaler skulle även kunna vara användbart i multifunktionella byggnader med skilda verksamheter. Förklaringen till detta är att dessa typer av byggnader ofta förknippas med långa gångavstånd, bland annat på grund av att utrymning genom skilda verksamheter vill undvikas. För att metoden ska kunna användas i praktiken måste det först utredas om det verkligen är

möjligt att styra personer som utrymmer med blinkande ljussignaler och vilka färger som i så fall är bäst lämpade för ändamålet.

En metod som skulle kunna användas för att undersöka möjligheten att styra personer som utrymmer är att genomföra försök i Virtual Reality (VR). VR är ett samlingsnamn för tekniker som syftar till att simulera fysisk närvaro i en datoranimerad miljö och med tekniken kan användaren röra sig fritt i större miljöer med simulerade ljud och visuella intryck. Vidare är fördelen med att genomföra försöken i VR att det är betydligt mer kostnadseffektivt jämfört med att genomföra traditionella försök. I dagsläget är VR utbrett inom områden som bland annat arkitektur, ergonomi och design. Även pilotträning och simulering av militära övningar är två områden inom vilket VR-tekniken är användbar (Fox, Arena, & Bailenson, 2009).

Ett försök att validera huruvida utrymningsförsök i virtuella miljöer ger samma resultat som verkliga utrymningsförsök har gjorts av Malthe och Vukancic (2012). I denna studie jämfördes ett utrymningsförsök i en rökfylld tunnel med samma försöksuppställning i en virtuell miljö. Resultaten från försöken visade inte på några signifikanta skillnader och la därmed en god grund för fortsatt forskning.

Även om resultaten visade att VR kan vara ett användbart verktyg för utrymningsförsök kvarstår fortfarande en del frågor som behöver besvaras och osäkerheter som behöver identifieras. Detta för att säkerställa att samma resultat är att vänta, oberoende om försöket utförs i verklig eller virtuell miljö, vilket i praktiken innebär att VR behöver valideras för flera scenarier och miljöer. För att öka kunskapen om VR-teknik som ett verktyg för utrymningsförsök och på så sätt komma ett steg närmare möjligheten att ersätta fullskaliga utrymningsförsök kommer följande frågeställning försöka besvaras i detta examensarbete:

- Kan personer förväntas göra samma vägval i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök?

Denna frågeställning kommer att undersökas genom att följande delfrågor utreds:

- Ger blinkande ljussignaler samma varseblivning i virtuella och verkliga utrymningsförsök?
- Givet att de blinkande ljussignalerna uppmärksammas, fattar personer som utrymmer samma beslut i virtuella och verkliga utrymningsförsök?

Med bakgrund till resonemanget kring möjligheten att styra personer som utrymmer mot de bäst lämpande utrymningsvägarna kommer dessutom följande frågeställning undersökas i examensarbetet:

- Kan personer som utrymmer styras med hjälp av grönt och rött blinkande ljus?

## 1.2. Syfte

Syftet med examensarbetet är att ta fram kunskap om möjligheten att styra personer i en utrymningsituation med hjälp av blinkande ljussignaler i grönt och rött. Ytterligare ett syfte är att undersöka om personer som utrymmer kan förväntas göra samma vägval i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök i enklare miljöer med blinkande ljussignaler.

### 1.3. Mål

Målet är att ta fram kvantifierad kunskap om möjligheten att styra personer i en utrymningssituation med hjälp av blinkande ljussignaler i grönt och rött så att denna kunskap kan användas i riskhanteringsprocesser. Målet är även att ta fram ett underlag som visar om VR kan valideras som ett verktyg för utrymningsförsök för enklare miljöer med blinkande ljussignaler. Eventuella osäkerheter i resultatet skall identifieras och diskuteras.

### 1.4. Avgränsningar

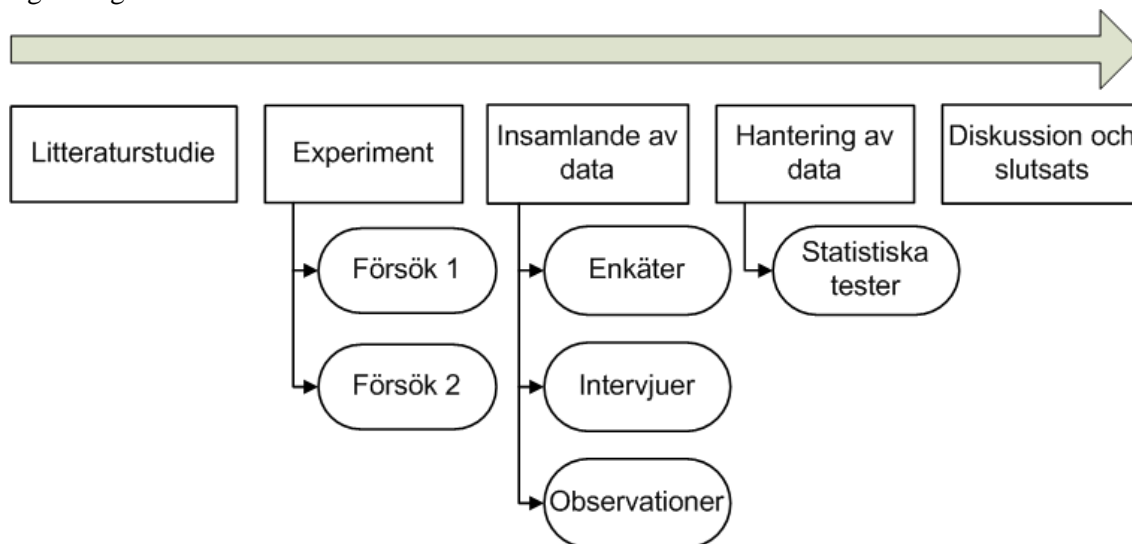
Arbetet inriktar sig på möjligheten att fånga uppmärksamhet och styra personer i utrymningssituationer med tekniska system snarare än att simulera verkliga utrymningar. Dessutom kommer inte detta arbete beskriva hur sådana tekniska system skulle kunna se ut eller fungera rent praktiskt utan endast undersöka möjligheten att styra personer som utrymmer med blinkade ljussignaler i rött och grönt.

Vidare genomförs utrymningsförsöken med en försöksperson åt gången. Grupp beteenden är något som skulle kunna påverka hur försökspersonerna väljer utgångar, men detta undersöks inte i denna studie.

Endast ett scenario med blinkande ljussignaler väljs ut för att valideras i VR. Denna avgränsning görs på grund av att det inte finns tillräckligt med resurser eller tid för att genomföra flera scenarier. En begränsning i sig är att VR-tekniken är relativt ny, speciellt för tillämpning inom det brandtekniska området.

### 1.5. Disposition

I figur 2 visas ett flödesschema för studiens metod och arbetsgång. Detta presenteras mer ingående i kapitel 2. Bakgrunden som presenterades tillsammans med studiens syfte och mål har legat till grund för hela studien.



Figur 2. Flödesschema över studiens metod och arbetsgång.



## 2. Metod

### 2.1. Litteraturstudie

Den första fasen av arbetet bestod av att genomföra en litteraturstudie i syfte att samla in information om hur människor kan förväntas bete sig i en utrymningssituation samt om möjligheten att styra dessa med hjälp av blinkande ljussignaler. Även litteratur om olika färgers betydelse studerades för att få en bakgrund till vilka färger de blinkande ljussignalerna borde ha för att uppnå de önskade effekterna. Då VR var det verktyg som användes för att samla in data omfattades även litteraturstudien av VR:s olika användningsområden. Även rapporter från tidigare genomförda försök i virtuella miljöer studerades för att göra författarna uppmärksamma på verktygets begränsningar samt hur detta skulle kunna påverka studiens resultat.

Huvudsyftet med litteraturstudien var att ge författarna och läsarna den bakgrundskunskap inom de aktuella områdena som behövdes för att på bästa sätt kunna konstruera scenarier och besvara de frågeställningar som studien omfattades av. Vidare kunde kunskapen från litteraturstudien användas som ett värdefullt verktyg när resultatet från försöken skulle analyseras och slutsatser formuleras.

### 2.2. Experiment

I arbetets andra fas skapades de virtuella miljöerna som behövdes för att kunna genomföra försöken och samla in information om möjligheten att styra personer som utrymmer med hjälp av blinkande ljussignaler.

#### 2.2.1. Försök 1

Då litteraturstudien visade att utrymningsförsök i virtuella miljöer var ett relativt nytt användningsområde gjordes bedömningen att ett första validerande försök var nödvändigt. Detta för att undersöka om blinkande ljussignaler kunde ge samma varseblivning i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök. Dessutom bedömdes det vara nödvändigt att studera om personer som uppmärksammade ljussignalerna fattade beslut på samma sätt i virtuella och verkliga försök.

För att åstadkomma detta valdes ett försök ut som genomförts av Frantzich (2004) i vilket försökspersoner placerades i en korridor och sedan ombads att utrymma. I vardera änden av korridoren fanns en utrymningsväg med genomlyst utrymningsskylt men med skillnaden att den ena utrymningsvägen även var försedd med blinkande gröna lampor. Detta försök återskapades i en virtuell reproduktion av samma korridor och benämns i fortsättning som försök 1 i denna rapport. Resultaten från det verkliga och virtuella försöket jämfördes sedan för undersöka om det fanns några signifikanta skillnader mellan de två metoderna.

#### 2.2.2. Försök 2

Det andra försöket genomfördes för att ta fram ny kunskap om möjligheten att styra personer med hjälp av blinkande ljussignaler i en utrymningssituation och kallas i fortsättningen försök 2 i denna rapport. För att kunna undersöka denna möjlighet skapades ytterligare en virtuell miljö men denna gång som en labyrinth där försökspersoner totalt ställdes inför tre vägval på sin väg mot det fria. I de två första valsituationerna kunde försökspersonerna välja mellan två olika utrymningsvägar där den ena var försedd med gröna och den andra var försedd med röda blinkande ljussignaler. Dessa färger valdes eftersom litteraturstudien visade att grönt är den färg som i störst utsträckning förknippas med säkerhet och röd är den färg som förknippas med fara.

Även i det tredje och sista vägvalet kunde försökspersonen välja mellan två utrymningsvägar försedda med blinkande ljussignaler men med skillnaden att ljussignalerna hade samma färg. Däremot ändrades färgen vid den utrymningsväg försökspersonerna valt när de rört sig en viss sträcka mot denna. Detta gjordes för att utreda i vilken omfattning försökspersonerna var beredda att omvärdera sitt redan fattade beslut.

## 2.3. Insamlande av data

Då arbetet i denna studie bestod av två försök behövdes data från dessa samlas in. Metoder för insamlande av data kan beskrivas som en studies mätinstrument och de tre vanligaste teknikerna för ändamålet är enkäter, intervjuer och observationer. Dessa kan användas var för sig eller i kombination med varandra. I denna studie samlades data in med hjälp av alla dessa metoder.

### 2.3.1. Enkäter

Enkäter är ett formulär med frågor som den tillfrågade får svara på skriftligt. En fördel med att använda enkäter är att försökspersonerna ges exakt samma information och förutsättningar. Ytterligare fördelar med metoden är att den på ett enkelt och effektivt sätt kan samla in information om beteenden, motiv till handlingar, värderingar och attityder. Dock bör det uppmärksammas att det förekommer vissa begränsningar med metoden (Foddy, 1993).

En diskussion som ofta förekommer är huruvida öppna eller slutna frågor bör användas. På en öppen fråga får den tillfrågade svara med ett egenformulerat skriftligt svar till skillnad från en slutna fråga som endast kan besvaras med ett antal förbestämda alternativ. Oppenheim (1992) och Foddy (1993) beskriver att motivet till att välja öppna frågor vanligtvis är att den svarande skall få en möjlighet att faktiskt uttrycka vad denna funderar på utan att färgas för mycket av själva frågan. Dock har det visat sig att personer i vissa fall undviker att ta upp faktorer som de upplever som uppenbara eller hotfulla.

Till skillnad från slutna frågor behöver svaren från öppna frågor klassificeras för att kunna presenteras och jämföras. Denna process kan vara tidskrävande och dessutom finns det en risk att data faller bort (Oppenheim, 1992). En risk med slutna frågor är dock att den tillfrågade blir påverkad av svarsalternativen som ges på grund av att dessa säger något om vad den svarande förväntas svara. Det är därför viktigt att förstå att svarsalternativen är en del av själva frågan. Ytterligare en risk med att använda enkäter kan vara att de tillfrågade svarar på frågor som de egentligen inte helt och hållet förstår.

Foddy (1993) beskriver även en problematik med att frågor inte alltid uppfattas som en forskare förväntar sig att de ska göra. En metod som kan användas för att undvika en sådan problematik är att låta utomstående personer svara på frågorna innan de ska användas på riktigt. På detta sätt kan det utvärderas om frågorna feltolkas och om svaren blir som förväntat. Ytterligare faktorer som bör beaktas när frågor formuleras är att de inte blir för långa, för komplicerade, innehåller för svåra ord eller innehåller två frågor i en.

Enkäterna som skapades för denna studie innehöll framförallt slutna men även öppna frågor för att undvika en del av problematiken som beskrivits ovan. Frågorna i enkäterna baserades delvis på frågor från det verkliga försöket av Frantzich (2004) men även på frågor från enkäter som använts i samband med tidigare genomförda utrymningsförsök i *Virtual Reality Lab*. Enkäterna syftade framförallt till att samla in information om försökspersonernas demografiska fördelning, tidigare erfarenhet av dataspel, upplevd realism i försöken samt information om varför de valde

de utgångar de gjorde. För att optimera formuleringarna på frågorna testades enkäterna på ett flertal personer innan försöken påbörjades. Enkäterna presenteras i sin helhet i appendix 1.

### 2.3.2. Intervjuer

Intervjuer är en metod som på många sätt kan liknas vid enkäter men med skillnaden att frågor och svar ges muntligt i stället för skriftligt (Höst, Regnell & Runesson, 2006). Intervjuer kan utföras med enskilda personer eller med grupper där förutsättningarna och begränsningarna är i stort sätt detsamma som för enkäter. En skillnad som bör beaktas är att metoden ställer större krav på forskaren. Fördelen med intervjuer jämfört med enkäter är dock att forskaren får en möjlighet att ställa följdfrågor. Foddy (1993) beskriver att dessa bör formuleras så att de inte blir ledande och påverkar den tillfrågades svar, vilket lätt kan ske, oavsett om följdfrågorna är förutbestämda eller inte.

I försök 2 ställdes ett flertal öppna intervjufrågor till försökspersonerna efter att de fått fylla i sina enkäter. Dessa frågor handlade bland annat om hur deltagarna resonerade kring sina vägval och hur de tänkte om de valde att omvärdera sina val av utgångar. Motivet till att dessa platsspecifika frågor ställdes som intervjufrågor var på grund av att författarna bedömde att försökspersonerna skulle ha svårigheter att minnas och förstå hur de förflyttat sig. I intervjuerna användes därför en karta över den virtuella miljön där deltagarna fick förklarat för sig vilken väg de valt och var de befann sig när de gjorde sina vägval. Ytterligare en anledning till varför dessa frågor ställdes som intervjufrågor var för att de bedömdes vara extra betydelsefulla och viktiga för resultatet. Om försökspersonerna verkade ha svårt att förstå frågorna eller gav underliga svar kunde följdfrågor ställas för att säkerställa att författarna fick svar på det de ville. Intervjufrågorna visas i appendix 2.

### 2.3.3. Observationer

Enkäter och intervjuer får ibland kritik för att de förlitar sig för mycket på information som ges av de tillfrågade och Foddy (1993) beskriver att sambandet mellan vad personer säger att de gör och vad de faktiskt gör inte alltid är så starkt. Därför kan det i vissa situationer vara lämpligt att använda observationer för insamlande av data. Observationer beskrivs av Höst et al (2006) och innebär att forskaren samlar in data med hjälp av sina sinnen och/eller tekniska hjälpmedel.

Det bör dock nämnas att metoden inte är felfri eftersom observatören till viss del väger in subjektiva bedömningar. Vidare riskerar observationer att skilja sig åt om flera personer är med och samlar in informationen. Nilsson (2009) beskriver två metoder som kan användas för att minska denna problematik. Dessa är att spela in försöken och att använda tydliga checklistor med skattningsskalor.

I de båda försöken samlades information om försökspersonernas vägval in med hjälp av observationer. Vidare gjordes även observationer av hur väl försökspersonerna verkade hantera de virtuella miljöerna samt i vilken grad de verkade ta försöken på allvar. Att observationer valdes till detta var först och främst för att minska risken att försökspersonerna skulle komma ihåg fel eller att de medvetet uppgav felaktig information. Detta skulle till exempel kunna ske på grund av att de efter en viss tids fundering inser att de skulle vilja eller borde gjort sina val annorlunda. Att försöken inte valde att filmas var på grund av att hanteringen av data bedömdes bli för tidskrävande samt att författarna utan svårighet bedömdes hinna med att dokumentera de nödvändiga observationerna.

## 2.4. Hantering av data

I studien genomfördes olika typer av statistiska tester beroende på vilken data som analyserades. För att jämföra resultatet från försök 1 med resultatet från det verkliga försöket användes Fishers exakta test. Detta test är ett så kallat icke-parametriskt test vilket innebär att inga antaganden om indatans fördelning görs till skillnad från parametriska tester som förutsätter en normalfördelning. Fishers exakta test kan i korthet sägas undersöka om det föreligger signifikanta skillnader mellan två av varandra oberoende populationer då populationerna kan delas in i två kategorier (Bower, 2003). Anledning till varför Fishers exakta test valdes framför andra metoder var för att detta test inte ställer några krav på populationernas storlek och fördelning vilket andra icke-parametriska tester gör. Då beräkningarna för Fishers exakta test kan bli omfattande användes ett färdigt beräkningsverktyg som skapats av Briggs och Preacher (2001).

Statistiska tester genomfördes även för resultatet från försök 2 för att undersöka om det gick att statistiskt säkerställa att försökspersonerna valde utrymningsvägar med gröna blinkande ljussignaler framför utrymningsvägar med röda blinkande ljussignaler. Metoden som användes var en hypotesprövning av proportionstal vilket är en metod som förutsätter en normalfördelning (Körner & Wahlgren, 2006). Dessutom genomfördes en hypotesprövning för att undersöka om försökspersonerna föredrog att gå höger eller vänster när de kunde välja mellan två utrymningsvägar markerade med ljussignaler i samma färg.

## 2.5. Diskussion och slutsats

Resultaten som erhöles från de båda försöken låg till grund för rapportens diskussion och slutsats samtidigt som återkoppling till litteraturstudien gjordes för att försöka förklara beteenden och styrka påståenden. Diskussionens fokus låg på att identifiera och diskutera de osäkerheter som skulle kunna ha påverkat studiens resultat. Då hänsyn tagits till diskussionens olika delar besvarades de frågeställningar som formulerades i inledningen, vilket resulterade i rapportens slutsatser.

## 3. Litteraturstudie

### 3.1. Människans beteende vid utrymning

I följande avsnitt beskrivs hur personer kan förväntas välja utrymningsvägar i en utrymningssituation samt hur utrymningsvägar kan göras mer attraktiva med hjälp av blinkade ljussignaler.

#### 3.1.1. Vägval

Flera studier och verkliga bränder har visat att personer som utrymmer i händelse av brand använder sig av bekanta utrymningsvägar när de utrymmer. En konsekvens av detta kan bli att de utrymmande personerna passerar mer närliggande nödutgångar på sin väg mot de bekanta utgångarna. Detta leder till att den totala utrymningstiden blir längre än nödvändigt vilket medför en ökad sannolikhet att personer som utrymmer exponeras för kritiska nivåer av strålning och giftiga brandgaser.

Denna problematik har bland annat beskrivits av Sime (1985) som redogör för hur människor går mot det som de känner tillhörighet till, som till exempel platser och personer. Flera andra undersökningar har genomförts som även de visar samma resultat (Sime & Kimura, 1988; Sime, 1989). Dessa undersökningar har även visat betydelsen av faktorer som initiativtagande av personal och andra ledargestalter för ett effektivt utrymningsförlopp.

I Sverige har Frantzich (2000) genomfört utrymningsförsök på IKEA-varuhus. Syftet med försöken var huvudsakligen att undersöka hur organisationen fungerade samt att se hur personer reagerade i händelse av brand. Utrymningsförsöken genomfördes i tre olika varhus som om att en verklig brand hade inträffat i byggnaden. Även dessa resultat visade i stor utsträckning på att personer som utrymmer rör sig mot utgångar som de är bekanta med sedan tidigare. Detta visade sig bland annat genom att majoriteten av de utrymmande valde att gå mot entrén eller mot kassorna, och på sin väg dit passerade flera mer närliggande nödutgångar. Resultatet visade även på betydelsen av en välutbildad personal som en viktig faktor för ett effektivare utrymningsförlopp.

Behovet av att göra nödutgångar mer attraktiva har inte bara visat sig i butikslokaler som till exempel IKEA. Under hösten 2002 genomfördes försök av Frantzich och Nilsson (2003) i en rökfylld tunnel. Syftet med försöken var bland annat att undersöka personers förflyttningshastighet i nedsatt sikt samt studera människornas beteende. Vidare var syftet att undersöka möjligheterna att förbättra situationen för personer som utrymmer genom att använda olika hjälpmedel. Resultatet från försöken visade att försökspersonerna i stor utsträckning gick längs tunnelväggen mot mynningen istället för att använda sig av de nödutgångar som fanns i tunneln. Slutsatsen kunde således dras att de utrymmande personerna vistades i farlig miljö i en onödigt lång tid jämfört med vad de hade behövt göra om de istället hade använt sig av någon av de nödutgångar som de passerade.

En teori om varför personer som utrymmer väljer att gå mot kända utgångar presenteras av Mc Clintock, Shields, Reinhardt-Rutland och Leslie (2001). Beteendet förklarar författarna med ett inom psykologin vedertaget begrepp som kallas *learned irrelevance*. *Learned irrelevance* är en form av ett inlärt beteende där individen omedvetet filtrerar bort information som denna kontinuerligt exponeras för men inte behöver reagera på. Bortfiltreringen i sig är en

nödvändighet för att informationshanteringen i hjärnan inte skall bli överbelastad. Inom psykologin finns etablerade metoder för att hantera problematiken men för att undersöka huruvida *learned irrelevance* finns närvarande i en utrymningssituation genomförde Mc Clintock et al (2001) ett antal experiment. Resultaten från dessa experiment visade att personer faktiskt förknippar utrymningsskyltar med säkerhet men att de inte uppmärksammar utrymningsskyltar i vardagliga situationer. Dessutom menar de att *learned irrelevance* är en del av förklaringen till varför människor går mot utrymningsvägar som de sedan tidigare är bekanta med.

### 3.1.2. Attraktiv utrymningsväg

En viktig faktor för att få ett snabbare utrymningsförlopp är att personer som utrymmer använder sig av de utrymningsvägar som de är i närmast anslutning till, vilka kan göras mer attraktiva genom ett antal olika metoder och aktiva system. En metod som visat sig effektiv är att använda nödutgångar där dörrarna öppnas vid aktiverat brandlarm. Detta resultat påvisades vid försök som genomfördes av Benthorn och Frantzich (1996) där en nödutgång med en öppen dörr var betydligt mer attraktiv än en nödutgång med en stängd dörr. Samma resultat påvisades även vid ett antal oannonserade utrymningsförsök som genomfördes av Shields och Boyce (2000) i olika butikslokaler. Även i dessa försök valde utrymmande personer i större utsträckning de nödutgångar där dörrarna öppnades jämfört med de som inte öppnades.

Andra metoder som kan användas för att göra utrymningsvägar mer attraktiva är till exempel markeringar, räcken, taktila hjälpmedel, ljudillustrationer, förstärkt belysning och blinkande lampor. I inledningsskedet av ett utrymningsförlopp är sikten ofta god varför utrymningsvägens utseende är av stor betydelse, men utrymmen kan snabbt bli rökfyllda med konsekvensen att sikten kraftigt reduceras. I detta skede är det viktigt att personer som utrymmer uppfattar att de faktiskt passerar en utrymningsväg så att tiden de exponeras för giftiga brandgaser begränsas. Detta kan göras med hjälp av förstärkt belysning eller blinkande lampor, vilka således kan vara effektiva i situationer med både bra och dålig sikt (Frantzich, 2004).

En nödvändighet för att metoderna och de tekniska systemen skall få en önskad effekt är att relevant forskning inom områden som människors beteende vid brand och tekniska system ligger till grund för utformandet. Nilsson (2009) menar att om så inte är fallet riskerar systemen att designas på felaktiga antaganden vilket kan leda till att de inte får den effekt som eftersträvas. Ett exempel på ett sådant felaktigt antagande var tron om att ordet brand skulle leda till panik hos personer som utrymmer. Forskning visade sedan att det är mer effektivt att använda ordet brand i ett utrymningslarm än att inte göra det.

### 3.1.3. Social påverkan och lokalkännedom

Det bör även påpekas att tekniska system inte är det enda som behöver beaktas för att förstå hur och varför personer gör sina val i en utrymningssituation. Nilsson (2009) beskriver att faktorer som social påverkan och lokalkännedom är av stor betydelse. Exempelvis har flera studier visat att om någon person börjar gå mot en nödutgång så följer flera dennes exempel. Nilsson (2009) menar att detta beteende kan förklaras med att personer studerar hur andra personer beter sig innan de själva bestämmer sig för hur de ska eller inte ska agera. Samtidigt som att folk inte vill sticka ut från mängden kan konsekvenserna bli att om en grupp rör sig mot en vanlig ingång kommer det blir svårare för resterande personer att ta sig mod att välja en nödutgång. Detta beteende kan även vara positivt för användandet av nödutgångar om någon tidigt väljer att

använda en tack vare att flera då får uppfattningen att nödutgången är ett passande och säkert val av utgång.

I studier av bland annat Nilsson (2009) har det även visat sig att de utrymmande personernas lokalkännedom om byggnaden de utrymmer påverkar hur effektivt tekniska system som blinkande lampor fungerar. Till exempel kan det innebära att om personer vet att en nödutgång är utformad som ett sämre alternativ, som till exempel en smal spiraltrappa, och att huvudingången är ett bättre och bredare alternativ kommer de troligtvis välja huvudingången även om nödutgången görs mer attraktiv med blinkande lampor. Detta belyser även vikten av att förstå att aktiva system som blinkande lampor inte kan ersätta en lämplig utformning av en utrymningsväg.

#### **3.1.4. Färgens betydelse**

Vad det gäller färger på blinkande ljussignaler finns det flera faktorer som bör beaktas. Först och främst är det viktigt att vara medveten om vad färger förknippas med för personer i olika kulturer. Vidare bör det även beaktas att ögat är känsligare för vissa våglängder vilket medför att färger syns olika bra i dagsljus och i rök (Nilsson, 2009). Ytterligare en viktig aspekt att ta hänsyn till vid val av färger är att uppskattningsvis åtta procent av alla män och en procent av alla kvinnor är färgblinda (Nationalencyklopedin).

I vanligt dagsljus borde en gulgrön färg vara att föredra på grund av att ögat är mest känsligt för ljus kring denna våglängd. Samtidigt är denna färg mindre lämplig att använda i rökfyllda miljöer då ljus med denna relativt korta våglängd bryts oftare än mer långvågigt ljus på partiklarna i röken. Med utgångspunkt i detta resonemang borde ljuset istället vara rött eftersom rött ljus har en längre våglängd än det gröna ljuset och därför borde synas bättre i rökfyllda miljöer (Nilsson, 2009).

Att färger har en inneboende betydelse för olika kulturer har visats i flera undersökningar. Wickens och Hollands (2000) beskriver hur grönt förknippas med säkerhet och rött med fara och hot, samt att detta kan skilja sig mellan olika kulturer. Samma associationer till rött och grönt har även påvisats i undersökningar i Sverige (Frantzich, 2004; Nilsson, 2009). En annan lämplig färg på blinkande lampor i anslutning till utrymningsskyltar diskuteras av McClintock et al (2001). Författarna till artikeln menar att blått i vissa länder vore att rekommendera då dessa förknippas med de blå lamporna som finns på utryckningsfordon. Beeson och Mayer (2008) menar dock att blått ljus kan synas dåligt i rök på grund av dess korta våglängd.

#### **3.1.5. Blinkande ljussignaler**

Flera studier har genomförts som visar att blinkande och blixtrande lampor i anslutning till utrymningsvägar ökar användandet av utrymningsvägarna. Efter experiment som genomfördes av McClintock et al (2001) drogs slutsatsen att blixtljus i anslutning till utgångarna ökar utrymningsvägarnas attraktivitet. Förklaringen som författarna ger till resultatet är att denna typ av aktivt utrymningssystem bryter det *learned irrelevance*-beteende som beskrivits tidigare i detta kapitel. Detta genom att blicken på grund blixtljuset dras mot nödutgången och utrymningsskylten och på så sätt fångar personernas uppmärksamhet.

Frantzich (2004) genomförde i augusti 2003 försök med syftet att undersöka huruvida blinkande och blixtrande lampor tillsammans med genomlysta utrymningsskyltar kan användas för att göra utrymningsvägar mer attraktiva. Försöken genomfördes i en korridor på Lunds Tekniska

Högskola. Resultatet från försöken visade att de utrymningsvägar som var försedda med både genomlyst utrymningsskylt samt blinkande eller blixtrande lampor användes i större utsträckning än de utrymningsvägar som endast var försedda med genomlyst utrymningsskylt.

Ett avhandlingsarbete genomfördes av Nilsson (2009) i vilket blinkande lampors effekt i anslutning till nödutgångar undersöktes. Flera olika försök och undersökningar genomfördes i syfte att undersöka hur systemet uppfattas och hur det påverkar utrymmande personers vägval samt hur systemet bör designas för att få önskad effekt. Bland annat genomfördes försök i tunnlrar, biografer, en korridor och i en kontorsbyggnad.

Resultaten från de olika försöken och undersökningarna visade att blinkande lampor är en användbar metod för att påverka hur personer som utrymmer väljer utgång. Samtidigt bör man vara medveten om att även andra faktorer som social påverkan och lokalkännedom är av stor betydelse för att förstå hur personer som utrymmer gör sina val av utgångar (Nilsson, 2009).

Vidare visade Nilsson (2009) att gröna blinkande lampor bör användas då färgen grönt förknippas med säkerhet och nödutgång. Lampornas placering bör vara i nära anslutning till utrymningsskylten så att denna sticker ut och så att blicken dras mot skylten. Detta gör därmed att de personer som utrymmer blir varse om var nödutgången finns. En annan fördel med att placera lamporna i anslutning till en utrymningsskylt är att Boverkets Byggregler (Boverket, 2013a) ställer krav på att skyltarna skall placeras på lämpliga platser, vilket i sig medför att även lamporna blir lättare att se.

Dessutom beskriver Nilsson (2009) att de blinkande lamporna bör vara ett så kallat aktivt utrymningssystem, vilket innebär att de är kopplade till ett brandlarm och börjar blinka då larmet aktiveras. Detta på grund av att personerna vid förändringen och det kontinuerliga blinkandet förstår att förutsättningarna har förändrats och uppmärksammar var nödutgången finns. När väl nödutgångarna uppmärksammas ökar sannolikheten att de utrymmande använder dessa istället för de bekanta in- och utgångarna. Betydelsen av en förändring har även beskrivits av McClintock et al (2001) som en viktig faktor för att bryta *learned irrelevance*-beteendet och för att få personer att uppmärksamma nödutgångarna.

### 3.2. Virtual Reality

Virtual Reality är ett samlingsbegrepp för tekniker som eftersträvar att en användare skall uppleva något virtuellt. Detta kan vara en kombination av artificiella stimulanser såsom bilder, ljus och ibland även känsel och lukt. För att skapa dessa illusioner används datorer och elektrisk utrustning. Om illusionen skall kännas verklig och användaren skall kunna få en hög närvarokänsla är det viktigt att saker och ting förändras och uppdateras. Vidare måste användaren kunna påverka miljön som samtidigt måste kunna ge någon form av stimuli tillbaka till användaren när detta sker (Alce, Eriksson & Wallergård, 2013).

Någon entydig definition av VR finns inte, men på svenska skulle det kunna definieras som:

*”En artificiell, datorframställd ’verklighet’, som användaren kan uppleva med flera sinnen, och interagera med på ett naturligt sätt”* (Alce et al, 2013).

I praktiken kan VR beskrivas som en interaktions-loop mellan en användare och ett VR-system. Alce et al (2013) beskriver hur användaren utför handlingar som registreras och bearbetas av



VR-systemet utifrån de regler och naturlagar som ställts upp för detta. Systemet ger sedan en återkoppling till användaren vilken bör ske med några tiondelars millisekunders fördröjning för att miljön ska upplevas som trovärdig. Exempelvis kan detta innebära att när användaren utför en handling för att stanna upp, måste VR-systemet ge en snabb visuell återkoppling om att detta sker för att känslan av trovärdighet inte skall försämrans hos användaren. Ytterligare en viktig faktor som beskrivs av Alce et al (2013) för att öka känslan av en ”verklighet” hos användaren är att återkopplingen till denna sker multi-modalt, vilket innebär att användaren stimuleras med mer än bara visuella intryck.

### 3.2.1. Utveckling

De första flygsimulatoreorna dök upp under 1900-talets början. Piloterna kunde i dessa öva sig på att till exempel parera för slagvindar. Dessa utvecklades sedan och simuleringar fick en ökad betydelse i samband med USA:s rymdprogram under 1950- och 1960-talet. Astronauterna kunde i dessa öva på exempelvis navigering, dockning, landning och på att kommunicera med markpersonal. Under denna tidsperiod var dock tilliten till datorer liten varför datorer inte användes i någon stor utsträckning (Alce et al, 2013).

De första mer ambitiösa försöken till att skapa multi-modala upplevelser dök upp under 1950-talet med produkter som spelade upp en film på en skärm och där användaren samtidigt utsattes för ljud, vibrationer och lukt. Möjligheten att integrera med miljön saknades dock i dessa. Alce et al (2013) beskriver hur utvecklingen av teknologin under 1980-talet hade kommit så långt att mer sofistikerade multi-modala datormiljöer kunde skapas av NASA. Användaren kunde i detta koncept använda sig av en huvudburen display, hörlurar, röststyrning och specialdesignade handskar. Det primära syftet med detta system var att användaren skulle kunna öva sig på att styra en robot i rymden och samtidigt få känslan av att den befann sig där.

I dagsläget har uttrycket *serious gaming* blivit ett vedertaget begrepp. Susi, Johannesson och Backlund (2007) förklarar att detta innebär att virtuella miljöer skapas med befintliga spelmotorer i syftet att användas till mer seriösa syften än att bara underhålla. En fördel med detta är spelmotorerna ofta är sofistikerade och kan skapa virtuella miljöer av hög kvalitet.

### 3.2.2. Användningsområden

VR-teknik har i dagsläget ett brett användningsområde. Inom arkitektur och konstruktion kan många fördelar erhållas då byggnader kan göras levande på ett helt annat sätt än på en klassisk ritning (Kahkonen, 2003). Ett område där tekniken kan användas på ett liknande sätt är inom arkeologi och historia. Föremål eller hela städer kan återskapas och användaren kan få en möjlighet att gå runt och beskåda forntida byggnader och miljöer (Pujol, 2004).

Ett antal studier har genomförts i syftet att undersöka huruvida träning i VR är överförbar på verkliga uppgifter. Alce et al (2013) redogör för hur en av de första studierna inom området genomfördes 1993 där sju personer fick öva på en uppgift i verkligheten, sju personer fick öva i VR och sju personer fick inte någon övning alls. Resultatet av dessa försök visade att träning i VR inte gav lika bra resultat som verklig träning, vilket troligtvis kunde förklaras med att tekniken som användes inte var tillräckligt sofistikerad. Ett liknande försök genomfördes 1995 med ett mer sofistikerat VR-system vilket gav ett mer positivt resultat.

Efter dessa studier har ett flertal andra försök genomförts med personer med utvecklingsstörningar. Alce et al (2013) beskriver hur 20 försökspersoner år 2000 fick öva sig i

virtuell miljö på att handla på en stormarknad samt på att montera ihop en lampa. Resultatet visade att de försökspersoner som fått öva på momenten i VR-miljö var signifikant bättre än de som inte fått någon övning överhuvudtaget. Alce et al (2013) beskriver även hur liknande resultat erhöles i en liknande studie 2002. I denna studie delades försökspersoner med utvecklingsstörningar in i tre olika grupper. Den första gruppen fick öva sig i verkliga kök, den andra fick öva sig virtuella kök och den tredje gruppen fick öva sig med kokböcker. Resultaten visade att de försökspersoner som fick öva i ett virtuellt kök uppnådde samma färdigheter som de som fick öva i ett verkligt kök. Slutsatsen som Alce et al (2013) drog av de ovan beskrivna försöken var att VR-teknik lämpar sig för träning av uppgifter som bygger på kognitiva förmågor som till exempel minne och förståelse.

Tack vare möjligheten öva upp förmågor i VR-miljö har simuleringar av olika slag blivit ett utbredd område. Dessa används inom bland annat trafik, flyg och sjöfart. I simuleringarna ges förare, piloter och kaptener en möjlighet att öva upp sina färdigheter på ett riskfritt och kostnadseffektivt sätt. Fox et al (2009) beskriver även hur militärer har varit pådrivande inom utvecklingen av virtuella miljöer. I dessa kan militärerna öva på att fatta snabba och effektiva beslut i stressfyllda situationer. Författarna beskriver även andra områden där VR-teknik kan användas, vilka bland annat är inom rehabilitering, psykoterapi och andra medicinska områden. Till exempel kan personer som har utsatts för en stroke lära sig att öva upp fundamentala förmågor för att kunna hantera vardagen. Ett annat exempel är att personer kan lära sig hantera fobier utan att direkt behöva utsättas för dem. Vidare kan virtuella modeller av den mänskliga kroppen skapas vilket kan vara ett kraftfullt interaktivt verktyg för personer som studerar till läkare eller sjuksköterskor.

VR har även visat sig fungera som ett verktyg vid forskning kring sociala och psykologiska fenomen. Fördelen med att använda VR gentemot mer traditionella metoder är bland annat att forskarna kan skapa vardagliga situationer på ett realistiskt sätt. Istället för att låta en försöksperson tänka sig in i ett scenario och låta denna svara på frågor i ett formulär kan försökspersonen utsättas för scenarierna och forskaren kan då observera hur personen reagerar. Andra fördelar gentemot traditionella metoder är att det visat sig vara lättare att få tag i ett representativt urval av testpersoner samt att miljöer som annars hade varit svåra eller omöjliga att återskapa kan skapas i VR (Fox et al, 2009).

### 3.2.3. Tidigare forskning kring utrymning

En hel del forskning har gjorts kring människors beteende vid brand. Ett problem vid verkliga försök är att deltagare kan utsättas för risker som exempelvis strålning och brandgaser. Kobes (2010) beskriver därför att en användbar metod för att ändå kunna studera människors beteende i sådana riskfyllda situationer kan vara att genomföra försöken i virtuella miljöer istället för verkliga.

Ett examensarbete genomfördes under hösten 2012 av Malthe och Vukancic (2012) i vilket författarna bland annat undersökte frågeställningen *Hur utforskat är VR inom brandteknik i dagsläget?* I arbetet genomfördes därför en litteraturstudie där relevant forskning och litteratur studerades och sammanfattades. De försök som studerades visade att VR-teknik kan vara ett användbart verktyg för att studera människors beteende vid brand och i utrymningssituationer.

Forskningen som studerades av Malthe och Vukancic (2012) omfattade bland annat studier där personer i VR fick öva sig på att släcka bränder med brandsläckare samt studier där brandmän i

virtuell miljö fick öva sig på att rökdyka med strålrör. Studierna visade att försökspersoner blev bättre på det som de övade på samt att de uppfattade träningen som lärorik. Vidare studerades en studie som syftade till att undersöka om kommersiella spelmotorer går att använda för att på ett smidigt sätt ta fram realistiska miljöer som kan användas i utrymningsförsök. Resultaten från studien visade att realismen hos försökspersonerna överlag bedömdes som hög. Ett problem som dock uppmärksammades var att personer med dataspelsvana tenderade att ignorera faror och risker på ett sätt som de troligtvis inte hade gjort i verkligheten (Malthe & Vukancic, 2012).

En studie av Kobes (2010) har publicerats om möjligheten att använda VR-teknik vid forskning kring människor beteende i händelse av brand. I rapporten undersöktes bland annat olika kontrollenheter och olika typer av displayer. Utrymningsförsök genomfördes även i ett hotell, vilket sedan återskapades i VR-miljö men med nya försökspersoner. Resultaten visade att joystick och handkontroll var att föredra framför mus och tangentbord samt att större projektioner var att föredra framför mindre dataskärmar. Vidare visade resultatet från valideringsförsöket att VR-miljöer inte var ett användbart verktyg för undersökning av gånghastigheter. Dock ansågs VR-metoden som användes vara validerad som ett forskningsverktyg kring utrymningssituationer i icke rökfyllda lokaler och som ett verktyg för att studera påverkan av brandgaser för personer som utrymmer. Slutligen framgick det även i denna rapport att en viss skillnad i beteende mellan personer med och utan vana av dataspel uppvisades, dock ansågs metoden fungera väl för båda grupperna.

I examensarbetet av Malthe och Vukancic (2012) studerades om försök i virtuell miljö kunde framkalla samma beteende som verkliga försök i en rökfylld tunnel. För att kunna genomföra en validering återskapades ett utrymningsförsök i *Virtual Reality Lab* på IKDC som tidigare genomförts i en rökfylld tunnel. Resultaten visade att inga signifikanta skillnader mellan de båda försöken kunde påvisas samt att försökspersonerna upplevde en hög realism i den virtuella miljön.

### 3.2.4. Begränsningar

För att uppnå en hög realism krävs avancerad teknik och programvara vilket ställer höga krav på personerna som skapar den. Malthe och Vukancic (2012) argumenterar därför hur det är fördelaktigt att använda färdiga spelmotorer vilka gör att framtagandet av miljöerna inte blir lika komplicerat och att lika stora krav inte ställs på användaren. Gällande tekniken så finns det fortfarande begränsningar om vad denna kan uppnå. Grafik förbättras kontinuerligt men en begränsning är fortfarande att användarens rörelseförmåga begränsas av kontrollanordningen.

En begränsning som tidigare beskrivits är försökspersoners erfarenhet av data- och TV-spel. Personer som har erfarenheter sedan tidigare av data- och TV-spel tenderar att uppvisa ett mer riskfyllt beteende i den virtuella miljön jämfört med vad de troligtvis skulle gjort i ett verkligt försök. I utrymningsförsök i VR där bränder ingår bör det beaktas att det kan vara problematiskt att fånga upp alla de stimulanser som en brand avger. Malthe och Vukancic (2012) beskriver hur detta problem till viss del skulle kunna lösas genom strålningspaneler samt att man placerar ut delar av nyligen bränt material i närheten av försökspersonerna.



## 4. Skapande av virtuella miljöer

### 4.1. Sketchup Pro

För att skapa 3D-modeller av geometrierna användes Sketchup Pro från Trimble. Sketchup Pro är ett program som används inom ett stort antal områden som till exempel arkitektur, stadsplanering, konstruktion och speldesign (Trimble). Programmet bedömdes vara mer användarvänligt och lättare att lära sig än till exempel Autodesk Maya. Dessutom hade programmet alla nödvändiga funktioner samtidigt som Pro-versionen är ett relativt billigt alternativ i jämförelse med andra mer avancerade program. Ytterligare en fördel med Sketchup Pro är att 3D-modellerna kan exporteras till en rad filformat som bland annat FBX, 3DS, OBJ och XSI.

Vid skapandet av 3D-modellerna i Sketchup delades byggnadsdelar och inredning in i grupper för att dessa på ett effektivt sätt skulle kunna färgläggas och ges texturer. På grund av programmets användarvänlighet gjordes 3D-modellerna så kompletta som möjligt vilket innebar att texturer, färger och samtliga objekt lades till i programmet. En möjlighet i Sketchup är att ladda in färdiga objekt till modellen från *3D-warehouse* men detta undveks i största möjliga mån. Anledningen till detta var att objekten tenderade att se annorlunda ut när de spelades upp i spelmotorn. Dessutom var objekten i *3D-warehouse* oftast väldigt detaljerade vilket medförde att spelen som skapades i Unity blev onödigt tunga för datorn att köra.

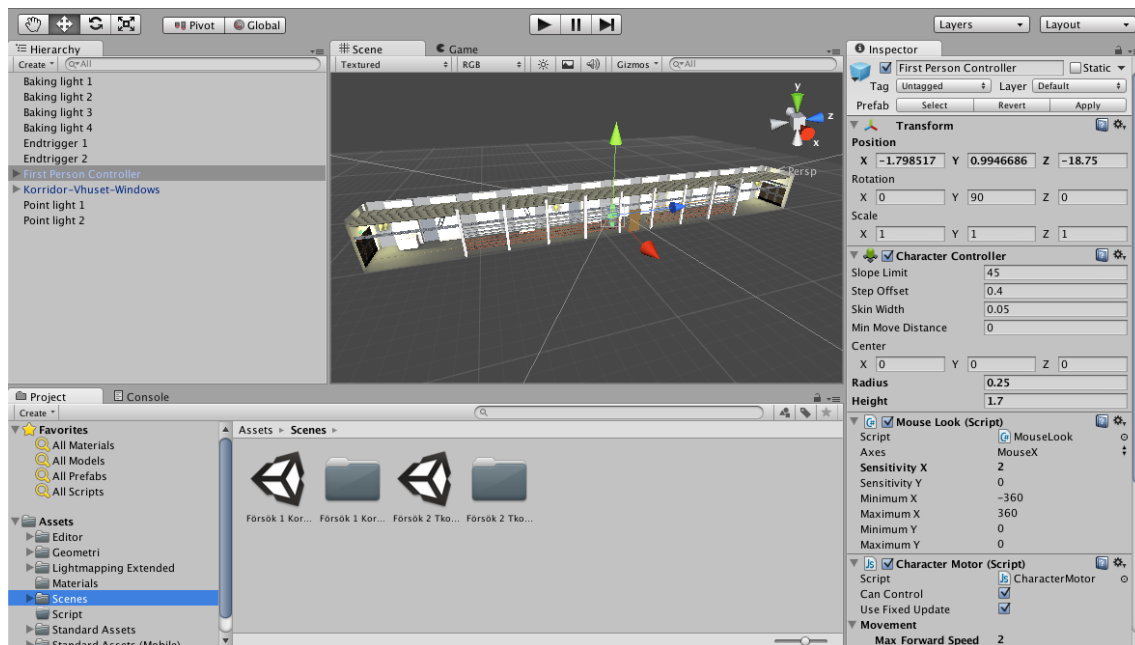
### 4.2. Unity 4

För att skapa spelen, eller de så kallade programvarorna, som behövdes till försöken i denna studie användes en gratisversion av Unity 4.2.1. Unity är en spelmotor som stöds av en rad plattformar som exempelvis iOS, Windows och Android. En spelmotor är en programvara som innehåller de funktioner som krävs för att skapa ett datorspel. Dessa funktioner behandlar bland annat spelets grafik och förlopp samt spelarens rörelse i den virtuella miljön (Unity Technologies). En fördel med att använda Unity var att den skapade programvaran på ett enkelt sätt kunde kompileras till en körbar fil.

Unity är ett program som tidigare använts av avdelningen för Brandteknik och Riskhantering för att skapa programvaror som använts för utrymningsförsök i *Virtual Reality Lab*. Vidare var Malthe och Vukancic (2012) av uppfattningen att Unity var ett program som fungerade väl för detta ändamål. Alla funktioner som behövdes för att kunna skapa de virtuella miljöerna i denna studie, som exempelvis öppningsbara dörrar och blinkande ljussignaler, användes även i försöken av Malthe och Vukancic (2012). Med detta som bakgrund undersöktes därför inga alternativa spelmotorer. Unity använder tre olika programmeringsspråk vilka är JavaScript, C# och Boo. Dessutom stödjer Unity ett flertal filformat som till exempel FBX och 3DS, varför det i detta arbete valdes att exportera 3D-modellerna från Sketchup som FBX-filer.

I figur 3 visas användargränssnittet för Unity 4.2.1. Det finns i huvudsak fyra fönster med diverse olika funktioner. De olika fönstren kallas *Project*, *Hierarchy*, *Inspector* och *Scene*. I *Project* visas tillgängliga och importerade filer i det aktuella projektet. Till *Project* kan en rad olika standardfunktioner, material och texturer importeras. Dessa kan antingen importeras som hela förinstallerade paket i programmet eller från internet genom *Asset Store*. I *Hierarchy* listas aktuella filer och funktioner som används i den scen som körs. Vidare visar *Inspector* de inställningar som kan göras för de filer som ligger under *Project* och *Hierarchy*. Till sist visar

*Scene* en visualisering av den virtuella miljön. I detta fönster kan man flytta, markera och rotera objekt. Dessutom kan spelet testköras på ett snabbt och enkelt sätt vilket gör att användaren kontinuerligt kan kontrollera funktioner och få en uppskattning om hur tungt spelet är att köra för datorn.



Figur 3. Användargränssnittet i Unity 4.2.1.

I det förinstallerade paketet *Character Controllers* finns en färdig funktion som kallas *First Person Controller*. Funktionen används för att användaren ska kunna röra sig i 3D-modellen i ett förstapersonsperspektiv. Inbyggd i denna funktion finns det färdiga skript för inställningar av parametrar som bland annat personens gånghastighet, bredd och höjd samt utgångsposition för spelet. Dessutom innehåller *First Person Controller* en kamera och därmed kan den redan befintliga kameran som ligger i *Hierarchy* tas bort. Dock är standardinställningarna i Unity gjorda för tangentbord och mus varför det färdiga skriptet behövde bytas ut för att spelet skulle kunna köras med en handkontroll.

För att åstadkomma en realistisk ljussättning i korridorerna gjordes inställningar för färgen på bakgrundsbelysningen. Vidare belystes korridorerna med så kallade *Point Light* som motsvarar en punktkälla av ljus och kan liknas vid en lampa. Inställningar gjordes för lampornas intensitet, räckvidd och färg samt för vilken typ av skuggor som önskades.

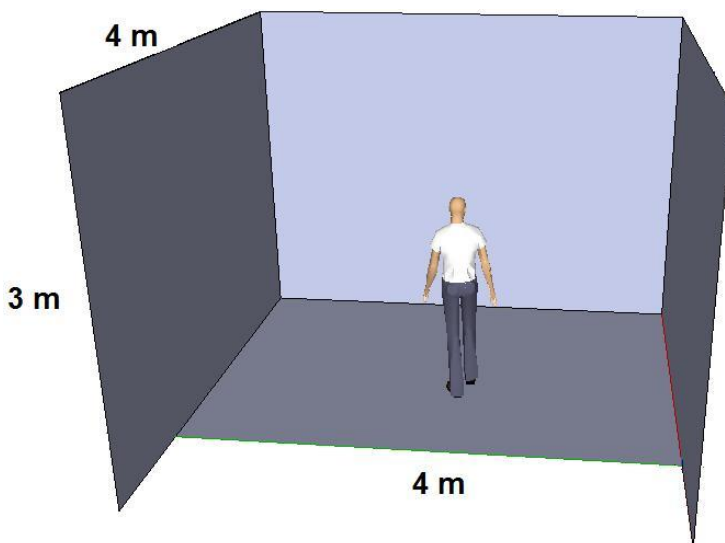
En problematik med att använda ett större antal *Point Light* är att datorn behöver göra många beräkningar för varje tidssteg och för varje lampa. För att undvika detta och göra spelet mer lättkört för datorn användes ett paket som heter *Lightmapping Extended*, vilket kunde hämtas från *Asset Store*. Funktionerna i detta paket möjliggör för användaren att göra en så kallad bakning av ljuset från lamporna. I praktiken innebär det att programmet beräknar lampornas statiska ljuseffekter på de strukturer som finns i miljön och sedan sparar dessa som ersättningstexturer. Efter bakningen kunde lamporna släckas tack vare att effekterna av ljusen redan fanns sparade i de skapade texturerna. Förutom att optimera renderingstiderna korrigerade bakningen även renderingsproblem vilket skapade en mer realistisk virtuell miljö.

I försöken användes även skript för funktioner som dörröppning, blinkande lampor och för att avsluta spelen med en *fade out*. För att vissa av dessa funktioner skulle kunna köras skapades volymer i miljön, så kallade *Triggers*. Då spelaren befinner sig i dessa volymer körs skriptet som är kopplat till volymen. Dörrarna och de blinkande lamporna importerades som *Prefabs* från ett tidigare genomfört utrymningsförsök i *Virtual Reality Lab*. En *Prefab* kan beskrivas som en kopia av ett objekt med dess inställningar och skript som paketerats och sparats. De *Prefabs* som användes i denna studie skapades av Joakim Eriksson, institutionen för Designvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola.

Till sist användes ett skript för att dela upp bilden på fyra skärmar så att programvaran kunde användas och spelas upp i *Virtual Reality Lab*. Samtliga använda skript i Unity skrevs av Joakim Eriksson, institutionen för Designvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola.

### 4.3. CAVE-system

Programvarorna som skapades i Unity kunde spelas upp med olika displayprodukter, som exempelvis dataskärmar eller projektorer. I denna studie användes ett så kallat CAVE-system som finns vid *Virtual Reality Lab* på IKDC i Lund. Ett CAVE-system kan liknas vid ett omslutande rum med projektion på golvet samt på väggarna till vänster, framför och till höger om användaren. Projektionsytorna i systemet på IKDC har en höjd av tre meter och en bredd av fyra meter, se figur 4.



Figur 4. Uppställning av CAVE-systemet.

Då varje projektyta styrs av en egen dator krävs det att de fyra datorerna är sammankopplade i ett kluster. Huvuddatorn styr skärmen framför försökspersonen och är även den dator som kör programvaran. Denna dator skickar dessutom information till de övriga tre datorerna vilka brukar benämnas som slavar. Slavarna har till uppgift att följa huvuddator och se till att rätt bilder visas på deras respektive projektytor. I figur 5 visas CAVE-systemet som användes i denna studie.



**Figur 5.** CAVE-systemet som användes i studien.

För att skapa en känsla av djupseende i CAVE-systemet används en teknik som kallas passiv stereoskopi. I detta system innebär det att två projektorer används för varje projektionsyta vilket således medför att totalt åtta projektorer används i systemet. Först skapas ett linjärpolariserat ljus från varje projektorpar vilket sedan vrids med olika filter en viss vinkel medurs för den ena projektorn och en lika stor vinkel fast moturs för den andra projektorn. För att vrida tillbaka ljuset till ett linjärpolariserat ljus används 3D-glasögon vilka gör att en djupkänsla uppstår.

Navigationen i CAVE-systemet skedde med hjälp av en handkontroll som till stor del liknar handkontroller till TV-spelskonsoler. Kontrollenheten är en trådlös modell från Logitech och användaren styrde med hjälp av en av de två analoga styrpakarna, se figur 6.



**Figur 6.** Handkontrollen som användes för att navigera i CAVE-systemet.



## 5. Försök 1

### 5.1. Verkligt försök

I följande avsnitt presenteras sammanställd information från försöket med gröna blinkande lampor som genomfördes av Frantzich (2004) i en korridor på LTH under hösten 2003. Denna information var nödvändig för att kunna skapa och genomföra det virtuella försöket i försök 1.

I de verkliga försöken i korridoren användes totalt åtta försöksuppställningar, vilka var uppdelade i två olika förutsättningar. Bland annat undersöktes det hur utrymningsvägar kunde göras mer attraktiva med blink- och blixtljus i grönt och orange. Följande avsnitt behandlar dock endast försöksuppställning, genomförande och resultat från ett av dessa åtta försök då endast ett validerande försök genomfördes i denna studie. På grund av att inredning och installationer har ersatts och tillkommit i korridoren bygger beskrivningen av försöket på rapporten av Frantzich (2004). För att uppnå en hög realism, minimera inbyggda felkällor och säkerställa att den verkliga korridorens utformning efterliknades fanns författaren till den ursprungliga rapporten tillgänglig vid skapandet av den virtuella korridoren.

#### 5.1.1. Försöksuppställning

Utrymningsförsöken genomfördes i en korridor med längden 37,5 meter, bredden 3 meter och höjden 3,7 meter. Längs ena långsidan fanns fastmonterade hyllor på väggen som inskränkte bredden med 0,4 meter och i taket fanns flertalet rör vilka medförde att den fria höjden var 2,9 meter, se figur 7.



**Figur 7. Korridoren i vilken det verkliga försöket genomfördes.**

I vardera änden av korridoren fanns en utrymningsväg, se figur 8 och figur 9.

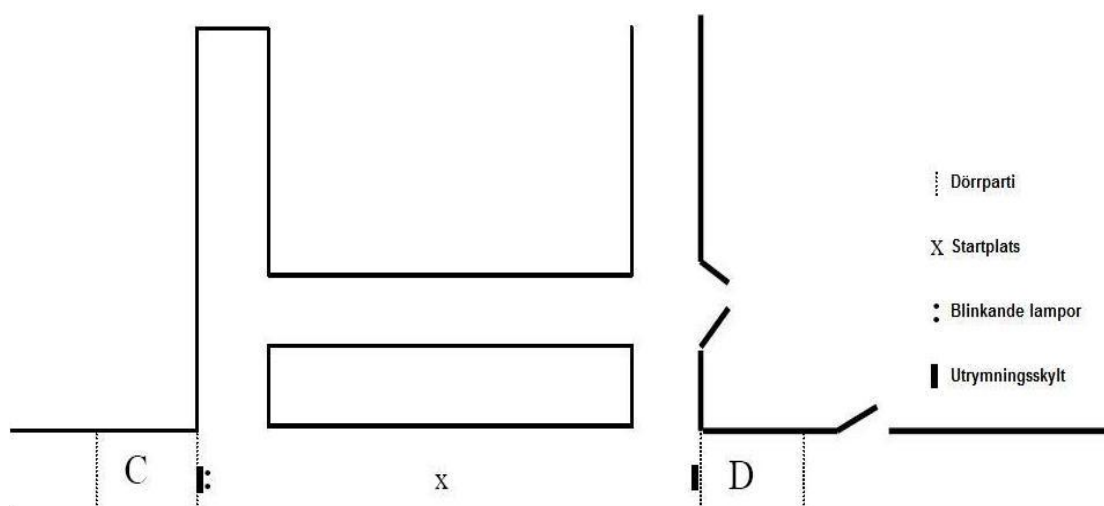


Figur 8. Utrymningsväg C.



Figur 9. Utrymningsväg D.

Samtliga fönster i dörrpartierna täcktes med svart plast och brunt papper för att undvika dagsljusinsläpp och för att de båda utgångarna skulle likna varandra. Utrymningsvägarna var markerade med genomlysta utrymningsskyltar och den ena utgången var även markerad med två gröna blinkande lampor med en frekvens på cirka 1 Hz. I figur 10 visas en förenklad skiss av försöksupställningen.



Figur 10. Förenklad skiss av försöksupställningen.

I korridoren fanns tolv lysrörsarmaturen men vid genomförandet av försöken var endast fyra av dessa tända. Mätningar av belysningsstyrkan gjordes och medelbelysningen i korridoren uppmättes till 31 lux.

### 5.1.2. Försökspersoner

I försöken deltog förstaårsstudenter från Brandingenjörsprogrammet och Väg- och vattenbyggnadsprogrammet. Förklaringen till att försökspersoner endast rekryterades från dessa program var att målsättningen var att få en så liten spridning som möjligt i ålder och förutsättningar samt även för att underlätta rekryteringen. För att undvika att studenterna skulle ha vistats i korridoren och därmed fått lokalkännedom genomfördes försöken under uppsprogsdagen. I försöket deltog nio män och tre kvinnor.

### 5.1.3. Genomförande

Försökspersonerna togs emot på en plats där korridoren inte var synlig. Vid denna plats informerades personerna om att de skulle vara med om ett utrymningsförsök men fler detaljer än så fick de inte. Vid samlingsplatsen förseddes försökspersonerna en efter en med en ögonbindel och togs därefter till startplatsen i mitten av korridoren. För att försäkra orienterbarheten så leddes de en omväg till startplatsen samt snurrades några varv. Vid startplatsen placerades försökspersonerna vända mot väggen så att utgång C hamnade på deras högra sida och utgång D på deras vänstra sida. Vid utgångspositionen fick försökspersonerna följande instruktioner:

*”Det du kommer att vara med om är helt ofarligt. När du påbörjar försöket ska du inte bry dig om mig eller någon annan. Jag talar om när försöket är avslutat. Jag finns tillgänglig för dig och jag kommer att stå kvar här.*

*Föreställ dig följande situation. Du står ensam i en längre korridor och du vet att det brinner någonstans men du vet inte var. Du vill ta dig ut härifrån eftersom du vill komma till en säkrare plats. Gör det.”*

Därefter togs ögonbindeln av och försökspersonerna fick agera. När personerna börjat gå mot någon av utgångarna avbröts försöket och vald utgång antecknades. Slutligen lotsades de till en avskild plats där de fick besvara en enkät.

### 5.1.4. Resultat

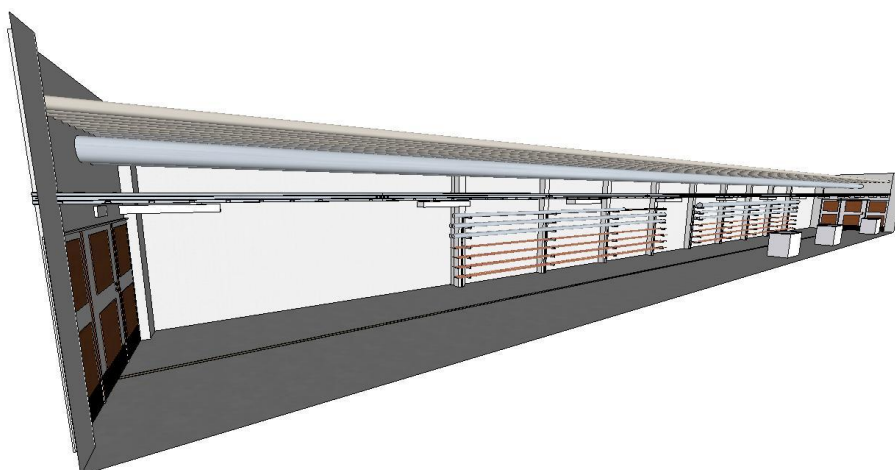
Resultatet från försöket visade att nio personer valde utgång C med blinkande gröna lampor och att tre personer valde utgång D. I tabell 1 redovisas resultatet angående hur försökspersonerna motiverade sina val av utrymningsvägar, vilket erhöles från enkäter som fylldes i efter avslutat försök.

**Tabell 1. Resultatet från det verkliga försöket.**

<b>Vald utgång</b>	<b>Vad var det som i första hand gjorde att du valde den väg du tog?</b>				
	Jag visste att den vägen ledde ut	Jag valde på måfå	Jag valde den som verkade närmast	Jag valde den som verkade säkrast	Annat
<b>Utgång C</b>	2	1	0	4	2
<b>Utgång D</b>	0	1	1	1	0

## 5.2. Virtuellt försöksmiljö

Syftet med försök 1 var att undersöka om personer som utrymmer kan förväntas göra samma vägval i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök i enklare miljöer med blinkande ljussignaler. Detta för att kunna göra en bedömning om Virtual Reality kan anses vara validerat för denna typ av enklare utrymningsscenarier. Som underlag till återskapandet användes bilder som var tagna vid det verkliga försöket tillsammans med byggnadens planritning. Dock gjordes vissa förenklingar på grund av tidsbrist samt på grund av utseendebriter som visade sig uppstå vid uppspelning i Unity 4. Dessa utseendebriter uppkom framförallt då detaljrikedomen på vissa objekt visade sig vara för stor. I figur 11 illustreras 3D-modellen från Sketchup Pro i vilken den främre väggen och taket gömts för att inredning och dörrpartier skall synas.

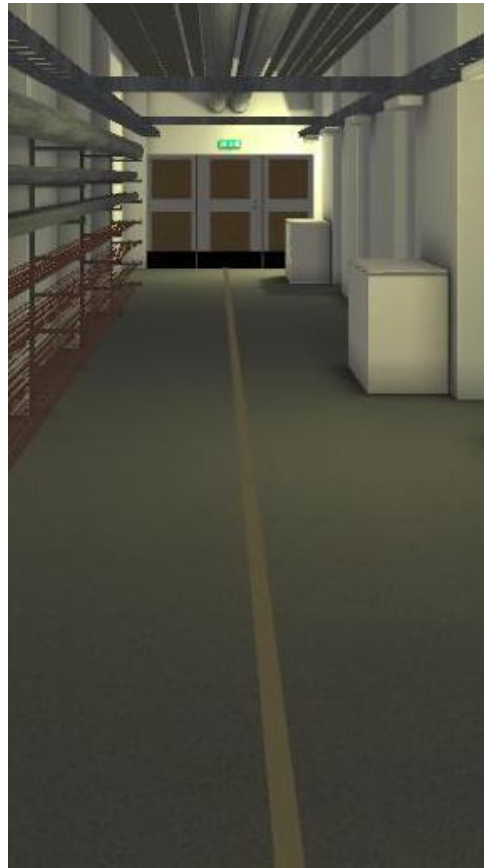


Figur 11. 3D-modell av korridoren från Sketchup Pro.

Kabelstegarna importerades från *3D-warehouse* eftersom de var svåra att få verklighetstroga och estetiskt tilltalande när de ritades från grunden. Dock raderades skruvar och andra överflödiga detaljer för att underlätta uppspelningen av programvaran för datorn. Övrig inredning såsom rör, armeringsjärn, dörrar och armaturer ritades upp för hand med verktyg i Sketchup. Samtliga detaljer förutom texturer på utrymningsskyltar och blinkande lampor färdigställdes i programmet. Detta innebar att texturer och färger applicerades på samtliga ytor och komponenter. Texturerna på utrymningsskyltarna lades istället till i Unity och gavs egenskapen *Self-Illumin* vilket gjorde att de såg ut att sända ut ljus. Som tidigare beskrivits importerades de blinkande lamporna som *Prefabs*. I figur 12 visas utgång C med blinkande ljussignaler från Unity och i figur 13 visas utgång D utan blinkande ljussignaler.



Figur 12. Utrymningsväg C.



Figur 13. Utrymningsväg D.

I figur 14 visas en bild tagen på den verkliga korridoren och i figur 15 visas en jämförelsebild från Unity på den virtuella korridoren.



Figur 14. Verkliga korridoren.



Figur 15. Jämförelsebild från Unity.

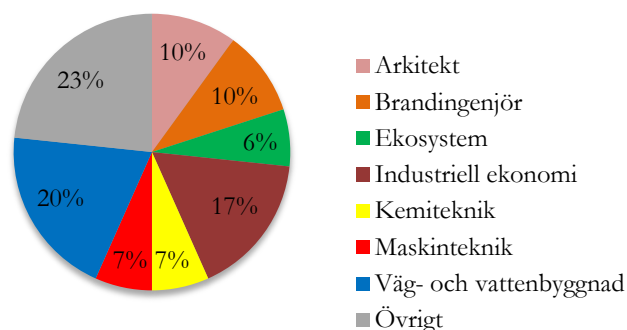
Spelet avslutades när försökspersonerna gått en sträcka mot den valda utgången för att försök 1 i största möjliga mån skulle efterlikna det verkliga försöket.

### 5.3. Försökspersoner

Rekryteringen genomfördes genom att en kallelse skickades ut till studenter vid Väg- och vattenbyggnadsprogrammet, Lantmäteriprogrammet och till förstaårsstudenter på Brandingenjörprogrammet, vilken visas i appendix 3. Vidare rekryterades en stor andel av försökspersonerna genom att författarna själva gick runt i LTH:s byggnader och berättade om försöken samt delade ut kallelser. De studenter som var intresserade av att delta kunde sedan välja att själva anmäla sig till försöken och som tack för att de deltog mottog de varsin biobiljett. I försöket fick endast förstaårselever från Brandingenjörprogrammet delta eftersom äldre elever på detta program bedömdes ha för mycket förkunskaper inom det aktuella området. Dessutom rekryterades inga färgblinda försökspersoner. För att öka sannolikheten att personerna som anmält sig till studien verkligen skulle dyka upp på försöksdagen skickades en påminnelse via sms ut kvällen innan de skulle delta.

Försökspersonerna som rekryterades till försök 1 var till största delen studenter från LTH. Dessa valdes för att gruppen skulle efterlikna den grupp som deltog i det verkliga försöket med avseende på ålder och bakgrund. Totalt medverkade 30 försökspersoner i försök 1, varav 23 var män och 7 var kvinnor. Medelåldern för deltagarna i försöket var 22,9 år med en standardavvikelse på 3,0 år.

En majoritet av försökspersonerna studerade Väg- och vattenbyggnad samt Industriell ekonomi och en sammanställning av deltagarnas programtillhörighet visas i figur 16.



Figur 16. Fördelningen av försökspersonernas programtillhörighet.

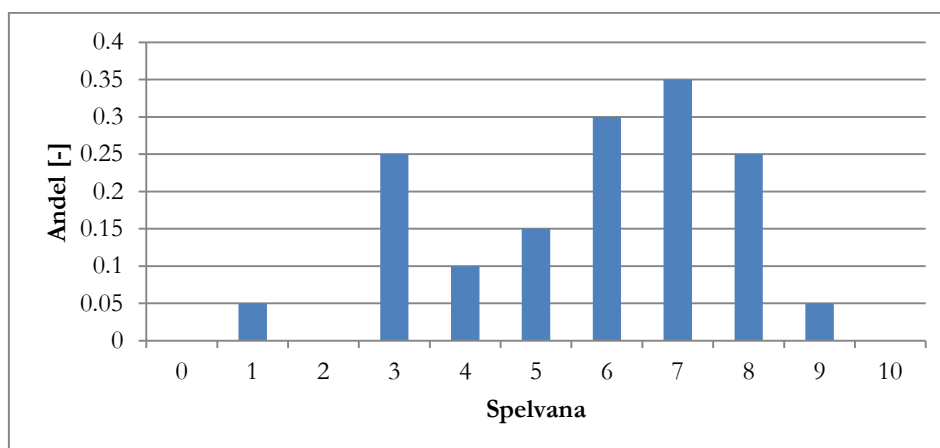
I enkätundersökningen samlades information in om försökspersonernas tidigare erfarenhet kring bränder, utrymning och utrymningsövningar. En sammanställning av detta resultat visas i tabell 2.

Tabell 2. Försökspersonernas brandrelaterade erfarenheter.

Erfarenhet	Antal [-]	Andel [%]
Varit med om en verklig brand	3	10
Varit med om en verklig utrymning	9	30
Deltagit i brandövning/utrymningsförsök	26	87

Då litteraturstudien visade att tidigare erfarenhet av data- och TV-spel kan påverka hur försökspersonerna betar sig i den virtuella miljön fick de i enkätundersökningen uppge hur stor erfarenhet de sedan tidigare hade av data- och TV-spel, relaterat till den tid de ägnat åt det.

Skattningen gjordes på en skala mellan noll och tio där noll motsvarade mycket liten tid och tio motsvarade mycket stor tid. Medelvärdet på svaren var 5,8 med standardavvikelse på 2,0 och en sammanställning av svarsfördelningen visas i figur 17.



Figur 17. Försökspersonernas tidigare erfarenheter av data- och TV-spel.

Vissa av försökspersonerna hade sedan tidigare sett CAVE-systemet i *Virtual Reality Lab* men ingen hade tidigare varit med och gjort utrymningsförsök i det.

## 5.4. Genomförande

Försök 1 genomfördes 21-22 oktober 2013 i *Virtual Reality Lab* på IKDC i Lund.

Försökspersonerna togs emot vid byggnadens reception i anslutning till huvudentrén och lotsades sedan en våning ner till labbet. I labbet fick de efter att de hängt av sig sina ytterkläder en muntlig genomgång om försöken samt vad de skulle kunna komma att innebära för risker för dem. När försökspersonerna förstått studiens förutsättningar och inte hade några övriga frågor fick de signera en samtyckesblankett, vilken visas i appendix 4.

Därefter försågs försökspersonerna med 3D-glasögon samt filttofflor och fördes till rätt position i CAVE-systemet. Innan försök 1 startade fick försökspersonerna träna sig på att navigera och öppna dörrar i en enkel korridor för att de skulle kunna genomföra hela försöket utan att behöva ställa frågor till försöksledaren under försökets gång. Efter träningskorridoren avslutats gavs följande instruktioner innan försök 1 startades:

*Det du kommer att vara med om är helt ofarligt. När du påbörjar försöket ska du inte bry dig om mig. Jag talar om när försöket är avslutat. Jag finns tillgänglig för dig och jag kommer att stå kvar här.*

*Föreställ dig följande situation. Du står ensam i en längre korridor och du vet att det brinner någonstans men du vet inte var. Du vill ta dig ut härifrån eftersom du vill komma till en säkrare plats. Du skall hela tiden agera som om det vore en verklig situation. Gör det.*

Därefter startades programvaran och försökspersoner fick agera. Då försöket avslutats fördes försökspersonerna till ett bord där de fick sätta sig för att fylla i en enkät. Avslutningsvis höll försöksledaren en kort genomgång om försökets syfte och deltagarna erhöll varsin biobiljett för att de deltagit i studien. Försöksgången från det att försökspersonerna tagits emot i reception till det att de lämnade labbet tog mellan 20 och 25 minuter.

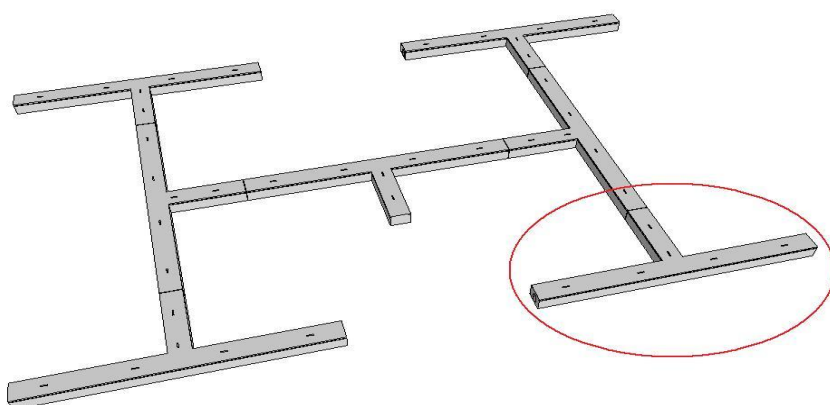




## 6. Försök 2

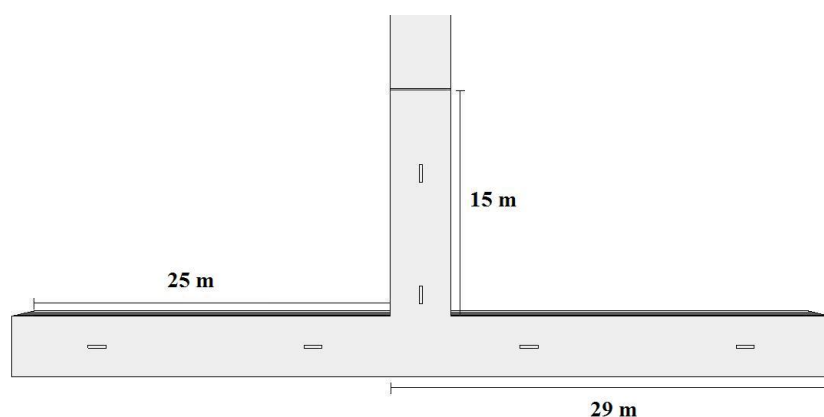
### 6.1. Virtuellt försöksmiljö

Syftet med försök 2 var att undersöka huruvida personer som utrymmer kan styras mot eller från utrymningsvägar med hjälp av blinkande ljussignaler i grönt och rött i anslutning till utrymningsskyltarna. Detta undersöktes genom att försökspersoner i en virtuell miljö fick utrymma genom ett antal korridorer. Miljön utformades så att försökspersonen på sin väg mot det fria ställdes inför tre vägval. I varje valsituation kunde personen välja mellan två utrymningsvägar med genomlysta skyltar och blinkande ljussignaler. För att åstadkomma detta utrymningsscenario skapades totalt sju t-korridorer. Dessa korridorer byggdes ihop till ett korridorsystem och i varje ände av t-korridorerna placerades en avskiljande vägg med en öppningsbar dörr i. En illustration från Sketchup Pro av detta korridorsystem visas i figur 18.



Figur 18. 3D-modell av korridorsystemet som användes i försök 2 från Sketchup Pro.

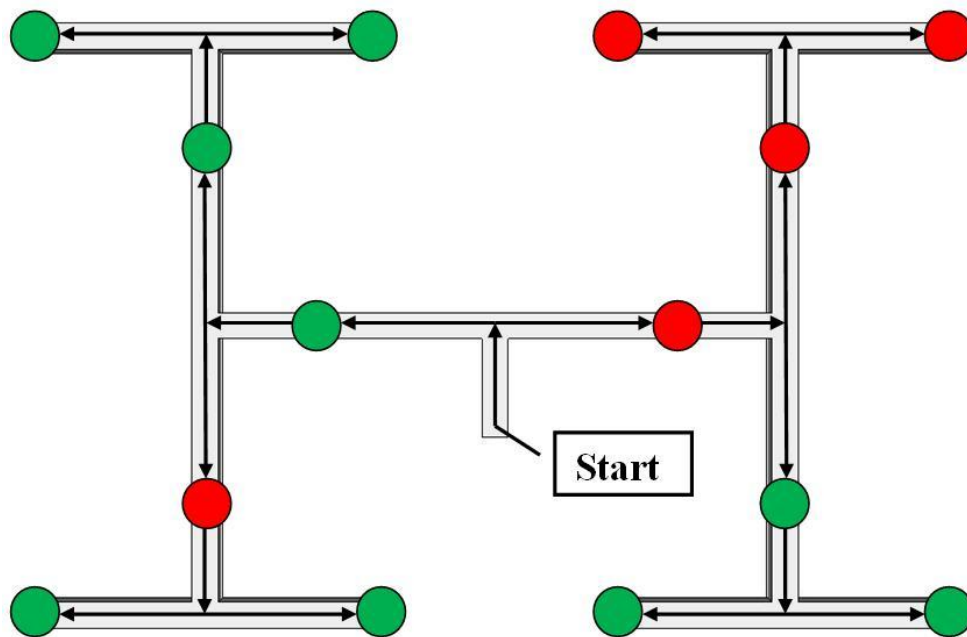
Korridorerna gjordes fyra meter breda och tre meter höga för att överensstämma med skärmarnas storlek i CAVE-systemet i *Virtual Reality Lab*. Korridorernas längder valdes så att försökspersonerna skulle få en känsla av att de gick en längre sträcka och få tillräckligt med tid för att hinna omvärdera sina val av utrymningsväg. Längderna på korridorerna visas i figur 19 som är en förstoring av det som är markerat med en ring i figur 18.



Figur 19. Korridorernas mått.

För att efterlikna utrymningskorridorer i bakkant av butiker i ett köpcentra inreddes korridorerna med kabelstegar, armaturer, rör och hyllor. Kabelstegarna hämtades även för denna miljö från *3D-warehouse* medan resterande inredning ritades i Sketchup. De blinkade ljussignalerna

importerades som *Prefabs* från tidigare försök och färgerna på ljussignalerna varierades enligt figur 20.

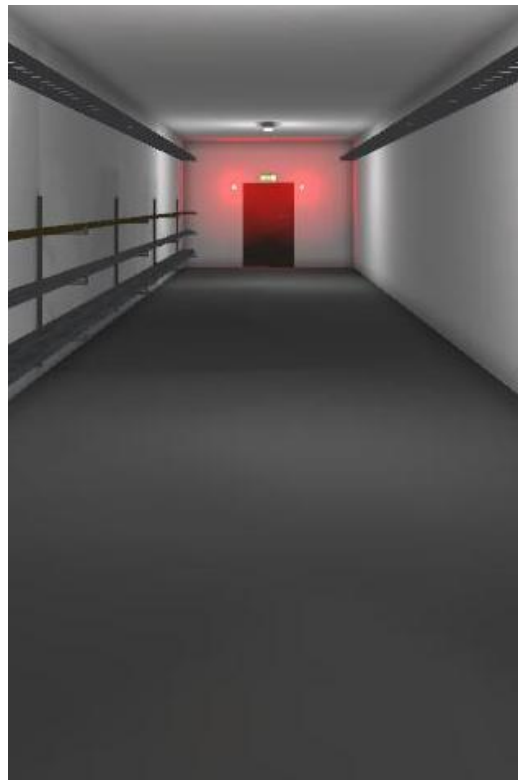


Figur 20. Färger på de blinkande ljussignalerna på olika positioner i korridorssystemet.

I figur 21 och figur 22 visas de två utrymningsvägarna från den position där försökspersonerna ställdes inför sitt första vägval.

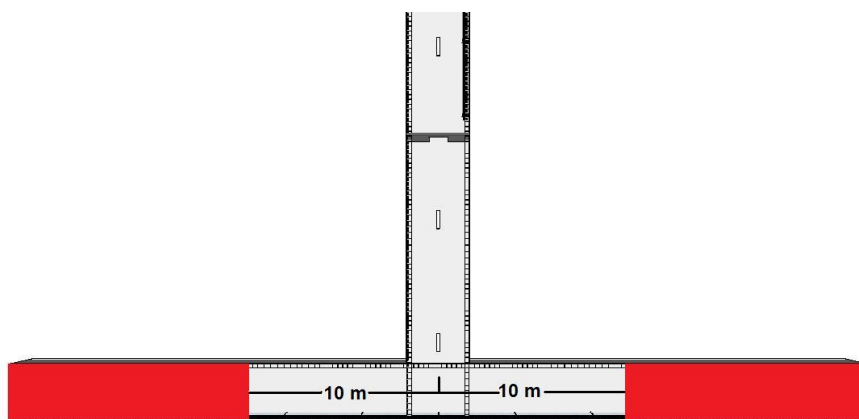


Figur 21. Utgång med gröna blinkande ljussignaler.



Figur 22. Utgång med röda blinkande ljussignaler.

Som figur 20 visar hade de blinkande ljussignalerna i den tredje och sista korridoren från början samma färg. Dock byttes färgen vid den valda utrymningsvägen då försökspersonen förflyttat sig en sträcka på tio meter mot den valda utgången, se figur 23.



Figur 23. Plats vid vilken de blinkande ljussignalerna bytte färg.

Färgbytet skapades för att simulera att utrymningsvägen hade slagits ut och därmed inte längre kunde nyttjas för utrymning. På så vis kunde det undersökas om försökspersonerna var beredda att omvärdera sina redan fattade beslut och därmed välja den andra utrymningsvägen, vid vilken ljussignalerna behöll sin ursprungliga färg under hela försöket. Försöket kunde avslutas på två sätt efter att de blinkande ljussignalerna vid den valda utrymningsvägen i den tredje korridoren bytt färg:

1. Försökspersonerna ignorerade eller uppmärksammade inte färgbytet och fortsatte framåt mot den valda utrymningsvägen. När de nått fram till utgången avslutades spelet automatiskt.
2. Försökspersonerna uppmärksammade färgbytet och valde att omvärdera sitt beslut och använda sig av utgången i andra änden av korridoren där ljussignalerna behöll sin ursprungliga färg. När de nått fram till denna utgång avslutades spelet automatiskt.

## 6.2. Försökspersoner

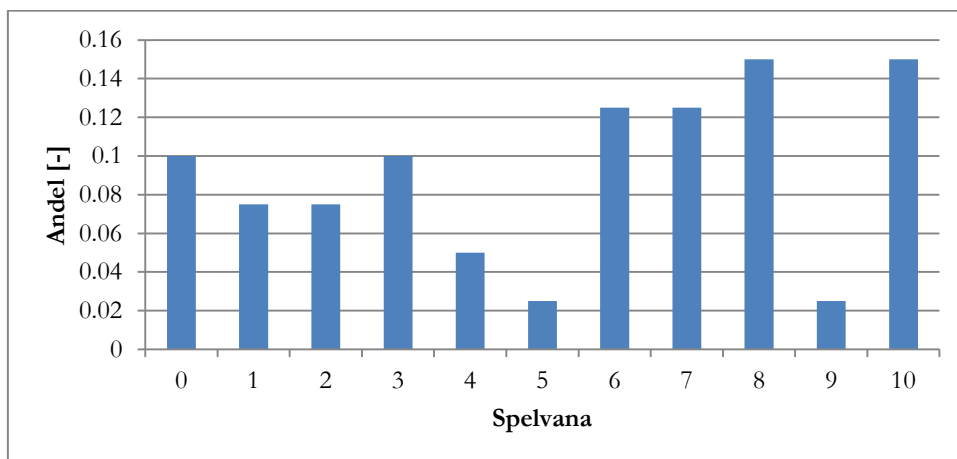
Försökspersonerna till försök 2 rekryterades på samma sätt som försökspersonerna till försök 1, vilket beskrivs i kapitel 5.3. Totalt deltog 40 personer i försök 2. Av dessa var 20 män och 20 kvinnor. Medelåldern för försökspersonerna i försök 2 var 22,3 år med en standardavvikelse på 6,3 år. Då rekryteringen gjordes i LTH:s byggnader medförde detta att en majoritet av försökspersonerna var studenter. Dessutom var ingen av försökspersonerna som deltog i försök 2 färgblinda.

Även enkäten till försök 2 samlade in information om försökspersonernas tidigare erfarenheter av bränder, utrymning och utrymningsövningar. En sammanställning av detta resultat visas i tabell 3.

Tabell 3. Försökspersonernas brandrelaterade erfarenheter.

Erfarenhet	Antal [-]	Andel [%]
Varit med om en verklig brand	2	5
Varit med om en verklig utrymning	6	15
Deltagit i brandövning/utrymningsförsök	37	92,5

Enkäten till försök 2 samlade även in information om försökspersonernas tidigare erfarenhet av data- och TV-spel, relaterat till den tid de ägnat åt det. En sammanställning av resultatet visas i figur 24 där noll motsvarar mycket liten tid och tio motsvarar mycket stor tid. Medelvärdet på svaren till frågan var 5,4 med en standardavvikelse på 3,3.



Figur 24. Försökspersonernas tidigare erfarenheter av data- och TV-spel.

Även i försök 2 hade vissa försökspersoner sedan tidigare sett det aktuella CAVE-systemet men ingen hade tidigare vart med och gjort utrymningsförsök i det.

### 6.3. Genomförande

Försök 2 genomfördes 23-25 oktober 2013 i *Virtual Reality Lab* på IKDC i Lund. Med undantaget att det hölls en kort intervju efter det att försökspersonerna fått fylla sina enkäter var försöksgången för försök 2 i stort sett identisk med försöksgången för försök 1, vilket beskrivs i kapitel 5.4.

## 7. Etiska aspekter

Enligt lag (SFS 2003:460) om etikprövning av forskning som avser människor skall all forskning som involverar människor tillståndsprövas hos etikprövningsnämnden. Dock framgår det i lag (2008:192) om ändring i lagen (SFS 2003:460) att studier som bedrivs inom ramen för högskoleutbildning på grundnivå eller på avancerad nivå inte omfattas av denna lag. Denna studie är en del av ett examensarbete vid avdelningen för Brandteknik och Riskhantering och omfattas således inte av lagstiftningarna.

Av egen ambition och på grund av de riktlinjer som tidigare använts av avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, som första gången formulerades av Nilsson (2009), valdes ändå de etiska aspekterna att beaktas. Valet gjordes för att få en ökad medvetenhet om de etiska aspekterna som hade kunnat beröra studien om den inte genomförts som ett examensarbete på en högskoleutbildning. Dessutom ansågs det vara ett effektivt sätt att kunna minimera riskerna för försökspersonerna under försöken. Avdelningens riktlinjer grundas i etiska koder från Nürnberggrättegångarna (Nuremberg War Tribunals, 1949) och Helsingforsdeklarationen (World Medical Association, 2008) och innebär att följande aspekter bör beaktas:

- Lidande och skador på försökspersoner ska begränsas
- Risken ska vägas mot nyttan av försöken
- De deltagande ska ha gett ett informerat samtycke
- De deltagande ska ha rätten att avbryta försöket
- De deltagandes integritet ska skyddas

### 7.1. Lidande och skador

Av de lidande och skador som skulle kunna uppkomma under försöken i denna studie bedömdes den mest sannolika vara att försökspersonerna skulle bli åksjuka. Denna företeelse har tidigare uppmärksamats av Kobes (2010) och förklaringen till åksjukan är den visuella stimulansen som ger försökspersonen en illusion av att vara i rörelse. Åksjukan bedömdes framförallt ge symptom som illamående, huvudvärk och yrsel. För att undvika att försöken skulle behöva avbrytas på grund av åksjuka vidtogs framförallt åtgärder under rekryteringen. I rekryteringsinformationen som delades ut rekommenderades personer att inte anmäla sig till studien om de visste med sig att de hade lätt att bli åksjuka eller om de brukade bli illamående och känna yrsel av 3D-film. Under rekryteringen gavs även denna rekommendation muntligt för att ytterligare undvika att dessa individer deltog i försöken. Dessutom gavs instruktioner till försökspersonerna strax innan skärmarna startades upp att de kunde uppleva illamående och yrsel och om så var fallet skulle de genast meddela försöksledaren som kunde avbryta försöket. En åtgärd som vidtogs för att minska konsekvenserna av åksjuka om den uppstod var att försöksledarna ställde fram en stol där försökspersonerna kunde sätta sig för att vila samt att de försågs med ett glas vatten.

Vidare fanns det en sannolikhet att försökspersonerna skulle uppleva en ökad stressnivå på grund av den helt nya upplevelse som det innebar för en majoritet av dem. Dessutom simulerades en nödsituation i den virtuella miljön vilka ofta förknippas med stress och obehag. Stressnivån bedömdes dock vara låg, först och främst på grund av att nödsituationen simulerades i en virtuell miljö. Dessutom var de virtuella miljöerna enkla och förutom de blinkade lamporna fanns det inga andra effekter som skulle kunna ge en ökad känsla av en nödsituation. Därmed gjordes bedömningen att stressnivån under försöken var acceptabla.

Effekter som hade kunnat ge ett extra stresspåslag skulle exempelvis kunnat vara ett utrymningslarm, rök eller en synlig brand.

Ytterligare en risk bedömdes vara att försökspersonerna skadade sig till följd av fall. Sannolikheten att falla bedömdes vara som störst då lokalen var släckt och då försökspersonerna var desorienterade. För att minska sannolikheten för fall valdes det att ha all belysning tänd då försökspersonerna inte stod framför påslagna skärmar. Dessutom gavs försökspersonerna instruktioner om att stå stilla då de väl ställt sig på rätt position i systemet. Under hela försöket fanns även en försöksledare inom två meters radie för att hela tiden ha uppsikt över försökspersonerna.

### **7.2. Risk gentemot nytta**

Ett valideringsförsök i VR som visar på ett resultat utan signifikanta skillnader mot verkliga försök skulle kunna driva forskningen inom brandteknik i VR framåt. På sikt skulle detta kunna medföra att vissa typer av verkliga försök med betydande risker skulle kunna ersättas med virtuella försök som innebär lägre risker för försökspersonerna. Nyttan med att genomföra försök 1 bedömdes därmed vara större än risken för försökspersonerna då det på sikt skulle kunna innebära en riskreducering i framtida forskning.

Vidare genomfördes försök 2 i syfte att undersöka om människor kan styras med blinkande ljussignaler i en utrymningssituation. En sådan kunskap skulle kunna användas för att reducera risker och bidra till ett säkrare samhälle. Detta tillsammans med att försöken inte innebar någon hög risknivå för försökspersonerna medförde att nyttan med försök 2 bedömdes vara större än risken för försökspersonerna i detta försök.

Ytterligare ett argument till varför nyttan bedömdes vara större än risken för försökspersonerna var att försöket innebar värdefulla lärdomar för dem. Detta på grund av att det efter försöket hölls en kort genomgång om bakgrunden och syftet med försöket vilket innebar att försökspersonerna erhöll kunskap inom det brandtekniska området. En sådan kunskap skulle kunna öka medvetenheten hos försökspersonerna och göra dem bättre förberedda inför framtida utrymningssituationer.

### **7.3. Informerat samtycke**

Innan försöken påbörjades blev försökspersonerna placerade vid ett skrivbord som var väl avskilt från själva försöksutrymnet. När försökspersonerna satt sig tillrätta fick de muntlig information om försöket presenterat för sig. Informationen behandlade bland annat de risker som försöket kunde innebära för dem och att de när som helst kunde välja att avbryta försöket. Försöket beskrevs även i den mån det var möjligt utan att förändra dess förutsättningar. Då informationen presenterats ställdes kontrollfrågor för att få en bekräftelse på att deltagarna förstått innebörden av försöken. Vidare hölls ögonkontakt med försökspersonerna under genomgången för att minska risken att de inte tog till sig informationen. Dessutom gavs deltagarna möjlighet att ställa kompletterande frågor om några oklarheter kvarstod. Slutligen fick försökspersonerna skriva på en samtyckesblankett, se appendix 4.

### **7.4. Rätt att avbryta**

Som det tidigare beskrivits fanns försöksledaren tillgänglig för försökspersonerna under hela försöket och de kunde när som helst välja att avbryta försöket. Försöksledaren ifrågasatte inte

beslutet om att avbryta och ersättningen i form av biobiljett delades ut till samtliga deltagare oavsett om de valde att avbryta eller inte.

### **7.5. Skydd av integritet**

Enkäterna utformades så att kopplingen mellan försöksperson och enkät inte kunde göras. Dessutom avslöjades inga detaljer om försökspersonerna i studiens resultat och genomförandet av försöken filmades inte. Med detta sammantaget bedömdes försöken inte kränka försökspersonernas integritet.



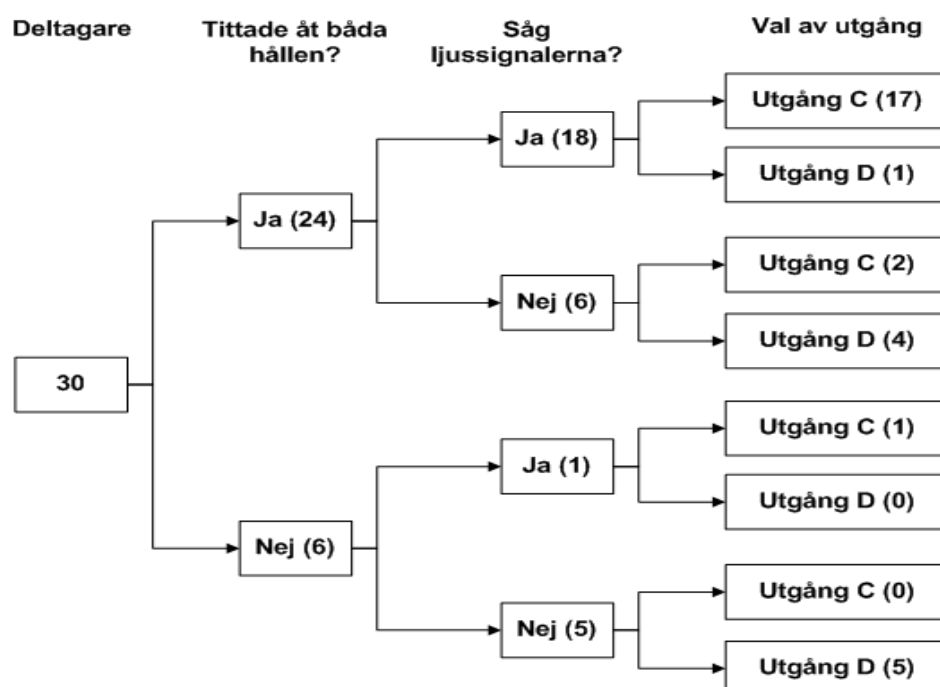


## 8. Resultat

### 8.1. Försök 1

Resultatet från försök 1 visade att totalt 20 försökspersoner valde utgång C med blinkande ljussignaler och att 10 personer valde utgång D utan blinkande ljussignaler.

Enkätundersökningen visade dock att 11 försökspersoner inte uppfattade de blinkande ljussignalerna när de gjorde sitt val av utgång. Detta berodde antingen på att försökspersonerna inte tittade åt båda hållen innan de valde utgång eller att de helt enkelt inte uppmärksammade ljussignalerna när de såg sig omkring. Av de 10 personer som valde utgång D var det 5 personer som inte såg sig om i den virtuella miljön utan på måfå valde mellan utgång C och utgång D. Dessutom uppgav 2 försökspersoner som valde utgång C att de inte uppmärksammade ljussignalerna när de fattade sitt beslut. I figur 25 visas ett förenklat schema över hur försökspersonerna agerade och betedde sig i försöket. Samtlig data som samlades in under försök 1 redovisas i appendix 5.



Figur 25. Försökspersonernas beteende och agerande i försök 1.

#### 8.1.1. Motiv till vald utgång

Motivet till vald utgång varierade mellan försökspersonerna och visade sig även vara beroende av vilken av utgångarna som deltagarna valde. I tabell 4 redovisas försökspersonernas motiv till val av utgång.

Tabell 4. Motiv till vald utgång.

Vald utgång	Vad var det som i första hand gjorde att du valde den väg du tog?				
	Jag visste att den vägen ledde ut	Jag valde på måfå	Jag valde den som verkade närmast	Jag valde den som verkade säkrast	Annat
Utgång C	6	2	0	12	0
Utgång D	2	5	0	3	0

Som tabellen visar valde en majoritet av försökspersonerna utgång C på grund av att de upplevde denna som det säkraste alternativet. För de som valde utgång D uppgav hälften av försökspersonerna att de valde på måfå. Den andra hälften valde utgång D på grund av de visste att den vägen ledde ut eller att de tyckte att utgången var det säkraste alternativet, vilket de förklarade med att de uppmärksammade utrymningsskylten.

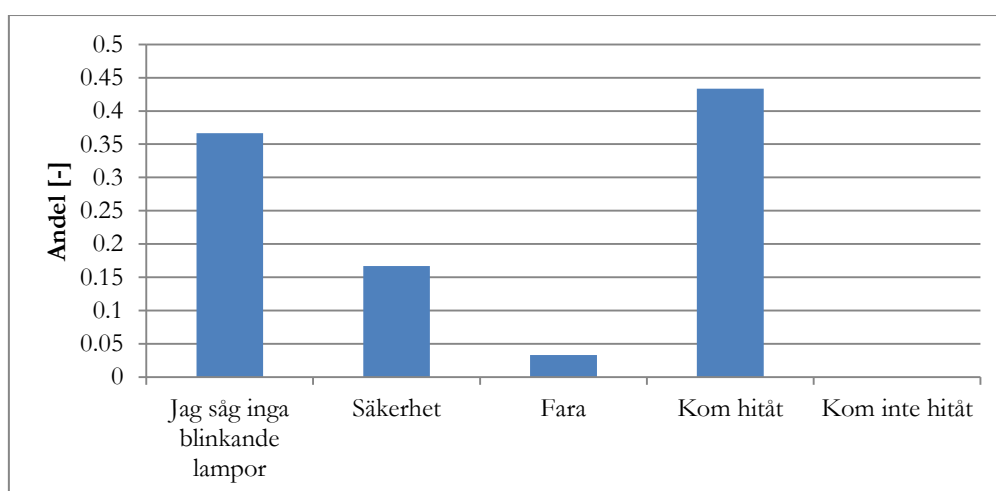
Försökspersonerna fick i enkätundersökningen även besvara en fråga om varför de valde bort den andra utrymningsvägen. Resultatet från denna fråga visade att cirka en tredjedel av försökspersonerna inte uppmärksammade utrymningsskylten vid den andra utrymningsvägen och att cirka en tredjedel tyckte att den andra utrymningsvägen verkade mindre säker. Dessutom upplevde fyra försökspersoner att det var längre till den andra utrymningsvägen även om så inte var fallet.

### 8.1.2. Nyttan med utrymningsmarkeringar

I enkäten fick försökspersonerna även bedöma hur de upplevde nyttan med utrymningsmarkeringarna. Resultatet visade att 25 försökspersoner uppgav att utrymningsskylten hade stor betydelse eller var helt avgörande för deras val av utgång.

Av de 20 försökspersoner som valde utgång C uppgav 13 personer att de blinkande ljussignalerna hade stor betydelse eller var helt avgörande för deras val av utgång. För utgång D var motsvarande siffra 0 av 10 personer, vilket till stor del berodde på att 9 av dessa personer uppgav att de inte uppmärksammade ljussignalerna. Den tionde personen uppmärksammade ljussignalerna men tyckte att de var förvirrande och valde därför utgång D, vid vilken personen såg utrymningsskylten. En tydlig tendens var att de personer som först tittade mot utgång D uppmärksammade utrymningsskylten, förknippade utgången med säkerhet och därför valde denna utgång utan att titta åt det andra hållet.

För att ytterligare undersöka hur de blinkande ljussignalerna uppfattades av försökspersonerna fick de beskriva vad de associerade dessa med. Resultatet från denna frågeställning redovisas i figur 26.



Figur 26. Association till de gröna blinkande ljussignalerna.

Av de 19 personer som uppfattade de blinkande ljussignalerna var det endast 1 person som förknippade dem med fara och resterande personer förknippade dem med säkerhet eller kom hitåt. Denna association stämmer väl överens med teorin om den gröna färgens betydelse för hur

personer uppfattar en signal. Den person som förknippade ljussignalerna med fara beskrev dock att det var själva blinkandet och inte färgen som signalerade fara, och att kombination medförde en viss förvirring.

### 8.1.3. Realism

I tabell 5 redovisas resultatet från enkäterna gällande försökets realism och försökspersonernas känsla av att befinna sig i en nödsituation. Försökspersonerna besvarade frågorna genom att beskriva hur väl de instämde med påståendet genom att ange en siffra mellan noll och tio. Noll motsvarade att de inte alls instämde och tio motsvarade att de instämde helt med påståendet.

**Tabell 5. Medelvärde och standardavvikelse på enkätfrågor gällande försökets realism.**

Påstående	Medelvärde	Standardavvikelse
Jag tyckte att den virtuella miljön såg realistisk ut	7,8	1,3
Jag tyckte att det var lätt att förflytta mig i den virtuella miljön	8,1	1,1
Det kändes som att jag befann mig i en nödsituation	3,8	1,9

Överlag tyckte försökspersonerna att den virtuella miljön såg realistisk ut. Dock kommenterade en majoritet av deltagarna att de saknade ljudet av ett utrymningslarm. Försökspersonerna tyckte även att det var lätt att navigera och förflytta sig i den virtuella miljön samtidigt som de upplevde gånghastigheten som realistisk. Dock kommenterade vissa personer att de saknade möjligheten att springa och två personer påpekade dessutom att det saknades andra människor som utrymde och att detta gjorde att den virtuella miljön upplevdes som mindre realistisk.

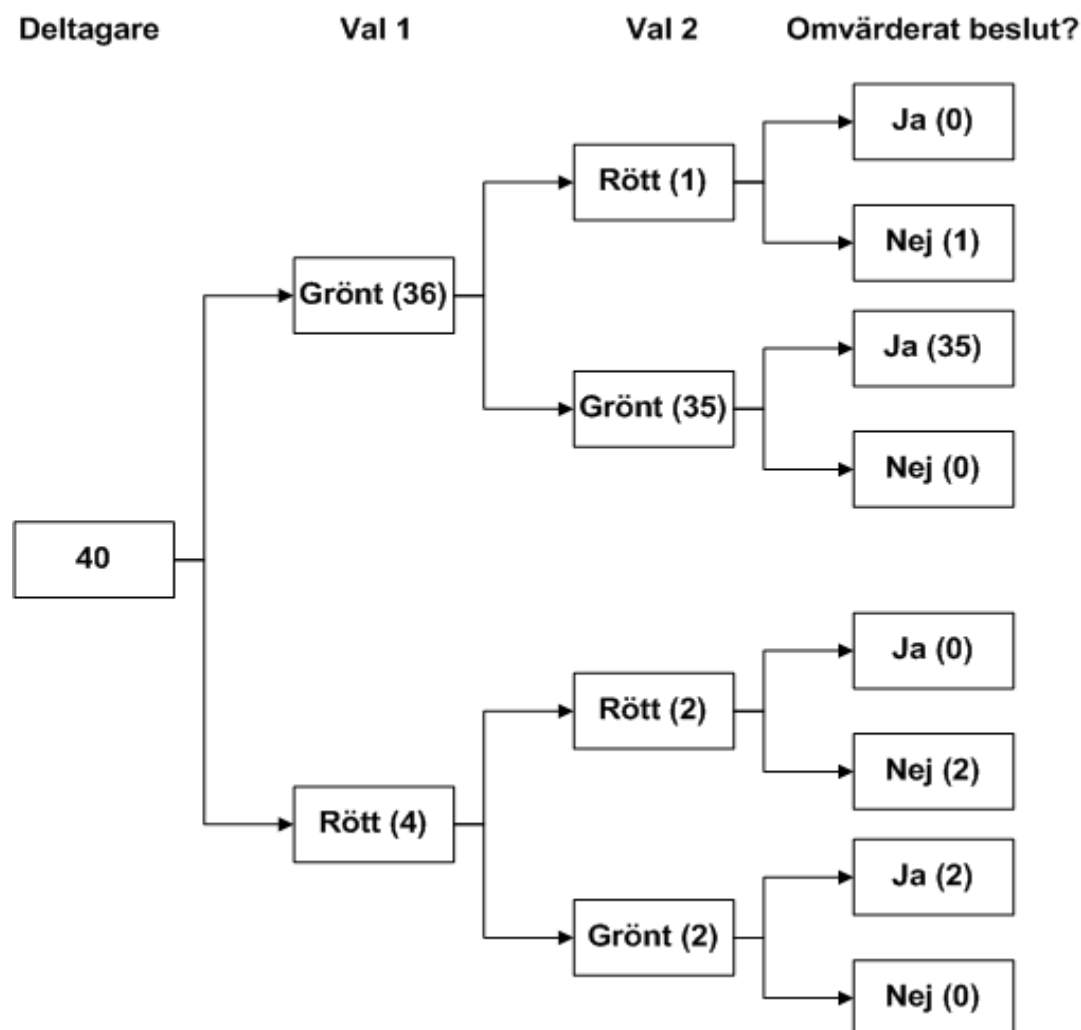
Majoriteten av försökspersonerna upplevde inte att de befann sig i en nödsituation. Detta berodde till stor del på att de saknade ljud från exempelvis ett utrymningslarm, en brand, personer som utrymde samt ljudet från sina egna andetag och steg. Dessutom påpekade ett fåtal personer att lukt från brandgaser och värme skulle ha ökat känslan av att befinna sig i en nödsituation.

## 8.2. Försök 2

Resultatet från försök 2 visade att 36 av de totalt 40 försökspersonerna valde att gå mot utgången med gröna ljussignaler i den första valsituationen. Av dessa 36 personer valde 35 att gå mot gröna ljussignaler även i valsituation 2. Även 2 av de 4 försökspersonerna som valde utgången med röda ljussignaler i valsituation 1 valde att gå mot utgången med gröna ljussignaler i valsituation 2. Detta innebär att 37 av de totalt 40 försökspersonerna valde utgången med gröna ljussignaler i valsituation 2. Vidare bör det förtydligas att 5 av de totalt 40 deltagarna någon gång valde en utgång med röda blinkande ljussignaler. När försökspersonerna i tredje och sista valsituationen kunde välja mellan två nödutgångar med blinkande ljussignaler i samma färg valde 20 personer att gå åt höger och 20 personer att gå åt vänster.

Samtliga 35 försökspersoner som konsekvent valde att gå mot utgångar med gröna ljussignaler valde att omvärdera sitt beslut och byta utgång när ljussignalerna slog om från grönt till rött. Av de 2 personer som konsekvent valde att gå mot rött valde däremot ingen att omvärdera sitt beslut när ljussignalerna slog om från rött till grönt. Slutligen valde 2 av de totalt 3 försökspersonerna som var inkonsekventa i hur de valde utgång i valsituation 1 och 2 att byta utgång när ljussignalerna slog om från grönt till rött. En sammanställning av försökspersonernas

vägval och beslut presenteras i figur 27. Samtlig data som samlades in under försök 2 redovisas i appendix 6.



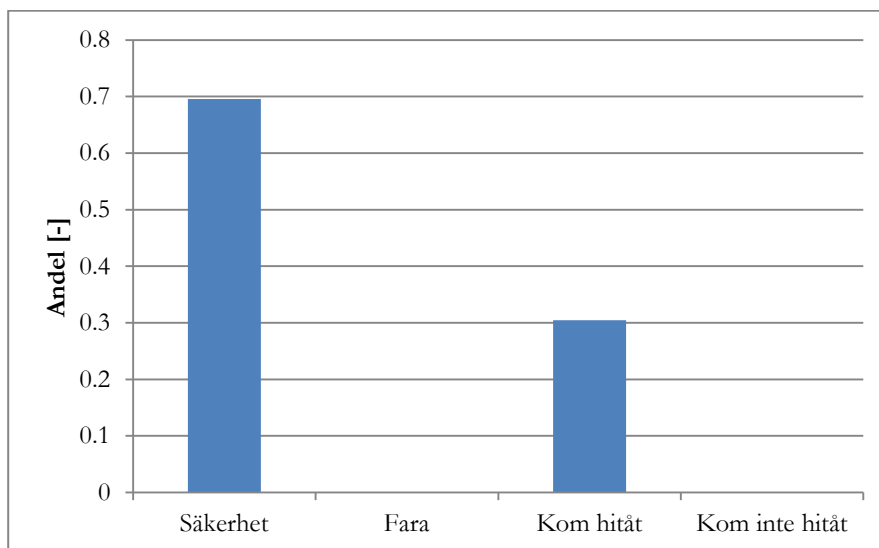
Figur 27. Försökspersonernas vägval och beslut i försök 2.

Det bör även nämnas att totalt 2 försökspersoner valde att gå åt höger och att 1 försöksperson valde att gå åt vänster i samtliga valsituationer. Slutligen visade resultatet att för de försökspersoner som konsekvent valde utgångar med röda ljussignaler hade färgen ingen betydelse utan dessa deltagare valde utgång på måfå.

### 8.2.1. Motiv till vald utrymningsväg

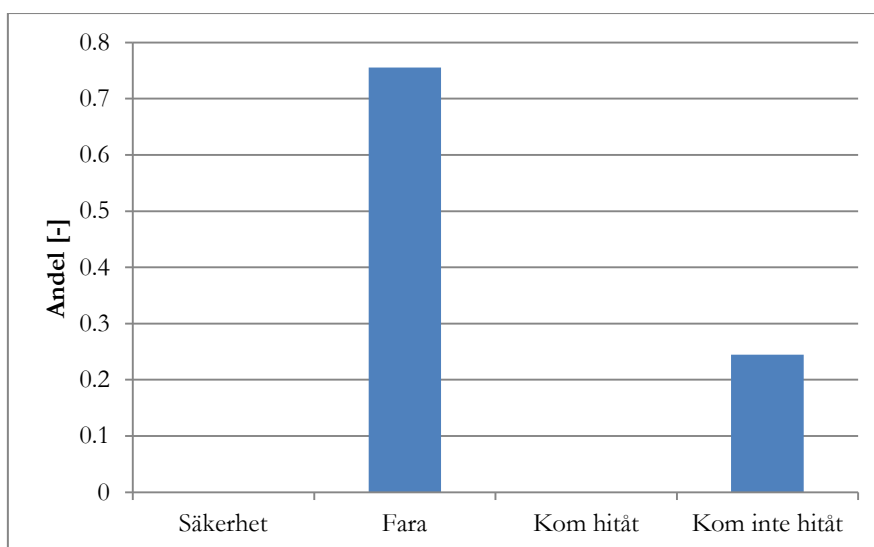
Färgen på de blinkande ljussignalerna hade stor betydelse för försökspersonernas val av utgångar vilket tydligt framgick i enkätsvaren men även i intervjuerna. Försökspersonerna fick på en skala mellan noll och tio ange hur stor betydelse färgen på ljussignalerna hade när de valde utgång. Noll motsvarade mycket liten betydelse och tio motsvarade mycket stor betydelse och medelvärdet på svaren blev 9,4 med en standardavvikelse på 2,1. Även intervjuerna visade på ett liknande resultat då 38 av de totalt 40 deltagarna uppgav att det var färgen på de blinkande ljussignalerna som var avgörande för deras val av utrymningsväg.

Vidare visade resultatet från enkäterna att associationerna till röda och gröna signaler stämde väl överens med den teori som presenterats i litteraturstudien. De gröna blinkande ljussignalerna förknippade försökspersonerna med säkerhet och kom hitåt, vilket framgår i figur 28.



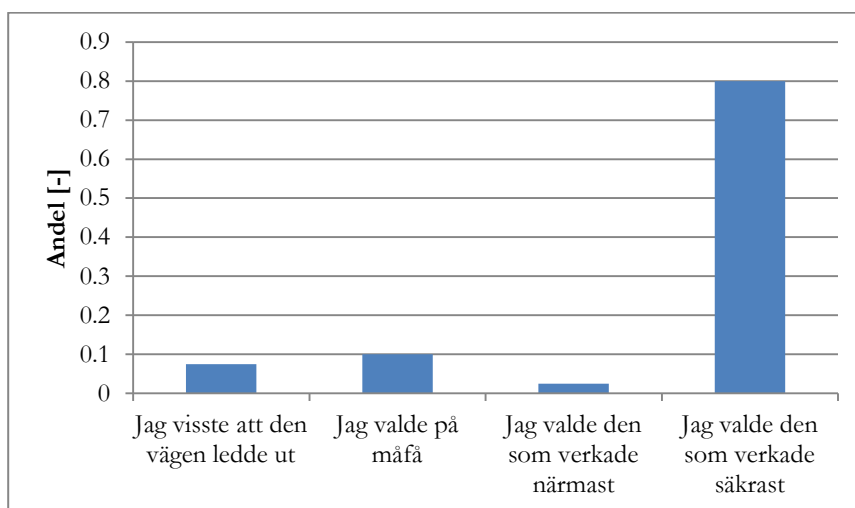
Figur 28. Associationer till de gröna blinkande ljussignalerna.

Däremot förknippade ingen av försökspersonerna de röda blinkande ljussignalerna med säkerhet eller kom hitåt utan istället med fara och kom inte hitåt, vilket framgår i figur 29.



Figur 29. Associationer till de röda blinkande ljussignalerna.

Då försökspersonerna förknippade de gröna ljussignalerna med säkerhet och kom hitåt tyckte de således också att utgången med de gröna ljussignalerna var det mest säkra alternativet, vilket framgår i figur 30. Vissa försökspersoner uppgav dock att de valde de utgångar de visste ledde ut eller att de valde på måfå.



Figur 30. Motiv till val av utrymningsväg.

Av de totalt 40 försökspersonerna valde 37 att omvärdera sitt val utgång när ljussignalerna i den sista korridoren bytte färg. Intervjuerna visade att 30 av dessa deltagare tolkade färgbytet som att branden hade spridit sig och att det blivit varmt eller rökfyllt på andra sidan dörren vilket medförde att utgången inte längre var ett säkert alternativ. Vissa deltagare beskrev även hur de trodde att själva färgbytet hade aktiverats av någon form av detektor som fanns placerad på andra sidan dörren. Även de personer som inte omvärderade sitt val av utgång uppfattade färgbytet men fortsatte framåt på grund av att de kände sig stressade och ville ta sig ut så snabbt som möjligt.

Under försöken observerades det även att de försökspersoner som omvärderade sitt val av utgång nästan omedelbart reagerade och stannade upp vid färgbytet. Maximalt gick dessa deltagare ett par meter framåt innan de valde att vända sig om och titta mot den andra utgången. När de såg att dessa ljussignaler fortfarande hade sin ursprungliga färg valde deltagarna istället att gå mot denna utgång utan att ytterligare se sig om. Detta innebar således att ingen av deltagarna gick tillbaka mot den dörr som ledde in till den sista korridoren.

Ett flertal deltagare kommenterade även utrymningsskyltarnas betydelse. En återkommande synpunkt var att de röda blinkande ljussignalerna i anslutning till utrymningsskyltarna gjorde att deltagarna kände sig förvirrade kring huruvida utgången var säker eller inte. När de sedan såg de gröna ljussignalerna vid den andra utgången blev det tydligt att de värderade denna utgång som mer säker och därför valde bort alternativet med röda ljussignaler. Vissa personer som förknippade utgången med röda ljussignaler med fara påpekade att utrymningsskylten vid denna utgång borde tagits bort. Det visade sig även att försökspersoner som gick mot utgångar med rött ljus valde utgångar på måfå vilket medförde att de missade utgångarna med gröna ljussignaler. För dessa försökspersoner hade utrymningsskylten en stor betydelse och de röda ljussignalerna tolkades som en signal för att dra uppmärksamheten mot utrymningsskylten.

### 8.2.2. Realism

I tabell 6 redovisas resultatet från enkäterna gällande försökets realism och försökspersonernas känsla av att befinna sig i en nödsituation. Försökspersonerna besvarade frågorna genom att ange en siffra mellan noll och tio där noll motsvarade att de inte alls instämde med påståendet och tio motsvarade att de instämde helt med påståendet.

Tabell 6. Medelvärde och standardavvikelse på enkätfrågor gällande försökets realism.

Påstående	Medelvärde	Standardavvikelse
Jag tyckte att den virtuella miljön såg realistisk ut	7,2	1,5
Jag tyckte att det var lätt att förflytta mig i den virtuella miljön	7,9	2,1
Det kändes som att jag befann mig i en nödsituation	3,8	2,6

Försökspersonerna som deltog i försök 2 tyckte överlag att den virtuella miljön såg realistisk ut. Vissa påpekade dock att korridorsystemet var för sparsamt inrett jämfört med verkliga korridorer samt att alla korridorer var identiska vilket medförde att den upplevda realismen minskade. Vidare gav försökspersonerna i försök 2 liknande kommentarer som försökspersonerna i försök 1 vilket innebar att en majoritet saknade ljudet av ett utrymningslarm. Ett flertal deltagare påpekade även att scenariot som sådant kändes något orealistiskt på grund av det inte fanns några andra personer som utrymde i spelet. Deltagarna tyckte även i detta försök att det var lätt att förflytta sig i den virtuella miljön. Dock var det fler deltagare som uppfattade gånghastigheten som något låg jämfört med i försök 1.

Även i detta försök var känslan av att befinna sig i en nödsituation låg hos försökspersonerna. Precis som i försök 1 menade deltagarna att detta till stor del berodde på avsaknaden av ljudeffekter, bränder, värme och lukt.





## 9. Analys

### 9.1. Försök 1

Syftet med försök 1 var som tidigare beskrivits att undersöka om personer som utrymmer kan förväntas göra samma vägval i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök i enklare miljöer med blinkande ljussignaler. Detta för att kunna göra en bedömning om VR kan anses vara validerat för denna typ av enklare utrymningsscenarier. Som underlag till denna bedömning ligger resultatet från försöket samt analysen i detta kapitel, i vilket en jämförelse mellan det verkliga och virtuella försöket görs.

#### 9.1.1. Statistiskt test

Ett statistiskt test genomfördes för att undersöka om det förelåg någon signifikant skillnad mellan hur försökspersoner valde utgång i det verkliga och det virtuella försöket. Då det endast var 12 personer som genomförde det verkliga försöket användes Fishers exakta test (Bower, 2003). Metoden och beräkningarna från detta test redovisas i appendix 7.

I det verkliga försöket valde nio personer att gå mot utgång C som var försedd med blinkande ljussignaler och tre personer valde att gå mot utgång D utan blinkande ljussignaler. I det virtuella försöket valde 20 personer att gå mot utgång C medan 10 personer valde att gå mot utgång D. Indata och resultat från jämförelsen med Fishers exakta test redovisas i tabell 7.

Tabell 7. Indata och resultat för Fishers exakta test.

	Verkligt försök	Virtuellt försök
Utgång C	9	20
Utgång D	3	10
p	0,72	
Signifikant skillnad	Nej	

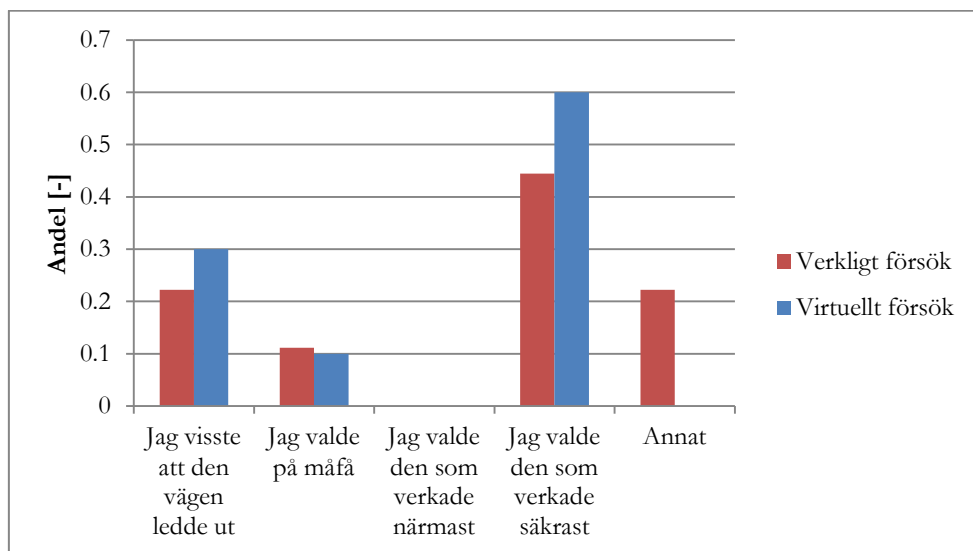
Då det beräknade p-värdet är större än den valda signifikansnivån på fem procent innebär det att ingen signifikant skillnad mellan försökens resultat kunde visas.

#### 9.1.2. Motiv till vald utgång

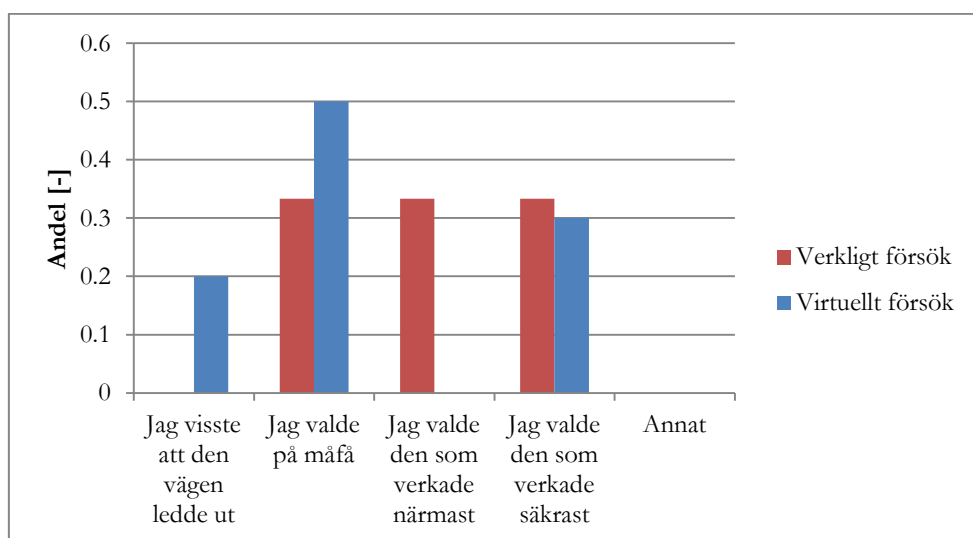
Försökspersonerna fick efter de båda försöken bedöma den upplevda nyttan med utrymningsskylten och de blinkande ljussignalerna. Oberoende av vilken utgång försökspersonerna valde uppgav cirka 70 procent av deltagarna i det verkliga försöket att utrymningsskylten hade stor påverkan på eller var helt avgörande för deras val av utgång. Denna andel gäller dock för samtliga åtta försök som genomfördes vid det ursprungliga försökstillfället och inte bara för det utvalda verkliga försöket med grönt blinkande ljus. Motsvarande siffra för det virtuella försöket var 83 procent.

En liknande jämförelse gällande den upplevda nyttan med blinkande ljussignaler kunde inte genomföras. Detta på grund av att det från de verkliga försöken saknades specifika siffror från försöket med gröna blinkande ljussignaler då det endast presenterades en sammanställning av resultatet från samtliga försök med blink- och blixtljus i grönt och orange. En jämförelse hade blivit missvisande då blixtljus visade sig vara bättre än blinkande ljus samt att grönt hade starkare association till säkerhet än vad orange hade.

En jämförelse som däremot kunde göras var försökspersonernas motiv till varför de valde utgång C eller utgång D i de båda försöken. I figur 31 presenteras motiv till vald utgång för de försökspersoner som valde utgång C och i figur 32 presenteras motiv till vald utgång för de som valde utgång D.



Figur 31. Jämförelse av motiv till vald utgång för försökspersoner som valde utgång C.



Figur 32. Jämförelse av motiv till vald utgång för försökspersoner som valde utgång D.

I figur 31 framgår det att motiven till varför försökspersonerna valde utgång C i de båda försöken stämde väl överens med varandra. Det dominerande motivet var att försökspersonerna upplevde utgång C som det säkraste alternativet. Som figur 32 visar var skillnaden till varför försökspersonerna valde utgång D något större. En större andel valde på måfå i det virtuella försöket, vilket till viss del kan förklaras med att dessa personer inte uppmärksammade de blinkande ljussignalerna. Det bör återigen påpekas att 9 av de totalt 10 försökspersonerna som valde utgång D i det virtuella försöket uppgav att de inte uppmärksammade de blinkande ljussignalerna. Detta innebar att en majoritet av de som angav att de tyckte utgång D var det säkraste alternativet inte vägde in de blinkande ljusen i sin bedömning.

### 9.1.3. Försökspersonerna

Som det tidigare beskrivits genomfördes det sammanlagt åtta försök med något olika förutsättningar vid det ursprungliga försökstillfället. Totalt deltog 123 personer i dessa försök varav endast 12 deltog i det försök som återskapades i denna studie. Ingen ålder fanns presenterad för dessa tolv personer varför den använda medelåldern i denna jämförelse gäller för de 123 personerna. I tabell 8 jämförs medelålder och standardavvikelse för deltagarna i det verkliga och virtuella försöket.

Tabell 8. Jämförelse av ålder i de båda försöken.

	Medelålder	Standardavvikelse
<b>Verkligt försök</b>	21,9	3,2
<b>Virtuellt försök</b>	22,9	3,0

I det verkliga försöket deltog endast studenter från Brandingenjörs- och Väg- och vattenbyggnadsprogrammet medan det i det virtuella försöket deltog studenter från flera olika program. Dock var alla deltagare även i detta försök studenter. Precis som för åldern presenterades endast könsfördelningen för det totala antalet deltagare i de verkliga försöken. Därför har denna könsfördelning använts vid jämförelsen med det virtuella försöket, vilken presenteras i tabell 9.

Tabell 9. Jämförelse av könsfördelning i de båda försöken.

	Män [%]	Kvinnor [%]
<b>Verkligt försök</b>	76,7	23,3
<b>Virtuellt försök</b>	75,6	24,4

### 9.1.4. Upplevelser

I appendix 8 presenteras en jämförelse av försökspersonernas upplevelser i det verkliga och virtuella försöket. Resultatet från denna jämförelse visar att upplevelserna från de båda försöken stämde väl överens. Känslan av att befinna sig i en nödsituation var i de båda försöken låg, vilket var att vänta då försöken genomfördes under kontrollerade former samtidigt som samtliga deltagare var väl informerade om vad de skulle utsättas för.

Den största skillnaden mellan försöken var hur försökspersonerna upplevde rädsla och fysiskt obehag, vilka båda upplevdes som större i det virtuella försöket. Att det fysiska obehaget skulle vara större var dock att vänta. Detta på grund av den problematik som identifierades under litteraturstudien och som innebar att den visuella stimulansen ger försökspersonerna en illusion av att vara i rörelse. Dock var det ingen av de totalt 30 försökspersonerna som upplevde ett sådant fysiskt obehag att de ville eller kände att de behövde avbryta försöket.

### 9.1.5. Samlad bedömning

Försökspersonerna i det verkliga och virtuella försöket liknade varandra med avseende på ålder, bakgrund och könsfördelning. Detta ansågs vara en nödvändig förutsättning för att försöken skulle kunna jämföras på ett rättvist sätt. Även försökspersonernas upplevelser i försöken såg relativt lika ut, dock med skillnaden att försökspersonerna i det virtuella försöket upplevde en något större grad av fysiskt obehag. Dock var skillnaden relativt liten och bedöms därför inte ha påverkat hur försökspersonerna valde utgång eller värderade de blinkande ljussignalerna.

Att ingen signifikant skillnad kunde påvisas mellan försökens resultat gällande val av utgång tyder även det på att förutsättningarna för det virtuella försöket liknade förutsättningarna för det verkliga försöket. Det bör dock återigen poängteras att gruppen som deltog i det verkliga försöket var liten vilket medför att det blir svårare att visa en signifikant skillnad. För att få mer underlag till bedömningen huruvida VR kunde valideras som ett verktyg för utrymningsförsök i enklare miljöer med blinkande ljussignaler jämfördes även resultat från enkäterna som fylldes i efter respektive försök. Denna jämförelse visade att motiven till vald utgång stämde väl överens i de båda försöken. Försökspersonerna som valde utgång C gjorde detta på grund av att denna utgång upplevdes som det säkraste alternativet eller på grund av att de visste att den vägen ledde ut.

En problematik i det virtuella försöket var att 11 av de totalt 30 deltagarna inte uppmärksammade ljussignalerna och således inte tog hänsyn till dessa i sitt val av utgång. Om denna siffra hade varit lägre hade resultatet troligtvis sett annorlunda. Detta då endast en av de resterande 19 deltagarna valde bort utgång C på grund av att ljussignalerna upplevdes som avskräckande. Antagandet styrks även av att 13 av de totalt 17 deltagarna som såg ljussignalerna och valde utgång C uppgav att dessa hade stor påverkan eller var helt avgörande för deras val av utgång.

Det faktum att 11 deltagare inte uppmärksammade ljussignalerna hade flera förklaringar. En förutsättning för att deltagarna skulle kunna uppmärksamma ljussignalerna var att de använde sig av sidoskärmarna i CAVE-systemet. Detta eftersom utgångarna från utgångspositionen i spelet kunde ses på dessa. I försöket valde 5 av de totalt 11 försökspersonerna som inte såg ljussignalerna utgång D på måfå utan att först titta på sidoskärmarna, varför det är mer förståeligt att dessa inte såg några ljussignaler. För de resterande 6 försökspersoner som tittade åt båda hållen utan att se ljussignalerna observerades det att dessa såg sig om som hastigast. Detta innebar att försökspersonerna antingen missade ljussignalerna på grund av att de var släckta vid ögonkastet eller att ljussignalerna var tända men att ljuset såg statistiskt ut. I båda fallen innebar det att ljussignalernas frekvens var för låg i förhållande till hur snabbt försökspersonerna såg sig om och att dessa därför missade omslaget från tänt till släckt eller tvärtom.

Sammantaget bedöms Virtual Reality vara validerat som ett verktyg för utrymningsförsök i enklare miljöer med blinkande ljussignaler. Denna bedömning grundas på att ingen signifikant skillnad kunde påvisas mellan försökens resultat, att försökspersonernas upplevelser i försöken liknade varandra samt att de motiverade sina val av utgång på liknande sätt. Dessutom upplevdes den virtuella miljön som mycket realistisk. Vidare uppmärksammades de blinkande ljussignalerna av en majoritet av de som tittade mot utgång C. Samtidigt förknippade dessa deltagare ljussignalerna med säkerhet på samma sätt som försökspersonerna gjorde i det verkliga försöket. Därmed förväntas personer som utrymmer göra samma vägval i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök i enklare miljöer med blinkande ljussignaler.

## 9.2. Försök 2

Syftet med försök 2 var som tidigare beskrivits att bedöma huruvida personer som utrymmer kan styras med hjälp av blinkande ljussignaler i grönt och rött. Som grund till denna bedömning ligger resultatet från försöket tillsammans med analysen i detta kapitel.

### 9.2.1. Statistiskt test

Resultatet från försök 2 visade att endast ett fåtal försökspersoner valde utgångar med röda blinkande ljussignaler vilket stämde överens med teorin om färgens betydelse för hur en signal uppfattas. Majoriteten av försökspersonerna valde därmed att gå mot gröna ljussignaler och dessa förknippades med säkerhet och kom hitåt samtidigt som de röda ljussignalerna förknippades med fara och kom inte hitåt. För att styrka resultatet och undersöka om utgångar med gröna ljussignaler valdes i signifikant större utsträckning än utgångarna med röda ljussignaler genomfördes ett statistiskt test för de två första valsituationerna, vilka presenteras i sin helhet i appendix 7.

I tabell 10 redovisas indata och resultat från hypotesprövningen gällande huruvida utgången med gröna ljussignaler valdes i större uträkning än den med röda ljussignaler i det första vägvalet. Som framgår av tabellen kunde en signifikant skillnad visas.

**Tabell 10. Hypotesprövning valsituation 1.**

	<b>Grönt</b>	<b>Rött</b>
<b>Antal</b>	36	4
<b>Andel</b>	0,9	0,1
<b><math>Z_{obs}</math></b>	5,06	
<b>Signifikant skillnad</b>	Ja	

I tabell 11 redovisas indata och resultat från hypotesprövningen om utgången med gröna ljussignaler valdes i större uträkning än den med röda ljussignaler i det andra vägvalet. Som framgår av tabellen kunde en signifikant skillnad visas även i detta fall.

**Tabell 11. Hypotesprövning valsituation 2.**

	<b>Grönt</b>	<b>Rött</b>
<b>Antal</b>	37	3
<b>Andel</b>	0,925	0,075
<b><math>Z_{obs}</math></b>	5,38	
<b>Signifikant skillnad</b>	Ja	

Det gjordes även en hypotesprövning för att utreda om det förelåg en signifikant skillnad mellan att välja höger eller vänster i det tredje vägvalet där ljussignalerna vid de båda utgångarna hade samma färg. Resultatet visade dock att det var lika många som valde höger som vänster vilket medförde att ingen signifikant skillnad kunde visas.

### 9.2.2. Samlad bedömning

Sammantaget bedöms det vara möjligt att vägleda personer som utrymmer med ljussignaler i rött och grönt. Dessutom bedöms det vara möjligt att få dessa personer att omvärdera sina val av utrymningsväg genom att skifta färg på ljussignalerna från grönt till rött. Dessa bedömningar grundas först och främst på resultatet från försöket som visade att endast ett fåtal deltagare valde utgångar med röda ljussignaler. Samtidigt var försökspersonernas samlade bedömning att färgen hade mycket stor betydelse vid valet av utgång och att utgångarna med gröna ljussignaler

upplevdes som det säkraste alternativet. Vidare associerade försökspersonerna uteslutande de gröna ljussignalerna med säkerhet och kom hitåt samt de röda ljussignalerna med fara och kom inte hitåt vilket stämde väl överens med teorin kring färgens betydelse för hur personer uppfattar en signal. Slutligen visade hypotesprövningar att utgångarna med gröna ljussignaler valdes i signifikant större utsträckning än utgångarna med röda ljussignaler.

Det faktum att samtliga försökspersoner som konsekvent valde utgångar med gröna ljussignaler även valde att omvärdera sitt val av utgång vid färgbytet bedöms styrka hypotesen om att det är möjligt att styra personer som utrymmer med hjälp av ljussignaler i rött och grönt. Det visade sig även att cirka 80 procent av dessa försökspersoner förknippade färgbytet med att branden hade spridit sig och att utrymningsvägen inte längre var säker att använda. Detta innebär således att färgbytet från grönt till rött i sig förmedlade tillräckligt med information för att deltagarna skulle förstå hur utrymningsituationen hade förändrats och varför de borde välja en annan utgång.

## 10. Diskussion

### 10.1. Skapande av virtuella miljöer

För att skapa 3D-modellerna användes som tidigare beskrivits Sketchup Pro. Även andra program som exempelvis Autodesk Maya hade varit möjliga att använda för detta ändamål. Dock kommenterade Vukancic och Malthe (2012) i sitt arbete att Autodesk Maya inte var optimalt att använda och att andra mer effektiva och enklare program borde undersökas. Den initiala uppfattningen av Sketchup Pro var att det skulle innehålla alla nödvändiga funktioner och egenskaper för att skapa 3D-modellerna. Erfarenheterna som författarna samlade på sig om skapande av 3D-modeller i Sketchup Pro var att programmet gick snabbt att lära sig och att det var användarvänligt. Programmet kunde även exportera 3D-modellerna till filformatet FBX, vilket visade sig vara det mest lämpliga formatet att importera till Unity.

Unity var det program som användes för att skapa programvaror av 3D-modellerna. Detta program visade sig vara mer avancerat än Sketchup Pro och tog därför längre tid att lära sig. Under arbetets gång diskuterades det mycket kring vad som skulle skapas och inte skapas i Sketchup eller Unity. Exempelvis kan geometrier och objekt skapas, färgläggas och ges texturer i båda programmen. Då det visade sig att Sketchup var ett mer användarvänligt program kan detta med fördel användas för skapande och färgläggning. Anledningen till att ytorna inte gavs texturer i Sketchup var på grund av att texturerna på vissa ytor inte följde med vid importen till Unity. Dock visade det sig vara effektivt att färglägga i Sketchup i och med att färgerna följde med som material till Unity. I Unity kunde sedan materialets egenskaper som till exempel textur ändras. När det detta gjordes ändrades alla ytor med det givna materialet vilket innebar att ytor var för sig inte behövde ges texturer.

Vidare kan det nämnas att *3D-warehouse* i Sketchup bör användas i så liten utsträckning som möjligt. Detta på grund av att objekten ofta har en stor detaljrikedom vilket i slutändan kan medföra att programvaran som skapas i Unity kräver stor datakapacitet och blir tungt för datorn att köra. Dessutom blir objekt och miljöer betydligt mer realistiska efter ljussättning och bakning av ljuset i Unity, vilket innebär att miljöer som känns sterila och livlösa i Sketchup ser helt annorlunda ut i Unity.

För att arbetsgången vid skapandet av programvarorna ska fungera effektivt bör det påpekas att strukturen i Sketchup redan i ett tidigt skede påverkar hur ytorna sammankopplas i Unity. Strukturen i 3D-modellen kan ökas genom att objekt grupperas i grupper eller slås samman till komponenter. Komponenter bör dock inte användas utan grupper är att föredra på grund av att dessa importeras bättre till Unity.

### 10.2. Blinkande ljussignaler i VR

Som beskrivits tidigare importerades de blinkande ljussignalerna från ett projekt som tidigare genomförts av avdelningen för Brandteknik och Riskhantering. Dessa behövde dock justeras med avseende på färg, intensitet och räckvidd för att de skulle passa in i miljöerna i denna studie och upplevas som realistiska. Den parameter som visade sig ha störst påverkan på hur ljussignalerna uppfattades var räckvidden, varför det var denna parameter som det laborerades mest med.

Det bör nämnas att författarna inte var närvarande vid det verkliga försöket vilket medförde vissa svårigheter när det skulle uppskattas hur mycket ljussignalerna skulle lysa upp utrymningsvägen och de intilliggande väggarna. För att få ljussignalerna att efterliknade de verkliga lamporna i så stor utsträckning som möjligt fick försöksledaren från det verkliga försöket och tillika handledaren för detta arbete bedöma ljussignalernas utseende.

En skillnad som kunde ses mellan försök 1 och försök 2 var att ljuset från allmänbelysningen i försök 1 till viss del konkurrerade med de blinkande ljussignalerna. Detta kommenterades av två försökspersoner vilka menade att ljusstyrkan i korridoren borde sänkts för att ljussignalerna skulle ha uppfattats tydligare. Dock var det ett medvetet val att använda en sådan belysningsstyrka då målet med försök 1 var att efterlikna det verkliga försöket i största möjliga mån. Som bilderna från det verkliga försöket visade var endast fyra av tolv armaturer tända vid försökstillfället och en av dessa tända armaturer satt i direkt anslutning till utgång C varför konkurrensen blev märkbar. I försök 2 var däremot ljussättningen mer jämn varför det kan ha upplevts som att de blinkande ljussignalerna var något mer framträdande i detta försök.

En skillnad mellan fysiska och virtuella ljussignaler är att de fysiska ger en intensitetsskillnad vid blinkandet på ett annat sätt än vad de virtuella gör. Detta medför troligtvis att fysiska ljussignalerna blir lättare att uppfatta för ögat då dessa genererar både en färg- och även en större intensitetsskillnad då de blinkar. De virtuella ljussignalerna uppfattas däremot framförallt på grund av färgskillnaden på skärmen, då den utsända ljusintensiteten från projektorn har ett relativt lågt maxvärde. Denna skillnad skulle kunna vara en förklaring till att vissa försökspersoner inte uppfattade de blinkande ljussignalerna i försök 1. Speciellt stor borde skillnaden mellan de fysiska och virtuella ljussignalerna vara då ljussignalerna finns i synfältets periferi, vilket var fallet i försök 1 där ljussignalerna vid utgång C fanns placerade på CAVE-systemets ena sidoskärm.

Detta kan förklaras av att synfältet kan delas upp i det skarpa synfältet, som utgör en bildvinkel på cirka två grader av det totala synfältet, och det perifera synfältet som består av resterande del. För att något skall ses i det skarpa synfältet krävs det att ljuset bryts centralt på näthinnan i den så kallade gula fläcken där det finns tappar, vilket är celler som är känsliga för färgskillnader men kräver en relativt hög ljusintensitet. I resterande del av näthinnan som utgör det perifera synfältet finns det så kallade stavar, vilket även det är ljuskänsliga celler som till skillnad från tapparna är känsliga för ljusintensitet (Akselsson, 2011). För de försökspersoner som såg sig om uppfattades dock färgskillnaden som tydlig, och därmed hade frånvaron av en större intensitetsskillnad en mindre betydelse för dessa för dessa personer.

### 10.3. Instruktioner och enkäter

Instruktionerna som gavs till försökspersonerna fungerade överlag bra. Detta visade sig genom att försökspersonerna oftast inte ställde några kompletterande frågor efter genomgången samt att de under försökets gång var tysta utan att kommentera eller ställa frågor till försöksledaren som stod bredvid. Innan försöken påbörjades genomfördes det ett par pilotförsök i syfte att identifiera eventuella brister i försöksgången. Under dessa försök uppmärksammades det en problematik med att försökspersonerna inte använde sig av informationen på sidoskärmarna. Därför kompletterades instruktionerna till träningsbanan för att få försökspersonerna att använda sig av sidoskärmarna i större utsträckning och därmed orientera sig på ett mer effektivt och verklighetstroget sätt.



Detta visade sig vara den största problematiken med försök 1 och var en bidragande faktor till att 11 av de totalt 30 försökspersonerna inte uppmärksammade ljussignalerna. Anledningen till detta var att vissa av dessa försökspersoner med hjälp av handkontrollen direkt vred sig om så att utgång D hamnade på huvudskärmen och på så sätt uppmärksammades. När väl detta hade skett var det dessvärre ingen som valde att vrida sig 180 grader med hjälp av handkontrollen för att se efter vad som fanns i andra änden av korridoren. Om instruktionerna inte hade kompletterats hade detta beteende troligtvis varit ett ännu större problem. Förhoppningen var dock från början att försökspersonerna själva skulle förstå att det enklaste och snabbaste sättet att se sig omkring skulle vara genom att vrida på huvudet istället för att vrida sig med hjälp handkontrollen. Detta för att instruktionen inte skulle bli för detaljerad och därmed påverka förutsättningarna för försöket. Denna förhoppning visade sig som sagt vara något optimistisk och därför kompletterades instruktionerna efter pilotförsöken.

När enkäterna till studien skapades diskuterades eventuella för- och nackdelar med att dela upp frågorna på två olika enkäter, en som fylldes i innan försöket och en som fylldes i efter försöket. Frågor som med fördel hade kunnat ställas innan försöket var de frågor som handlade om försökspersonerna och deras tidigare erfarenheter. Framförallt frågan om tidigare erfarenhet av data- och TV-spel skulle kunna fått något annorlunda resultat om den istället hade ställts innan försöket. Detta på grund av personer som precis spelat ett TV-spel kan uppleva det som att de har större erfarenhet av det än vad de egentligen har. En annan aspekt var att de personer som tycker att de gjort dåligt ifrån sig eller hade svårt att genomföra försöket medvetet anger att de spelat mindre än vad de i verkligheten hade gjort för att de inte vill verka dåliga. De fördelar som skulle kunna erhållits genom att dela upp frågorna på två enkäter bedömdes dock inte vara så stora att de övervägde nackdelarna med ökad pappershantering, administration och tidsåtgång per försöksperson.

#### 10.4. Realism

Försökspersonernas samlade bedömning var att de virtuella miljöerna såg realistiska ut. Detta visade sig i enkäterna men även genom kommentarer från en stor andel av deltagarna. Naturligtvis kan detaljrikedomen alltid ökas och ytterligare finjusteringar göras. Dock behöver den ökade arbetstiden som detta hade inneburit sättas i relation till hur mycket det egentligen hade ökat den totala realismen i de virtuella miljöerna. Med tanke på att arbetet genomfördes inom vissa förbestämda tidsramar var tiden som kunde läggas på att skapa de virtuella miljöerna något begränsad. Att resultaten gällande de virtuella miljöernas realism ändå blev 7,8 av 10 för försök 1 och 7,2 av 10 för försök 2 tyder på att realismen i de båda försöken var tillräckligt hög.

En bidragande faktor till att försökspersonerna upplevde en hög realism kan troligtvis också förklaras med att försöken genomfördes i ett CAVE-system. Detta system ger en betydligt större känsla av att befinna sig i en verklig situation än vad en vanlig dataskärm eller en projektor hade gjort, tack vare att deltagarna omsluts av den virtuella miljön med hjälp av de omslutande skärmarna.

Vid skapandet av den virtuella miljön till försök 2 gjordes korridorerna medvetet så stora att måtten för bredd och höjd stämde överens med skärmarnas mått i CAVE-systemet som användes. I försök 1 användes däremot de verkliga måtten från den ursprungliga korridoren. Dock visade sig dessa mått stämma väl överens med måtten i CAVE-systemet vilket medförde att bredden på korridorerna i de båda försöken var nästintill lika. Den samlade bedömningen efter att de totalt 70 försöken hade genomförts var att denna aspekt var viktig att ta hänsyn till.

Detta visade sig genom att samtliga försökspersoner som kommenterade att de upplevde ett fysiskt obehag tyckte att yrseln i träningsbanan var större än i försöket. Korridoren i träningsbanan var betydligt smalare än måtten i CAVE-systemet vilket medförde att en del av korridorrens väggar projicerades på golvskärm. Författarnas bedömning är att detta var den bidragande orsaken till varför träningsbanan upplevdes som obehagligare än själva försöken. Dessutom upplevs den virtuella miljön naturligtvis inte lika realistisk om väggarna projiceras på golvet. Därför rekommenderas det till kommande forskningsprojekt i CAVE-systemet att inte skapa geometrier som är mindre än själva CAVE-systemet. Om målet är att återskapa verkliga rum eller utrymmen som är mindre än CAVE-systemet bör dessa ändå utvidgas för att passa in i systemet.

Majoriteten av försökspersonerna kommenterade att ljudet från ett utrymningslarm saknades och att detta hade medfört en ökad realism och känsla av att befinna sig i en nödsituation. Dessa synpunkter var befogade och i efterhand är detta något som med fördel hade kunnat adderas i försök 2. I försök 1 var däremot syftet att återskapa ett verkligt försök i vilket ljudet av ett utrymningslarm saknades varför så borde vara fallet även i det virtuella försöket. För försök 2 skulle ljudet av ett utrymningslarm möjligtvis kunnat ge en ökad realism och känsla av nödsituation men troligtvis inte påverka försökspersonernas uppfattning av de blinkande ljussignalerna eller hur de valde utgångar.

### 10.5. Navigation

Försökspersonerna navigerade i de virtuella miljöerna med hjälp av handkontrollen som beskrivs i kapitel 4.3. Anledningen till att denna valdes var att den hade använts i tidigare försök och att den därmed redan från början var färdigprogrammerad och anpassad för systemet. För att röra sig i miljöerna användes endast en av de analoga styrspakarna. Vissa försökspersoner som hade stor erfarenhet av TV-spel kommenterade att detta kändes ovant då navigationen i vanliga spel sker med hjälp av de båda analoga styrspakarna. Att använda båda styrspakarna hade förmodligen varit en möjlighet. Dock hade det i sådana fall inneburit att ny kod hade behövt skrivas för att aktivera även den andra styrspaken. Detta alternativ undersöktes inte eftersom navigationen skulle vara så enkel som möjligt och därmed även passa försökspersoner som inte har stor erfarenhet av TV-spel. Bedömningen gjordes att det fortfarande skulle vara enkelt för försökspersoner med stor erfarenhet av TV-spel även om navigationen skulle kännas något ovan för dem.

I praktiken hade navigationen även kunnat ske med hjälp av andra typer av kontroller. Litteraturstudien visade dock att handkontroller var att föredra framför mus och tangentbord. Detta val av kontrollenhet styrktes i efterhand av att försökspersonerna i enkäterna svarade att de tyckte att det var lätt att förflytta sig i de virtuella miljöerna.

Ingen tydlig koppling kunde göras mellan hur mycket erfarenhet av data- och TV-spel försökspersonerna hade och hur svårt de tyckte att det var att förflytta sig i de virtuella miljöerna. Exempelvis varierade svaren gällande hur svårt det var att förflytta sig mellan noll och tio för de försökspersoner som hade mycket liten eller ingen erfarenhet alls. Variationen av svaren såg ut på liknande sätt även för de som hade stor eller mycket stor erfarenhet av data- och TV-spel. Om fler äldre försökspersoner hade deltagit i studien hade det troligtvis medfört att fler personer med liten eller ingen erfarenhet av TV-spel hade deltagit. Dock visade det sig som ovan beskrivits att erfarenheten var av mindre betydelse för hur försökspersonerna betedde sig och valde utgång i de båda försöken.

En problematik som uppmärksammades i litteraturstudien var att försökspersoner med stor erfarenhet av data- och TV-spel skulle kunna uppvisa ett mer riskfyllt beteende i *serious gaming* än vad övriga försökspersoner förväntades göra. För att försöka identifiera om en sådan problematik förekom ställdes därför en fråga till deltagaren angående personens spelvana innan försöket påbörjades. Därmed kunde försökspersoner med stor spelvana studeras utifrån denna aspekt. I försök 1 förväntades inget sådant beteende med tanke på att försöket var kort och endast innehöll ett moment. Dock visade sig inget sådant beteende i försök 2 heller. Ett exempel på ett riskfyllt beteende som skulle kunnat förekomma i detta försök är att försökspersoner skulle välja utgångar med röda ljussignaler bara för att de var nyfikna på vad som fanns på andra sidan dörren.

Ytterligare en problematik som observerades under försök 1 var att utgångspositionen innebar att försökspersonerna tittade rakt in i väggen på den främre skärmen, vilket medförde att deltagarna direkt var tvungna att välja mellan att gå höger eller vänster. Detta medförde att en mindre andel av försökspersonerna i detta försök jämfört med försök 2 uppfattade att det faktiskt fanns en utgång i varje ände av korridoren. Hade försökspersonerna även i försök 1 haft en introduceringssträcka att gå innan de ställdes inför vägvalet mellan utgång C och utgång D skulle förmodligen en större andel uppfatta att det fanns utgångar åt båda hållen.

Under de båda försöken gjordes inga observationer huruvida försökspersonerna först tittade åt höger eller vänster. I försök 2 ansågs inte detta påverka resultatet eftersom det var tydligt för i stort sett samtliga deltagare att de faktiskt kunde välja mellan två utgångar i varje valsituation, och att försökspersonerna därmed tittade åt både höger och vänster. Dock var detta inte lika uppenbart för försökspersonerna i försök 1 på grund av problematiken som diskuterats ovan. Resultatet från detta försök visade dock att 24 försökspersoner tittade åt båda hållen och om dessa försökspersoner först tittade åt höger eller vänster bedömdes vara av mindre betydelse. Detta på grund av att dessa deltagare faktiskt uppfattade att de kunde välja mellan två utgångar. Av de sex försökspersoner som inte tittade åt båda hållen var det dock fem som endast tittade åt vänster och därmed valde utgång D. En förklaring till varför en majoritet av dessa sex försökspersoner endast tittade åt vänster skulle kunna ha att göra med att de av vana först ser åt vänster, då det vanligtvis är åt vänster man först tittar i trafiken. Det bör återigen påpekas att försök 1 var ett validerande försök och därmed borde en eventuell sådan vana även ha funnits hos försökspersonerna i det verkliga försöket. Därmed borde resultatet i denna studie inte ha påverkats av om försökspersonerna först tittade åt höger eller vänster.

Försökspersonerna kommenterade i några enstaka fall att gånghastigheten upplevdes som något låg. Så var även fallet i försöken av Malthe och Vukancic (2012), varför en något högre gånghastighet användes för att uppnå en mer realistisk förflyttning i denna studie. Dock visade det sig alltså att denna ökning inte var tillräckligt stor. Ytterligare kommentarer om förflyttningen handlade om att försökspersonerna saknade funktionen att kunna springa i de virtuella miljöerna. Denna funktion bedömdes inte var nödvändig eftersom den förväntade stressen och känslan av att befinna sig i en nödsituation skulle vara låg på grund av försökens utformning. Om dessa känslor inte hade upplevts i en verklig situation så hade troligtvis ingen av försökspersonerna börjat springa.

## 10.6. Validering

I detta avsnitt diskuteras skillnader som förekom mellan det verkliga och det virtuella försöket.

### 10.6.1. Försökspersoner

I försök 1 var målet att försökspersonerna skulle efterlikna gruppen som genomförde det verkliga försöket med avseende på ålder, kön och bakgrund. Därför rekryterades deltagare först och främst från Lunds Tekniska Högskola. Det optimala hade naturligtvis varit att endast rekrytera förstaårsstudenter från Brandingenjörs- och Väg- och vattenbyggnadsprogrammet men detta hade i praktiken inneburit att antalet deltagare hade blivit mindre än vad det blev. Bedömningen gjordes att antalet personer var viktigare än programtillhörighet varför deltagarna rekryterades från cirka tio program. Det antogs att erfarenheten gällande brand och utrymning inte skulle skilja sig märkbart mellan förstaårsstudenter från Brandingenjörs- och Väg- och vattenbyggnadsprogrammet jämfört med försökspersoner från andra program. Så visade sig också vara fallet då resultaten från det verkliga och virtuella försöket gällande programtillhörighet och erfarenhet av utrymning, brand och brandövning jämfördes.

Även ålders- och könsfördelning var något som försökte efterliknas i det virtuella försöket. Det genomfördes inget statistiskt test för att jämföra grupperna men däremot jämfördes medelvärde och standardavvikelse för försökspersonernas ålder. Inga stora skillnader förelåg mellan försökspersonerna i de båda försöken vilket även var fallet för könsfördelningen. En förklaring till varför inga statistiska tester genomfördes var att ålders- och könsfördelningen i det verkliga försöket endast presenterades för det totala antalet deltagare som genomförde de åtta försöken och därmed hade testen kunnat bli missvisande. Detta innebär även en felkälla vid de jämförelser som gjordes, och det hade naturligtvis varit mer önskvärt att använda data för just de tolv deltagare som genomförde det försök som återskapades.

En brist i valideringen av det virtuella försöket var att antalet försökspersoner i det verkliga försöket var lågt. Ett sätt att styrka valideringen hade kunnat vara att återskapa fler av de åtta verkliga försöken i virtuella miljöer. Detta hade i praktiken inneburit en mer omfattande rekryteringsprocess samtidigt som ytterligare programvaror hade behövt skapas.

En annan möjlighet hade varit att genomföra fler verkliga försök med samma förutsättningar som i det ursprungliga försöket men även detta alternativ hade varit för tids- och resurskrävande. Ytterligare ett problem med detta alternativ var att den verkliga korridoren genomgått flera reoveringar sedan 2003, vilket medfört att dess utseende förändrats.

Slutligen hade det även varit möjligt att använda resultat från vissa av de andra verkliga försöken som genomfördes i korridoren vid jämförelsen med försök 1. Detta på grund av att det bland annat genomfördes ett försök med samma förutsättningar men med enda skillnaden att startpositionen var förflyttad närmare utgång D. Dessutom genomfördes det försök i korridoren med orange blinkande ljussignaler. För att kunna använda resultaten från dessa försök hade antaganden behövt göras angående hur mycket de förändrade förutsättningar hade kunnat påverka valet av utgång. Bedömningen gjordes att de förändrade förutsättningarna hade inneburit för stora felkällor och därför valdes det att endast använda resultatet från just det försök som återskapats. Istället lades stort fokus på att så noggrant som möjligt återskapa förutsättningarna och försöksgången för försöket med gröna blinkande ljussignaler i den virtuella miljön.

### 10.6.2. Försöksgenomförande

Målet med försöksgången för försök 1 var att den skulle efterlikna försöksgången för det verkliga försöket så mycket som möjligt. Den samlade bedömningen efter genomförandet av försök 1 var att detta mål uppnåddes. En skillnad var dock att försökspersoner inte försågs med ögonbindel i det virtuella försöket. Detta moment simulerades istället genom att en *fade in* lades till i spelet, vilket innebar att skärmarna i CAVE-systemet var svarta medan försöksledaren läste upp instruktionen för försökspersonerna. Samtidigt var belysningen i VR-labbet nedsläckt varför det blev helt mörkt i lokalen.

### 10.7. Nyttan med utrymningsmarkeringar

Resultatet från de båda försöken visade att de blinkande ljussignalerna hade stor betydelse för hur försökspersonerna valde sina utrymningsvägar vilket stämde väl överens med teorin i litteraturstudien. I försök 1 valde majoriteten av försökspersonerna utgång C med gröna blinkande ljussignaler precis som i det verkliga försöket och i försök 2 valdes utgångar med gröna ljussignaler framför utgångar med röda ljussignaler.

I försök 1 visade det sig dock att vissa försökspersoner valde utgång D på måfå och därefter såg utrymningsskylten som fanns vid denna utgång. Dessa personer vände sig inte om för att se vad som fanns i den andra riktningen, vilket kan förklaras med att deltagarna såg utrymningsskylten och därmed visste att utgången var säker. Slutsatsen av detta beteende är troligtvis att utrymningsskylten förmedlade tillräckligt med information för att dessa försökspersoner inte skulle överväga andra alternativ. Detta på grund av att det var just en utgång med en utrymningsskylt de ville hitta, och att de av erfarenhet visste att nödutgångar markeras på detta sätt. För de försökspersoner som uppfattade båda utgångarna blev situationen annorlunda då dessa istället blev tvungna att väga två alternativ mot varandra. I detta fall var resultatet tydligt och visade att utgången med utrymningsskylt och gröna ljussignaler upplevdes som det säkraste alternativet.

Resultatet från försök 2 visade som tidigare beskrivits att 35 av de totalt 40 försökspersonerna valde att konsekvent gå mot utgångar markerade med gröna ljussignaler. Om försöket hade genomförts i en verklig miljö skulle detta antal troligtvis varit större. Detta på grund av att ett fåtal försökspersoner hade en bristfällig navigeringsteknik i den virtuella miljön vilket medförde att de endast uppfattade utgången markerad med röda ljussignaler i valsituation 1. När de i valsituation 2 uppfattade att det fanns ytterligare en utgång som istället var markerad med gröna ljussignaler valde de denna utgång på grund av att den kändes säkrare än utgången med röda ljussignaler.

I intervjuerna framgick det att utrymningsskylten hade stor betydelse i de situationer försökspersoner inte såg utgången med gröna ljussignaler och gick mot utgångar med röda ljussignaler. Detta eftersom skylten medförde att utgången förknippades som säker och att de röda ljussignalernas syfte var att fånga uppmärksamhet och dra blicken mot skylten. Därmed hade själva färgen mindre betydelse. En slutsats som drogs efter försök 2 var att röda blinkande ljussignaler i anslutning till en utrymningsskylt innebär en viss problematik. Detta på grund av de dubbla budskap som installationerna förmedlade då utrymningsskylten förknippades med en säker utgång samtidigt som de röda ljussignalerna förknippades med fara och kom inte hitåt.

I den tredje och sista valsituationen omvärderade samtliga försökspersoner som konsekvent valt utgångar med gröna ljussignaler sitt val av utgång då ljussignalerna bytte färg från grönt till rött.

Majoriteten av dessa deltagare förknippade färgbytet med att branden hade spridit sig och att utgången inte längre var lämplig för utrymning. Dessutom uppgav vissa av dessa deltagare att de trodde att färgbytet hade aktiverats av en detektor på andra sidan dörren till följd av värme- eller rökutveckling. Detta betyder att färgbytet från grönt till rött i sig förmedlade tillräckligt med information för att deltagarna skulle förstå hur utrymningssituationen hade förändrats och varför de borde välja en annan utgång. Sammantaget bedöms detta vara viktiga resultat som styrker hypotesen om att personer som utrymmer kan styras med hjälp av gröna och röda blinkande ljussignaler.

## 11. Slutsatser

Den generella slutsatsen av denna studie är att personer som utrymmer kan styras med hjälp av gröna och röda ljussignaler. Vidare bedöms Virtual Reality vara ett användbart verktyg för denna typ av utrymningsscenarioer i enklare miljöer med blinkande ljussignaler. Dock krävs ytterligare studier för andra typer av miljöer och förutsättningar för att undersöka om samma resultat är att vänta, oberoende om försöken genomförs i verkliga eller i virtuella miljöer. Nedan besvaras kortfattat de frågeställningar som formulerades i arbetets inledning.

### **Kan personer förväntas göra samma vägval i Virtual Reality som i verkliga utrymningsförsök?**

Inga signifikanta skillnader kunde visas mellan hur försökspersonerna valde utgång i det verkliga och virtuella försöket. Detta innebär dock inte att virtuella försök kan jämföras med verkliga, men skillnaderna bedöms inte vara så stora att Virtual Reality inte skulle kunna vara ett användbart verktyg för dessa typer av studier. Denna slutsats styrks av det faktum att resultaten från enkätundersökningarna i det verkliga och virtuella försöket stämde väl överens.

Vidare bedöms blinkande ljussignaler ge en liknande varseblivning i Virtual Reality som i verkliga försök. Dessutom förväntas personer som uppmärksammar ljussignalerna fatta samma beslut i verkliga och virtuella miljöer. Denna bedömning grundas på att ingen signifikant skillnad kunde påvisas mellan hur försökspersonerna valde utgång i det verkliga och virtuella försöket samt att försökspersonerna motiverade sina val av utgång på liknande sätt. Dessutom förknippades ljussignalerna på det sätt som beskrivits i litteraturstudien och som framgick i det verkliga försöket.

### **Kan personer som utrymmer styras med hjälp av grönt och rött blinkande ljus?**

Sammantaget bedöms det vara möjligt att styra personer som utrymmer med ljussignaler i rött och grönt. Denna bedömning grundas på resultatet från försök 2 som visade att i stort sett samtliga försökspersoner medvetet valde utgångar markerade med gröna ljussignaler på grund av att dessa utgångar upplevdes som det säkraste alternativet. Dessutom styrks denna slutsats av resultatet från hypotesprövningarna som visade andelen försökspersoner som valde utgångar med gröna ljussignaler var signifikant större än andelen som valde utgångar med röda ljussignaler.





## 12. Fortsatt forskning

För att kunna minska riskerna i samhället är det viktigt att kontinuerligt arbeta med och undersöka nya möjligheter av riskreducerande åtgärder. Detta har gjorts i denna studie och resultatet tyder på att personer som utrymmer kan styras med gröna och röda blinkande ljussignaler. Resultatet skulle därmed kunna användas för att göra riskreducerande åtgärder i riskhanteringsprocesser, men innan detta är möjligt bör ytterligare forskning göras inom området. Nedan listas ett antal förslag på kommande forskning som är relaterade till detta arbete.

- **Genomföra försök i Virtual Reality med fler stimulanser**  
Försökspersonerna kommenterade framförallt att det saknades ljud men även andra stimulanser som exempelvis värme och lukt. Därmed hade det varit intressant att undersöka hur realismen och känslan av att befinna sig i en nödsituation hade förändrats om dessa hade adderats till de virtuella miljöerna.
- **Genomföra försök med blixtljus**  
I denna studie undersöktes det endast om blinkande ljussignaler kunde återskapas på ett realistiskt sätt och om personer som utrymmer kan styras med hjälp av dessa. Det hade även varit intressant att undersöka huruvida blixtljus kan återskapas på ett realistiskt sätt då även dessa i tidigare studier visat sig kunna öka utrymningsvägars attraktivitet.
- **Genomföra försök med andra färger på ljussignalerna**  
I denna studie valdes det att använda röda och gröna ljussignaler på grund av att litteraturstudien visade att dessa färger associerades med fara och säkerhet. Det bör dock undersökas om det finns andra kombinationer av färger som skulle kunna användas för detta ändamål och om dessa skulle kunna fungera effektivare.
- **Genomföra försök med kompletterande talat meddelade**  
I försök 2 saknades det ett utrymningslarm. Det skulle därmed vara intressant att undersöka om ett utrymningslarm med ett talat meddelande som informerade försökspersonerna om att följa de gröna ljussignalerna hade gett ett ännu bättre resultat.
- **Genomföra verkliga försök**  
Försöken som genomfördes i detta arbete gjordes i virtuella miljöer och under kontrollerade former. Därför bör dessa försök kompletteras med liknande försök i verkliga miljöer för att styrka resultaten och undersöka om det finns brister med att använda Virtual Reality som ett verktyg. Vidare bör det även undersökas hur grupp beteenden och lokalkännedom kan påverka resultaten.
- **Utformning av systemet**  
I detta arbete har det endast undersökts om det finns en möjlighet att styra personer som utrymmer med blinkade ljussignaler i rött och grönt och därmed har det inte behandlats hur dessa tekniska system skulle utformas i praktiken. Därför bör utformningen utredas i kommande forskning.

- **Genomföra försök med försökspersoner från andra kulturer**  
I försök 2 hade försökspersonerna en liknande bakgrund eftersom majoriteten var studenter och uppvuxna i Sverige. Det bör därför undersökas om resultatet hade blivit annorlunda om försökspersoner från andra kulturer hade genomfört försöket. Detta på grund av att rött och grönt kan ha olika betydelse i olika kulturer.

## 13. Referenser

- Alce, G., Eriksson, J. & Wallergård, M. (2013). *Virtual Reality i teori och praktik*. Lund: Institutionen för designvetenskaper, Lunds Tekniska högskola.
- Akselsson, R. (2011). *Människa, teknik, organisation och riskhantering*. Lund: Institutionen för designvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola.
- Beeson, S. & Mayer, J. W. (2008). *Patterns of light - Chasing the spectrum from Aristotle to LEDs*. New York: Springer.
- Benthorn, L. & Frantzich, H. (1996). *Fire alarm in a public building: How do people evaluate information and choose evacuation exit?* Report 3082. Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.
- Boverket. (2013a). *Boverkets författningssamling – BFS 2013:14 BBR 20*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2013b). *Boverkets ändring av allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd – BFS 2013:12 BBRAD 3*. Karlskrona: Boverket.
- Bower, K. M. (2003). When to Use Fisher's Exact Test. *American Society for Quality, Six Sigma Forum Magazine*, vol. 2, pp. 35-37.
- Briggs, N. E. & Precher, K. J. (2001). Calculation för Fishers's Exact Test: An Interactive Calculation Tool for Fisher's Exact Probability Test for 2x2 Tables. (Elektronisk) Tillgänglig: <<http://www.quantpsy.org/fisher/fisher.htm>> (2013-11-01).
- Foddy, W. (1993). *Constructing Questions for Interviews and Questionnaires: Theory and Practice in Social Research*. Cambridge: Press Syndicate, Cambridge University.
- Frantzich, H. (2000). *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket.
- Fox, J., Arena, D. & Bailenson, J. N. (2009). *Virtual Reality: A Survival Guide for the Social Scientist*. Stanford: Stanford University.
- Frantzich, H. & Nilsson, D. (2003). *Utrymning genom tät rök: beteende och förflyttning*. Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.
- Frantzich, H. (2004). *Val av utrymningsväg i tunnel*. Lund: Avdelningen för Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.
- Höst, M., Regnell, B. & Runesson, P. (2006). *Att genomföra examensarbete*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Kahkonen, K. (2003). *Industrial applications of virtual reality in architecture and construction*. London: Business School, Imperial College London.

Kobes, M. (2010). *Understanding Human Behaviour in Fire – Validation of the Use of Serious Gaming for Research into Fire Safety Psychonomics*. Amsterdam: Vrije University.

Körner, S. & Wahlgren, L. (2006). *Statistisk dataanalys – andra upplagan*. Lund: Studentlitteratur.

Malthe, F. & Vukancic, I. (2012). *Virtual Reality och människors beteende vid brand*. Lund: Avdelningen för Brandteknik och Riskhantering, Lunds Tekniska Högskola.

Mc Clintock, T., Shields, T. J., Reinhardt-Rutland, A. H. & Leslie, J. C. (2001). A behavioural solution to the learned irrelevance of emergency exit signage. *2<sup>nd</sup> International Symposium on Human Behaviour in Fire*. Interscience Communications Ltd, London.

Nationalencyklopedin. *Färgblindhet* (Elektronisk). Tillgänglig:  
<<http://www.ne.se/lang/f%C3%A4rgblindhet>> (2013-09-24).

Nilsson, D. (2009). *Exit choice in fire emergencies – Influencing choice with flashing lights*. Diss. Lunds universitet. Lund: Lunds Tekniska Högskola.

Nuremberg War Tribunals. (1949). *Trials of War Criminals before the Nuremberg Military Tribunals under Control Council Law No. 10*, Vol. 2, 181-182. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.

Oppenheim, A.N. (1992). *Questionnaire design, interviewing and attitude measurement*. London: Continuum.

Pujol, L. (2004). *Archaeology, museums and virtual reality*. Barcelona: Autonomous University of Barcelona.

SFS 2003:460. (2003). *Lag (2003:460) om etikprövning av forskning som avser människor*.

SFS 2008:192. (2008). *Lag (2008:192) om ändringen i lagen (2003:460) om etikprövning som avser människor*.

SFS 2010:900. (2010). *Plan- och bygglag (2010:900)*.

SFS 2011:338. (2011). *Plan- och byggförordning (2011:338)*.

Shields, T. J., & Boyce, K. E. (2000). A study of evacuation from large retail stores. *Fire Safety Journal*, vol. 35(1), pp. 25-49.

Sime, J. (1985). Movement towards the familiar - Person and place affiliation in a fire entrapment setting. *Environment and Behaviour*, vol. 17(6), pp. 697-724.

Sime, J. (1989). Handicapped people or handicapping environments?, *Building Journal*, pp. 84-92. Hong Kong.

Sime, J. & Kimura, M. (1988). The timing of escape: Exit choice behaviour in fires and building evacuation. *Safety in the Built Environment*, Ed J Sime, E & F.N Spon, London.

Susi, T., Johannesson, M. & Backlund, P. (2007). *Serious Games – An Overview*. Skövde: Institutionen för kommunikation och information, Högskolan i Skövde.

Trimble. *SketchUp Pro 2013* (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.sketchup.com/products/sketchup-pro>> (2013-11-25).

Unity Technologies. *Unity3d* (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://unity3d.com/unity>> (2013-11-25).

Wickens, C. D. & Hollands, J. G. (2000). *Engineering psychology and human performance*. 3<sup>rd</sup> Ed. Prentice-Hall, New Jersey.

World Medical Association. (2008). *World Medical Association Declaration of Helsinki – Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. Ferney-Voltaire: World Medical Association Secretariat.



---

## Appendix 1. Enkäter

### Appendix 1.1. Enkät till försök 1

1. Hur gammal är du? ..... år
2. Är du man eller kvinna? .....
3. Vilket program läser du? .....
4. Vilket land är du uppvuxen i? .....
5. Hur stor erfarenhet har du av dator- eller TV-spel? Relatera det till den tid du ägnar åt det, även tidigare erfarenhet räknas.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Mycket liten**             **Mycket stor**

6. Har du någon erfarenhet av följande (förutom från dagens övning)? Flera alternativ är möjliga.

- Jag har själv varit med om en riktig utrymning
- Jag har själv varit med om en riktig brand
- Jag har deltagit i brandövning/utrymningsförsök.

---

#### Bedöm följande påståenden

7. Jag tyckte att den virtuella miljön såg realistisk ut

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Instämmer inte alls**             **Instämmer helt**

8. Det kändes som att jag befann mig i en nödsituation

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Instämmer inte alls**             **Instämmer helt**

9. Jag tyckte att det var lätt att förflytta mig i den virtuella miljön

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Instämmer inte alls**             **Instämmer helt**

---

10. Hur värderar du nyttan med utrymningsskylten då du skulle välja utgång?

- Jag såg ingen skylt
- Påverkade inte alls mitt beslut
- Liten påverkan på mitt beslut
- Stor påverkan på mitt beslut
- Helt avgörande för mitt beslut
- Vet inte

11. Hur värderar du nyttan med de blinkande lamporna då du skulle välja utgång?

- Jag såg inga blinkande lampor
- Påverkade inte alls mitt beslut
- Liten påverkan på mitt beslut
- Stor påverkan på mitt beslut
- Helt avgörande för mitt beslut
- Vet inte

12. Vad var det som i första hand gjorde att du valde den väg du tog?

- Jag visste att den vägen ledde ut
- Jag valde på måfå
- Jag valde den som verkade närmast
- Jag valde den som verkade säkrast

Annat, nämligen: .....

13. Vad var det med den andra vägen som gjorde att du inte valde den vägen?

- Jag såg ingen utrymningsskylt
- Jag såg blinkande lampor och valde därför inte den vägen
- Jag såg brand i den riktningen
- Det verkade längre till den utgången
- Den utgången verkade mindre säker

Annat, nämligen: .....

14. Vad associerar du till de blinkande lamporna?

- Jag såg inga blinkande lampor
- Säkerhet
- Fara
- Kom hitåt
- Kom inte hitåt

Annat, nämligen: .....

---

15. Hur nära en verklig situation tyckte du att försöket var?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Väldigt nära**             **Långt ifrån**

16. Hur skulle du vilja beskriva din osäkerhet i situationen då du skulle välja utgång?

0 1 2 3

**Ingen alls**     **Mycket stor**

17. Hur skulle du vilja beskriva din stresskänsla i situationen då du skulle välja utgång?

0 1 2 3

**Ingen alls**     **Mycket stor**



18. Hur skulle du vilja beskriva din rädsla i situationen då du skulle välja utgång?

0 1 2 3

**Ingen alls**     **Mycket stor**

19. Kände du något illamående eller yrsel i situationen då du skulle välja utgång?

0 1 2 3

**Ingen alls**     **Mycket stor**

20. Är det något annat du vill kommentera eller ge dina synpunkter på?

---



---



---

21. Tänkte du på något annat som kan förbättra dessa försök och realismen i en virtuell utrymning?

---



---



---

## Appendix 1.2. Enkät till försök 2

1. Hur gammal är du? ..... år

2. Är du man eller kvinna? .....

3. Vilket land är du uppvuxen i? .....

4. Hur stor erfarenhet har du av dator- eller TV-spel? Relatera det till den tid du ägnar åt det, även tidigare erfarenhet räknas.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Mycket liten**             **Mycket stor**

5. Har du någon erfarenhet av följande (förutom från dagens övning)? Flera alternativ är möjliga.

- Jag har själv varit med om en riktig utrymning
- Jag har själv varit med om en riktig brand
- Jag har deltagit i brandövning/utrymningsförsök.
-

### Bedöm följande påståenden

6. Jag tyckte att den virtuella miljön såg realistisk ut

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Instämmer inte alls**            **Instämmer helt**

7. Det kändes som att jag befann mig i en nödsituation

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Instämmer inte alls**            **Instämmer helt**

8. Jag tyckte att det var lätt att förflytta mig i den virtuella miljön

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Instämmer inte alls**            **Instämmer helt**

---

9. Uppfattade du att det i varje korridor fanns två utrymningsvägar?

- Ja
- Nej

10. Vad var det som i första hand gjorde att du valde de vägar du tog?

- Jag visste att den vägen ledde ut
- Jag valde på måfå
- Jag valde den som verkade närmast
- Jag valde den som verkade säkrast
- Annat, nämligen: .....

11. Hur stor betydelse hade färgen på de blinkande lamporna när du valde utgång?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Mycket liten**            **Mycket stor**

12. Vad associerar du till de gröna blinkande lamporna?

- Säkerhet
- Fara
- Kom hitåt
- Kom inte hitåt
- Annat, nämligen: .....

13. Vad associerar du till de röda blinkande lamporna?

- Säkerhet
- Fara
- Kom hitåt
- Kom inte hitåt
- Annat, nämligen: .....

14. Hur nära en verklig situation tyckte du att försöket var?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Väldigt nära**            **Långt ifrån**

15. Hur skulle du vilja beskriva din osäkerhet i situationen då du skulle välja utgång?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Ingen alls**            **Mycket stor**

16. Hur skulle du vilja beskriva din stresskänsla i situationen då du skulle välja utgång?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Ingen alls**            **Mycket stor**

17. Hur skulle du vilja beskriva din rädsla i situationen då du skulle välja utgång?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Ingen alls**            **Mycket stor**

18. Kände du något illamående eller yrsel i situationen då du skulle välja utgång?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

**Ingen alls**            **Mycket stor**

19. Är det något annat du vill kommentera eller ge dina synpunkter på?

---

---

---

20. Tänkte du på något annat som kan förbättra dessa försök och realismen i en virtuell utrymning?

---

---



## Appendix 2. Intervjufrågor försök 2

Nedan redovisas de intervjufrågor som ställdes till försökspersonerna i försök 2 efter att de fått fylla i sina enkäter.

Hur resonerade du kring valet av utgångar? Ändrade du resonemang någon gång?

Vad var dina tankar när du stod här? Visa bild och peka på det första vägvalet.

Uppfattade du att färgen på de blinkande lamporna bytte färg när du var här? Visa bild och peka på det sista vägvalet.

- Ja
- Nej (slut på intervju!)

---

1. Omvärderat beslut

Var det detta färgbyte som fick dig att ändra ditt val av utgång? Hur resonerade du?

2. Ej omvärderat beslut

Hur tänkte du när du såg att de blinkande lamporna bytte färg?



## Appendix 3. Rekryteringsblad

Nedan presenteras det rekryteringsblad som skickades och delades ut under rekryteringen av försökspersoner.

### Virtual Reality – Kan serious gaming vara framtiden för forskning inom brandteknik?

Vi är två studenter som skriver examensarbete inom Riskhanterings- och Brandingenjörsprogrammet. Under vecka 43 kommer vi genomföra försök i Virtual Reality Lab på IKDC. Försöken syftar till att undersöka människors beteende vid brand. Detta kommer att göras i en virtuell 3D-miljö och nu behöver vi din hjälp för att kunna genomföra denna studie. Som tack för att du ställer upp får du en biobiljett. Försöken tar cirka 30 minuter och du anmäler dig via länken nedan genom att fylla i ditt namn och mobilnummer. Observera att mobilnumret är viktigt och används för att vi ska kunna nå ut med information om försöket samt skicka en påminnelse.

Länk för anmälan: <http://korta.nu/vr>

Försöken kommer genomföras under följande tider:

Måndag 21/10 kl 08:00-12:00

Tisdag 22/10 kl 08:00-20:00

Onsdag 23/10 kl 08:00-13:00

Torsdag 24/10 kl 08:00-20:00

Fredag 25/10 kl 08:00-18:00

Om du av någon anledning inte kan anmäla dig via länken ovan kan du istället göra din anmälan genom att mejla till [jockeping@gmail.com](mailto:jockeping@gmail.com)

I korthet kommer de 30 minuterna att innehålla:

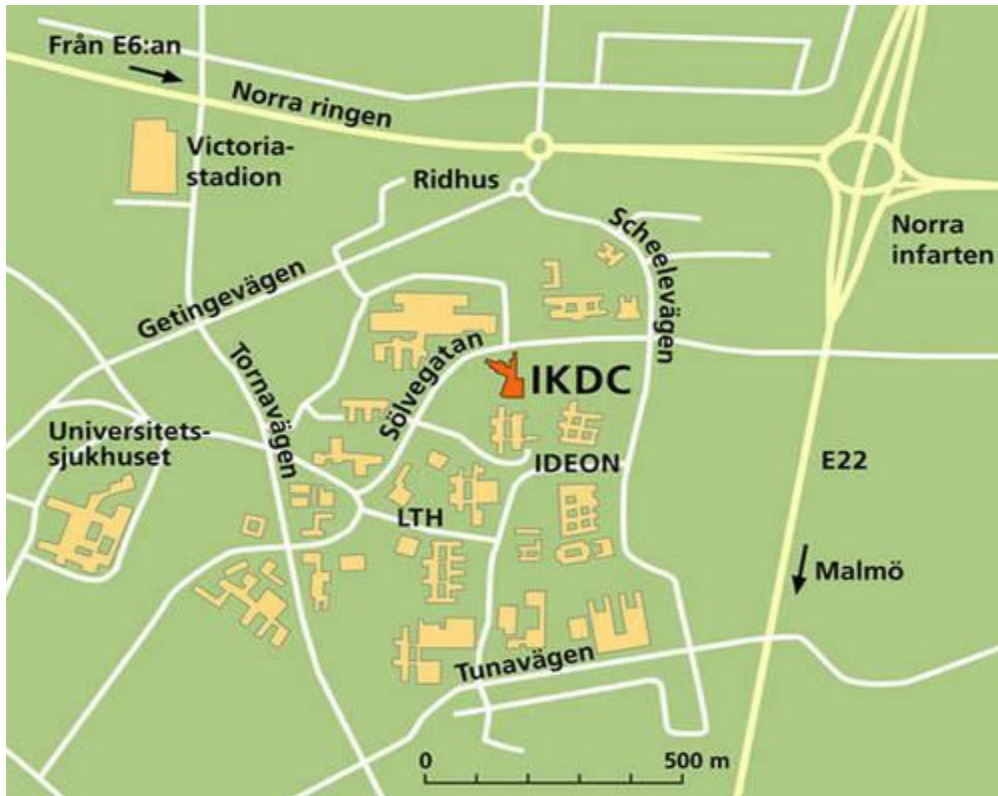
- En kort introduktion och utbildning om hur spelet går till
- Försöket
- Ifyllnad av enkät
- Avslutande diskussion om försöket där du kan ställa frågor
- Utdelning av biobiljett

Vid försökstillfället möter vi upp dig i receptionen på IKDC (Ingvar Kamprad Designcentrum). Se kartan på nästa sida. På nästa sida visas även en bild på CAVE-systemet som kommer användas i försöket.

Om du brukar känna dig illamående när du ser 3D-film eller lätt blir åksjuk rekommenderas inte deltagande i denna studie. Vidare rekommenderas det att färgblinda inte deltar i försöken.

Vi hoppas verkligen att Du kan och vill komma!

Joachim Johansson  
Ludvig Petersson  
Bi09/Rh12





## Appendix 4. Samtyckesblankett

Nedan redovisas den samtyckesblankett som försökspersonerna fick skriva under efter att de fått den muntliga genomgången och innan de genomförde försöken.

Jag har fått information om försöket som genomförs i *Virtual Reality Lab* under vecka 43 presenterat för mig muntligen. Dessutom har jag fått möjligheten att ställa frågor och fått svar på de frågor jag har. Jag är därför insatt i vad försöken innebär och jag samtycker härmed till att delta i studien.

-----  
Signatur

-----  
Ort och datum

-----  
Namnförtydligande



## Appendix 5. Rådata försök 1

I tabell A.1 och tabell A.2 presenteras rådata som samlades in från enkätfrågorna för försök 1. På grund av att vissa svarsalternativ inte var nummerade i enkäten har dessa svarsalternativ kodats med en siffra för att kunna sammanställas på ett kompakt sätt. Detta innebär att det första svarsalternativet motsvarar en etta, det andra svarsalternativet motsvarar en tvåa och så vidare.

Tabell A.1. Rådata från fråga 1 till 4 för försök 1.

Fp	Fråga			
	1	2	3	4
1	23	M	Arkitektur	Sverige
2	31	M	Arkitektur	Sverige
3	25	M	Ekosystem	Sverige
4	22	M	Ekosystem	Sverige
5	24	M	Industriell ekonomi	Sverige
6	23	M	Industriell ekonomi	Sverige
7	20	M	Bioteknik	Sverige
8	20	M	Kemiteknik	Sverige
9	20	M	Kemiteknik	Sverige
10	21	K	Industriell ekonomi	Sverige
11	21	K	Industriell ekonomi	Sverige
12	23	M	Maskinteknik	Sverige
13	26	M	Maskinteknik	Sverige
14	22	K	Väg och Vatten	Sverige
15	22	K	Väg och Vatten	Sverige
16	28	M	Arkitektur	Norge
17	22	M	Data	Sverige
18	23	M	Brandingenjör	Sverige
19	23	M	Informations och kommunikationsteknik	Sverige
20	20	M	Industriell ekonomi	Irland
21	24	M	Väg och Vatten	Sverige
22	25	K	Väg och Vatten	Sverige
23	24	M	Biomedicin	Sverige
24	22	M	Brandingenjör	Sverige/Australien
25	23	K	Väg och Vatten	Sverige
26	21	K	Brandingenjör	Sverige
27	19	M	Kandidatprogram matematik	Sverige
28	18	M	Ej student	Sverige
29	22	M	Audionom	Sverige
30	30	M	Väg och Vatten	Sverige

Tabell A.2. Rådata från fråga 5 till 19 för försök 1.

Fp	Fråga														
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	6	3	6	7	8	5	5	4	5	4	2	0	1	1	1
2	3	1+3	8	3	8	5	5	1	1	4	4	1	2	1	0
3	4	3	8	6	8	1	1	2	6	1	5	2	1	2	0
4	6	1+3	7	6	8	3	5	4	1	2	7	2	2	1	0

5	6	3	10	6	8	5	6	1	2	4	0	0	1	0	1
6	8	3	8	2	7	5	3	1	1	4	7	1	1	1	1
7	8	3	7	2	8	4	1	2	6	1	5	0	1	0	2
8	7	1	7	7	6	5	5	4	5	2	4	1	1	0	0
9	9	1+3	9	7	8	5	1	1	1	1	8	1	2	0	0
10	3	1+3	8	3	9	4	1	4	1	1	4	1	1	0	0
11	1	-	9	5	10	5	1	1	1	1	9	0	1	1	1
12	4	1+2+3	10	5	9	5	2	2	6	2	7	2	1	1	2
13	7	2+3	6	4	8	5	5	4	3	4	4	1	1	1	0
14	3	3	5	4	9	5	4	1	1	2	4	1	1	0	0
15	7	3	8	3	10	5	5	4	5	2	7	3	2	2	1
16	5	3	5	1	8	3	4	4	4	4	9	1	1	1	0
17	8	1+3	7	3	7	5	5	4	1	4	5	0	1	0	0
18	5	3	8	5	9	5	4	4	6	4	3	1	0	1	1
19	7	1+3	10	0	6	5	1	2	6	1	5	0	0	0	0
20	8	3	8	1	8	4	1	4	5	1	4	2	1	0	0
21	6	3	8	3	7	5	6	4	1	4	4	2	1	0	0
22	5	3	8	2	8	5	5	4	5	4	3	1	1	0	1
23	8	3	7	5	9	4	1	2	4	1	4	1	1	0	0
24	3	3	8	1	10	5	4	4	5	4	5	3	0	0	0
25	3	-	8	5	8	5	5	4	5	4	8	1	1	2	0
26	6	-	9	4	8	4	3	1	6	3	3	0	0	0	1
27	7	3	8	4	9	1	1	2	4	1	5	2	1	1	0
28	7	3	8	3	8	5	1	4	4	1	5	2	1	0	0
29	6	1+2+3	9	2	8	2	3	2	5	4	5	2	2	1	2
30	7	3	8	4	6	5	1	1	6	1	7	1	0	0	1

I tabell A.3 redovisas försökspersonernas beteenden och det val de gjorde i försök 1.

Tabell A.3. Observationer av försökspersonerna val och beteende i försök 1.

Fp	Tittade åt?	Såg ljussignalerna?	Vald utgång
1	Båda hållen	Ja	C
2	Båda hållen	Ja	C
3	Båda hållen	Nej	D
4	Båda hållen	Ja	C
5	Båda hållen	Ja	C
6	Båda hållen	Ja	C
7	Vänster	Ja	D
8	Båda hållen	Ja	C
9	Båda hållen	Nej	C
10	Vänster	Ja	D
11	Båda hållen	Nej	D
12	Båda hållen	Ja	C
13	Båda hållen	Ja	C
14	Båda hållen	Ja	C
15	Båda hållen	Ja	C
16	Båda hållen	Ja	C
17	Båda hållen	Ja	C

---

18	Båda hållen	Ja	C
19	Vänster	Ja	D
20	Båda hållen	Nej	C
21	Båda hållen	Ja	D
22	Båda hållen	Ja	C
23	Vänster	Ja	D
24	Båda hållen	Ja	C
25	Båda hållen	Ja	C
26	Höger	Ja	C
27	Vänster	Ja	D
28	Båda hållen	Nej	D
29	Båda hållen	Ja	C
30	Båda hållen	Nej	D



## Appendix 6. Rådata försök 2

I tabell A.4 och tabell A.5 presenteras rådata som samlades in från enkätfrågorna för försök 2. På grund av att vissa svarsalternativ inte var numrerade i enkäten har dessa svarsalternativ kodats med en siffra för att kunna sammanställas på ett kompakt sätt. Detta innebär att det första svarsalternativet motsvarar en etta, det andra svarsalternativet motsvarar en tvåa och så vidare.

Tabell A.4. Rådata från fråga 1 till 3 för försök 2.

Fp	Fråga		
	1	2	3
1	24	M	Sverige
2	20	M	Sverige
3	20	M	Sverige
4	22	K	Sverige
5	21	K	Sverige
6	22	K	Sverige
7	20	M	Sverige
8	20	M	Sverige
9	20	M	Sverige
10	20	K	Sverige
11	21	K	Sverige
12	20	M	Sverige
13	19	M	Sverige
14	20	M	Sverige
15	28	M	Sverige
16	20	M	Nederländerna
17	23	M	Sverige
18	21	K	Sverige
19	19	M	Sverige
20	21	K	Sverige
21	20	K	Sverige
22	22	K	Sverige
23	22	K	Sverige
24	19	M	Sverige
25	23	K	Sverige
26	29	M	Sverige
27	24	K	Sverige
28	20	K	Sverige
29	18	K	Sverige
30	23	K	Sverige
31	25	K	Sverige
32	24	M	Sverige
33	25	K	Sverige
34	39	M	USA
35	25	M	Sverige
36	23	K	Turkiet/Sverige
37	22	K	Sverige
38	22	M	Sverige

39	23	K	Sverige
40	23	M	Sverige

Tabell A.5. Rådata från fråga 4 till 18 för försök 2.

Fp	Fråga														
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	4	1	9	4	10	1	4	10	1	2	3	0	1	1	1
2	7	-	5	2	10	1	4	10	1+3	2	2	0	1	3	2
3	10	3	8	6	9	1	4	8	1+3	2+4	5	1	2	1	0
4	1	3	10	10	8	1	4	10	1+3	2+4	10	7	8	8	2
5	2	3	9	8	10	1	4	10	3	2+4	9	6	8	7	1
6	0	3	10	7	4	1	2	1	1	2	9	8	6	8	0
7	10	3	7	3	10	2	4	10	1	2	4	6	6	2	2
8	6	3	6	3	10	1	4	10	1	2	5	4	2	3	0
9	7	3	8	7	8	1	4	10	1	2	5	1	1	2	0
10	6	3	8	5	8	1	4	10	1	2	7	8	6	6	0
11	2	3	8	7	9	1	1	10	1	2	8	6	8	5	4
12	6	3	5	0	6	1	4	10	1	2	4	3	3	3	2
13	7	3	8	7	7	1	1	10	1	4	3	9	8	7	2
14	10	3	6	1	6	1	2	0	1	2	6	7	2	2	0
15	10	3	8	4	10	1	4	10	1	2	4	1	3	2	0
16	8	3	7	3	8	1	4	10	1	2	6	9	1	0	2
17	7	3	6	4	9	1	4	10	1	2	6	3	4	2	0
18	3	1+2+3	7	6	6	1	4	10	1+3	2	5	3	4	0	0
19	7	3	6	0	5	2	4	10	3	4	8	4	2	0	0
20	8	3	9	0	10	1	4	10	1	2	8	2	3	2	1
21	4	3	8	5	9	1	3	10	1	4	3	5	6	2	1
22	2	3	7	2	7	1	4	10	1	2	5	3	2	2	2
23	0	1+3	4	1	2	1	2	8	1	2	4	6	2	2	4
24	8	1+3	6	0	9	1	4	10	1	2	6	0	1	0	0
25	3	3	6	0	10	1	4	10	3	2	8	2	3	0	0
26	8	3	6	3	9	1	4	10	1	2	8	8	4	3	0
27	1	3	7	3	3	2	4	9	3	2	6	7	4	3	5
28	1	3	10	7	8	1	4	10	1	2	5	5	4	3	1
29	0	3	7	5	10	1	1	10	1	4	2	2	5	3	0
30	8	1+3	8	4	5	2	4	10	1+3	2+4	5	3	6	2	0
31	0	3	6	1	5	1	4	10	1	4	5	1	1	1	2
32	10	1+2+3	8	7	10	1	4	10	3	4	7	4	5	2	0
33	3	3	8	3	9	1	4	10	1	2	4	1	0	0	0
34	6	3	8	2	7	1	4	10	1	2	2	7	6	3	3
35	3	3	7	3	7	1	4	10	3	2	2	2	4	2	3
36	8	-	8	3	10	1	2	10	1+3	2+4	1	4	2	2	3
37	6	3	7	1	7	1	4	10	3	2	6	3	2	2	0
38	9	3	7	4	9	1	4	8	1	2	4	2	3	3	0
39	5	3	7	3	8	1	4	10	3	2	8	3	3	2	3
40	10	3	3	6	10	1	4	10	1	2	4	1	4	4	3



I tabell A.6 redovisas försökspersonernas val och om de förknippade färgbytet med brand för försök 2.

**Tabell A.6. Försökspersonernas val och om de förknippade färgbytet med brand i försök 2.**

Fp	Val 1	Val 2	Val 3	Omvärdering?	Förknippade bytet med brand?
1	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
2	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Nej
3	Rött	Grönt	Höger	Ja	Nej
4	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
5	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
6	Rött	Rött	Vänster	Nej	Nej
7	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Nej
8	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
9	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
10	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
11	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
12	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
13	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
14	Grönt	Rött	Vänster	Nej	Nej
15	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
16	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
17	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
18	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
19	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
20	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
21	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
22	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
23	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Nej
24	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
25	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
26	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
27	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Nej
28	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
29	Rött	Grönt	Höger	Ja	Ja
30	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
31	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
32	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
33	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
34	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
35	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
36	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Nej
37	Grönt	Grönt	Vänster	Ja	Ja
38	Rött	Rött	Höger	Nej	Nej
39	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja
40	Grönt	Grönt	Höger	Ja	Ja



## Appendix 7. Statistiska tester

För att jämföra resultatet från försök 1 med det verkliga försöket användes Fishers exakta test. Vidare genomfördes hypotesprövningar för resultatet från försök 2 i syfte att undersöka om det kunde statistiskt säkerställas att försökspersonerna valde utgångar med gröna ljussignaler framför utgångar med röda ljussignaler. Slutligen gjordes en hypotesprövning för att undersöka om försökspersonerna var indifferent mellan att välja utgången till höger eller vänster i det tredje vägvalet. Beräkningsgången och resultatet från dessa statistiska tester redovisas i detta appendix.

### Appendix 7.1. Fishers exakta test

Fishers exakta test undersöker om det föreligger en signifikant skillnad mellan två av varandra oberoende populationer där varje population uteslutande kan delas in i två kategorier. Testet är ett så kallat icke-parametriskt test vilket innebär att inga antaganden görs om fördelningarna i de studerade populationerna (Bower, 2003). Detta statistiska test användes för att jämföra populationen i det verkliga försöket med populationen i försök 1. Anledningen till varför Fishers exakta test användes var för att testet är speciellt tillämpligt för små populationer vilket var fallet för populationen i det verkliga försöket.

Testet gör en exakt beräkning av ett ensidigt eller tvåsidigt p-värde för en frekvenstabell med två populationer och två kategorier (Bower, 2003). Beräkningarna för Fishers exakta test kan bli omfattande varför ett färdigt beräkningsverktyg som skapats av Briggs och Preacher (2001) användes i denna studie. I detta beräkningsverktyg matades indata in i en frekvenstabell som ser ut som tabell A.7.

Tabell A.7. Frekvenstabell för Fishers exakta test.

	Population 1	Population 2	Summa
Kategori 1	A	B	A + B
Kategori 2	C	D	C + D
Summa	A + C	B + D	N=A + B + C + D

Indata som matades in för försök 1 i denna frekvenstabell redovisas i tabell A.8.

Tabell A.8. Frekvenstabell för Fishers exakta test för försök 1.

	Verkligt försök	Virtuellt försök	Summa
Utgång C	9	20	29
Utgång D	3	10	13
Summa	12	30	42

Nollhypotesen för testet formuleras som att ingen skillnad mellan populationerna föreligger, vilken förkastas om det beräknade p-värdet visar sig vara lägre än den valda signifikansnivån. För försök 1 formulerades mothypotesen som att en skillnad mellan valen av utgångar i det verkliga och virtuella försöket förelåg. Denna mothypotes gav alltså ett tvåsidigt p-värde. Beräkningen av Fishers exakta test för försök 1 gav ett p-värde på 0,72 och då detta beräknade p-värdet var större än den valda signifikansnivån på fem procent innebar det att nollhypotesen inte kunde förkastas. Slutsatsen blev därmed att ingen signifikant skillnad mellan resultaten från det verkliga och virtuella försöket förelåg.

## Appendix 7.2. Hypotesprövning av proportionstal

För att undersöka om det gick att statistiskt säkerställa att försökspersonerna valde utrymningsvägar med gröna ljussignaler framför utrymningsvägar med röda ljussignaler i försök 2 gjordes hypotesprövningar av proportionstal. Metoden är en kvalitativ metod som förutsätter en normalfördelning och ekvation 1 visar testvariabeln (Körner & Wahlgren, 2006).

$$Z = \frac{P - \pi_0}{\sqrt{\frac{\pi_0(1 - \pi_0)}{n}}} \quad \text{Ekvation 1}$$

Där  $n$  motsvarar antalet personer i stickprovet och  $\pi_0$  är andelen enligt nollhypotesen. Nollhypotesen formulerades som att grönt skulle vara lika attraktivt som rött och mothypotesen formulerades som att grönt skulle vara mer attraktivt än rött. Hypoteserna blev därmed:

$$H_0: \pi = 0,5$$

$$H_1: \pi > 0,5$$

Där  $\pi$  är den verkliga andelen som valde utgångar med gröna blinkande ljussignaler i hela populationen. Mothypotesen medför ett ensidigt test eftersom testet undersöker om mer än hälften av försökspersonerna valde utgångar markerade med gröna ljussignaler istället för röda ljussignaler. En signifikansnivå på 1 procent valdes för detta test. För att kunna använda ekvation 1 krävs det att stickprovet är tillräckligt stort. Ekvation 2 redovisar villkoret som används för att kontrollera detta.

$$n\pi_0(1 - \pi_0) > 5 \quad \text{Ekvation 2}$$

För försök 2 uppfylldes villkoret eftersom:

$$40 \cdot 0,5(1 - 0,5) = 10 > 5$$

Därmed kunde ekvation 1 användas. I tabell A.9 redovisas andelen försökspersoner som valde gröna blinkande ljussignaler i de båda valsituationerna tillsammans med resultatet från hypotesprövningarna.

**Tabell A.9. Andel försökspersoner som valde gröna ljussignaler samt resultat från hypotesprövningarna.**

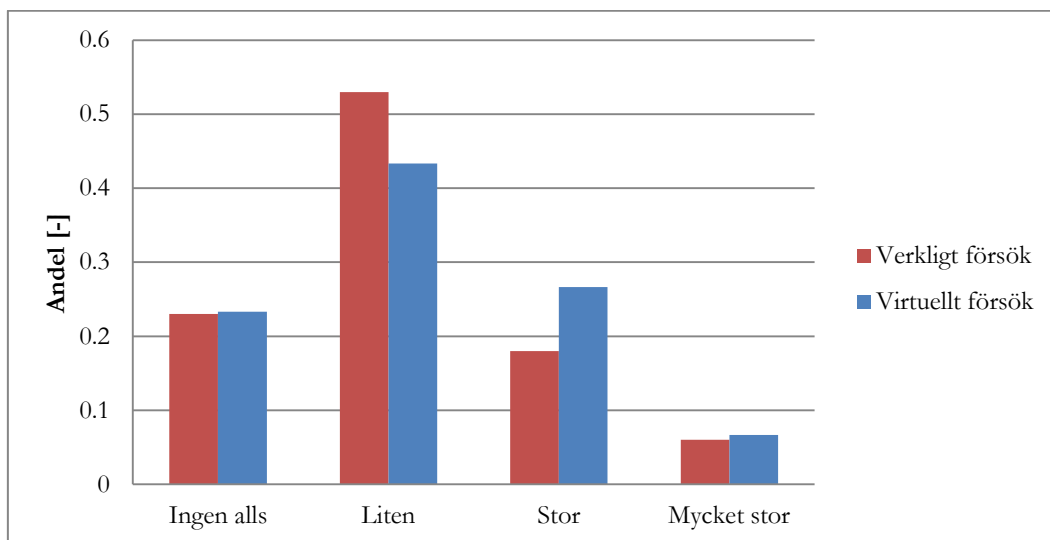
	<b>P (andel som valde gröna ljussignaler)</b>	<b>Z<sub>obs</sub></b>	<b>Signifikant skillnad</b>
<b>Valsituation 1</b>	0,900	5,06	Ja
<b>Valsituation 2</b>	0,925	5,38	Ja

Slutligen genomfördes även en hypotesprövning i syfte att utreda om det förelåg någon signifikant skillnad mellan andelen som gick höger och vänster i det tredje vägvalet där ljussignalerna vid de båda utgångarna hade samma färg. Resultatet visade dock att det var lika många som valde höger som vänster vilket medförde att testfunktionens observerade värde blev noll. Detta innebär att ingen signifikant skillnad kunde visas gällande att gå höger eller vänster i det tredje vägvalet.

## Appendix 8. Upplevelser i försök 1

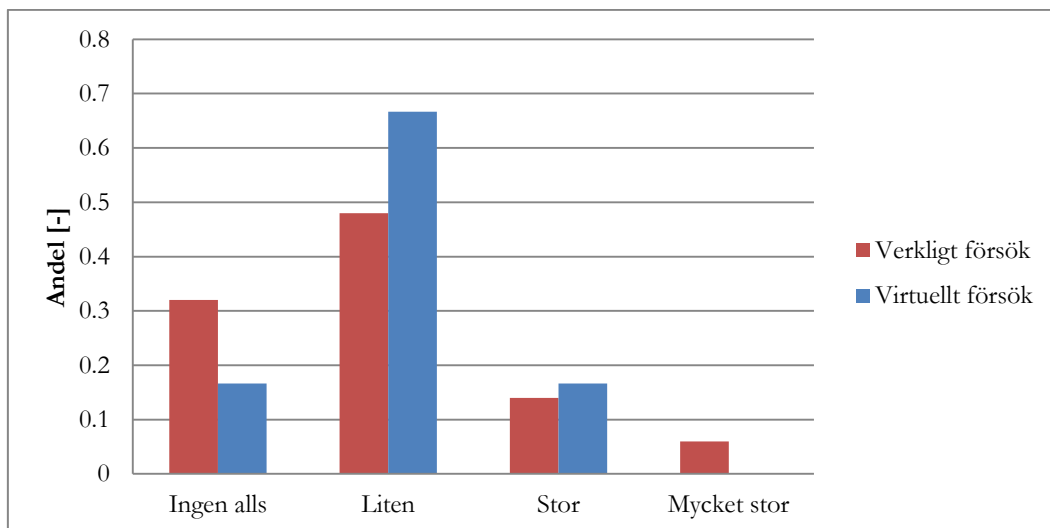
Nedan presenteras en jämförelse av försökspersonernas upplevelser i det verkliga och virtuella försöket. Denna jämförelse var en del av bedömningen gällande huruvida Virtual Reality kunde anses vara validerat för enklare utrymningsscenarioer med blinkande ljussignaler.

I figur A.1 presenteras en jämförelse av försökspersonernas enkätsvar gällande den upplevda osäkerheten i det verkliga och virtuella försöket.



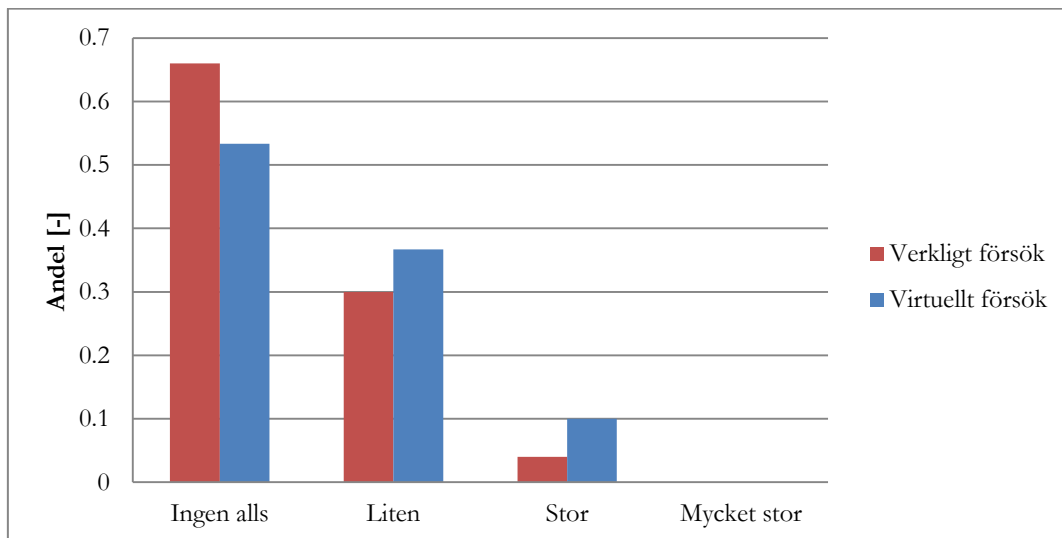
Figur A.1. Upplevd osäkerhet i det verkliga och virtuella försöket.

I figur A.2 presenteras en jämförelse av försökspersonernas enkätsvar gällande den upplevda stressen i det verkliga och virtuella försöket.



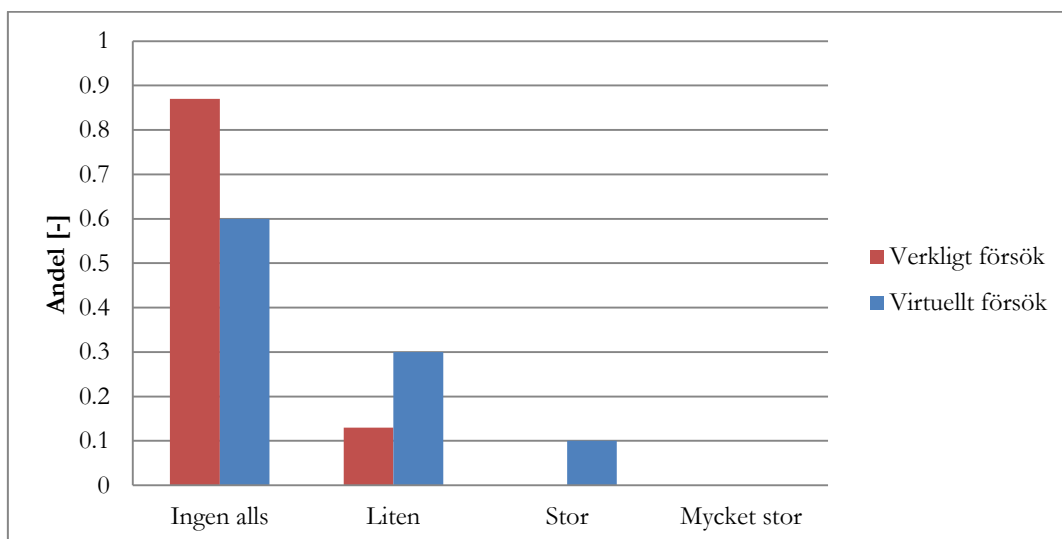
Figur A.2. Upplevd stress i det verkliga och virtuella försöket.

I figur A.3 presenteras en jämförelse av försökspersonernas enkätsvar gällande den upplevda rädslan i det verkliga och virtuella försöket.



Figur A.3. Upplevd rädsla i det verkliga och virtuella försöket.

I figur A.4 presenteras en jämförelse av försökspersonernas enkätsvar gällande det upplevda fysiska obehaget i det verkliga och virtuella försöket.



Figur A.4. Upplevt fysiskt obehag i det verkliga och virtuella försöket.