

Utrymningshissar – Vidareutveckling av informationssystem

Axel Mossberg
Daniel Nilsson
Jonathan Wahlqvist
Håkan Frantzich

BSL Rapport 2020:01



Dokumenttyp: Slutrapport för forskningsprojekt

Rapportnamn: Utrymningshissar – Vidareutveckling av informationssystem

Rapportnummer: BSL Rapport 2020:01

Årtal för utgivning: 2020

Författare: Axel Mossberg
Daniel Nilsson
Jonathan Wahlqvist
Håkan Frantzich

Finansiär: Brandforsk, Projektnummer 217-003



Sammanfattning

Denna rapport redovisar utförda experiment i Virtual Reality (VR) avseende utrymning av en tunnelbanestation med utrymningshissar. I försöken genomfördes fyra scenarier med olika informations- och vägledningssystem, samt ett scenario med ett annat sätt att simulera rörelse i VR-modellen. Valet av testade system baserades på Mossberg och Nilsson [1]. Detta är en vidareutveckling av en tidigare försöksserie vilken redovisas i Mossberg, Nilsson och Wahlqvist [2].

De utförda försöken visar att den grundläggande acceptansen att använda en utrymningshiss vid utrymning av en tunnelbanestation är låg. Endast 3 % av deltagarna försökte använda utrymningshiss för utrymning i ett grundscenario, dvs ett scenario utan specifika åtgärder för information och vägledning kopplat till utrymningshissarna. Försöken visar dock även att acceptansen och viljan att använda hissar för utrymning kan påverkas av informations- och vägledningssystem. I flera av de studerade scenarierna med vägledningssystem försökte en majoritet av deltagarna använda en hiss någon gång under sin utrymning. Av de vägledningssystem som undersöktes identifierades information om hissutrymning i det talade utrymningslarmet som en viktig åtgärd.

Försöken visar även att den grundläggande acceptansen att vänta på en hiss i en utrymningssituation är relativt låg och många av deltagarna väntar bara cirka en minut innan de istället försöker utrymma via trappor. I fall med nedräknare (timer) ovanför hissörrarna som visar tiden tills en hiss ankommer ökar dock den accepterade väntetiden något. Hur mycket väntetiden utökas bedöms dock bero på vilka tider som nedräknarna visar.

I försöken utfördes även ett scenario där gång i VR-miljön simulerades på ett annat sätt än i övriga scenarier. Utrustningen påverkade resultatet och en större andel deltagare var i detta scenario benägna att använda utrymningshiss jämfört med motsvarande scenario. Dock upplevde många deltagare att denna simulerade gång i VR var mer ansträngande än att gå i verkligheten, vilket innebär att det finns osäkerhet kring hur stor andel av deltagarna som skulle agera på samma sätt vid normalt ansträngande gång. Det kan dock konstateras att det utförda arbetet för att förflytta sig i en VR-modell kan ha påverkan på resultatet i denna typ av utrymningsförsök.

Denna studie kan användas som underlag vid projektering och utvärdering av informationssystem i stationsmiljöer under mark där utrymningshissar avses användas för utrymning. För denna typ av miljöer bör dock projektspecifika utvärderingar av tänkt utrymningslösning göras. Den process och metod som redovisas i [1] bör då följas. Den typ av VR studier som genomförts inom detta projekt bedöms kunna användas för att göra bedömningar inom en sådan process och på så vis bistå vid projektering och utformning av både byggnader och andra anläggningar där utrymningshissar avses användas.

Förord

Denna rapport är finansierad av Brandforsk (projektnummer 217-003) som är statens, försäkringsbranschens, kommuners och näringslivets gemensamma organ för att initiera, bekosta och följa upp olika slag av brandforskning. Rapporten är en fortsättning på ett tidigare genomfört forskningsprojekt finansierat av Förvaltning för utbyggd tunnelbana (FUT) och resultaten från den tidigare forskningsstudien är inarbetad i denna rapport för att ge läsaren en bättre helhet. FUT finansierade uppbyggnaden av den grundläggande VR-modellen samt de utförandet av de två första scenarierna (Grundscenario och utökat scenario) medan Brandforsk finansierade tre ytterligare scenarier (Mobil, Nedräknare och Skor).

Projektet har genomförts som ett samarbete mellan Brandskyddslaget, avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola (LTH) och University of Canterbury (UC).

Författare till rapporten är:

Axel Mossberg, Teknisk chef på Brandskyddslaget samt industridoktorand vid avdelningen för Brandteknik, LTH.

Dr. Daniel Nilsson, Professor vid Department of Civil and Natural Resources Engineering, UC.

Dr. Jonathan Wahlqvist, post-doc på avdelningen för Brandteknik, LTH.

Dr. Håkan Frantzich, Universitetslektor på avdelningen för Brandteknik, LTH.

Författarna vill även tacka **Eric Gard** och **Viktor Arozenius** för deras hjälp vid genomförandet av försöken.

Inom projektet har en referensgrupp verkat och bidragit med viktig information och kommentarer. Denna referensgrupp har bestått av:

Anders Johansson, Boverket

Bo Wahlström, Förvaltningen för utbyggd tunnelbana

Fabian Ardin, Boverket

Johan Sandström, Trafikverket

Magnus Keyser, Trafikverket

Mattias Delin, Brandforsk

Mattias Arnqvist, Fire Safety Design Göteborg AB

Oskar Jansson, Förvaltningen för utbyggd tunnelbana

Innehållsförteckning

1.	INLEDNING	7
1.1	Bakgrund.....	7
1.2	Syfte och mål	8
2.	METOD	9
2.1	Försöksdeltagare	15
2.2	Försöksutrustning och VR-utrustning.....	9
2.3	Virtuell miljö	10
2.4	Studerade scenarier.....	12
2.5	Genomförande av försök.....	15
3.	RESULTAT	17
3.1	Vägval.....	17
3.2	Väntetid	19
3.3	Deltagarnas upplevelse av modellen.....	21
4.	DISKUSSION	23
5.	SLUTSATS	26
6.	FÖRSLAG PÅ FRAMTIDA FORSKNING	27

1. Inledning

Utrymning av en tunnelbanestation med utrymningshissar ser ut att kunna bli verklighet i Sverige inom en inte allt för avlägsen framtid [3]. Denna utrymningsmetod medför visserligen vissa utmaningar, men har framför allt den stora fördelen att den ger alla på stationen möjlighet till självutrymning. Hur väl systemet kommer fungera i praktiken beror dock på i vilken utsträckning personer accepterar och använder hissen som utrymningsväg.

1.1 Bakgrund

Befolkningen i världen ökar snabbt och så även urbaniseringen. Enligt en rapport från Förenta Nationerna (FN) har den urbaniserade befolkningen i världen ökat från 751 miljoner 1950 till 4,2 miljarder 2018 [4]. Med denna utveckling är det inte förvånande att antalet tunnelbanesystem i världen ökar snabbt. Enligt statistik från International Association of Public Transportation (UITP) har 75 nya tunnelbanesystem (eng. metro) öppnats under åren 2000-2018, vilket innebär en ökning av världens tunnelbanesystem med cirka 70 % [5]. Enligt UITP är även prognosen för kommande år att tillväxten av tunnelbanesystem kommer öka med en ännu snabbare takt framöver.

Även om många av dessa system inte är placerade djupt under mark (1/3 av systemen är ovan mark [5]) så finns det ett antal stationer i världen på djup större än 85 meter [6]. Det kan också spekuleras i att djupa stationer kommer bli allt vanligare ju fler tunnelbanesystem som byggs, på grund av olika geologiska förhållanden. Ett exempel på en planerad djup tunnelbanestation är station Sofia inom den planerade utbyggnaden av tunnelbanesystemet i Stockholm. Denna station planeras att byggas djupare än 100 meter under mark [3].

Djupt liggande stationer medför anledning att se över vilka utrymningsmetoder som är lämpliga. Dessa djup bedöms bland annat försvåra utrymningen på grund av (1) utmattning av utrymmande vid utrymning i trappor uppåt [7] och (2) problem för personer med svårigheter att gå i trappor att sätta sig i säkerhet [8]. Ett möjligt sätt att hantera dessa problem är att introducera utrymningshissar i utrymningsdimensioneringen av sådana stationer.

Utrymningshissar är i sig ingen nyhet. Från det att personhissen introducerades kommersiellt på 1850-talet finns dokumenterade fall då hissar användes för utrymning [9]. Att ställa krav på hissar för utrymning diskuterades även i USA, både av the National Fire Protection Association (NFPA) [10] och National Bureau of Standards (NBS) [11], under första halvan av 1900-talet. Införandet genomfördes dock inte då man bedömde tillförlitligheten hos hissar som inte manövrerades av hissvårdare som alltför låg. Sedan dess har dock tillförlitligheten omvärderats och utrymningshissar är numera implementerat i flera regelverk och standarder runt om i världen [12]–[14].

Även om utrymningshissar idag betraktas som en säker lösning rent tekniskt så finns fortfarande frågetecken kring människors agerande som måste beaktas om denna typ av hissar implementeras i en utrymningsdesign. Detta agerande har tidigare studerats genom enkätstudier i höga byggnader [15]–[17] där det visas att det generellt finns en relativt stor ovilja till att använda hissar för utrymning i de flesta byggnader. Denna ovilja förklaras till stor del av de instruktioner som idag är gällande för nästan alla byggnader med hiss världen över, det vill säga att man inte ska använda hissen vid brand. Grunden till denna rekommendation är enligt Bukowski [18] ett antal incidenter som inträffade på 1970 och 1980-talen där bränder kortslöt hissarnas kallelseknappar och därmed kallade hissarna till det brinnande våningsplanet. Denna typ av incidenter har vid en historisk genomgång visat sig vara väldigt ovanliga [19] men inträffade fall finns och det har även inträffat under senare år [20]. Det ska dock poängteras att denna typ av incidenter kan förbyggas genom tekniska åtgärder på hissarna.

Utöver oviljan att använda en utrymningshiss för utrymning är accepterad väntetid för en sådan hiss en faktor som måste beaktas. Detta har också varit en del av de enkätundersökningar som nämnts ovan [15]–[17]. Dessa undersökningar visar att det finns en väldigt stor spridning i de insamlade resultaten.

För undermarksanläggningar finns endast en studie kopplad till människors beteende och utrymningshissar [21], om man bortser från de studier som är genomförda kopplat till denna rapport. Studien var en enkätstudie med liknande upplägg som de enkätstudierna som diskuterats ovan. I denna enkätstudie visades att viljan att använda en utrymningshiss i tunnelbanemiljö var låg och endast 10 % av de svarande angav att de kunde tänka sig detta. På samma sätt var även den accepterade väntetiden kort och 90 % av deltagarna i enkätstudien angav att de inte var villiga att vänta längre än två minuter.

Det bör även poängteras att i dessa miljöer är utrymning för personer med funktionsnedsättningar och/eller svårigheter att gå i trappor problematisk. Det alternativ som finns i dagsläget är utrymningsplatser, vilket är en avskild plats där man kan invänta hjälp med vidare utrymning. Utformning och attityder mot denna typ av plats har dock undersökts i ett tidigare Brandforskprojekt och det konstaterades där att både vetskapen om och acceptans för att använda en sådan plats är låg hos de som avser bruka den [22].

Det kan konstateras att det finns begränsad forskning inom området människors beteende kopplat till utrymningshissar i tunnelbanemiljö med att det samtidigt finns ett behov av vidare studier med hänsyn till utvecklingen i Sverige och runt om i världen.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att studera människors beteende vid utrymning med utrymningshissar, samt att studera hur beteendet kan påverkas av olika väglednings- och informationssystem. Med beteende avses här primärt vilja att använda utrymningshissar för utrymning samt acceptans för att vänta på dessa vid en utrymningsituation. Syftet är även att studera om olika sätt att förflytta sig i en VR-modell påverkar användarnas beteende i utrymningsförsök.

Målet är att genom försöken se om och i så fall hur personers vägval och väntetid kopplat till utrymningshissar i tunnelbanemiljö kan påverkas genom tekniska system. Målet är vidare att baserat på resultaten i försöken ta fram rekommendationer kopplade till systemutformning som kan användas vid implementering av utrymningshissar, både i byggnader och andra anläggningar, för att öka användandet av dessa i praktiken.

2. Metod

I projektet utfördes utrymningsförsök från en tunnelbanestation med utrymningshissar i Virtual Reality (VR). Försöken beskrivs vidare nedan.

Tidigare har ett *grundscenario*, med utformning i princip enligt enklaste sätt för att uppfylla vägledning enligt byggreglerna, och ett *utökat scenario*, med ytterligare tekniska vägledningssystem, jämförts [2]. Dessa försök redovisas även i denna rapport, tillsammans med ytterligare scenarier med vägledning via mobilen, *mobilscenario*, en nedräknare ovanför hissarna, *nedräknarscenario*, och ett scenario där deltagarna fick simulera sin gång med speciella skor anpassade för VR-miljön, *skoscenario*. Försöken utfördes i Lund under 2017-2020.

2.1 Försöksutrustning

Försöken utfördes på Lunds Tekniska Högskola i Lund. VR-miljön upplevdes av deltagarna genom en så kallad Head Mounted Display (HMD), i detta fall av typen HTC Vive med hörlurar. Förutom i skoscenariot rörde sig deltagarna i den virtuella miljön med hjälp av handkontroller. Med dessa handkontroller kontrollerade deltagarna sin förflyttning genom att sätta tummen mot en rörelseplatta. Genom denna rörelse kunde deltagaren röra sig framåt, bakåt eller i sidled. Riktningen på rörelsen bestämdes dock utifrån huvudpositionen. Om deltagaren vred huvudet åt höger och samtidigt rörde vid plattans övre kant (för rörelse framåt) på kontrollen innebar detta att man rörde sig åt höger i förhållande till sin kroppsposition i den virtuella miljön. Interaktion med objekt i den virtuella miljön gjordes också med hjälp av handkontrollerna, det vill säga om deltagaren ville öppna en dörr eller trycka på en knapp i miljön så tryckte de på objektet med en av handkontrollerna. En person med utrustningen visas i Figur 1 nedan.



Figur 1. En person med utrustningen som användes.

Skorna som användes i *Skoscenariot* var av varumärket Cybershoes® och består av en platta med ett rullhjul under som fästes ovan deltagarens vanliga skor. Deltagaren sitter eller halvsitter på en stol (som kan rotera) under försöket och rörelsen framåt bestäms då istället av hjulets rörelse mot underlaget. Detta innebär att en gångrörelse simulerades, med avsikten att skapa en mer realistisk upplevelse av gång i den virtuella miljön. En bild på skorna visas nedan.

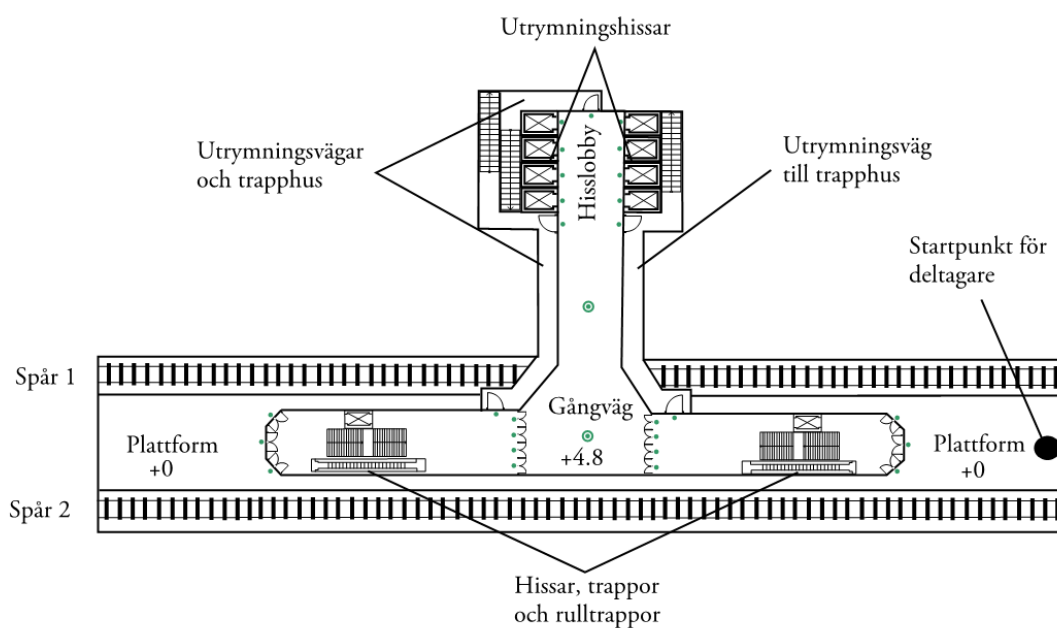


Figur 2. Cybershoes®. Hjulet som mäter rörelsen syns på undersidan av "skon". Bild hämtad från <https://www.cybershoes.io/>

2.2 Virtuellt miljö

Den VR-miljö som tagits fram för projektet baseras på ritningsunderlag i 3D för en av tunnelbanestationerna inom utbyggnaden av tunnelbanan i Stockholm. Miljön begränsades till de publika delarna och utrymningsvägarna från dessa. Övriga delar togs bort från modellen. Miljön byggdes i Unity 3D (version 2017.2.0f3).

En översikt över miljön visas i Figur 3. Här ses att deltagaren började på plattformsnivå och kunde härifrån ta sig in bakom ett glasparti där hiss, trappa och rulltrappa fanns. Denna hiss var inte fungerande i modellen och deltagarna kunde fortsätta uppåt via antingen trappan eller rulltrappan. Ovanför dessa fanns ytterligare ett glasparti med ett antal dörrar i som ledde vidare till gångvägen och sedan hisslobbyn. Innan detta glasparti fanns dock en utrymningsdörr in till en avskild utrymningsväg som ledde till utrymning via trapphus. I hisslobbyn fanns en gång till åtta utrymningshissar. Alternativt fanns tre dörrar till utrymningsvägar via trapphus. I figuren är de små gröna prickarna illustrationer av var vägledande markeringar var placerade i modellen. De gröna prickarna med en cirkel runt visar var vägledande markering kompletterats med blinkande gröna lampor i två av scenarierna. I figuren redovisas även plushöjder med plattformen som referenshöjd (+0 m).



Figur 3. Översikt över VR-miljön.

I Figur 4 nedan visas en vy i VR-miljön från plattformen mot glaspartiet med dörrar och bakom det hiss, trappa och rulltrappa. Här visas också att det fanns tåg i modellen på båda spåren. Dessa stod där under hela försöket men gick inte att gå in i.



Figur 4. Vy från VR-modellen.

Om en deltagare gick till hisslobben kunde de där kalla på hissarna via tryckknappar. Dessa knappar aktiverade genom att lysa grönt och varje knapp aktiverade samtliga hissar. På hissarna visades att de aktiverat med hjälp av "rullande pilar" ovanför varje hissdörr. Från aktivering tog det 8 minuter innan hissarna anlände. Försöket avslutades när deltagaren klev in i en hiss eller började gå upp för en utrymningstrappa.

2.3 Studerade scenarier

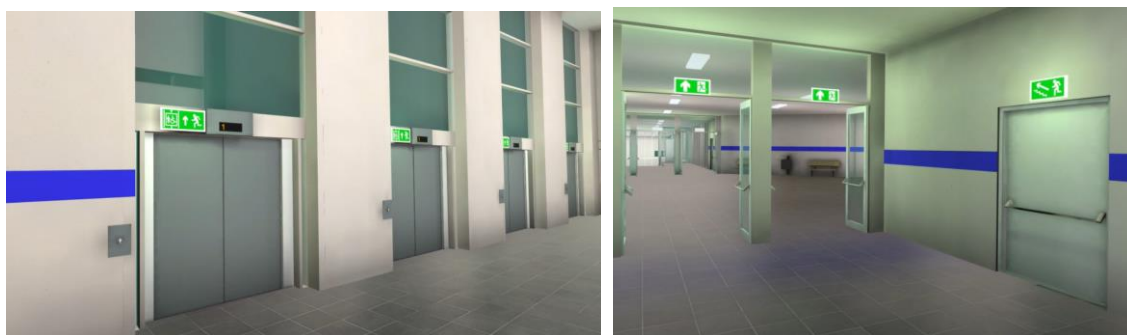
Enligt tidigare utsattes deltog försökspersonerna i ett av följande fem scenarier:

1. Grund
2. Utökat
3. Mobil
4. Nedräknare
5. Skor

Dessa scenarier beskrivs kortfattat nedan.

2.3.1 Grundscenario

Detta scenario utformades med grundläggande vägledningssystem, med utgångspunkt i vad som kunnat förväntas om förenklad dimensionering enligt gällande byggregler tillämpas. Detta innebar vägledande markering ovanför utrymningsvägar (anpassad skyltning användes ovanför hissar och dörrar till trapphus) och ett talat utrymningslarm. Utrymningslarmet var utformat enligt det allmänna rådet i Boverkets byggregler [23] och innehöll ingen specifik information om att hissarna kunde användas för utrymning. Skyltningen ovanför hissar och dörrar till trapphus visas i Figur 5 nedan.



Figur 5. Skyltning ovanför hissar (t.v.) och dörrar till trapphus (t.h.) i grundscenariot.

2.3.2 Utökat scenario

I detta scenario utökades informationssystemen till deltagarna.

De utrymningssystem som fanns i detta scenario var:

1. motsvarande vägledande markering som i grundscenariot,
2. ett talat utrymningslarm på plattformen och i trappan som gav följande information:
”Viktigt meddelande, viktigt meddelande. En brand har utbrutit i tunnelbanan. Vi ber alla att lämna stationen omedelbart. Hissarna kan användas för utrymning på denna station”
3. ett talat utrymningslarm inom hisslobbyn som gav följande meddelande:
”Du står i ett skyddat utrymme. Hissarna kan användas för utrymning”
4. blinkande gröna lampor över skyltarna efter glaspartiet
5. blå informationsskyltar bredvid samtliga trapphusdörrar som gav följande information:
”Du befinner dig cirka 100 meter under mark. Detta motsvarar att gå upp cirka 30 våningar.”
6. grön informationsskylt bredvid hissarna som gav följande meddelande:

”Du står i ett skyddat utrymme. Hissarna kan användas för utrymning”

7. kommunikationsutrustning vid hissarna.

Exempel på blinkande gröna lampor och skylt vid trapphusdörr visas i Figur 6 nedan.



Figur 6. Blinkande gröna lampor för att förstärka vägledande markering (t.v.) och informationsskylt vid trapphusdörr (t.h.).

2.3.3 Mobilscenario

Mobilscenario var identiskt med grundscenario som beskrivits ovan, med skillnaden att när larmet aktiverades så aktiverades även en mobiltelefon i ena handen (handkontrollen) för försöksdeltagaren. Mobiltelefonen vibrerade vid aktivering och visade sedan en grön pil i utrymningsriktningen samt korta meddelanden med information/instruktioner. Deltagaren vägledes via icke synliga ”basstationer” längs utrymningen. Längs utrymningen fanns ett antal sådana stationer som pilen pekade mot och där meddelandet kunde uppdateras. Om deltagaren följde pilarna till hisslobbyn försvann pilen och information att hissarna kunde användas för utrymning visades. Exempel på informationen från mobilen visas i Figur 7 nedan.



Figur 7. Exempel på information från mobilen.

2.3.4 Nedräknarscenario

Nedräknarscenariot var identiskt med det utökade scenariot med skillnaden att en nedräknare visades ovanför hissörrarna när försökspersonen tryckte på hissknappen. Varje hiss var utrustad med en separat nedräknare. Tiderna som dessa började räkna ned ifrån varierade mellan 3-5 minuter beroende på hiss. För de specifika hissarna var det dock samma tid som räknades ner i samtliga försök. Hissarna ankom dock inte när nedräknarna nådde noll utan likt övriga experiment var denna tid satt till 8 minuter. Nedräknarna visas i Figur 8 nedan.



Figur 8. Nedräknare ovan hissörrarna.

2.3.5 Skoscenario

Skoscenariot var identiskt med det utökade scenariot (se avsnitt 2.3.2) fast deltagarnas rörelse simulerades med hjälp av de skor som beskrivs i avsnitt 2.1.

2.3.6 Sammanställning

En sammanställning av skillnaderna mellan försöken visas i tabellen nedan.

Tabell 1. Sammanställning av skillnader mellan scenarierna.

Scenario	Grundläggande vägledningssystem	Förstärkt skyltning	Information om utrymningshissar i utrymningslarm	Informationsskyltar om stationsdjup och hiss användning	Kommunikationsutrustning vid hissar	Vägledning i mobiltelefon	Nedräknare ovanför hissarna	Rörelse med Cybershoes®
Grund	X							
Utökat	X	X	X	X	X			
Mobil	X					X		
Nedräknare	X	X	X	X	X		X	
Skor	X	X	X	X	X			X

2.4 Genomförande av försök

Innan försöket informerades deltagarna om att de skulle delta i en designstudie för den nya tunnelbanan. Enligt informationen som gavs gick studien ut på att de skulle gå runt i en tunnelbanestation och leta efter relevant information som kan vara bra att ha på en tunnelbanestation, till exempel vilken tid som tågen gick och när. Deltagarna var alltså inte informerade om utrymningsdelen av försöket.

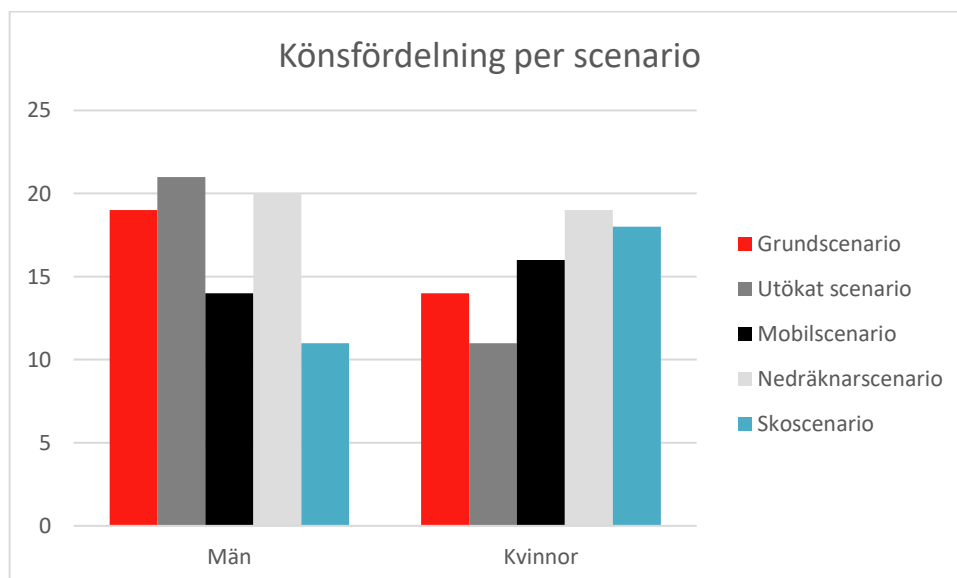
Efter bakgrundsinformationen försågs deltagaren med den VR-utrustning som behövdes, det vill säga HMD, handkontroller och i vissa försök skor. Deltagaren placerades sedan virtuell i modellen (se Figur 3 för startpunkt) och efter 30-60 sekunder aktiverades utrymningslarmet i VR-miljön. Från det att larmet aktiverades kommunicerade försöksledaren inte med deltagaren förrän försöket avslutats eller avbröts. Försöken utfördes individuellt, det vill säga med en deltagare per försökstillfälle och varje deltagare utförde endast försöket en gång.

Efter att försöket avslutats informerades försöksdeltagaren om studiens verkliga syfte och ombads att fylla i en enkät (se bilaga). Efter detta genomfördes en intervju med deltagaren om dennes upplevelse under försöket. Som intervjuunderlag tittade både försöksledare och deltagare på det inspelade agerandet i VR-miljön.

2.5 Försöksdeltagare

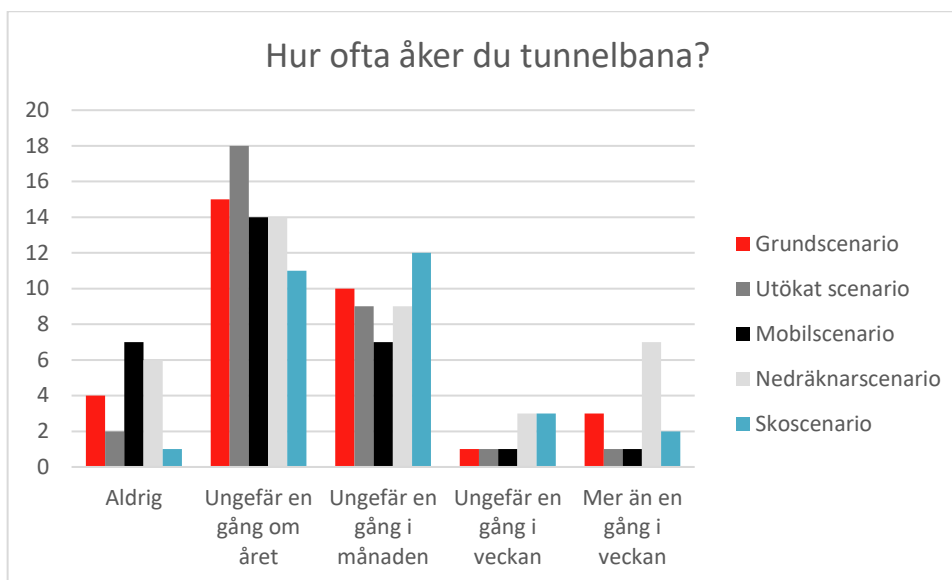
I studien deltog studenter vid Lunds Tekniska Högskola (LTH). Studenterna rekryterades på föreläsningar och gavs en ersättning i form av två biobiljetter. Studenterna studerade antingen någon civilingenjörsutbildning eller arkitektutbildning, men studenter på brandingenjörsutbildningen och civilingenjörsutbildningen i riskhanteringsprogrammen exkluderades från urvalet för att inte riskera att de kände igen försöksledarna och därmed fick en föräning om försökets egentliga syfte.

Totalt deltog 163 personer i försöken. Av dessa 163 personer var 78 kvinnor (48 %) och 85 män (52 %). Åldern på försökspersonerna varierade från 18 till 33 år, med en medelålder på 21,6 år. Antal personer som var kvinnor respektive män per scenario redovisas i Figur 9 nedan.



Figur 9. Könsfördelning per scenario.

Totalt upplever cirka 10 % av deltagarna någon form av obehag av att åka hiss i vardagen. Denna fördelning var jämn över de studerade scenarierna. De flesta av deltagarna hade även någon form av vana att åka tunnelbana. Denna vana var dock relativt begränsad hos de flesta, vilket är ganska naturligt då försöken utfördes i Lund, en stad som inte har någon tunnelbana.



Figur 10. Försöksdeltagarnas tunnelbanevana per scenario.

Alla försöksdeltagare svarade "nej" på frågan om de normalt hade några svårigheter att gå i trappor. Det ska poängteras att rekryteringen inte riktade sig specifikt till personer utan svårigheter att gå i trappor utan den var tillgänglig för alla inom de studentgrupper som tillfrågades.

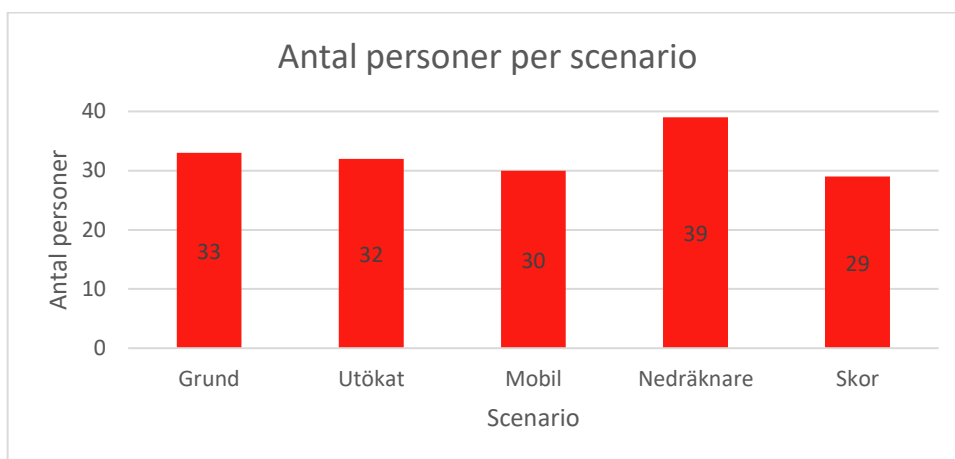
2.6 Etiska överväganden

Studien genomfördes med mänskliga deltagare, vilket innebär att etiska överväganden behöver göras. Studien planerades med deltagarnas välmående i fokus. För att begränsa eventuella negativa konsekvenser för deltagarna informerades alla om risken för illamående innan. De informerades även om att de när som helst fick avbryta utan att förlora rätten till sin ersättning. Alla skrev även på ett medgivande innan försöket. Efter försöket informerades deltagarna om studiens sanna syfte och det säkerställdes att de mådde bra och inte kände sig illamående eller stressade. Inga deltagare avbröt försöket de deltog i.

3. Resultat

Nedan redovisas resultaten från de utförda försöken. Observera att vissa resultat från grund och utökat scenario behandlas djupare i den rapport som skrivits tidigare gällande dessa försök [2]. Delar av resultaten som redovisas nedan finns även redovisade i en vetenskaplig artikel i Fire Safety Journal [24].

Främst jämförs de olika scenarierna i förhållande till andelen personer som agerat på ett visst sätt. Antalet personer som utförde respektive scenario redovisas därför nedan.

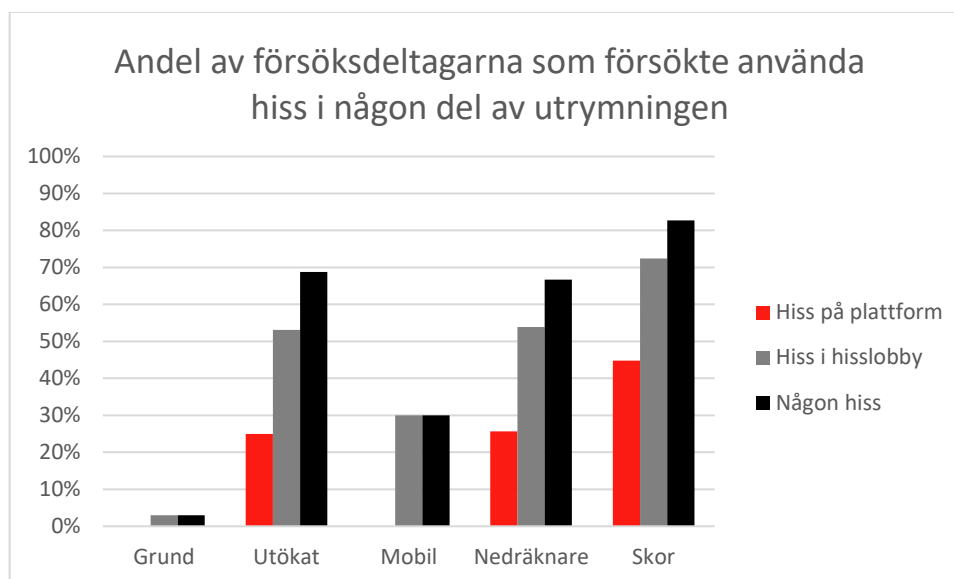


Figur 11. Antal personer som utförde respektive scenario.

Anledningen till att fler utförde scenariot med nedräknare var för att få ett större dataunderlag för väntetiderna, vilket var huvudsyftet att studera med detta scenario. Då inte alla i scenariot väljer att utrymma med hiss och därför kan missa den informationskomponent som ska utvärderas så utökades antalet deltagare i detta scenario något.

3.1 Vägval

Ett av studiens syften var att studera huruvida tekniska system kunde påverka deltagarnas tendens att använda hissarna för utrymning. Vägvalet redovisas i Figur 12 nedan. Det bör noteras att det utökade scenariot och nedräknarscenioret hade samma försöksupställning med avseende på vägval, eftersom nedräknaren aktiverades efter att deltagaren hade tryckt på hissknappen och därmed gjort sitt vägval.



Figur 12. Andel försöksdeltagare som under sin utrymning försökte använda hiss.

Enligt vad figuren visar var det endast 3 % (en deltagare) som försökte utrymma med hiss i grundscenariot. I övriga scenarier var denna siffra högre och i skoscenariot, som hade högst andel deltagare som försökte använda hissen under utrymningen, försökte 83 % (24 deltagare) någon gång under utrymningen använda sig av en hiss.

Vid parvis jämförelser av vägvalet kan det konstateras att statistisk signifikant skillnad mellan samtliga scenarier förutom mellan Utökat + Nedräknare och Skor. Vid jämförelserna har Fischer's exact test tillämpats och signifikansnivån har justerats till 0.0083 genom Bonferronijustering på grund av att sex parvisa tester genomförts (0.05/6). Resultaten från de statistiska testerna visas i Tabell 2.

Tabell 2. Signifikansnivåer i parvisa jämförelser av vägval.

Scenario/Scenario	Grund	Utökat+Nedräknare	Mobil	Skor
Grund	-	<0.001	0.005	<0.001
Utökat+Nedräknare	<0.001	-	0.001	0.148
Mobil	0.005	0.001	-	<0.001
Skor	<0.001	0.148	<0.001	-

Enligt vad figuren visar var det ett antal deltagare i tre av scenarierna som försökte använda hissen från plattformen för att ta sig upp till gångvägen och hisslobbyn. Att denna hiss användes var inte förväntat och den var därför inte heller möjlig att använda i VR-modellen, vilket kan ha haft påverkan på det vidare vägvalet av deltagarna. Effekten av detta behandlas vidare i diskussionen.

För mobilscenariot ska det noteras att inte alla uppfattade att mobiltelefonen fanns. Av deltagarna uppfattade 87 % (26 personer) mobiltelefonen. Av de som uppmärksammade mobilen var det dock även 35 % av dessa (9 personer) som under sin utrymning slutade titta på denna för att erhålla instruktioner. Mobiltelefonens instruktioner ändrades vid basstationer (se avsnitt 2.33), men för 15 % av deltagarna som upptäckt mobiltelefonen (4 personer) missades någon av dessa basstationer, vilket ledde till felaktiga instruktioner från mobiltelefonen (pilen började peka bakåt). Detta problem upptäcktes under försökens gång och uppkom av att deltagarna rörde sig intill väggar som zonen för basstationen inte täckte.

I intervjuerna efteråt uppgav en klar majoritet av deltagarna i det utökade, nedräknar- och skoscenariot att informationen om att man kunde använda hissarna i det talade utrymningslarmet bidrog till deras vägval. I mobilscenariot uppgav samtliga personer som försökte använda hissen för utrymning att de gjorde det på grund av informationen från mobiltelefonen.

Många av deltagarna som valde hissen som utrymningsväg uttryckte dock tveksamheter kring detta i intervjuerna efteråt. Några citat som visar detta visas nedan:

Ska man verkligen använda hissen? Den kan ju stanna... Men rösten sa att de kunde användas så jag testade. – Deltagare i det utökade scenariot

Jag såg meddelandet på telefonen och tänkte: "va!? Ska man använda hissen när det brinner?". Men så tänkte jag att det är bäst att jag följer instruktionerna. – Deltagare i mobilscenariot.

Även deltagare som inte använde hissen uttryckte liknande funderingar:

Även fast hon sa att jag kunde använda hissen så ville jag inte det. Man har blivit lärd att inte använda hissen när det brinner – Deltagare i det utökade scenariot.

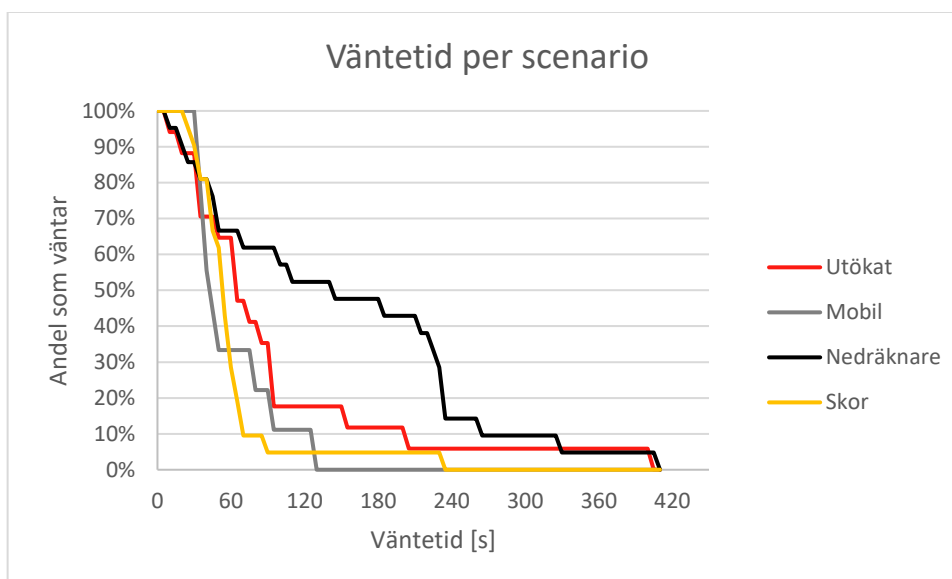
Ett annat resultat från intervjuerna som är värt att notera är att flera deltagare uttryckte liknande skepsis mot att använda rulltrappor vid utrymning. I förklaringar till detta verkade det som att en viss misstro mot elektronik finns i samband med brand hos flera av deltagarna.

Man ska aldrig använda hissen om det brinner. Och inte rulltrappan heller. – Deltagare i mobilscenariot.

3.2 Väntetid

Väntetid räknades som den tid från att en deltagare kallat på hissen tills dessa att denne valde att gå in i utrymningsvägen till trappan. De scenarier som framför allt är av intresse att jämföra väntetiden hos är det utökade scenariot, nedräknarscenariot och skoscenariot. Dessa hade samma informationssystem i modellen fram tills vägvalet var gjort och det är därför möjligt att se vilken effekt som nedräknare och skor haft på den resulterande väntetiden. Väntetiden hos dessa scenarier redovisas i Figur 13 nedan.

Väntetid studerades även för mobilscenariot men då vägledningssystemen i detta scenario skiljer sig avsevärt från de scenarier som redovisas i figuren nedan bedöms en jämförelse med dessa tider inte lika relevant. Väntetiderna i detta scenario var dock kortare än för övriga scenarier och relevanta data redovisas i Tabell 2.



Figur 13. Andel försökspersoner som fortfarande väntar på hiss vid olika tider i försöken.

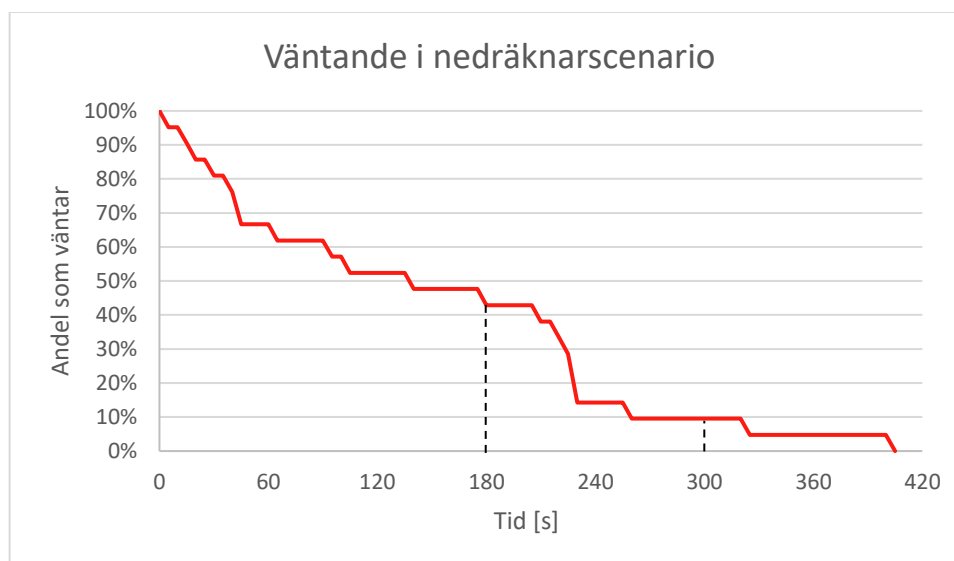
En sammanfattning av dessa tider ges även i tabellen nedan.

Tabell 3. Data för väntetiderna i respektive scenario.

Scenario	Minsta väntetid [s]	Högsta väntetid [s]	Medelvärde [s]	Median [s]	Standardavvikelse [s]
Utökat	10	400	89	60	91
Nedräknare	10	405	149	140	111
Skor	25	235	59	53	41
Mobil	35	130	61	45	31

Enligt vad figuren och tabellen visar utökades medelvärde, median och högsta väntetid när en nedräknare fanns ovanför hissarna. Dock kunde ingen statistisk säkerställd skillnad identifieras när tiderna från Nedräknarscenariot jämfördes med det utökade scenariot. Testet som genomfördes var ett Mann Whitney U test, $U=122.5$, $p=.101$.

Som beskrivits i avsnitt 2.3.4, varierade tiden på nedräknarna på mellan 3-5 minuter (180-300 sekunder). Väntetiderna i nedräknarscenariot i förhållande till dessa tider visas i Figur 14 nedan. Här ses att ungefär hälften av de väntande deltagarna (48 %, 10 personer) väntade tills första nedräknaren nådde 0. Noterbart är även att 10 % av de väntande deltagarna (2 personer) väntade förbi den tid då samtliga nedräknare nått tiden 0.



Figur 14. Andel som väntar i nedräknarscenario med nollpunkter för nedräknarna markerade. Första nedräknare nådde 0 vid 180 sekunder och sista nedräknaren nådde 0 vid 300 sekunder.

I intervjuerna efter försöket beskrev de som väntade längst på hissen att de gjort det på grund av informationen om stationsdjupet på informationsskyltarna. Denna information uppfattades dock inte av alla (se även vidare resultat under avsnitt 3.3 nedan) och flera deltagare nämnde att de antagligen hade väntat längre om de sett skylten under försöket. Se exempel i nedanstående citat:

Jag såg skylten och tänkte "jag kan inte gå upp 30 våningar i en trappa så det är bäst jag väntar lite till" – Deltagare i det utökade scenariot.

Om jag hade vetat om att jag var 100 meter under mark så hade jag nog väntat längre. – Deltagare i det utökade scenariot.

3.3 Deltagarnas upplevelse av modellen

I enkäten efter försöket fick deltagarna uppskatta hur djupt under mark som de trodde att stationen låg. I försöken utan informationsskylt med stationsdjupet (grund och mobil) uppskattades djupet till 3-30 meter med ett medelvärde på 11 meter för mobilscenariot och 12 meter för grundscenariot. För scenarierna med informationsskylt (utökad, nedräknare och skor) varierade svaren istället mellan 3-600 meter med ett medelvärde på 65 meter. Av resultaten att döma uppfattade 47 % (47 personer) av deltagarna i dessa tre scenarier denna skylt. Vissa har dock läst fel på skylten och uppfattat djupet till 200-600 meter.

När deltagarna tillfrågades vad de upplevde som realistiskt svarade de flesta "det mesta", "miljön" och "stressen". På frågan vad de upplevde som orealistiskt så svarade de flesta det faktum att de var ensamma i modellen och att det var så rent. Många deltagare kommenterade dock även i intervjuerna att de upplevde miljön i modellen som väldigt realistisk.

Man blev stressad såklart, det är ändå verklighetstroget. – Deltagare i skoscenariot.

Det kändes som att jag var där. – Deltagare i grundscenariot.

För skoscenariot uppgav 14 % av deltagarna (4 personer) i enkäten att sättet att röra sig på i modellen kändes realistiskt. För samma scenario uppgav dock 21 % av deltagarna (6 personer) i enkäten att sättet att röra sig på i modellen kändes orealistiskt. Resterande deltagare angav inte någonting kring detta i enkäten. I intervjuerna uppgav 41 % (12 personer) att sättet att röra sig på kändes realistiskt och 38 % (11 personer) uppgav att samma sak upplevdes orealistiskt. Av de som angav att sättet att röra sig på kändes orealistiskt uppgav de flesta att anledningen till att det kändes orealistiskt var att gånghastigheten var för långsam eller att det var trögt och ansträngande att gå.

Ett försök var tvunget att avbrytas då försöksdeltagaren lyckades gå igenom en vägg i skoscenariot. I övrigt behövdes inget försök avbrytas och ingen deltagare upplevde "simuleringssjuka", vilket är en typ av illamående som kan uppkomma i eller efter ett försök i VR.

Exempel på upplevelser från skoscenariot ges av citaten nedan.

Det var lite segt att gå men det kändes väldigt, väldigt verkligt. Det kändes speciellt verkligt när jag gick in i en vägg. – Deltagare i skoscenariot.

Det gick lite långsamt men kändes bra i övrigt. Det var mer realistiskt än att "knappa" sig fram – Deltagare i skoscenariot.

Det var ansträngande. Jag fick nästan lite mjölksyra i benen. Det var inte en van rörelse liksom. – Deltagare i skoscenariot.

Det var lite krångligt att gå i skorna. Det kändes som man gick i vatten. Det var liksom ett motstånd. På ett sätt realistiskt men inte som att gå på marken. – Deltagare i skoscenariot.

4. Diskussion

Det kan konstateras att viljan att använda en utrymningshiss för att utrymma en tunnelbanestation är låg om inga informationsinsatser görs för att uppmuntra detta. Resultaten visar dock även att denna vilja går att påverka med olika sorters tekniska system. I samtliga scenarier där informationssystem användes ökades viljan att använda hissarna för utrymning i förhållande till grundscenariot.

I mobilscenariot ökade antalet personer som använde hissen som utrymningsväg i förhållande till grundscenariot. Flera deltagare övergav dock mobilens vägledning under utrymningsgången, vilket gjorde att många inte uppfattade meddelandet om att hissarna kunde användas för utrymning då detta kom upp först i hisslobbyn. Mobilguidningen fungerade förhållandevis bra, men den skulle eventuellt kunna fungera bättre om den som vägleds hålls engagerad i informationen från mobiltelefonen. Detta skulle eventuellt kunna göras genom exempelvis vibrationer eller andra notifikationer längs utrymningsgången. Detta är dock en hypotes som bör utredas vidare. Systemet bör även testas i fältförsök för att se om det fungerar även utanför en virtuell miljö.

I det utökade, nedräknar- och skoscenariot infördes ett antal informationssystem för att öka medvetenheten kring möjligheten att använda hiss för utrymning. Detta resulterade även i avsevärt högre andelar utrymnande som försökte använda en hiss någon gång under sin utrymning. En stor anledning till detta är antagligen det talade utrymningslarmet, som många deltagare kommenterade i intervjuer och enkäter. Nästan alla deltagare i dessa scenarier har på ett eller annat sätt uppfattat att hissarna kan användas för utrymning och informationen verkar alltså ha nått fram.

Ett tecken på att det talade utrymningslarmet var en viktig komponent för deltagarnas agerande är antalet personer som valde att försöka använda hissen redan vid plattformen. Denna hiss bedöms inte vara den naturliga vägen upp från plattformen, vilket bekräftas av att ingen försökte använda den i grund- eller mobilscenariot. Fram till denna hiss var enda skillnaden mellan grundscenariot och det utökade samt nedräknarscenariot just att informationen om att hiss kunde användas för utrymning i det talade utrymningslarmet för de senare. Med hänsyn till att en relativt stor del av personerna i dessa scenarier försökte använda denna hiss bedöms det därför finnas stor genomslagskraft i informationen som ges i det talade utrymningslarmet.

Med hänsyn till att hissen från plattformen inte bedömdes vara en naturlig väg upp från plattformen var trenden att så många försökte använda den för utrymning oväntad. Denna hade därför inte gjorts aktiv i modellen. De personer som försökte använda hissen lyckades således inte, vilket sannolikt påverkade flera deltagares vidare utrymning. Många som försökt använda den hissen försökte senare inte använda hissarna i hisslobbyn. Detta kan förklaras av en misstro till funktionaliteten hos hissarna i VR-modellen då deltagarna stött på en hiss som inte fungerade. Utrymningstiderna från plattformen blir sannolikt negativt påverkade om en stor andel personer använder hissen istället för trapporna från plattformsnivå. Den slutgiltiga informationsstrategin för utrymning från en sådan station bör därför beakta detta, till exempel genom ett differentierat utrymningslarm för dessa olika nivåer. Ovanstående exempel visar även på hur viktigt det är med en strukturerad process för att testa informationssystem för utrymning när man introducerar nya utrymningssystem (som till exempel utrymningshissar). Liknande designfel är inte ovanliga och har uppmärksammats även i andra sammanhang [25], [26].

Det scenario där störst andel personer försökte använda hiss för utrymning var i skoscenariot. Detta scenario hade samma informationssystem fram till hissarna som det utökade och nedräknarscenariot. Anledningen till att fler försökte använda hissarna i skoscenariot skulle kunna vara att rörelsen i modellen kräver en mer ansträngande fysisk arbetsinsats, vilket inte rörelse med handkontroll kräver på samma sätt. Detta skulle kunna förklara varför fler personer skulle vara villiga att använda utrymningshissen i ett verkligt scenario, eftersom gång då kräver en arbetsinsats. Dock upplevde många att det var trögt och tungt att gå i modellen med de skor som användes. Många uttryckte att detta var tyngre, och alltså krävde en större fysisk arbetsinsats, än verklig gång. Detta skulle kunna innebära att fler försöker använda hiss för att slippa denna arbetsinsats, i jämförelse med vad motsvarande scenario hade gett under verkliga förhållanden när arbetet hade varit "vanlig" gång. Det skulle därför behövas fler studier för att avgöra om rörelsen i VR-modellen med skor är mer verklighetstrogen än rörelsen med handkontroll.

I nedräknarscenariot var de accepterade väntetiderna längre i förhållande till det utökade scenariot, vilket innehåll exakt samma försöksuppställning bortsett från nedräknarna ovan hiss dörrarna. Resultaten indikerar därför att nedräknare kan vara ett sätt att få personer att acceptera längre väntetider i samband med utrymning med utrymningshissar. Det faktum att relativt många valde att inte vänta på hissarna trots nedräknare skulle kunna förklaras av de relativt långa väntetider som sattes i scenarierna. I ett verkligt scenario är väntetiderna för första person som anländer troligtvis mycket kortare, om det är någon väntetid alls (någon hiss väntar sannolikt i hisslobbyn). Med kortare tider på nedräknarna skulle eventuellt en större andel personer välja att vänta tills hissen kommer, men detta kan inte avgöras med de resultat som presenterats ovan och skulle därför behöva undersökas i vidare studier.

Väntetiderna i denna studie kan jämföras med väntetider i en tidigare VR-studie om utrymning med utrymningshissar [27]. Det kan då konstateras att väntetiderna i denna studie är kortare. Detta skulle kunna förklaras av att den tidigare studien är genomförd i ett högt hus istället för i en tunnelbana och att personer är mindre benägna att vänta på en hiss i en undermarkmiljö än i ett högt hus. Skillnaderna i resultat skulle dock även kunna förklaras av skillnader i VR-metod, då den tidigare studien var utförd med en annan sorts VR-utrustning. Vidare studier behövs därför för att säkert kunna avgöra varför denna skillnad i väntetid finns.

I skoscenariot var den kortaste väntetiden hos deltagarna något längre än i övriga scenarier. Generellt var dock väntetiderna kortare än i det utökade scenariot. Anledningen till detta är inte helt tydlig då den ökade arbetsinsatsen som diskuterats för skoscenariot kopplat till vägval ovan borde innebära en längre accepterad väntetid för hissarna. Vidare studier på väntetider kopplat till olika sätt att röra sig i en VR-modell behövs därför för att tydliga slutsatser ska kunna dras.

I de efterföljande enkäterna och intervjuerna framkom att många deltagare var skeptiska till att använda rulltrappor vid utrymning. Anledningen till detta verkade vara att många upplevde en allmän skepsis mot elektronik i en brandsituation. Detta undersöktes dock inte vidare men skulle kunna vara intressant att studera vidare i framtiden då många tunnelbanestationer använder rulltrappor för utrymning. En allmän skepsis kring detta kan därför indikera att ytterligare information kring utrymningsmöjligheterna i en sådan trappa kan vara nödvändigt för att inte få problem i en utrymningssituation.

I enkäterna framkom även att det var en relativt stor skillnad i uppskattat djup på stationen mellan de olika scenarierna. Detta beror med stor sannolikhet på den informationsskyltning som fanns med stationsdjupet i det utökade-, nedräknar- och skoscenariot. Den informationsskyltningen verkar ha nått ungefär hälften av deltagarna, baserat på de svar som givits i enkäten. Detta grundar sig i att ungefär hälften i dessa scenarier svarat tresiffrigt på stationsdjupet. Dock verkar ett antal deltagare läst fel på skyltningen och svarat avsevärt större djup än det som faktiskt stod på skylten. Det kan dock konstateras att det stationsdjup som deltagarna förväntar sig att de befinner sig på utan informationsskyltning är avsevärt mindre än det som angavs på skyltningen. Detta indikerar att personer på denna typ av väldigt djupa stationer sannolikt kan underskatta djupet de befinner sig på om de inte informeras om detta.

Validiteten i denna studie påverkas av deltagarnas demografiska profil. Denna är relativt begränsad då samtliga deltagare var studenter vid Lunds Tekniska Högskola och därav relativt unga och med liten vana att använda tunnelbana. Detta innebär att urvalet inte representerar befolkningen i Sverige som helhet. Studien genomfördes dock som en jämförande studie med liknande populationsurval i samtliga scenarier, vilket innebär att de relativa skillnaderna mellan scenarierna bedöms i huvudsak komma från skillnader i försöksupställningarna och inte från populationsurvalet.

Försöken utfördes i VR, vilket har sina begränsningar, och fältförsök behövs för att säkerställa resultaten i denna studie. Dock finns tidigare studier som visar att denna sorts försök har potential att ge god överensstämmelse med fältförsök i liknande miljö [28]. Dessa försök utformades även med de begränsningar som erfarenhetsmässigt finns i denna typ av VR-miljöer i åtanke. Försöken med skor hade för avsikt att studera huruvida en utökad interaktion i modellen och ett utfört arbete kopplat till gången hade påverkan på resultaten. Här ses att det finns en effekt av detta, men på grund av att många upplevde det mer ansträngande att gå i VR-modellen än i verkligheten är det tyvärr svårt att dra direkta slutsatser från dessa försök.

En huvudanledning till att deltagarna upplevde VR-miljön som orealistisk var att de var ensamma i tunnelbanemiljön under försöket. Att vara ensam i denna typ av miljö är onekligen ett osannolikt scenario. Dock var studiens syfte att studera vägval och väntetider kopplat till utrymningshissar. Detta bedöms innehålla beslut där social påverkan är en stark påverkansfaktor. Då denna typ av informations- och utrymningsystem inte studerats i stor utsträckning tidigare så saknas relevanta data för enskilda beslut, vilket därför är av störst intresse att undersöka i ett första läge. Om informationssystem fungerar på individnivå har de även potential att fungera på gruppnivå. Vidare studier bör därför undersöka hur dessa system påverkas av grupp beteende. Tidigare enkätstudier har indikerat att andra individers beslut skulle kunna påverka det enskilda beslutet kopplat till hissutrymning [16].

5. Slutsats

Resultaten från denna studie visar att benägenheten till att använda utrymningshissar vid utrymning från en tunnelbanestation kan påverkas av olika typer av informationssystem. Ett förbättrat system med information kring hissutrymning i det talade utrymningslarmet, informationsskyltning och förstärkt vägledande markering mot hisshallen visade avsevärt högre hissanvändning än ett grundscenario utan dessa åtgärder. Även vägledning i en mobiltelefon visade på ökad hissanvändning.

Resultaten visar även att den accepterade väntetiden på utrymningshissar kan påverkas av nedräknare ovanför hissen som visar hur lång tid det är tills hissen ankommer. I studien ökades accepterade väntetider med nedräknare ovanför hissarna. Dock beror sannolikt effektiviteten i denna åtgärd på vilka tider som nedräknarna uppvisar.

Utöver detta indikerar studiens resultat att resultat från denna typ av utrymningsförsök i VR påverkas av hur deltagaren interagerar med modellen och om deltagarna får utföra en större arbetsinsats ökar benägenheten till att vilja använda hissen för utrymning. Samma effekt kan dock inte ses för väntetiderna.

Det kan även konstateras att mobilguidning är ett informationssystem med potential att påverka utrymnandes beslut i en utrymning. Med detta system finns dock en risk att de utrymnande slutar vara uppmärksamma på informationen i mobiltelefonen under utrymningens gång. En möjlig lösning på detta skulle kunna vara en notifikation i form av vibrationer och/eller ljudsignaler vid de punkter som telefonen uppdaterar sin vägledningsinformation.

Det ska dock noteras att denna studie genomfördes i en för deltagarna okänd virtuell miljö och deltagarna var ensamma i försöken. Både lokalkännedom och social påverkan är viktiga faktorer i ett utrymningsförlopp och vidare studier bör genomföras för att studera den påverkan som dessa aspekter kan ha.

Denna studie kan användas som underlag vid projektering och utvärdering av informationssystem i stationsmiljöer under mark där utrymningshissar avses användas för utrymning. För denna typ av miljöer bör dock projektspecifika utvärderingar av tänkt utrymningslösning göras. Den process och metod som redovisas i [1] bör då följas. Den typ av VR studier som genomförts inom detta projekt bedöms kunna användas för att göra bedömningar inom en sådan process och på så vis bistå vid projektering och utformning av både byggnader och andra anläggningar där utrymningshissar avses användas.

6. Förslag på framtida forskning

Försöken som redovisas i denna rapport är ett steg mot ökad förståelse kring hissutrymning i tunnelbanemiljöer. Med hänsyn till de genomförda försöken samt tidigare utförd litteraturstudie bedöms det finnas behov av ytterligare forskning inom följande områden gällande utrymning med hissar.

Vägval och accepterad väntetid vid utrymning - fullskaleförsök

För att öka förståelsen kring beteendet vid utrymning med utrymningshissar behövs ytterligare fullskaleförsök. Detta för att öka förståelsen för hur en realistisk fördelning mellan trappa och hiss samt hur acceptansen för väntetider är vid en utrymning. Detta skulle även kunna användas som validering av de VR-försök som utförts.

Vägval och accepterad väntetid vid utrymning i grupp

De försök som genomförts baseras på individuellt agerande. Dock spelar social påverkan en stor roll i en utrymningssituation. Det skulle därför behövas försök med många personer för att studera hur detta påverkar vägvalet samt informationsbehovet. Dessa parametrar kan påverkas av vilken roll man har samt vilken position man har i gruppen som väntar på hissen. Det är därför intressant att studera hur gruppens beteende påverkas av olika system. Denna typ av försök skulle eventuellt även kunna ge information om hur persontäthet i hisshall påverkar vägval och acceptans, samt om det kan finnas risk för överlastning av hissen vid utrymning.

Påverkan av lokalkännedom på vägval

En grundläggande teori inom utrymningsbeteende är att personer kan förväntas försöka lämna en byggnad eller anläggning samma väg som de kom dit. I den aktuella studien genomfördes försöken med personer som startade nere vid plattformen, som om de gått av ett tunnelbanetåg för första gången på den aktuella stationen. För personer som kommit in på stationen via hissarna kan detta sannolikt förväntas påverka beteendet. Försök med personer som tar sig till plattformen via hissarna bör därför undersökas för att se hur detta påverkar utrymningsbeteendet.

Påverkan av nedräknarens tid för accepterad väntetid

Nedräknare ovanför hissarna visades kunna ha en påverkan på accepterad väntetid för utrymning. I dessa försök testades tider på 3–5 minuter vilket verkar ha gett påverkan på ca 50 % av deltagarnas väntetider. Huruvida kortare tider potentiellt kan påverka en större andel bör undersökas i framtida försök.

Olika sätt att simulera arbete/gång i VR

De utförda försöken visar att benägenheten att välja hissen för utrymning ökar när rörelsen i modellen kräver en större arbetsinsats. Den simulering av gång som gjordes upplevdes dock som tyngre än att röra sig normalt av många deltagare. Andra sätt att simulera denna typ av rörelse bör därför testas och utvärderas för att förbättra utrymningsförsök i VR framöver då denna faktor kan påverka resultaten.

Beteende kring utrymning i rulltrappor

Det finns studier på gånghastigheter och liknande i rulltrappor som har stort värde i utrymningsdimensionering av undermarkstationer. Dock finns inte några kända studier kring utrymnandes beteende och vilja/benägenhet att använda sådana trappor i en utrymningssituation. Detta bör undersökas i framtida studier då många deltagare uttryckte sin skeptisk mot denna typ av utrymning.

Litteraturförteckning

- [1] A. Mossberg och D. Nilsson, "Användande av utrymningshissar vid utrymning av tunnelbanestation - Litteraturstudie och fallstudie", Stockholm, mar. 2017.
- [2] A. Mossberg, D. Nilsson, och J. Wahlqvist, "Utformning av utrymningssystem i en tunnelbanestation med utrymningshissar - försök i Virtual Reality-miljö", Lunds Universitet, Lund, 2018.
- [3] "Station Sofia – den enda i sitt slag - Nya tunnelbanan".
<https://nyatunnelbanan.sll.se/sv/artikel/station-sofia-den-enda-i-sitt-slag> (åtkomstdatum maj 09, 2019).
- [4] United Nations, "World Urbanization Prospects: The 2018 Revision", Economic & Social Affairs, 2018.
- [5] UITP, "World Metro Figures 2018", the International Association of Public Transport, Brussels, 2018.
- [6] "Deepest Metro Stations in the World", *WorldAtlas*.
<https://www.worldatlas.com/articles/deepest-metro-stations-in-the-world.html> (åtkomstdatum juni 19, 2019).
- [7] E. Ronchi *m.fl.*, "Ascending evacuation in long stairways: Physical exertion, walking speed and behaviour", Department of Fire Safety Engineering, Lund, 3192, 2015.
- [8] K. E. Boyce, T. J. Shields, G. W. H. Silcock, och F. Sert, "Toward the Characterization of Building Occupancies for Fire Safety Engineering: Capabilities of Disabled People Moving Horizontally and on an Incline", s. 17, 1999.
- [9] P. J. Kiger, "How the Horrific Tragedy of the Triangle Shirtwaist Fire Led to Workplace Safety Laws", *HISTORY*, 2019. <https://www.history.com/news/triangle-shirtwaist-factory-fire-labor-safety-laws> (åtkomstdatum feb. 25, 2020).
- [10] National Fire Protection Association, "Proceedings of the 18th annual meeting", Boston, 1914.
- [11] National Bureau of Standards Miscellaneous Publication, "Design and Construction of Building Exits", Washington DC, 1935.
- [12] National Fire Protection Association, *NFPA 101: Life Safety Code*. 2018.
- [13] International Code Council, INC, *2015 International Building Code*. 2015.
- [14] Boverket, *Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*, BBRAD 3, vol. BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. 2013:12. 2013.
- [15] E. Heyes och M. Spearpoint, "Lifts for Evacuation - Human Behaviour Considerations", presenterad vid 4th International Conference on Human Behaviour in Fires, Cambridge, 2009, vol. 2009, s. 73–84.
- [16] M. J. Kinsey, E. R. Galea, och P. J. Lawrence, "Stairs or Lifts? - A Study of Human Factors associated with Lift/Elevator usage during Evacuations using an online Survey", presenterad vid 5th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics, Gaithersburg, 2010, vol. 2010.
- [17] A. Jönsson, J. Andersson, och D. Nilsson, "A Risk Perception Analysis of Elevator Evacuation in High-Rise Buildings", presenterad vid 5th Human Behaviour in Fire Symposium, Cambridge, 2012, s. 398–409.
- [18] R. W. Bukowski, "Incorporating Elevators and Escalators into Emergency Evacuation Models", presenterad vid Fire and Evacuation Modeling Conference, Baltimore, 2011.
- [19] J. R. Hall, "Selected Serious Fires with References to Elevators Based on Literature Review and Search of NFPA Databases", Fire Analysis and Research Division, Quincy, 2006.
- [20] CBS Interactive Inc, "Woman rode elevator to death in Chicago high-rise fire", *CBS News*, Chicago, sep. 01, 2012.

- [21] A. Engstrand och J. Näslund, "Utrymning med hiss från tunnelbanestationer under mark - En studie om förmåga och riskperception [Evacuation with elevator from subway stations under ground - A study on ability and risk perception]", Lunds Universitet, Lund, 5467, 2014.
- [22] K. Andrée, A. Jönsson, S. Bengtson, och H. Frantzich, "Utformning av utrymningsplats", Institutionen för bygg- och miljöteknologi, Lund, 3190, 2015.
- [23] Boverket, *Boverkets byggregler 24*, vol. BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. 2016:13. 2016.
- [24] A. Mossberg, D. Nilsson, och J. Wahlqvist, "Evacuation elevators in an underground metro station - A Virtual Reality evacuation experiment", *Fire Saf. J.*, 2020, doi: 10.1016/j.firesaf.2020.103091.
- [25] P. Rohlen, "Lastbilsbrand i Södrälänken – Årstattunneln 2008-06-16", Brandskyddslaget, Stockholm, 2008.
- [26] K. Fridolf, E. Ronchi, D. Nilsson, och H. Frantzich, "Movement speed and exit choice in smoke-filled rail tunnels", *Fire Saf. J.*, vol. 2013, nr 59, s. 8–21, 2013.
- [27] K. Andrée, D. Nilsson, och J. Eriksson, "Evacuation experiments in a virtual reality high-rise building: exit choice and waiting time for evacuation elevators", *Fire Mater.*, vol. 2016, nr 40, s. 554–567, 2016.
- [28] F. Malthe och I. Vukancic, "Virtual Reality och människors beteende vid brand - Kan försök i virtuell miljö framkalla samma beteenden som verkliga försök i en rökfylld tunnel? [Virtual Reality and Human Behaviour in Fires]", Lunds Universitet, Lund, 5400.

Bilaga 1 – Enkät

1. Känner du vanligtvis obehag av att åka hiss?

Ja. Beskriv typen av obehag.

Nej

2. Har du vanligtvis svårt att gå i trappor?

Ja. Beskriv typen av obehag.

Nej

3. Hur långt under mark tror du att du befann dig i VR-miljön?

____ meter (en våning motsvarar cirka 3 meter)

Vet ej

4. a) Uppmärksammade du några system som underlättade besluten under din utrymning?

Ja Nej

4. b) Om ja, vilka?

5. a) Hade du velat ha någon ytterligare information under din utrymning (i VR-miljön)?

Ja Nej

5. b) Om ja: Vilken typ av information?

6. Vad kändes realistiskt?

7. Vad kändes orealistiskt?

8. Hur ofta spelar du spel på dator eller konsol (ej mobilspel)?

- Varje dag
- Ett par gånger i veckan
- Ett par gånger i månaden
- Ett par gånger om året
- Jag brukade spela men gör det inte längre
- Jag spelar inte sådana spel

9. Om du svarade att du brukade spela dator- eller konsolspel men gör det inte längre, hur ofta brukade du spela?

- Varje dag
- Ett par gånger i veckan
- Ett par gånger i månaden
- Ett par gånger om året

10. Vänligen ange de 5 dator- eller konsolspel som du spelar/spelade mest

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

11. Hur gammal är du?

Ålder: _____ år

12. Vilket kön har du?

- Man
- Kvinna
- Annat
- Vet ej/vill ej svara

13. Vilket land är du uppvuxen i?

- Sverige
- Norge
- Finland
- Danmark
- Annat land, ange vilket: _____

14. Har du provat VR tidigare?

- Ja
- Nej

15. Har du deltagit som försöksperson i ett utrymningsförsök tidigare?

- Ja. Beskriv i vilket

- Nej

16. Har ofta åker du tunnelbana?

- Aldrig
- Ungefär en gång om året
- Ungefär en gång i månaden
- Ungefär en gång i veckan
- Mer än en gång i veckan

Tack för ditt deltagande!