

2020:00013 - Åpen

Rapport

Simulering av opphold i redningsrom

Forfatter(e)

Gunnar Jenssen
Jo Skjermo
Claudia Moscoso
Åsa Snilstveit Hoem
Petter Arnesen
Carl Södersten
Jo Skjermo
Hampus Karlsson



Rapport

Simulering av opphold i redningsrom

EMNEORD:
Tunnelsikkerhet
Selvredning
Redningsrom
Atferd
Simuleringer
VR forsøk

VERSJON

1

DATO

2020-01-10

FORFATTER(E)

Gunnar Jenssen
Claudia Moscoso
Åsa Snilstveit Hoem
Petter Arnesen
Carl Södersten
Jo Skjermo
Hampus Karlsson

OPPDRAGSGIVER(E)

Statens vegvesen Vegdirektoratet

OPPDRAGSGIVERS REF.

Harald Buvik

PROSJEKTNR

102019219

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

60

SAMMENDRAG

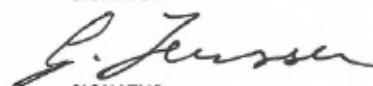
Hva er kriterier for at redningsrom oppleves som et trygt sted å være?

Dokumentet rapporterer resultater fra en eksperimentell fullskala Virtual Reality (VR) studie med formål å simulere designkriterier for utforming og innredning av et redningsrom for å få en klarast mulig dokumentasjon av trygghetsfølelser knyttet til opphold i slike redningsrom. Fem typer redningsrom med forskjellig utforming og innredning ble testet. Studien presenterer resultater fra objektive og subjektive data, og diskuterer i hvilken grad mennesker som oppholder seg i redningsrom føler seg trygge, og om de opplever at sikkerheten deres er tilfredsstillende ivarettatt ut ifra rommets utforming og innredning. Resultatene antyder at blant annet belysning, adskilte arealer, plassering av høyttalere/telefon er viktige faktorer som påvirker aksept og trygghetsfølelse i et redningsrom.

UTARBEIDET AV

Gunnar Jenssen

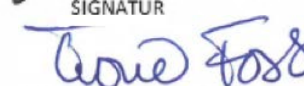
SIGNATUR



SIGNATUR

KONTROLLERT AV

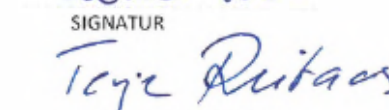
Trond Foss



SIGNATUR

GODKJENT AV

Terje Reitaas



RAPPORTNR

2020:00013

ISBN

978-82-14-06296-0

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2020-01-10	

Innholdsfortegnelse

Forord.....	5
Sammendrag.....	6
Summary	7
Figurliste	8
Tabelloversikt	9
1 Innledning	11
1.1 Målsetting	13
2 Måleparametre	14
2.1 Objektive måleparametre.....	14
2.1.1 Målbar atferd.....	14
2.1.2 Fysiologiske måleparametre.....	15
2.1.3 Øyefiksering.....	15
2.2 Subjektive måleparametre.....	15
2.2.1 Psykometriske måleparametre.....	15
2.2.2 Opplevd trygghet og preferanse av rom	17
2.2.3 Hendelseslogg.....	17
3 Metode	18
3.1 VR-Simulering.....	18
3.2 Utstyr	18
3.3 Fokusgruppe.....	19
3.4 Simulerings modeller	23
3.4.1 Redningsrom.....	23
3.4.2 Inventar i rommene	24
4 Forsøk	26
4.1 Utvalg av forsøksdeltagere	26
4.2 Prosedyre for gjennomføring av studien	31
5 Resultater	32
5.1 Subjektiv data	32
5.1.1 Psykometriske resultater	32
5.1.2 Preferanse av rom	33

5.1.3	Opplevd trygghet og rom aksept.....	34
5.1.3.1	Basisrom	35
5.1.3.2	Bergrom 1	37
5.1.3.3	Bergrom 2	40
5.1.3.4	Kontainerrom 1.....	42
5.1.3.5	Kontainerrom 2.....	45
5.1.4	Annen atferd.....	47
5.2	Objektiv data.....	47
5.2.1	Fysiologisk data: pulsmålinger.....	47
5.2.2	Eye-tracking resultater	50
5.3	Validitet.....	54
6	Diskusjon.....	55
7	Konklusjoner	58
8	Referanser.....	59

BILAG/VEDLEGG

Forord

SINTEF Community, Mobilitet og Samfunnsøkonomi har utført en serie studier alene og i samarbeid med Brannforskning, Lund's Universitet avdeling for Brandteknik omkring effekt av tiltak for å ivareta selvredning i tunnel.

Den første rapporten var en litteraturstudie av selvredning i vegtunneler med fokus på ledesystemer og erfaringer med bruk av redningsrom og andre sikkerhetsteknologier for selvredning i tunnel innenfor transportsektoren og sammenlignbare virksomheter. Den andre rapporten var en studie på effekt av skilt og ledesystem fram til redningsrom.

Denne rapporten beskriver resultatene av en simulering av selvredning i vegtunneler med fokus på opphold i redningsrom, designkriterier og trygghetsfølelse. To typer redningsrom (bergrom & kontainer) og en rekke varianter av disse er testet. Alle redningsrom har samme grunnflate og en kapasitet på inntil 50 personer.

Rapporten er basert på en fullskala Virtual Reality (VR) studie i et ISO sertifisert klimalaboratorium ved SINTEF Helse (Arbeidsfysiologisk laboratorium). Dette er et laboratorium der det er mulig å ha full kontroll over luftfuktighet og temperatur. Studien er gjennomført i klimalaboratoriet basert på beregning av temperatur og luftfuktighet før 50 personer kommer inn (18 grader), ventilasjon (kapasitet- mengde, utskifting), materiale og type isolasjon i veggene og påkledning. Hver trafikant yter 75W og temperaturen vil etter en time passere 32 grader celsius og luftfuktigheten vil stige til 70% i et redningsrom med minimal ventilasjon. Dersom personer hadde vært erstattet med en varmeovn på 3750W, ville temperaturen fort oversteget 50° C. I tillegg har klimalaboratoriet naturlig viftestøy på 90 desibel. Dette gjør lengre opphold ubehagelig også rent støymessig. Slik sett er opplevd trygghet i redningsrom testet under verst tenkelige forhold.

Hensikten med denne rapporten er å fremskaffe pålitelig forskningsbasert kunnskap om atferd og opplevd trygghet ved opphold i redningsrom som funksjon av designkriterier. Designkriteriene er et resultat av en litteraturstudie utført av SINTEF, resultat av en forstudie (fokusgruppe) og innspill og diskusjoner med en ekspertgruppe fra prosjekteier, Statens Vegvesen ved:

Harald Buvik, Sjefingeniør, Vegdirektoratet
Anine Kalmo Larsen, Overingeniør, Drift og vedlikehold Øst
Espen Ødegård, Rådgiver, Drift og vedlikehold Øst
Per Einar Pedersli, Senioringeniør, Transportstyring
Kjetil Sverre Rød, Seniorrådgiver, Vegdirektoratet

Rapporten er utarbeidet av Seniorforsker Gunnar Deinboll Jenssen, og av forskerne Claudia Moscoso og Åsa Snilstveit Hoem. Forskerne Petter Arnesen og Carl Södersten har utarbeidet statistiske analyser og forsker Jo Skjeremo har laget virtuelle 3D modeller og kommunikasjon med VTS med mere. Alle fra SINTEF Community, avdeling Mobilitet og samfunnsøkonomi. Seniorforskerne Hilde Færevik og Øystein Wiggen ved SINTEF Digital, avdeling Helse har bidratt med verdifulle innspill og kommentarer underveis i arbeidet. Ragnhild Finsveen Liven, masterstudent ved NTNUs institutt for design har gjennomført og utarbeidet opplegg til forstudie med utprøving av designparametre i fokusgruppe. Trond Foss har kvalitetssikret rapporten.

Trondheim, 10. januar 2020

Terje Reitaas

Sammenheng

Denne rapporten beskriver resultatene av en fullskala Virtual Reality (VR) studie om simulerte 3D modeller av redningsrom. Objektive atferds data fra denne VR-studien av fem forskjellige typer redningsrom (dvs. ett basis rom, to typer bergrom og to typer kontainerrom) med 44 forsøksdeltagere viser at:

- Belysning er viktig for aksept av opphold og trygghetsfølelse i et redningsrom. Det tilfredsstillende belysningsnivået (beskrevet som '*godt belyst*' av deltagerne) var avgjørende for en positiv persepsjon, trygghetsfølelse og aksept av redningsrom. Over 30 % av deltagerne brukte '*lys*' eller '*belysning*' som felles begrep i svarene om preferanse.
- Adskillelse av aktiviteter i forskjellige arealer var også viktig for aksept av opphold i redningsrom. Ved å ha adskilte rom, hvor hver aktivitet hadde sin egen plass (f.eks. rom med senger for skadde eller syke personer og rom for WC), ble rommene mer lesbare, forstått og bedre likt. Rundt 20 % av deltagerne nevnte deres preferanse over å ha adskilte rom til syke/skadde personer og til WC.
- Det var lite forskjell på tiden brukt for å gjennomføre oppgavene i alle rom til tross for ulike belysningsnivå og plassering av utstyr og aktiviteter. Dette antyder at en generell romopplevelse ikke nødvendigvis påvirker gjennomføringsevnen på oppgaver i kritiske situasjoner.
- Det er en større preferanse for plassering av høyttaler/telefon rett framfor døren i et redningsrom. Dette kan skyldes et multisensorisk behov hos mennesker som opplever akustiske meldinger som høyere hvis de kan se et relatert visuelt objekt (f.eks. høyttaleren eller personen som snakker). I en kritisk situasjon i et redningsrom hvor høyttaleren/telefonen kan være den eneste kommunikasjonskilden med andre utenfor rommet, kan synlighet til høyttaleren være viktig for en bedre forståelse av meldinger og dermed skape en bedre trygghetsfølelse.
- Locus of Control of Behavior (LCB) and General Self-Efficacy Scale (GSE). Det var små variasjoner i pulsmålingene i alle testscenariene. Resultatene kan sees i sammenheng med LCB og GSE resultatene som påpeker at forsøksdeltagerne hadde ganske høy mestringsstro, og var bevisste på at det var simulerte arealer. Dermed følte de ikke at de var utsatt for en ekte truende situasjon. Selv om resultatene kun gjelder de spesifikke simulerte situasjonene, må utformingen av redningsrom vurdere alle typer mennesker og reelle situasjoner der det kan være trafikanter med mindre mestringsstro som søker opphold i redningsrom.
- Eye-tracking, og pulsmålinger. Rommene hvor det ble registrert høyere pulsmålinger, kan være relatert til eye-tracking-resultatene. For eksempel, det tok lang tid til å oppdage høyttaler/telefon i det ene rommet. Høyttaler/telefon var et viktig objekt for å gjennomføre alle oppgavene, da deltagerne måtte kommunisere med VTS og følge rådene for å fullføre resten av oppgavene. Telefonen var i tillegg eneste kommunikasjonskilde med andre utenfor redningsrommet, noe som øker dens viktighet, og kan forklare det høyere stressnivået observert i de høyere pulsmålinger i rommet. Ved å ikke finne fram til telefonen og kommunisere med omverdenen, kan deltagere føle et høyere stressnivå.
- Resultatene om validitet av VR som forskningsverktøy i dette forsøket viser overveiende høy score for opplevd realisme.

Summary

This report describes the results of a full-scale Virtual Reality (VR) study on simulated 3D models of rescue rooms. Objective behavioural data from this VR study of five different types of rescue rooms (i.e. one base room, two types of refuge cavern and two types of container room) with 44 participants showed that:

- Lighting is important for acceptance of stay and for feeling safe in a rescue room. A satisfactory perceived level of illumination (i.e. described as '*well-illuminated*' by the participants) was crucial for a positive perception, sense of safety and acceptance of rescue rooms. More than 30 % of the participants used '*light*' or '*lighting*' as a common term in the preference responses.
- The separation of activities in different areas was also important for acceptance of stay in rescue rooms. By having separate rooms, where each activity had its own space (e.g. room with beds for injured or ill persons and room for WC), the rooms became more legible, understood and better liked. Around 20 % of the participants mentioned their preference for having separate rooms for ill/injured persons and for WC.
- There was little difference in the time spent performing tasks in all rooms despite different lighting levels and location of equipment and activities. This suggests that a general space experience does not necessarily affect the ability to perform tasks in critical situations.
- There is a greater preference for speaker/phone placement right in front of the door in a rescue room. This may be due to a multisensory need in people who experience acoustic messages as higher if they can see a related visual object (e.g. the speaker or the person speaking). In a critical situation in a rescue room where the speaker / phone may be the only source of communication with others outside the room, visibility of the speaker may be important for a better understanding of messages and thus create a better sense of safety.
- Locus of Control of Behavior (LCB) and General Self-Efficacy Scale (GSE). There were small variations in the heart rate readings in all the test scenarios. The results can be seen in the context of the LCB and GSE results, which point out that the participants in the study had a fairly high level of confidence and were aware that there were simulated areas. Thus, they did not feel that they were exposed to a real threatening situation. Although the results apply only to the specific simulated situations, the design of rescue rooms must consider all types of people and real situations where there may be road users with lesser levels of confidence who seek refuge in rescue rooms.
- Eye tracking and heart rate measurements. The rooms where higher heart rate readings were recorded may be related to the eye tracking results. For example, it took a long time to detect the speaker/phone in one room. The speaker/telephone was an important object for completing all the tasks, as the participants had to communicate with the Road Traffic Management centre and follow the advices to complete the rest of the tasks. In addition, the phone was the only source of communication with others outside the rescue room, which increases its importance, and can explain the higher level of stress observed in the higher heart rate measurements in the room. By not finding the phone and communicating to the outside world, participants can feel a higher level of stress.
- The results of validity of VR as a research tool in this trial show predominantly high scores for perceived realism.

Figurliste

Figur 1. Styringspanel og oppholdsrom for profesjonelle i redningskontainer.	11
Figur 2. Forskningsprosessen i ulike faser.	13
Figur 3. Kart over plassering av risikoelementer i en to-faktormatrise (Fischhoff et al., 2000).	16
Figur 4. Fordeler med bruk av VR i kombinasjon med gå-plattform.	18
Figur 5. VR utstyr brukt i forsøket. Cybereth Virtualizer [a], og HTC Vive headset [b].	19
Figur 6. Typisk utstyr og betjeningspanel for oksygenflasker og CO2 rensing. Foto: Drager.	19
Figur 7. Fokusgruppe - kommentarer om foretrukket tverrsnitt på rommet. Illustrasjon: Ragnhild Liven.	20
Figur 8. Fokusgruppe - kommentarer om foretrukket innredning av rommet. Illustrasjon: Ragnhild Liven.	21
Figur 9. Fokusgruppe - kommentarer om foretrukket informasjonsformat. Illustrasjon: Ragnhild Liven.	22
Figur 10. Simulerte elementer i redningsrommene.	25
Figur 11. Aldersfordeling i utvalget.	26
Figur 12. Antall deltagere fordelt på utdanningsnivå.	26
Figur 13. Antall deltagere med nedsatt syn (venstre), og med nedsatt hørsel (høyre).	27
Figur 14. Antall år med førerkort i utvalget (venstre), og fordeling av kjørte km per år i utvalget (høyre).	27
Figur 15. Forhold til tunnel i utvalget.	28
Figur 16. Frekvensen av kjøring i tunnel per uke.	28
Figur 17. Trygghetsfølelse av å oppholde seg i lukket rom.	29
Figur 18. Forhold til kritiske situasjoner i utvalget.	29
Figur 19. Frekvensen av opplevelse av kritiske situasjoner i utvalget.	30
Figur 20. Trygghetsfølelsen ved kritiske situasjoner.	30
Figur 21. Fordeling av score for Locus of Control of Behavior (LCB) for alle deltagere.	32
Figur 22. Fordeling av score for General Self-efficacy Scale (GSE) for alle deltagere.	32
Figur 23. Utseende av basis rom.	35
Figur 24. Trygghetsfølelse i basis rom.	35
Figur 25. Plassering av høyttaleren i basis rom.	36
Figur 26. Belysningen av basis rom.	36
Figur 27. Fordeling - aksept på det basis rommet.	37
Figur 28. Utseende av bergrom 1.	37
Figur 29. Trygghetsfølelse i bergrom 1.	38
Figur 30. Plasseringen av høyttaleren i bergrom 1.	38
Figur 31. Belysningen av bergrom 1.	39
Figur 32. Fordeling - aksept på bergrom 1.	39
Figur 33. Utseende av bergrom 2.	40
Figur 34. Trygghetsfølelse i bergrom 2.	40
Figur 35. Plasseringen av høyttaleren i bergrom 2.	41
Figur 36. Belysningen av bergrom 2.	41
Figur 37. Fordeling - aksept på bergrom 2.	42
Figur 38. Utseende - kontainerrom 1.	42
Figur 39. Trygghetsfølelse - kontainerrom 1.	43
Figur 40. Plassering av høyttaleren i kontainerrom 1.	43
Figur 41. Belysningen i kontainerrom 1.	44
Figur 42. Fordeling - aksept på kontainerrom 1.	44
Figur 43. Utseende - kontainerrom 2.	45
Figur 44. Trygghetsfølelse - kontainerrom 2.	45
Figur 45. Plassering av høyttaleren i kontainerrom 2.	46

Figur 46. Belysningen i kontainerrom 2.	46
Figur 47. Fordeling - aksept på kontainerrom 2.	47
Figur 48. Fordeling - gjennomsnittspuls fra deltagerne går inn i rommet til de er ferdig med oppgavene.	48
Figur 49. Fordeling av maksimal puls fra deltagerne går inn i rommet til de er ferdig med oppgavene.	48
Figur 50. Fordeling - differensen mellom gjennomsnittspuls ute i tunnelen og inne i rommet.	49
Figur 51. Fordeling - individuelle forskjeller for differanser i gjennomsnittspuls mellom alle par av rom.	49
Figur 52. Fordeling - individuelle forskjeller for differanser i makspuls mellom alle par av rom.	50
Figur 54. Gjennomsnittlig varighet av øyefiksering på telefon [a], førstehjelpsutstyr [b], vannflaske [c], teppe [d] og skadd person [e].	51
Figur 55. Antall ganger med øyefiksering på telefon [a], førstehjelpsutstyr [b], vannflaske [c], teppe [d] og skadd person [e].	52
Figur 56. Tid til telefon [a], førstehjelpsutstyr [b], vannflaske [c], teppe [d] og skadd person [e] ble sett for første gang i hvert rom.	53
Figur 57. Fordeling av opplevd realisme for de virtuelle redningsrommene.	54

Tabelloversikt

Tabell 1. Måleparametre brukt til å besvare hvert delmål i studien.	14
Tabell 2. Oppgaver tilknyttet til målbar atferd.	14
Tabell 3. Variabler brukt i spørreskjema til å evaluere preferanser og opplevd trygghet.	17
Tabell 4. Beskrivelse av ulike testscenarier (redningsrom).	23
Tabell 5. Rangering av simulerte redningsrommene, fra best (1) til verst (5).	33
Tabell 6. Oppsummert resultater om opplevd trygghet og rom aksept.	55
Tabell 7. Oppsummert resultater om øyesporing: rom med høyeste verdier.	56

1 Innledning

Ved en alvorlig hendelse er tilgang til sikre redningsrom avgjørende for å ivareta selvredningsprinsippet. Dette kan også være tilfellet i tunneler hvor det kan oppstå kø av kjøretøyer slik at selvredning ved utkjøring med eget kjøretøy ikke er aktuelt. Derfor er det behov for å kvantifisere funksjonskravene til redningsrom, særlig fordi EUs tunneldirektiv i utgangspunktet ikke tillater slike rom uten tilgang til det fri. Direktivet har imidlertid en åpning for nye og innovative løsninger som kan kompensere for kravet.

Ifølge nyere litteraturstudier er følelsen av fare og av å være fanget en av de største utfordringene folk opplever med opphold i rom under bakkenivå. Ved lengre opphold under bakken oppleves problemer i forhold til isolasjon og monotoni (Jenssen, 2015, 2017, Tan et al., 2018). Dette er studier der varighet kan være flere måneder, og de er derfor ikke representative for kortere opphold (inntil 3 timer). Kunnskap om hva som skaper uønskede følelser kan likevel være av betydning. Aspekt ved design, funksjonalitet og innredning av redningsrom som nevnes i disse litteraturstudiene, kan gi indikasjon om hva som kan spille en rolle også for kortere opphold. Følelse av isolasjon og monotoni knyttes til mangel på vindu, åpenbar utvei, begrenset sikt og sikt til verden utenfor. Bekymring for brann og vann som lekker inn eller at bergrommet skal kollapse nevnes også hyppig som bekymring (Jenssen et al., 2006). Rom under bakkenivå oppleves også lettere som trange og trykkende, selv ved kortere tids opphold. Synlige rør, samt lukt av mugg og støv kan bidra sterkt til en negativ kjellerfølelse (Kummeneje and Jenssen, 2011).

Simulatorstudier av større bergrom /utvidelser i tunnel viser at dette gir en positiv opplevelse for alle trafikanter og ikke minst de med frykt/angst for tunnel. Slike utvidelser reduserer monotonien, skaper identitet, øker orienterbarheten og gir følelsen av økt trygghet. Ikke bare reelle utvidelser, men lyssetting (f.eks. vindu med blått lys i tak - sikt ut til himmel i det fri) kan bidra til en illusjon av økt romfølelse langt ut over den reelle utvidelsen i bredde og høyde. Det er eksempler på vellykket bruk av illusjoner fra underjordiske militære anlegg der gardiner foran en vindusramme er nok til å skape trygghet. Dette gir en illusjon om at det er et vindu bak og en utvei, selv om det er 40 m under bakken og bare bergvegg eller betong bak gardinet. Et lyst rom skaper en illusjon av en tunnelåpning/uteopplevelse. Følelse av monotoni knyttes til mangelfull visuell variasjon og det å kunne se landskap med grønne planter og trær. Problemer med opphold i rom under bakkenivå er at det i verste fall, kan føre til angst, stress, tretthet, dårlig vurderingsevne eller aggresjon (Roberts et al., 2016).



Figur 1. Styringspanel og oppholdsrom for profesjonelle i redningskontainer.

Hvordan folk reagerer på opphold i rom under bakken er individuelt og påvirket av sosialpsykologiske forhold. En nødsituasjon der folk som ikke kjenner hverandre trengs sammen og er nødt til å dele et begrenset areal, kan være svært utfordrende for legfolk uten kjennskap til hverandre eller opplæring og trening i bruk av sikre rom. Det kan være folk i ulike aldersgrupper, kjønn og nasjonalitet. Noen kan ha brannskader, pustebesvær eller andre fysiske skader. Tiltak som kan motvirke uheldige aspekter ved slikt opphold i rom under bakken blir da enda viktigere.

Viktige designaspekt i rom under bakken som gjennom forskning er påvist å påvirke trygghet og opplevd komfort (Jenssen, 2015, Roberts et al., 2016, Jenssen et al., 2017, Jenssen, 2017, Tan et al., 2018) er design av:

- inngangssone
- opplevd takhøyde
- belysning
- lufttilstrømning
- kommunikasjon med omverden.

I en kontrollert fullskala VR-studie er det mulig å studere effekt av slike design parametere.

Det er kjent at redningsrom har blitt brukt til å kompensere for rømningsveier til det fri. Men etter alvorlige hendelser hvor rom ikke har vært utformet for å tåle stor varme hvor det har hatt store negative konsekvenser, har redningsrom blitt forbudt i tunneler. En slik alvorlig hendelse oppstod i forbindelse med brannen i Mont Blanc i 1999, hvor to personer døde i redningskammeret (Jenssen et al., 2017). Dette var et redningskammer underdimensjonert i forhold til den varmeutvikling vi nå vet kan oppstå under ekstreme branner i tunnel. Det taler for strengere krav til det fysiske, kognitive og emosjonelle miljøet i redningsrommet. Forskning viser at redningsrom eller redningskontainere kan være trygge oppholdssted i andre sammenhenger, som for eksempel i forbindelse med bygging av tunneler, med bruk av redningskontainere som er flyttbare (Ingason et al., 2010, Ronchi and Nilsson, 2013, Ronchi et al., 2015). Disse studiene viser at belysning og fargebruk er viktig for opplevd trygghet. Her ble også VR benyttet som eksperimentell metodikk, men i en eldre teknikk kalt "CAVE" og ikke med en hodemontert skjerm (HMD - for dets forkortelse på engelsk) som gir en betydelig forbedret opplevelse av tilstedeværelse i situasjonen. Resultater fra eksperimenter med VR-teknologi er i overensstemmelse med tidligere refererte forsøk i reelle omgivelser. Det forsterker gyldigheten av resultater utført med VR.

Redningsrom er en av flere tiltak Statens Vegvesen vurderer for å bedre forutsetningene for selvredning. Særlig for utsatte vegtunneler med lav trafikk, der det ikke er aktuelt å bygge et nytt parallelt tunnellop. Tidligere mulighetsstudier har indikert et behov for forskning i evakueringsrom, da disse er et aktuelt tiltak for å ivareta selvredningsprinsippet (Njå, 2017). Det er derfor behov for å kvantifisere funksjonskravene til redningsrom, særlig fordi EUs tunneldirektiv i utgangspunktet ikke tillater slike rom uten tilgang til det fri i dag. Direktivet har imidlertid en åpning for nye og innovative løsninger som kan kompensere for kravet, som gir en tilsvarende eller høyere grad av beskyttelse enn gjeldende løsninger. Reell utprøving av redningsrom som dokumentasjon på at de oppfyller funksjonskrav, er en del av det nødvendige forsknings- og utviklingsarbeidet for å kunne dokumentere behov for avvik fra EU-direktivet.

Denne rapporten beskriver resultater fra en studie gjennomført med VR-teknologi. Prosjektet innebærer en simulering av evakuering i vegtunnel. Studien har blitt gjennomført som en fullskala laboratoriesimulering med en gå-plattform for bruk i kombinasjon med Virtual Reality (VR) og 3D-modellering av fem ulike design av redningsrom i en vegtunnel.

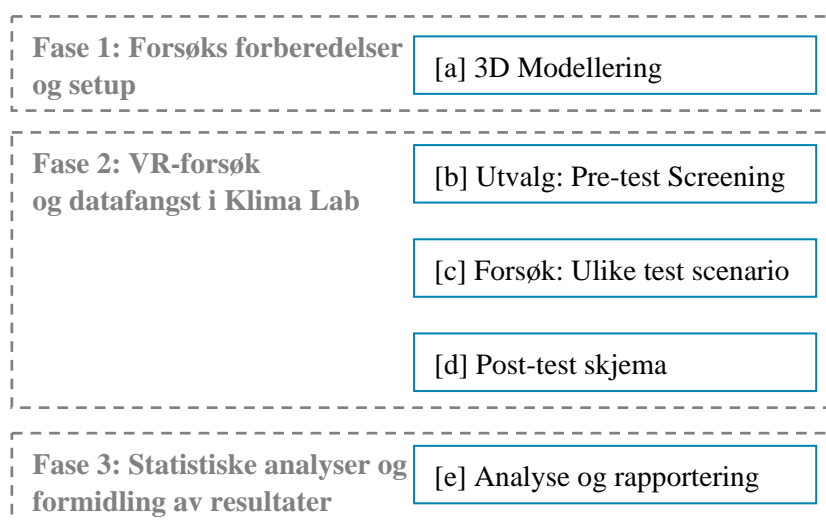
1.1 Målsetting

Prosjektets mål er å simulere designkriterier for utformingen og innredningen av et redningsrom for å få en klartest mulig dokumentasjon av trygghetsfølelse knyttet til opphold i slike redningsrom. Forsøkene ble gjennomført i SINTEF Helse sitt Arbeidsfysiologiske laboratorium i et ISO sertifisert klimakammer med 32 grader celsius og 70 % luftfuktighet. Dette representerer opphold i redningsrom under et "worst case"-scenario. Temperaturen vil i et rom med tiltenkt størrelse og kapasitet til maksimum 50 personer raskt stige opp til 32 grader og 70 % luftfuktighet om ikke ventilasjonen er tilstrekkelig. Kapasiteten er satt ut ifra målsetting om at et redningsrom skal romme en busslast med passasjerer.

Følgende delmål er satt for prosjektet:

1. Hovedhensikten med simuleringen er å utforske i hvilken grad mennesker som oppholder seg i redningsrom føler seg trygge, og om de opplever at sikkerheten deres er tilfredsstillende ivaretatt ut ifra rommets utforming og innredning.
2. Hvilke deler av innredningen/utstyret i rommet påvirker trygghetsfølelsen mest/minst?
3. Hvordan forholder de seg til andre trafikanter som er skadet/trenger omsorg og trygghet?
4. Hvordan atferden er i rommet. Blir de sittende, blir de rastløse, aggressive eller forholder de seg rolig og fornuftig til andre og de beskjeder vegtrafikksentralen gir?

Utformingen tar hensyn til fysiske, funksjonelle og psykologiske forhold som kan knyttes til opplevd trygghet og sikkerhet i rommet. Hvilke deler av innredningen/utstyret som påvirker trygghetsfølelsen mest/minst skal kartlegges. Atferd og sosialpsykologiske forhold tilknyttet hvordan de forholder seg til andre trafikanter i rommet som er skadet/trenger omsorg og trygghet ble registrert og dokumentert. Figur 2 viser forskningsprosessen i ulike faser, fra 3D modellering, gjennomføring av VR-forsøk til analyse og rapportering.



Figur 2. Forskningsprosessen i ulike faser.

2 Måleparametre

For å kunne besvare forskningsspørsmålene, ble forskjellige måleparametre benyttet i prosjektet. Disse var både objektive og subjektive. Tabell 1 viser de objektive og subjektive måleparametrene som ble brukt for å besvare hvert delmål i studien. Hver måleparameter er videre beskrevet nedenfor.

Delmål	Objektive måleparametre			Subjektive måleparametre		
	Målbar atferd (Oppgaver)	Fysiologiske mål (Pulsmålinger)	Øyefiksering (registrert med eye-tracking)	Psykometriske mål (LCB og GSE)	Opplevd trygghet og preferanse av rom (Spørreskjema)	Hendelseslogg (Teknisk protokoll)
1		✓	✓	✓	✓	
2		✓	✓		✓	
3	✓		✓			✓
4	✓	✓		✓		✓

*NB: Delmålnumrene tilsvarer tallene gitt i Seksjon 1.1.

2.1 Objektive måleparametre

Studien ble gjennomført med HMD, pulsklokke til pulsmålinger, og eye-tracking, som ikke bare dokumenterte hva personer fokuserer på ved interiør/utstyr i redningsrom, men også gav økt dybdeinformasjon om hva folk fokuserte på, hvordan de fokuserte, og har fungert som en objektiv dokumentasjon av trygghet og kognitiv belastning (dvs. stresspåvirkning og konsentrasjon, samt evnen til å oppfatte betydning). Observasjonsmønsteret er en viktig KPI-indikator (*Key Performance Indicator*) som reflekterer hvor trygt eller stresset folk føler seg i situasjonen.

2.1.1 Målbar atferd

Som en viktig objektiv måleparameter, ble atferd registrert. For dette formålet, ble forskjellige oppgaver utviklet for gjennomførelse av hver deltager. Disse er beskrevet i følgende tabell med målbare atferds oppgaver.

Målbar atferd	Oppgave ved opphold i redningsrom
Kommunikasjon med VTS	<i>Finner telefon og gjennomfører råd fra Vegtrafikksentralen.</i>
Førstehjelp	<i>Finner førstehjelpsutstyr, vannflaske og teppe.</i>
Omsorg	<i>Forsøker å hjelpe skadde.</i>
Annen atferd	<i>Sitter ned, går ut igjen, leser infotavler, snakker med andre.</i>

I tillegg, ble forskjellige sosiale scenarioelementer innført; dvs. å være sammen med mange andre (maks 20 personer), og at noen simulerte person-figurer snakket et utenlandsk språk. Selv om alle oppgavene ble like i alle varianter av redningsrom, var rekkefølgen av disse ulike for alle deltagerne. Variasjon av rekkefølgen på oppgavene var avhengig av mottatt informasjon. Det vil si enten ved at deltagerne først kommuniserte med vegtrafikksentralen (VTS) og fikk instruksjon om å hjelpe andre, eller ved at deltagerne selv bestemte seg for å hjelpe skadde personer, uten å ha snakket med VTS først. Etersom oppgavene var like i alle rom, var det også en mulig læringseffekt der noen deltagerne kunne gjennomføre oppgavene uten å ha tatt kontakt med VTS etter å ha vært igjennom prosedyren et par ganger. Dette er videre diskutert i Seksjon 6. Dessuten var det noen som ikke tok kontakt med VTS først, men når de var nær nok høyttaleren/telefon, ble kontaktet av VTS (dvs. at

forsøksleder slo på video/lyd fra VTS). Kommunikasjon med VTS skjedde via en høyttaler/telefon med eller uten en skjerm avhengig av hvilket rom det ble plassert i og som gjorde det mulig å se og høre en VTS-operatør eller høre bare via høyttaler. Plassering av høyttaler og/eller skjerm ble variert. Enten var høyttalertelefonen med/uten skjerm på veggen rett fram når du kommer inn eller så var det bak inngangsdøren. Bruk av både video og tale i det audiovisuelle samspillet er kjent for å øke forståelse og hørselsoppfatning hos mennesker (Schwartz et al., 2004, Mattheyses and Verhelst, 2015), dvs. hvis en person kan se og lese leppene til den andre personen blir meldingen mer tydelig og lettere å forstå. Vi ønsket her å sammenligne effekt av kommunikasjon med og uten skjerm i en potensielt stressende setting.

2.1.2 Fysiologiske måleparametre

Heart rate variability (HRV), karakterisert av modulering av hjerteperioden, er generelt målt med standardavviket for intervaller mellom R-bølger i hjertesykklusen (engelsk akronym: SDRR). Forskning viser at HRV er sensitiv til nylige opplevelse av emosjonelt stress, uavhengig av en persons fysiske form og disposisjon mot å oppleve angst (Dishman et al., 2000). Dermed ble HRV registrert på alle forsøksdeltagere via pulsmålinger med en POLAR RS800CX pulsklokke.

2.1.3 Øyefiksering

En hodemontert VR skjerm (HDM) med eye-tracking er nødvendig i eksperimenter der vi studerer hva folk ser på, det vil si hva slags informasjon de tar inn og bearbeider, og eventuelt interagerer med. Ved hjelp av dette utstyret kan det avgjøres hvilke objekter folk fokuserer på og bruker i beslutningsprosessen. Tidligere studier har i stedet for eye-tracking, brukt intervju og spørreskjema etter gjennomført forsøk, men denne metoden har store begrensninger på grunn av hukommelsen til folk. Tidligere undersøkelser har vist at folk vanligvis ikke husker alle detaljer, og heller ikke kan peke på hva som var viktig for deres beslutningstaking. Deler av informasjonsinnhentingen vi gjør med blikket er også så hurtig (sakkader dvs. raske øyebevegelser der blikket flytter fra et punkt til et annet/1000 deler sekund) og automatisert at vi ikke har et bevisst forhold til det. På grunn av studiefokus ble måling av sakkader ikke benyttet i dette forsøket. I forsøket kunne vi se hva og i hvilken rekkefølge deltagerne fokuserte på forskjellige objekter, og dermed forstå hvorfor de handlet på en bestemt måte. Dette ble registrert med bruk av eye-tracking. Opptak av eye-tracking og bevegelsesmønster/gå-plattform muliggjorde avspilling av forsøket i etterkant for dypere analyse. I dette prosjektet har SINTEF brukt eye-tracker-systemer i VR av typen HTC Vive med Tobii's eye-track-system i kombinasjon med spørreskjema. Spørreskjemaene er brukt til å supplere informasjonen, og til å identifisere personlige følelser og erfaringer som ikke kan identifiseres med eye-tracking.

2.2 Subjektive måleparametre

For å kunne supplere objektive data fra studien og skaffe en helhetlig oversikt over deltageres preferanser, ble subjektive måleparametre brukt. Subjektive måleparametre betyr at samlet informasjon er basert på f.eks. personlige meninger, følelser og personlige tolkninger av en gitt situasjon. Ettersom et delmål i studien er å studere bl.a. rompreferanse, ble spørreskjemaer benyttet. Deltagerne fylte ut spørreskjemaene ut ifra deres egne meninger og preferanser. I tillegg, ble tekniske protokoller brukt i studien for å registrere en log av hendelser i forsøket. De neste underseksjonene beskriver de subjektive måleparametrene brukt i studien.

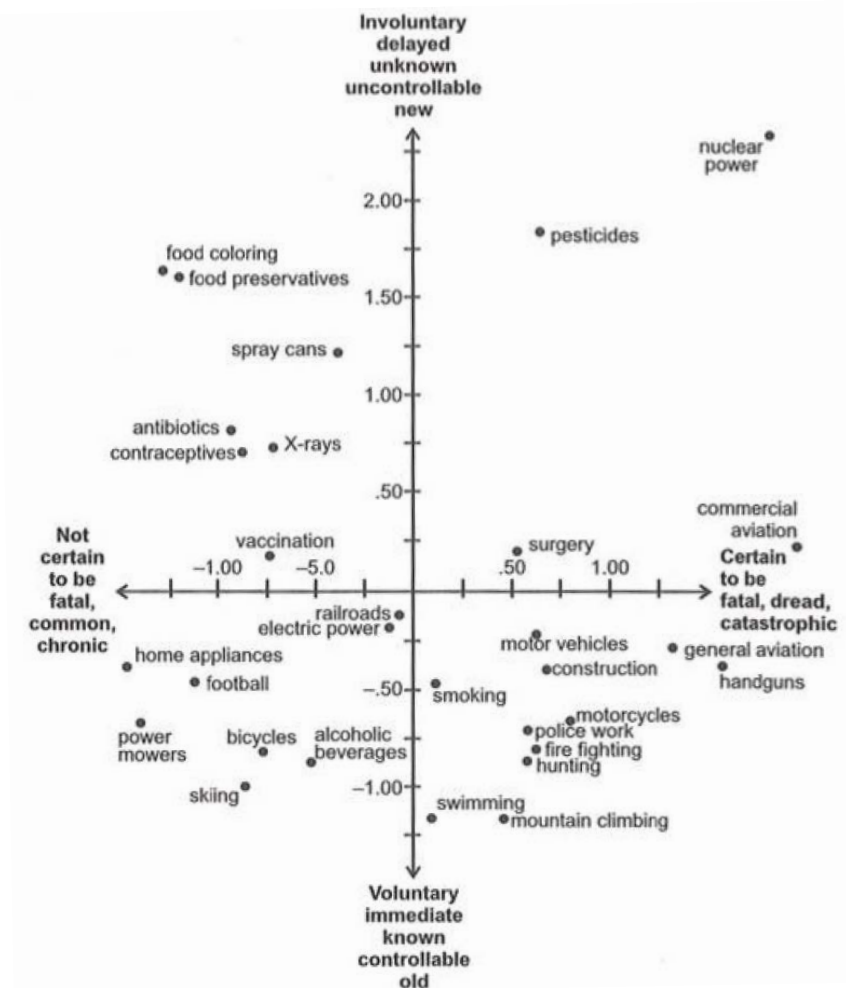
2.2.1 Psykometriske måleparametre

To psykometriske mål ble inkludert og evaluert i forsøkene:

- i. *Locus of Control of Behavior* (LCB) er definert som varige forventninger eller tro på hvor kontrollerbart et miljø er. Dette er kalt "*Mestring av problemer og vansker*" (Craig et al., 1984). LCB består av 17 spørsmål med score fra 1 (helt uenig) – 6 (helt enig). Den totale score går fra 17-102. Høy ekstern poengscore indikerer at personen er ekstern kontrollert, dvs. at livet oppfattes som forutbestemt av skjebnen, tilfeldigheter og autoriteter. Lav score indikerer at deltageren ser på seg selv som kapabel til å håndtere egen skjebne. Opplevd kontroll i en situasjon samsvarer i

stor grad med opplevd stress. I tillegg påvirker kunnskap om hvor farlig (dødelig) noe er inn på grad av bekymring, frykt og stressnivå.

- ii. General Self-Efficacy Scale (GSE) er en psykmotriskskala designet for å evaluere optimistisk selvtillit. Det vil si hvor optimistisk du er i forhold til å takle en rekke vanskelige krav og utfordringer i livet (Schwarzer and Jerusalem, 1995). Dette er kalt "Innstilling til vansker", og er designet til å måle en persons tro på egen evne (mestringstro – self-efficacy); «troen på at man er kapabel til å kontrollere ens egen utføring av en bestemt oppgave». GSE-5, en forkortet GSE-skala, består av 5 spørsmål med en score fra 1 (stemmer ikke i det hele tatt) – 4 (stemmer helt). Den totale score går fra 5 til 20. Høy score indikerer at deltakeren har høy mestringstro, mens lav score indikerer det motsatte.



Figur 3. Kart over plassering av risikoelementer i en to-faktormatrise (Fischhoff et al., 2000).

Hvor dødelig eller katastrofal vi anser en aktivitet å være og hvor kontrollerbar vi anser faren er, påvirker opplevd stress, frykt og bekymring for aktiviteten eller eksponering for noe. Figur 5 viser et kart over plassering av risikoelement i en to-faktor matrise der den horisontale aksen går på hvor dødelig vi anser en aktivitet å være og den vertikale aksen representerer hvor kontrollerbar vi opplever aktiviteten er (Fischhoff et al., 2000). Designelement ved redningsrom som gir opplevd kontroll kan hypotetisk øke trykghetsfølelse. Kunnskapen om risiko forbundet med redningsrom uten utgang til det fri er sannsynligvis lav i befolkningen.

2.2.2 Opplevd trygghet og preferanse av rom

Et spørreskjema ble utviklet og tilpasset oppgaven og miljøet som ble testet (opphold i redningsrom). Spørreskjemaet er viktig for å fange opp subjektive opplevelser av opphold og interaksjon med utstyr og andre personer i redningsrom. Subjektive data fra spørreskjema/intervju ble sammen med eye-tracker data og atferd data sentrale indikatorer for atferd og opplevelse av opphold i rommet.

Tabell 3. Variabler brukt i spørreskjema til å evaluere preferanser og opplevd trygghet.

Variabel	Rangerte påstand
Utseende	<i>Det sikre rommet ser bra ut.</i>
Trygghetsfølelse	<i>Det føles som et trygt sted å være.</i>
Plassering av høyttaler	<i>Jeg liker plassering av høyttaleren.</i>
Belysning	<i>Jeg liker belysningen av rommet.</i>
Romaksept	<i>Jeg ville uten problem akseptert å sitte der et par timer.</i>

*NB: Hver påstand ble evaluert med en 5-punkt skala, fra 1 - "Helt uenig" til 5 - "Helt enig".

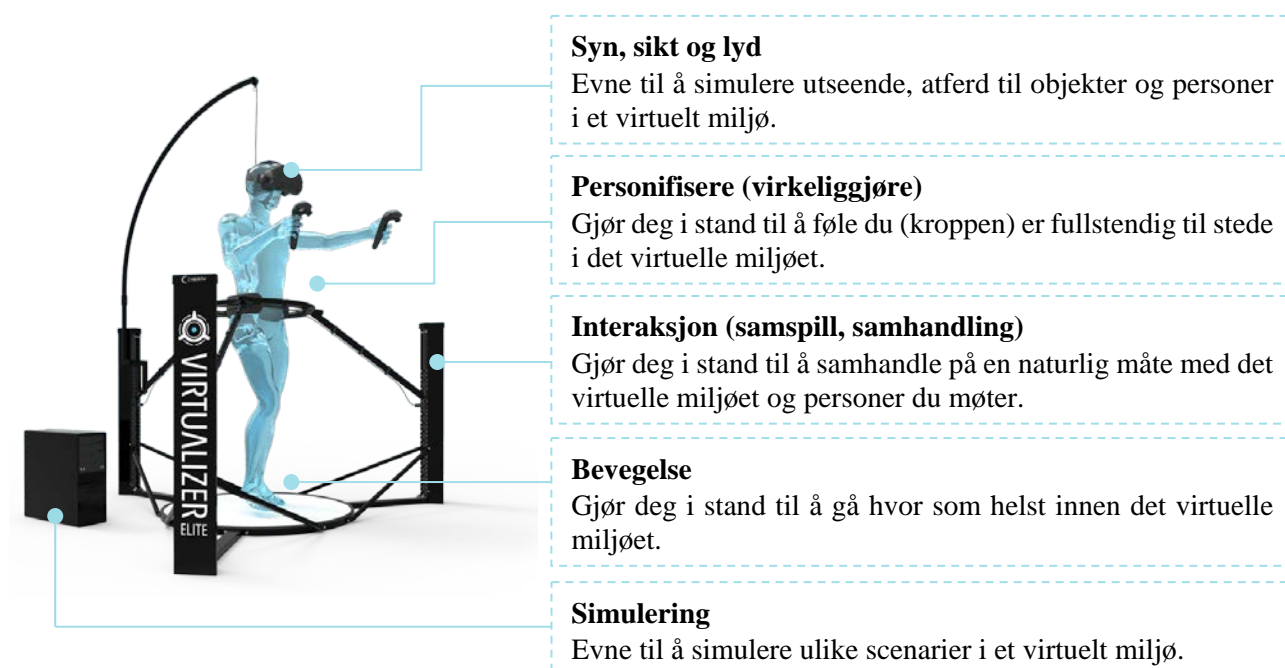
2.2.3 Hendelseslogg

For å ha kontroll over alle hendelser som oppstod i et forsøk med både personer og teknisk utstyr, ble tekniske protokoller benyttet for hvert forsøk. En teknisk protokoll er et skjema laget og brukt av forskningsleder (dvs. forsker som leder og er til stede i hvert forsøk) der man loggfører hendelser for hånd, f.eks. programfeil, deltagerens tilstand, uventet atferd, VR-kvalme eller omstart av programvare. All informasjon om deltagerne som ble registrert i protokollene ble anonymisert ved bruk av kandidatnummer. En liste som knyttet kandidatnummer til kontaktinfo, ble lagret på en intern PC i overensstemmelse med retningslinjer fra Norsk senter for forskningsdata (NSD). De tekniske protokollene var til hjelp for å samle data som ellers ikke hadde blitt registret på annen måte, og er en vanlig metode brukt i forskning. Informasjonen fra hendelsesloggen ble analysert for å supplere resultater fra andre måleparametre.

3 Metode

3.1 VR-Simulering

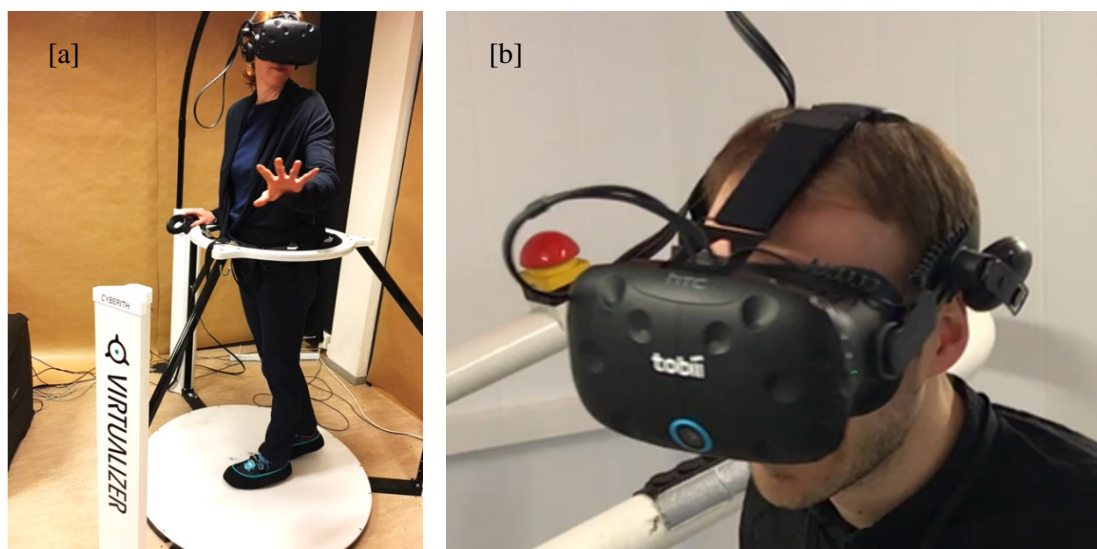
I hvilken grad trygghet og sikkerheten ved bruk av redningsrom uten utgang til det fri i tunneler er tilfredsstillende med de gitte designkriterier, ble studert gjennom bruk av fullskala laboratoriesimulering med gå-plattform i kombinasjon med virtuell virkelighet (VR) og 3D-modell av en norsk vegtunnel. Dette gav en realistisk gjengivelse av omgivelsene, riktig dybdesyn, realistisk ganghastighet, samt stor fleksibilitet i basis 3D modell for bruk i VR med hensyn på design av scenarier og forsøksparametere. Et Head Mounted Display (HDM) med innebygd eye-tracker ble benyttet for å dokumentere hva folk fokuserte på hvor lenge og hvor ofte. Fokuset var på evalueringsfasen som starter da trafikanten har forlatt kjøretøyet og står utenfor dette. For å kunne gå i den virtuelle 3D-modellen ble det benyttet en gå-plattform i kombinasjon med VR.



Figur 4. Fordeler med bruk av VR i kombinasjon med gå-plattform.

3.2 Utstyr

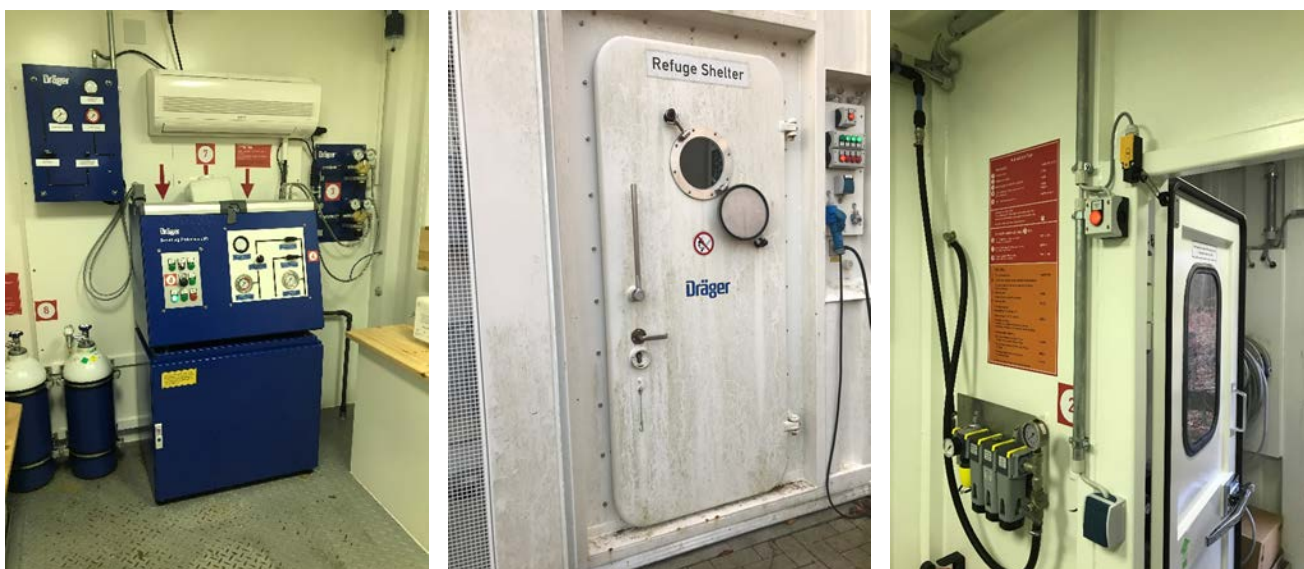
Forsøket ble utført i SINTEF Digital avdeling Helse sitt Arbeidsfysiologiske laboratorium i et ISO sertifisert klimakammer med 32 grader celsius og 70 % luftfuktighet, med Cyberith Virtualizer utstyr (gå-plattform) og HTC Vive (VR-briller). Posisjonering ble registrert ved sensorer montert i taket over og rundt gå-plattformen. Sensorer i gå-plattformen registrerte den retningen kroppen er vendt og ganghastighet. Forsøkene ble utført ved SINTEFs klimalab i Trondheim (Arbeidsfysiologisk lab. SINTEF Helse). SINTEF har utviklet en 3D-modell av en tunnel, med fem ulike varianter av et redningsrom (se Seksjon 3.4). 3D modellen av tunnelen var laget ut ifra senterlinjen til Oslofjord-tunnelen, men i 10.5 m profil (Statens Vegvesen, 2016) som en ettløpstunnel. Samsvar i funksjonalitet ble sjekket før oppstart av studien via en pilot-test for å sjekke at gå-plattform og interaksjon med forskjellige elementer (dvs. dører, objekter og detektering av disse) samt at eye-tracker samlet data og kunne spilles av etterpå. Oppfattet visuell fart kan skille seg ut fra målt fart (Caramenti et al., 2018). Målt gangfart i gå-plattformen ble derfor justert før den ble benyttet som input til å styre det virtuelle kameraet i Unity. Denne justeringen var i samsvar med justeringer gjort og validert i (Jensen et al., 2018).



Figur 5. VR utstyr brukt i forsøket. Cybereth Virtualizer [a], og HTC Vive headset [b].

3.3 Fokusgruppe

Eksisterende redningskontainere for bruk i gruveindustrien og byggefasen av veg- og jernbanetunneler er designet for profesjonelle brukere (se Figur 6). Betjening og overvåking av CO₂-rensing, aktivering av oksygenflasker og tilgang på oksygen med mer har relativt kompliserte brukergrensesnitt som krever opplæring. For å utvikle en type redningsrom og redningskontainere med universell utforming og lav bruker terskel engasjerte vi en masterstudent ved NTNU Institutt for Design (Ragnhild F. Liven) til å lage prototyper og teste disse i en fokusgruppe bestående av seks personer.

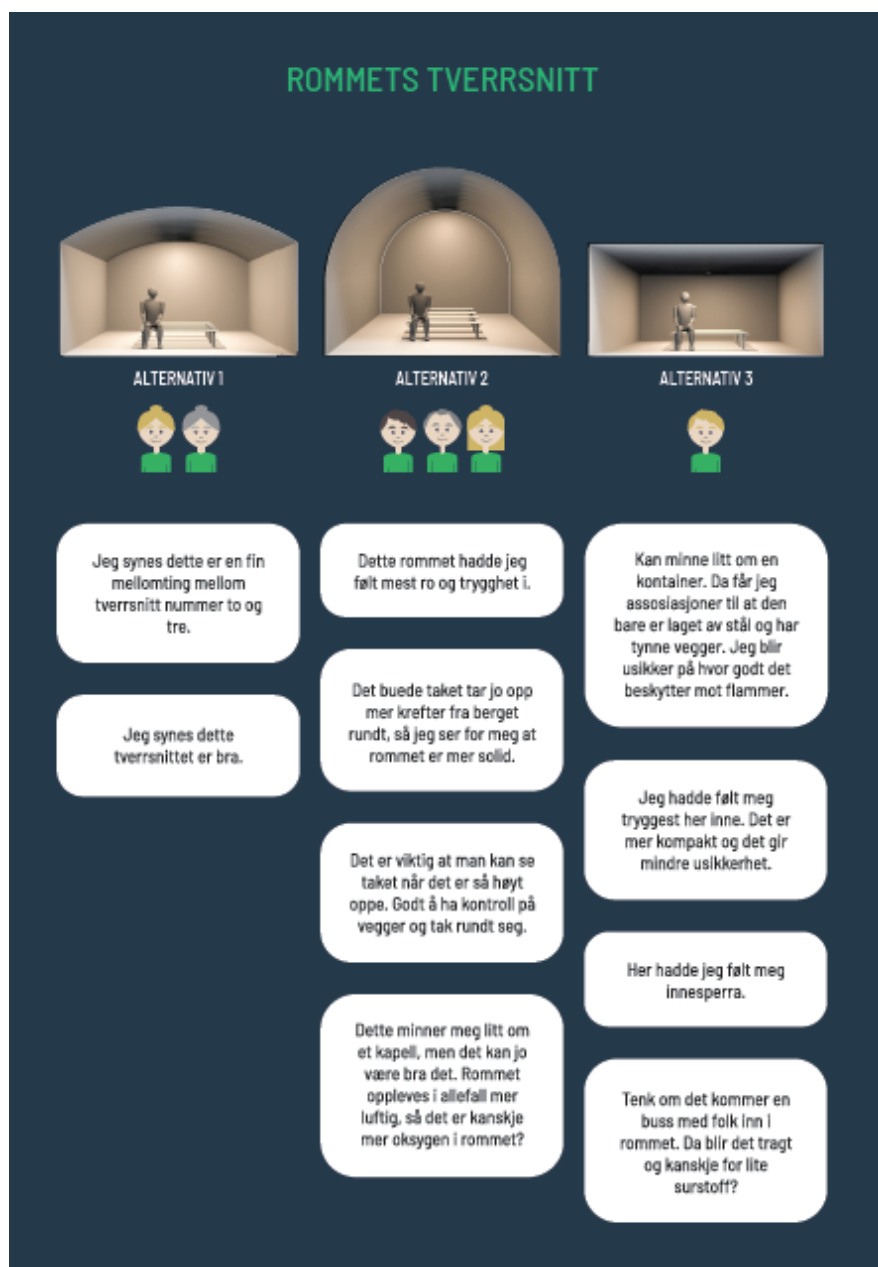


Figur 6. Typisk utstyr og betjeningspanel for oksygenflasker og CO₂ rensing. Foto: Dräger.

Tre designkriterier ble ut ifra litteraturstudier, prioritert i fokusgruppen:

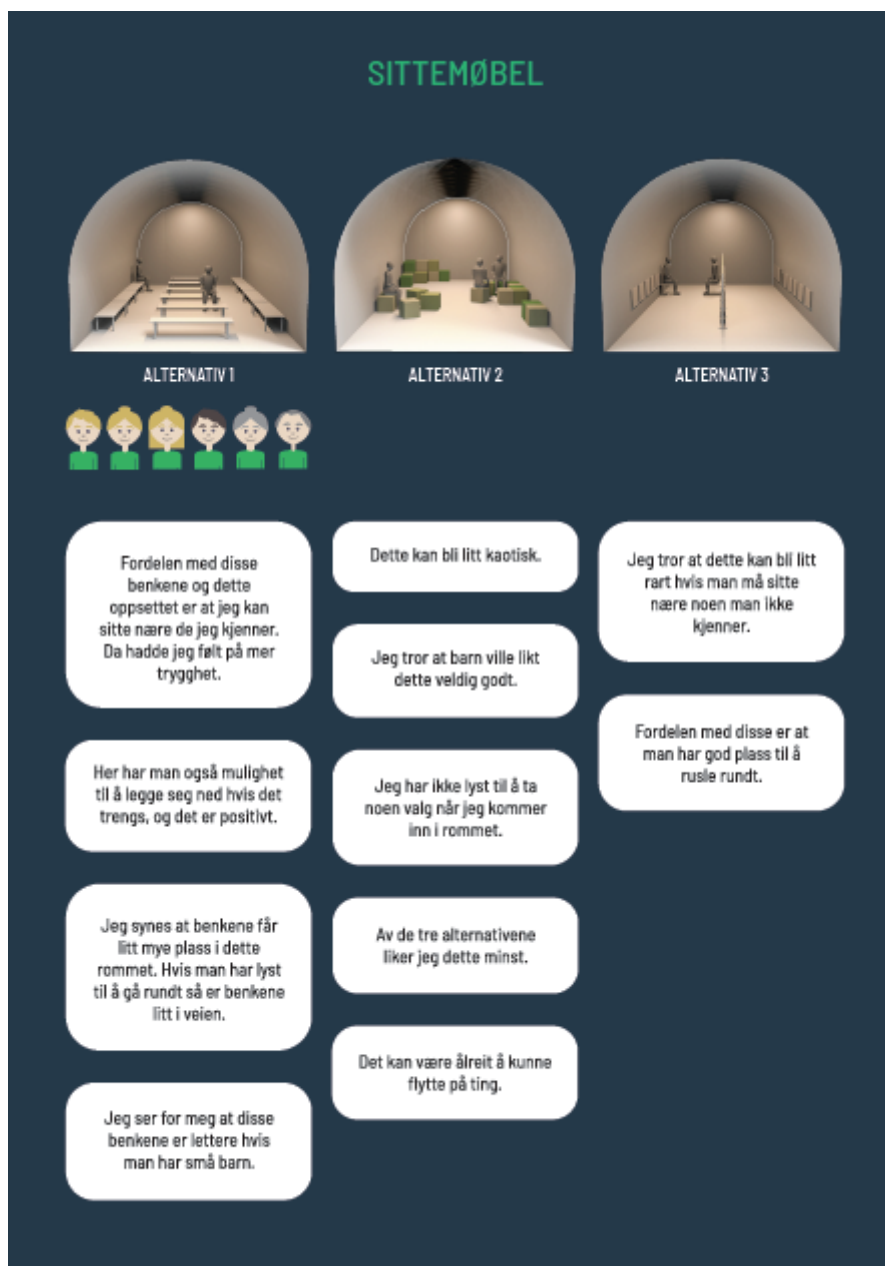
- i. Rommets tverrsnitt, hvor 3 av 6 personer foretrekker et buet tverrsnitt med stor takhøyde,
- ii. Innredning, 3 av 6 personer foretrekker en innredning med benker, og
- iii. Informasjon, 4 av 6 personer foretrekker forenklet informasjon med store symbol og illustrasjoner.

Kommentarene fra personer som deltok i fokusgruppe er illustrert i Figur 7, Figur 8, og Figur 9.



Figur 7. Fokusgruppe - kommentarer om foretrukket tverrsnitt på rommet. Illustrasjon: Ragnhild Liven.

Alle tverrsnitt ble brukt videre i VR testen.



Figur 8. Fokusgruppe - kommentarer om foretrukket innredning av rommet. Illustrasjon: Ragnhild Liven.

Innredning basert på alternativ 3 ble brukt i videre VR-testing. Klappstoler ble valgt fordi:

- Gir flere sitteplasser en alt. 1 og 2.
- God plass til å bevege seg under testen.
- Mulighet til å legge seg ned på gulvet for flere. Tepper kan brukes til å gjøre det mer bekvemt.
- Det er mulig å sitte sammen kjente også på klappseter eller velge å ha litt avstand om det er få i rommet.
- Det var ingen viktige argument mot bruk alt. 3 selv om Alt 1. fikk høyest skåre.

Vi har valgt å teste klappseter, men benker kan være et godt alternativ.



Figur 9. Fokusgruppe - kommentarer om foretrukket informasjonsformat. Illustrasjon: Ragnhild Liven.





På bakgrunn av resultatene fra fokusgruppen, ble informasjonsformat med lite tekst og med personsymboler anvendt.


3.4 Simulerings modeller

3.4.1 Redningsrom

Alle de simulerte rommene er dimensjonert for 50 personer, har en sluse med dør inn mot redningsrom og en dør tilbake til tunnelen. Alle versjonene av redningsrommene får kontinuerlig tilgang på friskluft via slange i brannsikret kulvert gjennom tunnellopet. Rommene må ha overtrykk og sluse som hindrer at røyk eller farlige gasser trenger inn fra tunnelen utenfor. Det er ingen utgang til fri luft fra rommet. Det er et rom der folk må vente til de kan bli reddet. Lys-setting av 3D modell var erfaringsbasert og designmessig avgjort for å oppnå ønsket visuell lyssetting for hvert scenario, dvs. disse ble ikke tatt ut ifra faktiske lys-definisjoner fra lysfabrikanter. Forsøket medfører sådan ikke noen føringer for eller mot bruk av spesifikke lysarmaturer, men gir heller en føring mot spesifikke designmessige lysbilder.

Tabell 4. Beskrivelse av ulike testscenarier (redningsrom)

Test scenario	Dimensjoner	Design kjennetegn
Basis rom 1 	Basis rom Høyde – 2.4 m. Bredde – 5 m. Lengde – 10 m.	Mørkt, dårlig belyst
Bergrom 1 	Basis bergrom Høyde – 2.4 m, 3.15 m ved høyeste punkt. Bredde – 5 m. Lengde – 10 m.	Utforming lik Oslofjordtunnelen med duk og berg synlig. Giertsen-duk som tak, for referanse på lys og refleksjonsegenskaper.
Bergrom 2 	Bergrom med utvidet takhøyde Høyde – 3.25 m, 4.75 m ved høyeste punkt. Bredde – 5 m. Lengde – 10 m.	Utformet med større takhøyde (5.5 m profil). Giertsen-duk som tak, for referanse på lys og refleksjonsegenskaper.
Kontainerrom 1 	Basis kontainer Høyde – 2.4 m. Bredde – 5 m. Lengde – 10 m.	Adskilte rom for WC og sykesenger

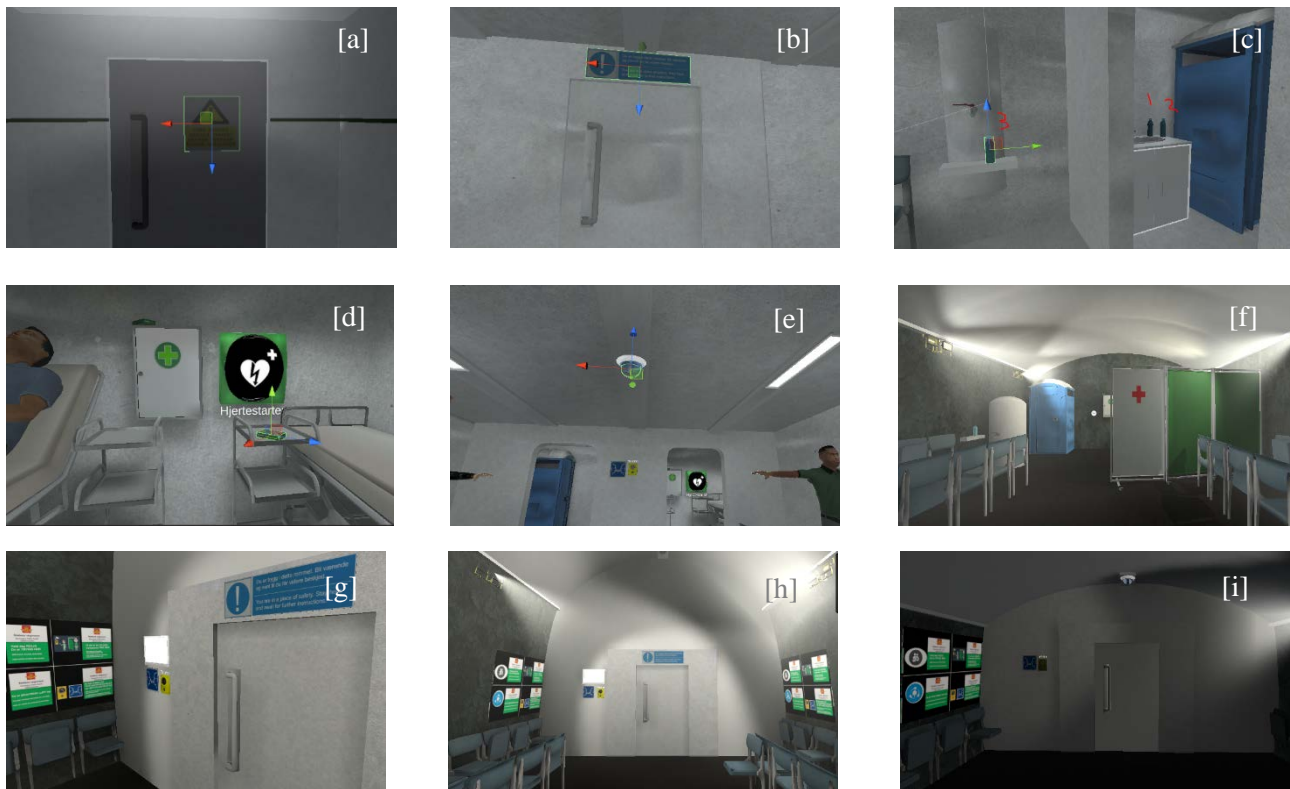
<p>Kontainerrom 2</p> 	<p>Kontainer med utvidet (visuelt) takhøyde Høyde – 2.4 m. Bredde – 5 m. Lengde – 10 m.</p>	<p>Illusjon av stor takhøyde med blått lys. Adskilte rom for WC og sykesenger.</p>
--	---	--

3.4.2 Inventar i rommene

Følgende elementer var simulert i redningsrommene. Grafisk utforming skjedde i samråd med prosjektgruppen til Statens Vegvesen. Figur 10 viser forskjellige elementer i rommene.

- Høytaler/Telefon til veg og trafikksentral (VTS)
- Førstehjelps-skrin/skap på vegg
- Hjertestarter
- Teppe (metallfolie/førstehjelp)
- Vannkilde/beholder
- Sitteplasser: klappseter langs vegger og midtrekke (mot begge sider/vegger)
- Toalett (portapotty-style) i ett hjørne
- Høytaler (plassert på veggen til venstre for inngangsdøren i Basisrom og i bergrommene; og rett frem i begge kontainerrommene)
- Modell på CCTV plassert i rommene (med skiltet at det var overvåking)
- Skilt på veggen
 - Symbol og instruksjon for bruk av telefon, symbol førstehjelpsskrin og hjertestarter, symbol vann, symbol toalett
 - Instruksjon på innsiden av døren («ikke gå uten følge av redningsmannskap»)

Det er viktig å presisere at telefonen var av offentlig type, dvs. det besto av en høytaler som kunne høres av alle i et lignende rom, og en skjerm som tillot å se en person fra VTS. Derfor er ordene høytaler og telefon brukt om hverandre på tvers av dokumentet. Skjermen var tilgjengelig kun i Bergrom 2 og Kontainerrom 2. Høytaleren ble plassert på veggen til venstre av inngangsdøren til redningsrommene i basisrom og i begge bergrommene, mens det var plassert rett frem på begge kontainerrom.



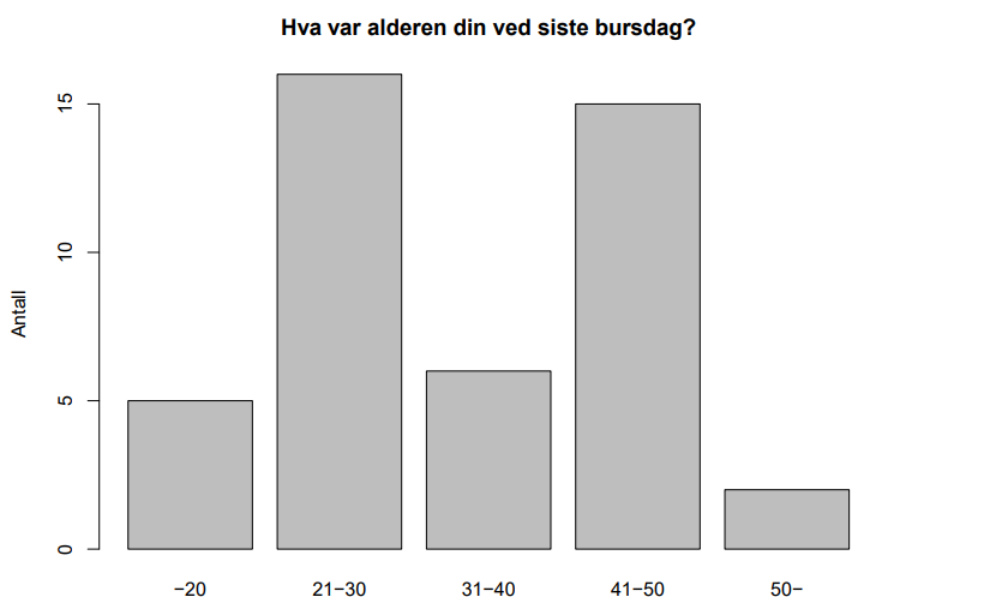
[a] Exit skilt til tunnel; [b] 'Du er trygg'-skilt; [c] vannflasker; [d] sykeseng-område med førstehjelpskap, hjertestarter, teppe; [e] CCTV-kamera i kontainerrom; [f] sitteplasser, toalett; [g] høyttaler/telefon (i basis rom og i bergrom); [h] klappseter, høyttaler, TV; [i] høyttaler, CCTV i basisrom og i bergrom.

Figur 10. Simulerte elementer i redningsrommene.

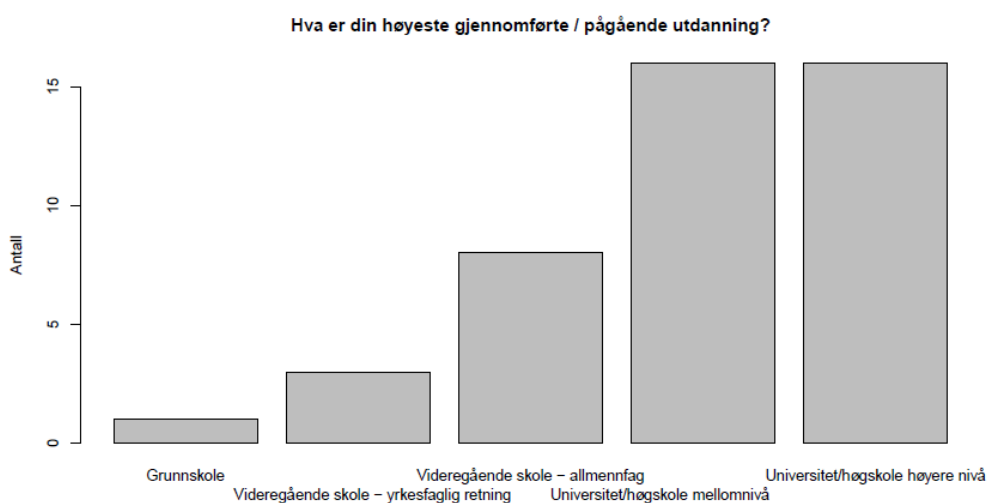
4 Forsøk

4.1 Utvalg av forsøksdeltagere

Deltagere til studien ble rekruttert via utlysning på sosiale medier og gjennom SINTEFs nettverk. Det ble tilstrebet å rekruttere deltagere i alderen 15 – 65 år med ulik alder, kjønn og kulturell bakgrunn. Deltagerne meldte seg frivillig, og studien ble gjennomført i januar og februar 2019. Hver deltager brukte omtrent to timer på å gjennomføre studien. Totalt gjennomførte 44 personer studien, der 18 var kvinner og 26 var menn. Deltagerne hadde en gjennomsnittsalder på $M=34,5$ ($SD=12,7$). Figur 11 viser en god spredning i alder, med en overvekt av personer i alderen 21-30 og 41-50 år, og Figur 12 viser at de fleste forsøksdeltagerne hadde et relativt høyt utdanningsnivå.

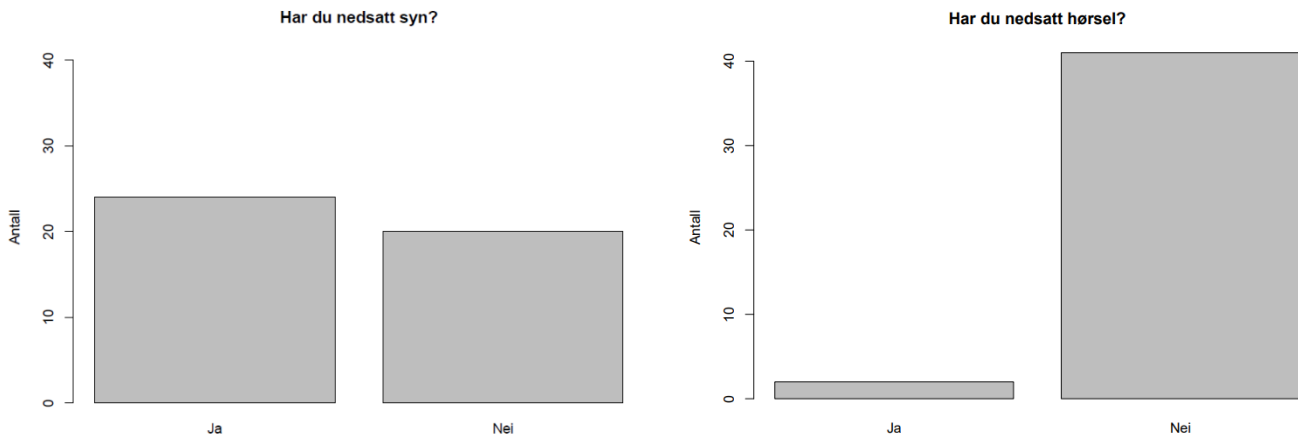


Figur 11. Aldersfordeling i utvalget.



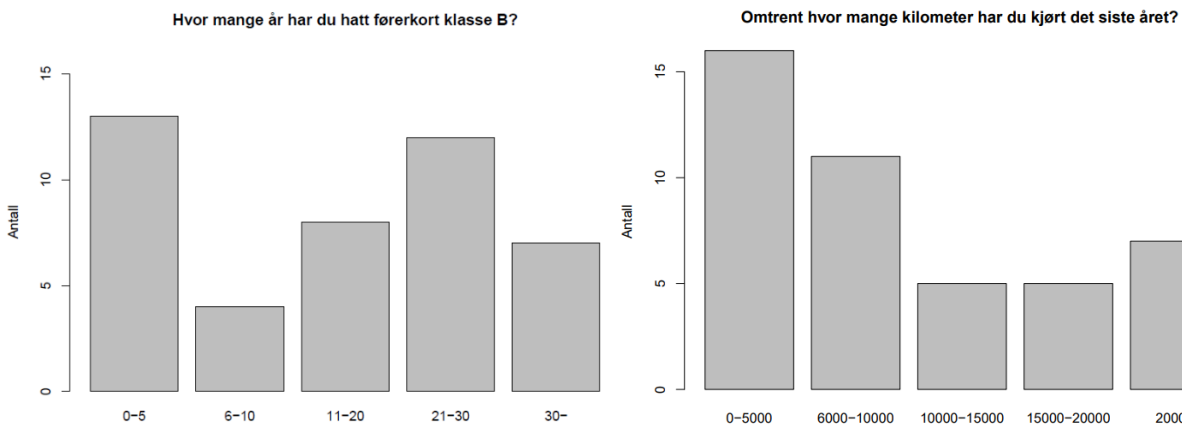
Figur 12. Antall deltagere fordelt på utdanningsnivå..

Figur 13 viser at omtrent halvparten av utvalget hadde nedsatt syn, mens majoriteten ikke hadde noe form for nedsatt hørsel. Alle personer med nedsatt syn brukte briller eller kontaktlinser under forsøkene. Bruk av briller hindrer ikke bruk av VR-headsettet.



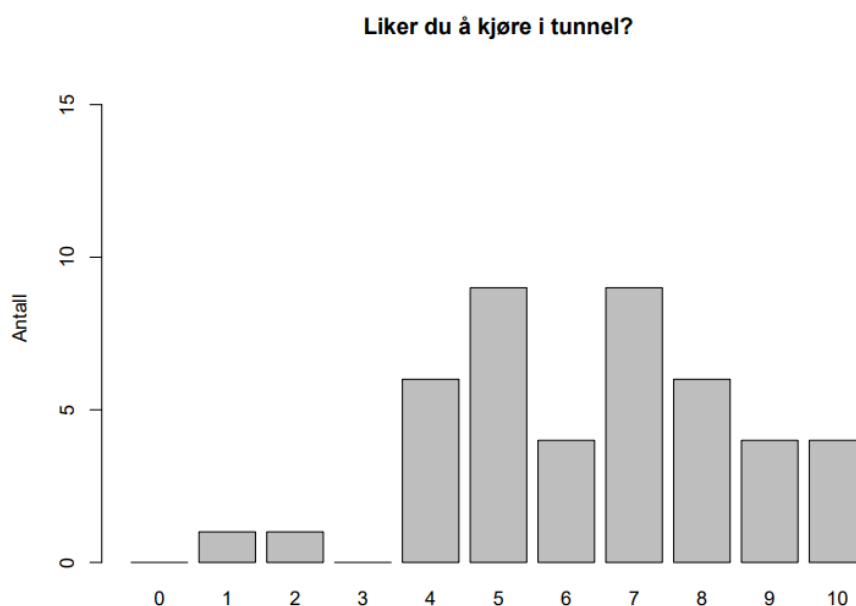
Figur 13. Antall deltagere med nedsatt syn (venstre), og med nedsatt hørsel (høyre).

Figur 14 viser at de fleste deltagere har hatt førerkort i mindre enn 5 år, eller mellom 21 til 30 år. Samtidig, viser figuren at majoriteten i utvalget har kjørt mellom 0 til 5000 kilometer det siste året. Redningsrom er tiltenkt brukt av alle trafikanter enten de er førere eller passasjerer i buss eller bil. Førerkort har i tråd med det ikke vært et krav for deltakelse i studien.

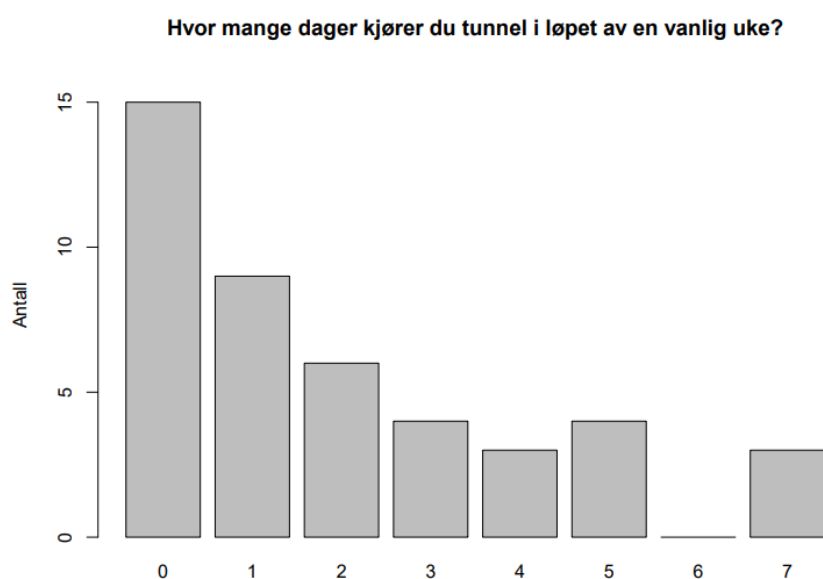


Figur 14. Antall år med førerkort i utvalget (venstre), og fordeling av kjørte km per år i utvalget (høyre).

I screening før forsøket ble erfaring med kjøring i tunnel (frekvens), og holdning til å kjøre i tunnel evaluert. Holdningen ble evaluert via et spørsmål med skala fra 0 til 10, hvor 0 var "misliker helt slik kjøring", og 10 var "liker absolutt slik kjøring". Majoriteten i utvalget markerte seg som positiv til å kjøre i tunnelen med en score over 5 poeng i skalaen (se Figur 15). Frekvensen av kjøring i tunnel viste at majoriteten kjører i tunnel mindre enn 3 dager per uke (se Figur 16).

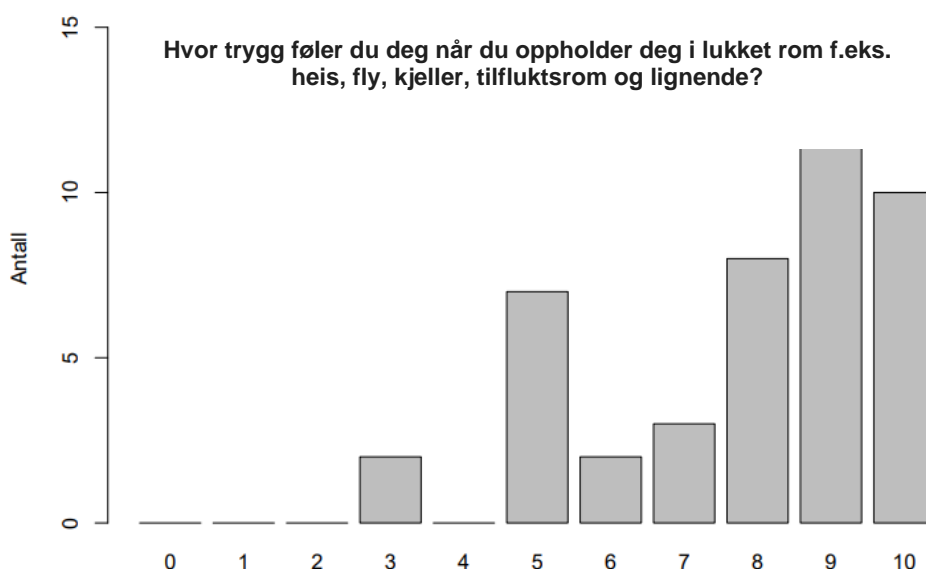


Figur 15. Forhold til tunnel i utvalget.



Figur 16. Frekvensen av kjøring i tunnel per uke.

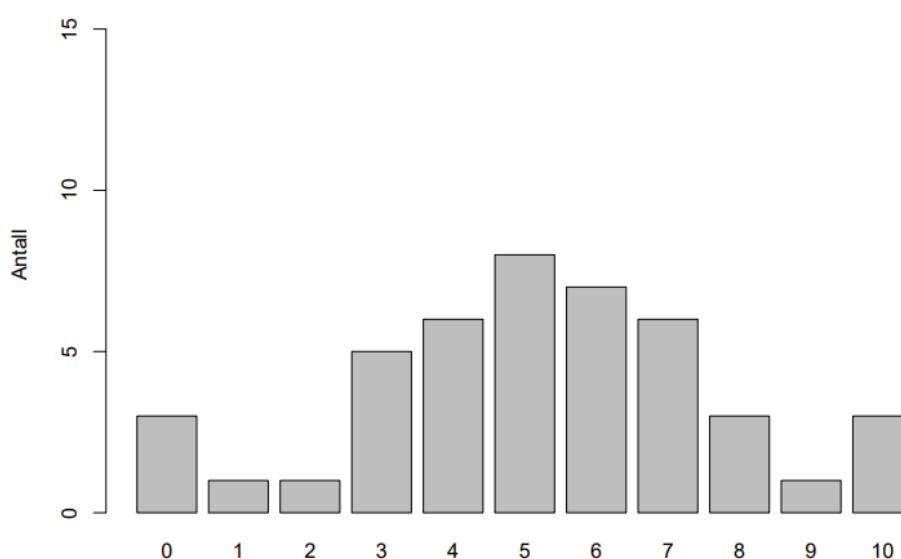
I tillegg ble holdning til opphold i lukket rom evaluert, hvor trygghetsfølelse til slike rom (f.eks. heis, fly, tilfluktsrom og lignende) ble rangert på en skala fra 0 til 10, hvor 0 var "veldig utrygg" og 10 var "veldig trygg". Figur 17 viser at majoriteten svarte at de hadde positive trygghetsfølelser ved opphold i lukket rom, mens veldig få deltagere rapporterte at de følte seg utrygg i lukkede rom.



Figur 17. Trygghetsfølelse av å oppholde seg i lukket rom.

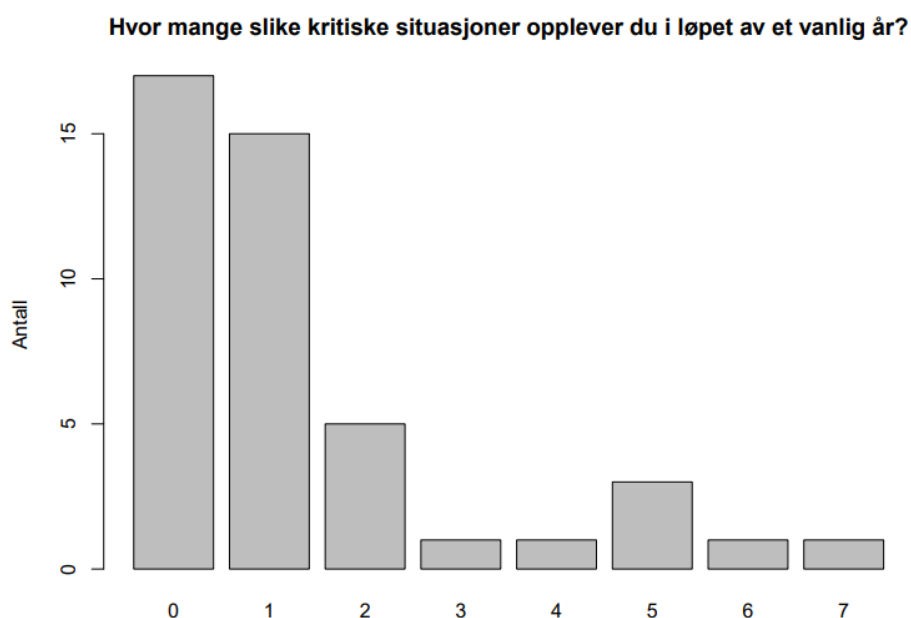
Erfaringen med kritiske situasjoner (f.eks. brann, ulykke, trussel eller annen fare) ble også evaluert. Tre skala-spørsmål ble brukt til dette formålet. Det første spørsmålet informerer om holdning til kritiske situasjoner. Skalaen var fra 0 til 10, hvor 0 var "misliker helt slike situasjoner" og 10 var "liker absolutt slike situasjoner". Figur 18 viser en tilnærmet normalfordeling - de fleste av deltagerne holdt seg midt på skalaen, noen som indikerer at de har en nøytral holdning til situasjoner med fare. Fordelingen av svar på dette spørsmålet viser imidlertid at noen få deltagere misliker i stor grad slike situasjoner (5 personer, score 0-2), mens det var en svak overvekt av personer som liker å håndtere kritiske situasjoner (7 personer, score 8-10).

Liker du å håndtere kritiske situasjoner?



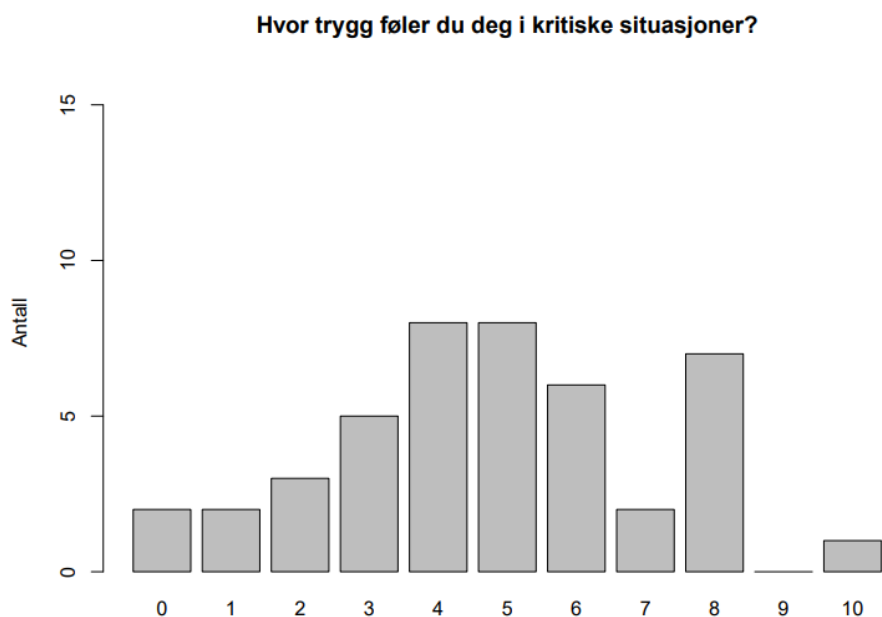
Figur 18. Forhold til kritiske situasjoner i utvalget.

På spørsmål om hvor mange kritiske situasjoner forsøksdeltagere opplever i løpet av et vanlig år, ble det brukt en skala fra 0 til 7, hvor 0 var "aldri/sjelden" og 7 var "hver måned". Resultatene viser at majoriteten opplever kritiske situasjoner fra aldri til sjelden (se Figur 19).



Figur 19. Frekvensen av opplevelse av kritiske situasjoner i utvalget.

Til slutt ble trygghetsfølelse også evaluert med et skala-spørsmål. På spørsmålet om hvor trygge forsøkspersoner føler seg i kritiske situasjoner, med en skala fra 0 til 10, hvor 0 var "veldig utrygg", og 10 var "veldig trygg", viser Figur 20 en svak overvekt av personer som føler seg utrygge i slike situasjoner (20 personer, score 0-4 i negativ del av skalaen), mot en gruppe av personer som føler seg trygge i kritiske situasjoner (16 personer, score 6-10 i positiv del av skalaen).



Figur 20. Trygghetsfølelsen ved kritiske situasjoner.

4.2 Prosedyre for gjennomføring av studien

Som tidligere nevnt, ble forsøket utført med utstyr fra Cyberith Virtualizer (gå-plattformen) og HTC Vive (VR-briller). Gå-plattformen ble plassert i SINTEF Helse sin ISO 9000 sertifiserte klimalab, som eksponerte deltagerne for 32 grader celsius og 70 % luftfuktighet. Temperatur og luftfuktighet brukt i forsøket tilsvarer de forholdene som oppstår i et ekte redningsrom med begrenset ventilasjon hvor inntil 50 personer oppholder seg.

Deltagelse var frivillig. Hver deltager ble ønsket velkommen til laboratoriet, og fikk et informasjonsark, med instruks for prosedyren samt deltagerens rettigheter. Personene som ønsket å delta i studien signerte en samtykkeerklæring. Deretter ble testpersonene bedt om å fylle ut tre skjemaer før deres fordypning i det virtuelle miljøet.

Disse skjemaer var:

- i.* Pre-test skjema, med generelle demografiske spørsmål, spørsmål om deres erfaring med og holdning til å kjøre i vegtunnel, og spørsmål om deres erfaring med kritiske situasjoner;
- ii.* Skjema for Locus of Control of Behavior (LCB) og Generalized Self-efficacy Scale (GSE), med skala-spørsmål om mestring av problemer og vansker (LCB), og innstilling til vansker (GSE); og,
- iii.* HEI-test skjema, med 13 spørsmål om deres psykologiske tilstand denne testdagen.

Etter å ha fylt ut de tre skjemaene, fikk deltageren se en innføringsfilm i hvordan man gikk inn og ut av gå-plattformen, samt hvordan man skulle gå og bevege seg ved hjelp av gå-plattformen. Deltageren fikk hjelp til å komme seg inn på gå-plattformen og tilpasse VR-brillene. Det ble også opplyst om at man til enhver tid kan avbryte forsøket om ubehag skulle oppstå. Gjennomføringen av studien ble som følger:

- i.* Visualizer-trening. Deltagerne gikk i gå-plattformen uten VR-briller for å bli bedre kjent med plattformen og for å lære seg gå-teknikken. Etter at deltagerne mestret gå-plattformen, begynte gjennomføringen av selve scenariene.
- ii.* Alle de fem scenarier ble kjørt og testet for alle deltagere. Disse scenariene ble kjørt i ulike rekkefølger basert på en randomiseringsnøkkel til hver enkelt deltager. Det var korte pauser (2-5 minutter) mellom scenariene.
- iii.* Innenfor hvert rom ble forsøksdeltagere bedt om å fullføre forskjellige oppgaver (se Tabell 2). Tiden for å fullføre hver oppgave var kontrollert samt øyebevegelser ble registrert via eye-tracking. Oppgavene var *a.* å åpne døren til redningsrommet, *b.* å finne telefon og gjennomføre råd fra VTS (via audiovisuelt høyttaler/telefon), *c.* å finne førstehjelpsutstyr, *d.* å plukke og plassere en flaske, *e.* å plukke og plassere et teppe, og *f.* å forsøke å hjelpe skadde. Selv om de samme oppgavene måtte gjennomføres i alle rommene, ble rekkefølge av disse variert. Deltagerne kunne ta sine egne avgjørelser, dvs. de var frie til å snakke med VTS først for å få informasjon og så hjelpe skadde, eller hjelpe skadde først og så kommunisere med VTS. Det er viktig å påpeke at én simulert skadd person kunne snakke og be om hjelp: 'Jeg fryser', 'Jeg er tørst'.
- iv.* Etter å ha gjennomført alle de fem scenarioene og oppgavene, fylte deltagerne ut et Post-test-skjema, med rangerings- og skala-spørsmål om deres meninger om rommenes trygghetsfølelse, design og innredning.

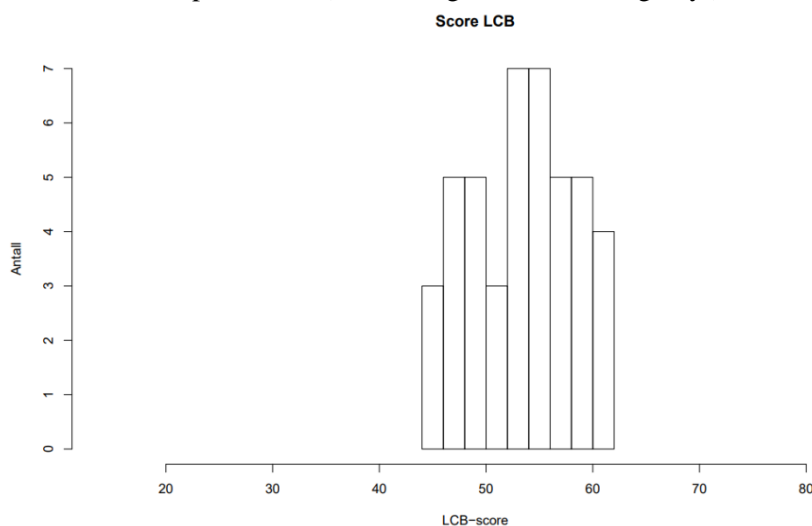
Hver deltager hadde 20 minutter som maksimal oppholdstid i hvert av scenariene, uansett om de fikk gjennomført oppgavene eller ikke. Hver deltager fikk to kinobilletter som kompensasjon for å delta i studien.

5 Resultater

5.1 Subjektiv data

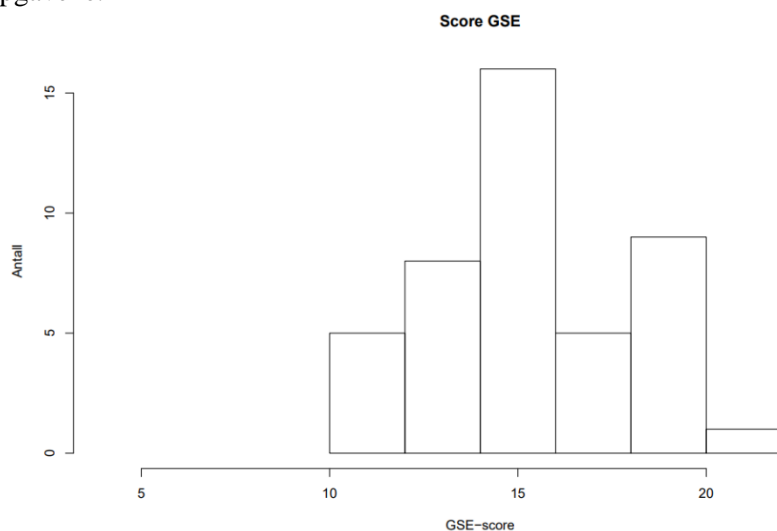
5.1.1 Psykometriske resultater

Som nevnt i Seksjon 2.2.1, ble to psykometriske måleparametre evaluert i forsøkene: *Locus of Control of Behavior* (LCB) og *General Self-efficacy Scale* (GSE). Resultatene fra disse skjemaene kan forutse og forklare avgjørelser forsøksdeltagere tok i rommene. Dvs. de som gjør fornuftige valg i et redningsrom får mest sannsynlig lavt score på LCB og høyt på GSE. Resultatene på LCB viser at majoriteten av deltagerne fikk en nøytral score på mestring av problemer og vansker, med en liten overvekt mot høyere score (se Figur 21). Disse resultatene antyder at de fleste forsøksdeltagerne kunne være i stand til å håndtere egen skjebne, men samtidig synes de at tilfeldigheter av livet har en stor påvirkning i deres aksjoner. Det er verdt å merke seg at ingen deltagere fikk score i endene på skalaen (dvs. veldig lavt eller veldig høyt).



Figur 21. Fordeling av score for Locus of Control of Behavior (LCB) for alle deltagere.


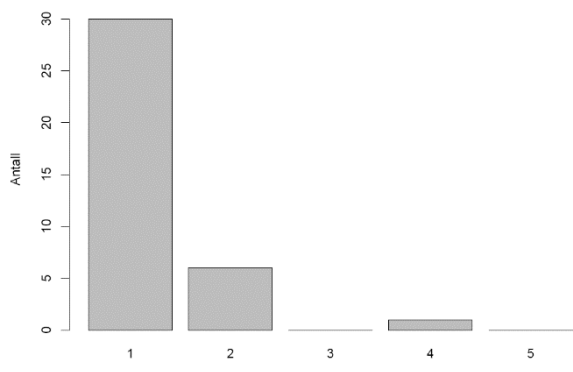

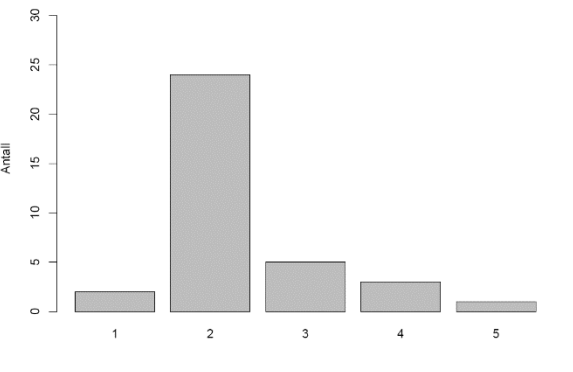
Når det gjelder GSE, viser resultatene at majoriteten av deltagerne hadde over 10 poeng på skalaen (se Figur 22), noe som antyder at deltagerne hadde en ganske høy mestringstro og at de var i stand til å kontrollere sin egen utføring av oppgavene.


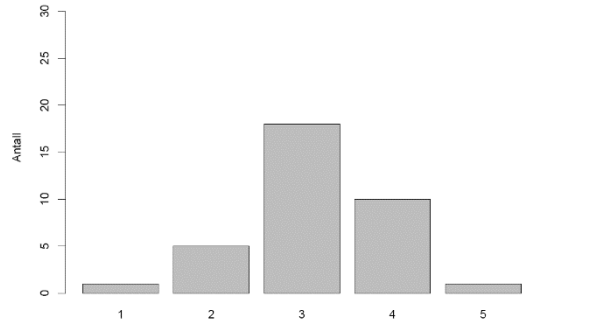

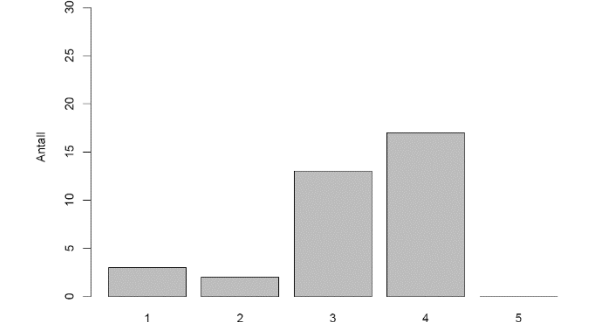

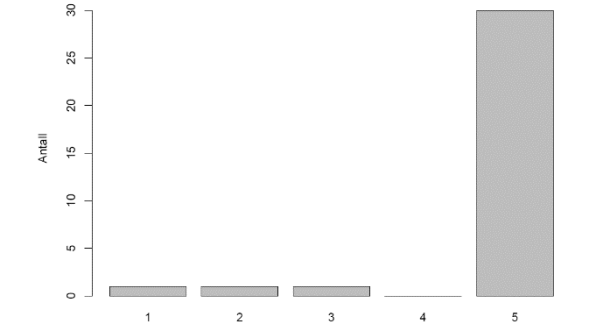


Figur 22. Fordeling av score for General Self-efficacy Scale (GSE) for alle deltagere.

5.1.2 Preferanse av rom

De fem forskjellige designene av redningsrom i en vegtunnel ble rangert av forsøksdeltagere. På spørsmål "Hvilket rom likte du best?" ble en 5-punktsskala benyttet til å evaluere rommene, hvor 1 var det beste rommet og 5 var det verste rommet. Et klart flertall valgte "Kontainerrom 2" som foretrukket og beste redningsrom, mens majoriteten var enig om at "Basis rom" opplevdes som det verste rommet. Tabell 5 viser preferanser for de simulerte redningsrommene, rangert fra beste til verste ifølge numeriske resultater. For hver rangering, kunne forsøkspersonene begrunne skriftlig hva de likte ved de evaluerte rommene. Alle kommentarene ble lest og analysert for å søke felles begreper i svarene. Disse er videre diskutert i Tabell 5.

Tabell 5. Rangering av simulerte redningsrommene, fra best (1) til verst (5).													
<p>1 Kontainerrom 2</p> 	 <table border="1"> <caption>Preferanser for Kontainerrom 2</caption> <thead> <tr> <th>Rangering</th> <th>Antall</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Rangering	Antall	1	30	2	6	3	0	4	1	5	0
Rangering	Antall												
1	30												
2	6												
3	0												
4	1												
5	0												
<p>Belysningen i Kontainerrom 2 var en felles grunn for at dette ble valgt som nummer 1 i preferansene (37 % av deltagerne brukte lys, belysning og/eller blått lys som felles begrep i svarene). Andre grunner for preferansen var som følger: 27 % av deltagerne likte at det var adskilte rom for hver funksjon (f.eks adskilte arealer for sykesenger og WC), og 15 % av deltagerne opplevde rommet som romslig.</p>													
<p>2 Kontainerrom 1</p> 	 <table border="1"> <caption>Preferanser for Kontainerrom 1</caption> <thead> <tr> <th>Rangering</th> <th>Antall</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>24</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Rangering	Antall	1	2	2	24	3	5	4	3	5	1
Rangering	Antall												
1	2												
2	24												
3	5												
4	3												
5	1												
<p>I likhet med svarene for Kontainerrom 2, ble to store felles grunner nevnt som viktige for at Kontainerrom 1 ble valgt som 2. plass av preferansene. 32 % av deltagerne syntes rommet var godt belyst, og 17 % av deltagerne likte at det var adskilte rom til syke/skadde personer og til WC.</p>													

<p>3 Bergrom 2</p> 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Antall</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>18</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Antall	1	1	2	5	3	18	4	10	5	1
Rating	Antall												
1	1												
2	5												
3	18												
4	10												
5	1												
<p>20 % av deltagerne syntes at belysningen var tilfredstillende, med bedre lysnivå enn de lavere rangerte rommene, mens 10 % av deltagerne likte at rommet hadde et høyt tak.</p>													
<p>4 Bergrom 1</p> 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Antall</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Antall	1	3	2	2	3	13	4	17	5	0
Rating	Antall												
1	3												
2	2												
3	13												
4	17												
5	0												
<p>Dette rommet fikk varierte kommentarer, f.eks fra simulerte personer som så avslappet ut til tilstedeværelse av en skjerm. Det største felles begrep som ble brukt til begrunnelse for rangering var opplevd belysning. 20 % av deltagerne var fornøyd med lysnivå i rommet.</p>													
<p>5 Basis rom</p> 	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rating</th> <th>Antall</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>30</td> </tr> </tbody> </table>	Rating	Antall	1	1	2	1	3	1	4	0	5	30
Rating	Antall												
1	1												
2	1												
3	1												
4	0												
5	30												
<p>Rommet ble opplevd som mørkt av 34 % av deltagerne. I tillegg oppgav 7 % av deltagerne at de ikke likte rommene fordi funksjonene ikke var adskilte, og 7 % av deltagerne syntes at det ikke var nok sitteplasser.</p>													

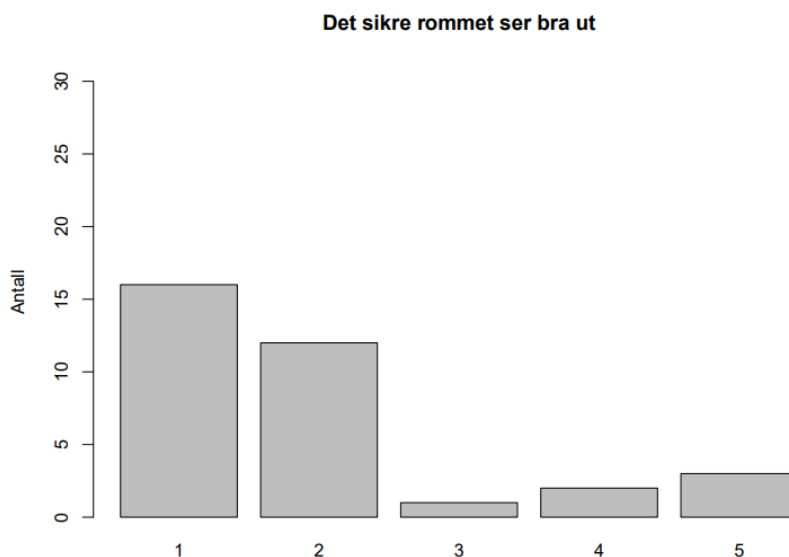
To indikatorer ble funnet som spesielt viktige for rangering av preferanse: *i*. Belysning, og *ii*. Adskilte arealer for forskjellige funksjoner. Disse er imidlertid basert på kommentarene gitt av deltagerne/forsøkspersonene. Numeriske resultater basert på kontrollerte og evaluerte variabler er videre beskrevet nedenfor. Til dette ble det brukt data fra Post-test-skjemaet hvor hvert rom er evaluert opp mot forskjellige påstander.

5.1.3 Opplevd trygghet og rom aksept

Spørsmålene i Post-testskjemaet om opplevd trygghet og aksept av rom i hvert redningsrom ble evaluert gjennom skala-spørsmål (se Tabell 3). Alle spørsmålene ble evaluert gjennom en 5-punktsskala, der 1 var "helt uenig" og 5 var "helt enig". Resultatene for hvert enkelt redningsrom er beskrevet nedenfor:

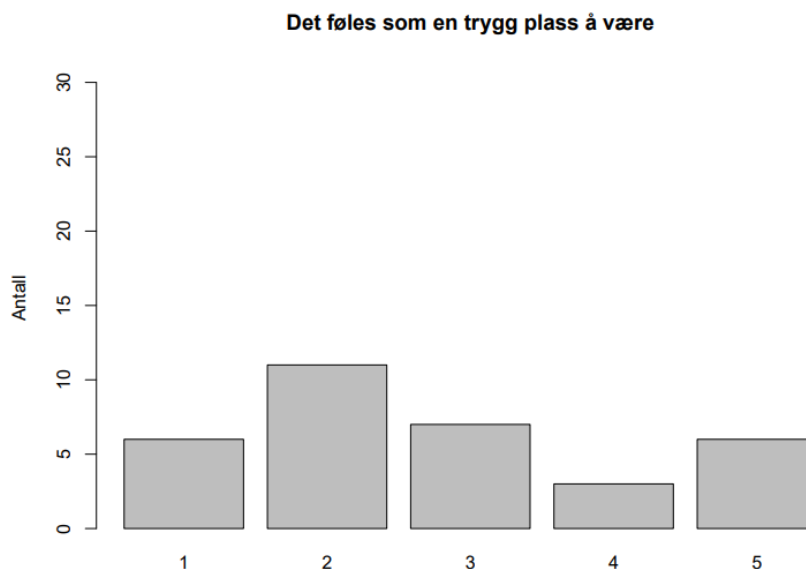
5.1.3.1 Basisrom

På spørsmål om utseende av rommet ser man den samme tendensen som for rangering av rommene i forrige seksjon. Over halvparten av deltagerne synes totalt sett at rommet ikke ser bra ut (score 1-2, Figur 23).



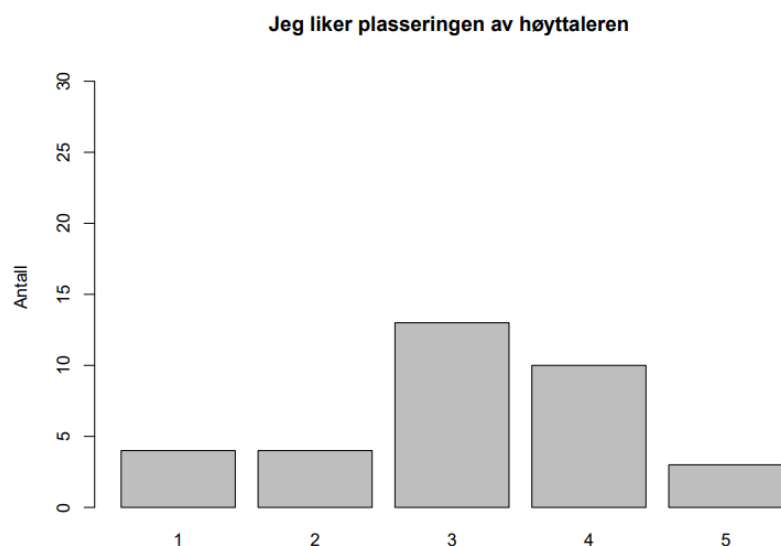
Figur 23. Utseende av basis rom.

På spørsmål om testpersoner opplevde rommet som et trygt sted å være, ser man at majoriteten forholder seg til den negative delen av skalaen, hvor de fleste er uenig i at rommet føles som en trygg plass å være (Figur 24).



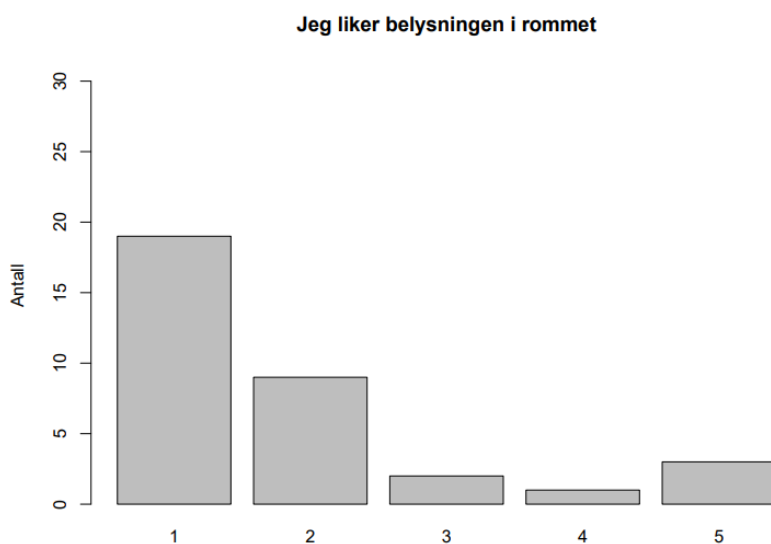
Figur 24. Trygghetsfølelse i basis rom.

På spørsmål om plassering av høyttaleren (Figur 25), ser man at de fleste har fra en nøytral mening (score 3) til at de er enige i hvor høyttaleren er plassert (score 4-5). Plasseringen av høyttaleren i dette rommet var på veggen til venstre for inngangsdøren (se Seksjon 3.4.2).



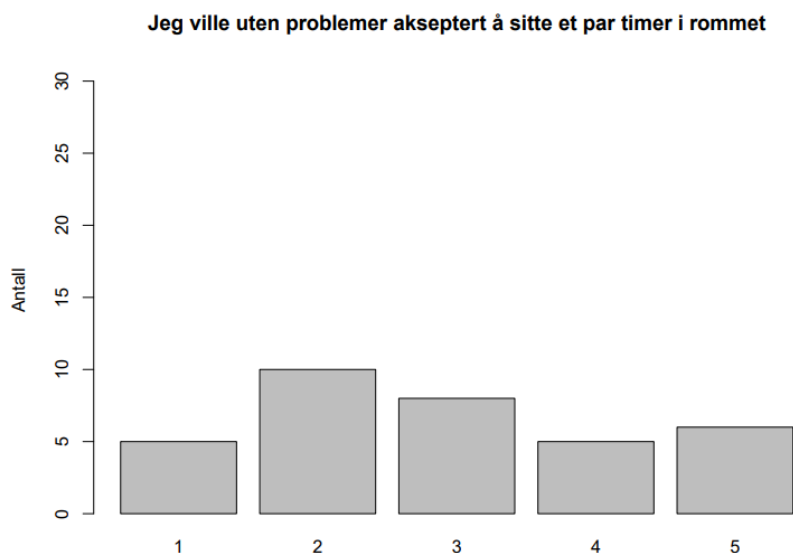
Figur 25. Plassering av høyttaleren i basis rom.

På spørsmål om hvordan testpersoner opplevde belysningen i rommet, ser man den samme tendensen som kommentarene gitt av deltagere for preferanse av rom. Tabell 5 viser at 34 % av deltagere opplevde basisrommet som mørkt, og Figur 26 bekrefter informasjonen ved å vise at de fleste mislikte belysningen i rommet (score 1-2).



Figur 26. Belysningen av basis rom.

Den siste indikatoren av preferanse og opplevd trygghet av dette rommet ble gitt i det siste spørsmålet. Spørsmålet evaluerte om deltagerne ville, uten problem, akseptert å sitte i rommet i et par timer. Figur 27 viser at 37 % av testpersoner er negativ til dette. De ville ikke akseptert å sitte et par timer i rommet, imens 20 % av personene hadde en nøytral holdning til å sitte i rommet.



Figur 27. Fordeling - aksept på det basis rommet.

5.1.3.2 Bergrom 1

På spørsmål om utseende av rommet ser man at en stor del av testdeltagerne hadde en positiv holdning til hvordan rommet ser ut, med en overvekt på den positive enden av skalaen. Figur 28 viser at 41 % av deltagerne var enige i at rommet ser bra ut (score 4-5), omtrent 22 % hadde en nøytral holdning til rommet.



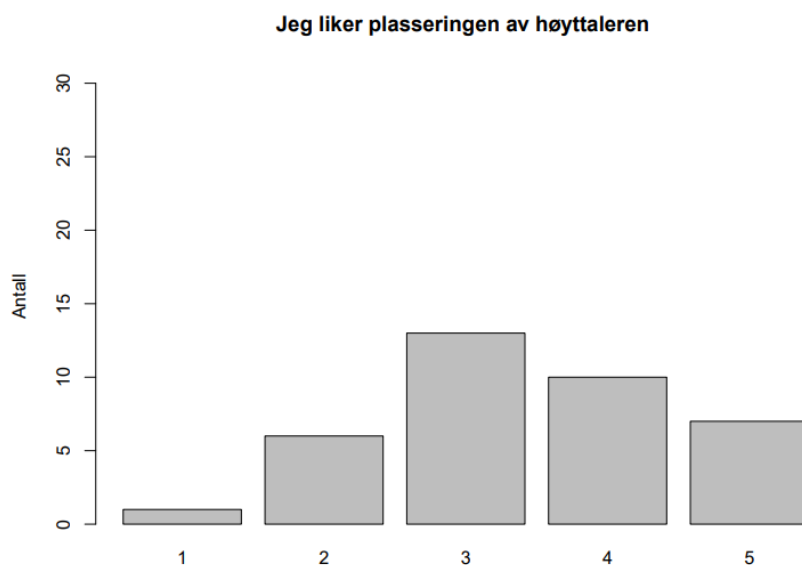
Figur 28. Utseende av bergrom 1.

På spørsmål om testpersoner opplevde rommet som et trygt sted å være, ser man en klar overvekt på den positive delen av skalaen, hvor majoriteten er enige i at rommet føles som en trygg plass å være (se Figur 29).



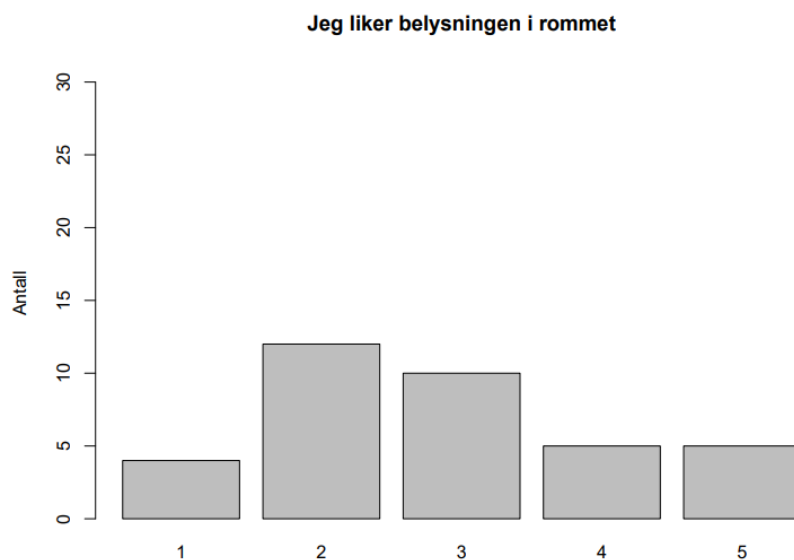
Figur 29. Trygghetsfølelse i bergrom 1.

Høytteren i bergrom 1 var plassert på veggen til venstre for inngangsdøren, og Figur 30 viser at de fleste hadde en nøytral holdning til plasseringen av høytteren i rommet, med en overvekt at deltagere som likte plasseringen i forhold til de som ikke likte den.



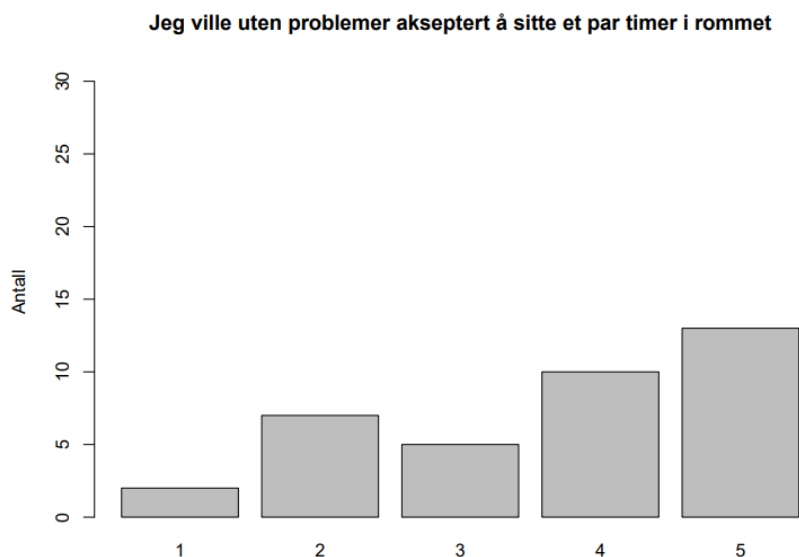
Figur 30. Plasseringen av høytteren i bergrom 1.

På spørsmål om hvordan testpersoner opplevde belysningen i bergrom 1, ser man den samme tendensen som kommentarene gitt av deltagerne for preferanse av rom. Tabell 5 påpeker at kun 20 % av deltagerne var fornøyd med belysningen i rommet, og Figur 31 bekrefter informasjonen ved å vise at omtrent 40 % av deltagerne mislikte belysningen i rommet (score 1-2).



Figur 31. Belysningen av bergrom 1.

Til slutt, Figur 32 viser at over halvparten av testdeltagerne hadde en positiv aksept av bergrom 1 (62 %), og ville sittet i rommet i et par timer uten problemer.



Figur 32. Fordeling - aksept på bergrom 1.

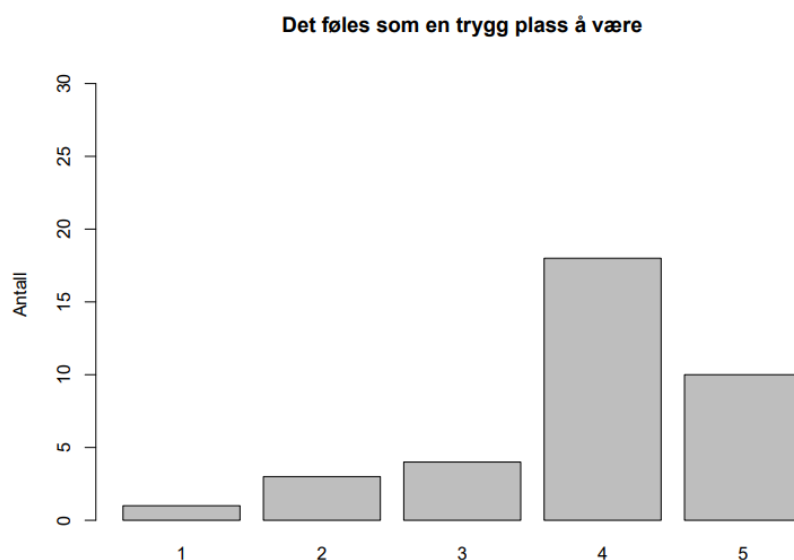
5.1.3.3 Bergrom 2

På spørsmål om utseende av bergrom 2 (se Figur 33) ser man at det var nesten like mange deltagere som likte og ikke likte rommet, med en liten overvekt av personer som liker rommet.



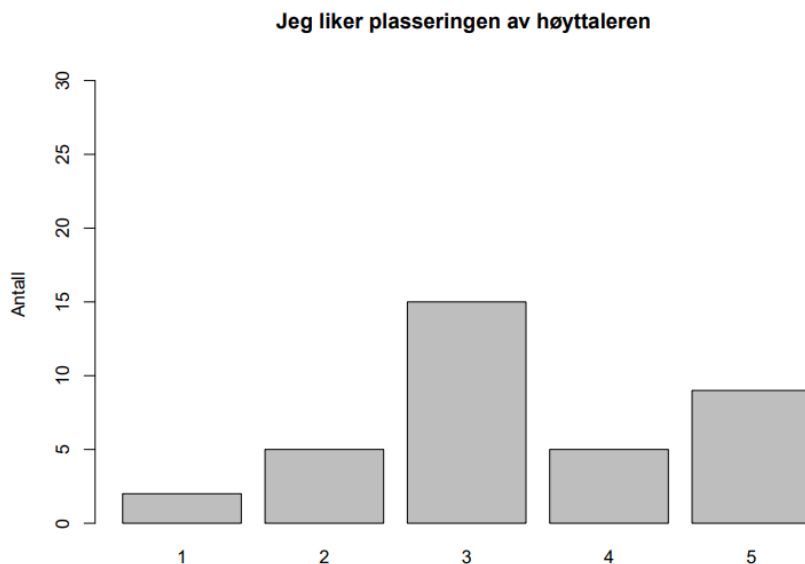
Figur 33. Utseende av bergrom 2.

Selv om det var delte meninger på utseende av bergrom 2, viser Figur 34 at de fleste opplevde rommet som et trygt sted å være.



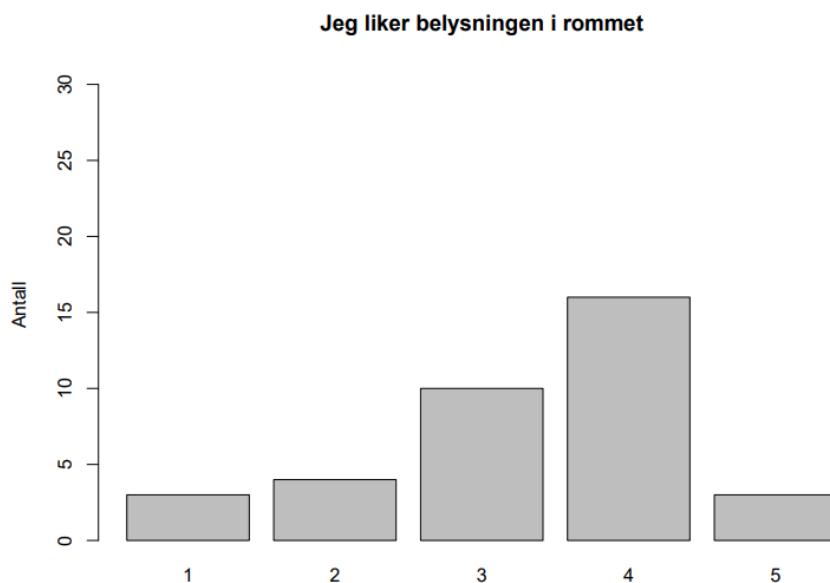
Figur 34. Trygghetsfølelse i bergrom 2.

Lignende som for bergrom 1, var høyttaleren i bergrom 2 plassert på veggen til venstre for inngangsdøren. I samme linje som bergrom 1, hadde deltagerne en nøytral holdning til plasseringen av høyttaleren, med en liten overvekt av personer som likte plasseringen framfor de som ikke likte den.



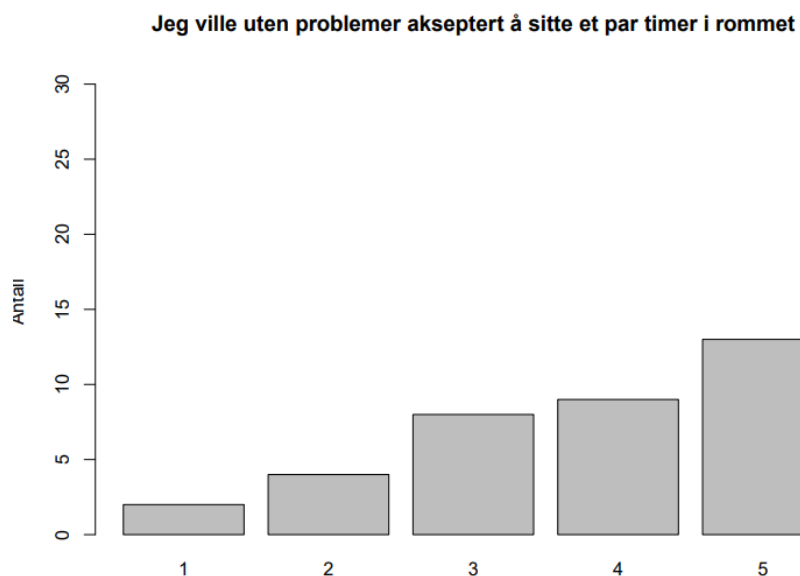
Figur 35. Plasseringen av høyttaleren i bergrom 2.

På spørsmålet om hvordan deltagerne opplevde belysningen i rommet, viser Figur 36 at over halvparten av personer var positive til belysningsnivået i bergrom 2.



Figur 36. Belysningen av bergrom 2.

Figur 37 viser en klar overvekt av deltagere som ville akseptert å sitte et par timer i bergrom 2 (omtrent 61 % av testdeltagerne), mot de som ikke ville akseptere å sitte i rommet (17 %).



Figur 37. Fordeling - aksept på bergrom 2.

5.1.3.4 Kontainerrom 1

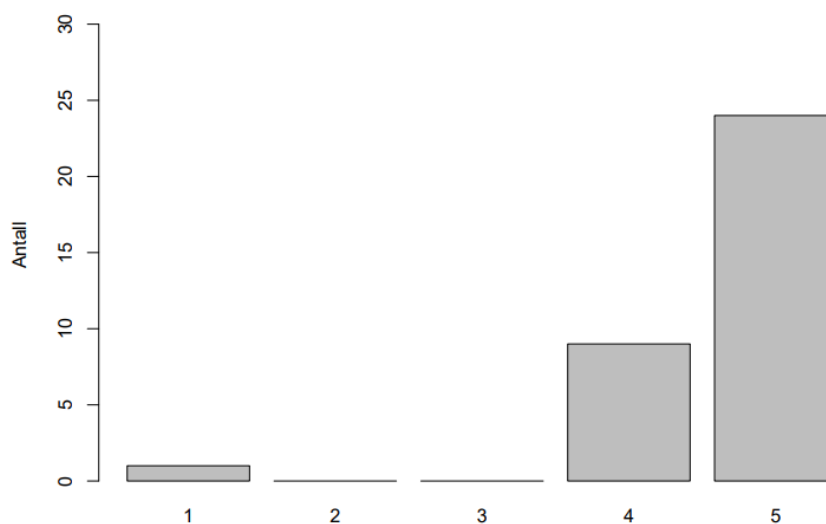
På spørsmålet om utseende av rommet, ser man at majoriteten av testdeltagerne var enige i at kontainerrom 1 så bra ut. Figur 38 viser at omtrent 89 % av deltagerne var positive til utseende av rommet.



Figur 38. Utseende - kontainerrom 1.

På spørsmålet om trygghetsfølelse i rommet, ser man en stor overensstemmelse blant deltagerne, hvor majoriteten syntes kontainerrom 1 føles som en trygg plass å være.

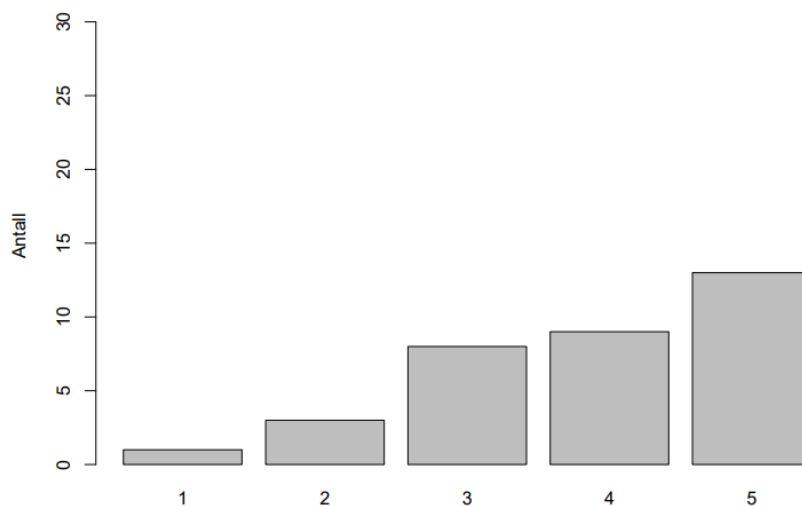
Det føles som en trygg plass å være



Figur 39. Trygghetsfølelse - kontainerrom 1.

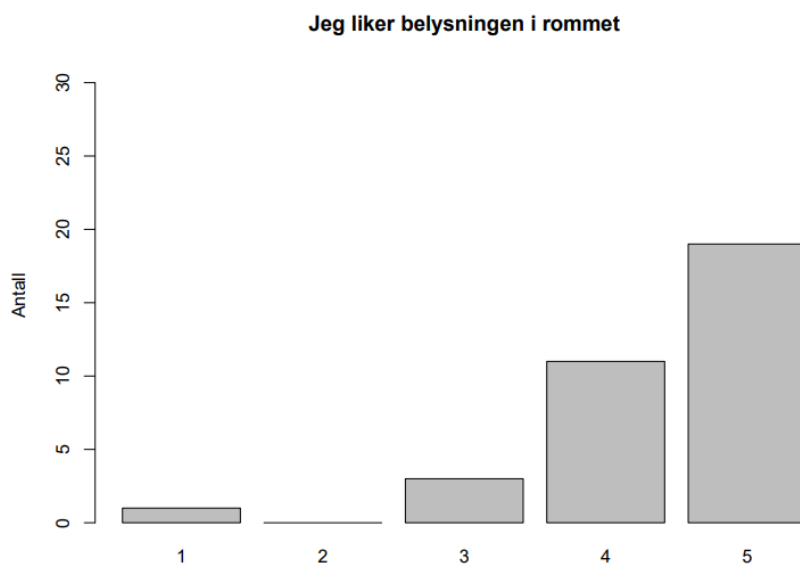
Plasseringen av høyttaleren i kontainerrom 1 var ulik den i bergrommene. Høyttaleren var plassert rett framfor inngangsdøren. Figur 40 viser at en stor overvekt av deltagerne likte plasseringen av høyttaleren (omtrent 65 %), mot de som ikke likte den (omtrent 12 %).

Jeg liker plasseringen av høyttaleren



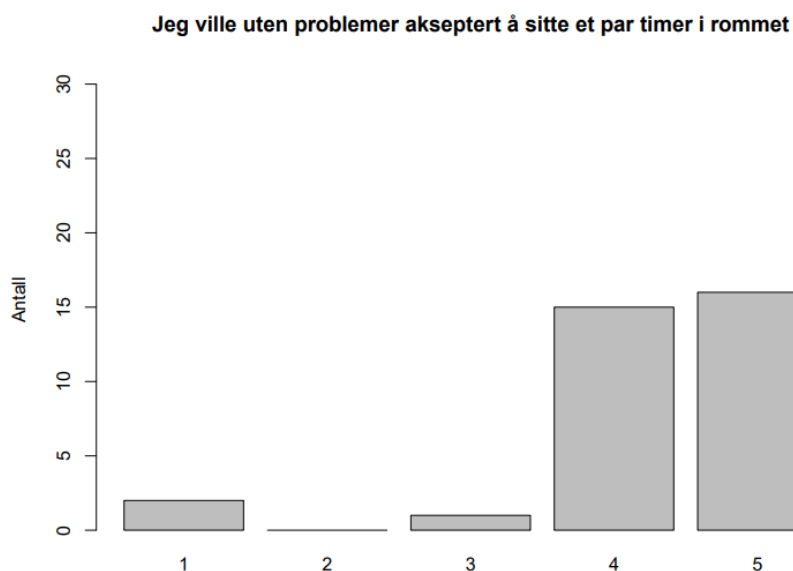
Figur 40. Plassering av høyttaleren i kontainerrom 1.

På spørsmål om hvordan deltagerne opplevde belysningen i kontainerrom 1, ser man den samme tendensen som kommentarene gitt av deltagere for preferanse av rom. Tabell 5 påpeker at 32 % av deltagerne syntes rommet var godt belyst og Figur 41 bekrefter informasjonen ved å vise at over 80 % av deltagerne likte belysningen i rommet (score 4-5).



Figur 41. Belysningen i kontainerrom 1.

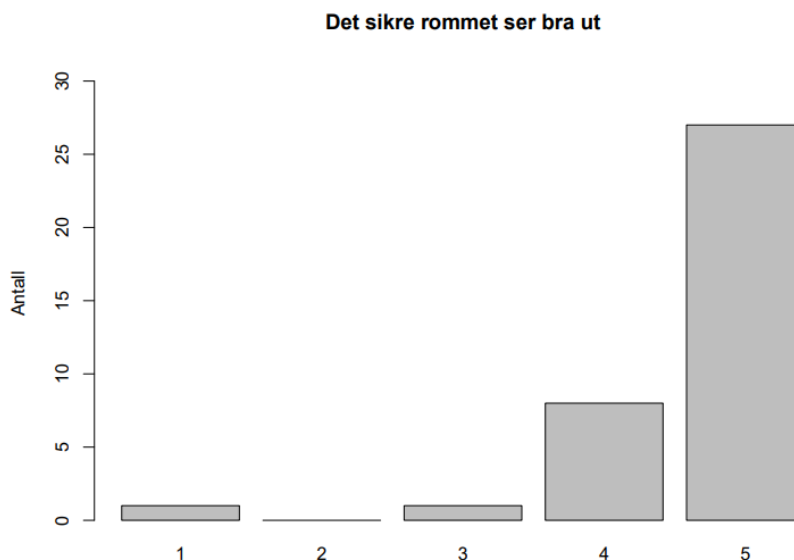
På det siste spørsmålet om kontainerrom 1, viser Figur 42 at majoriteten av deltagerne ville sittet et par timer i rommet uten problemer (over 90 %).



Figur 42. Fordeling - aksept på kontainerrom 1.

5.1.3.5 Kontainerrom 2

På spørsmål om utseende av rommet, viser Figur 43 en klar overenstemmelse blant deltagerne om at kontainerrom 2 ser bra ut (over 95 %). Disse resultatene er i linje med resultatene for preferanse av rom (Tabell 5), hvor kontainerrom 2 ble rangert som nummer 1.



Figur 43. Utseende - kontainerrom 2.

Majoriteten av deltagerne var helt enig i at kontainerrom 2 føles som en trygg plass å være. Figur 44 viser at kun én person følte rommet som utrygt, derimot hadde over 97 % av testdeltagerne en positiv trygghetsfølelse i rommet.

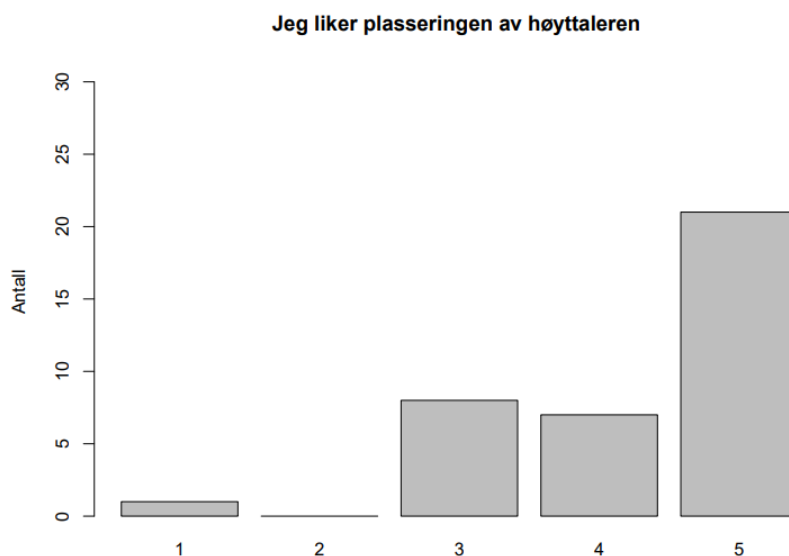


Figur 44. Trygghetsfølelse - kontainerrom 2.

Plasseringen av høyttaleren i begge kontainerrommene var lik. Dette betyr at høyttaleren også her var plassert rett framfor inngangsdøra. På spørsmål om deltagerne likte plasseringen av høyttaleren, viser Figur 45 at kun

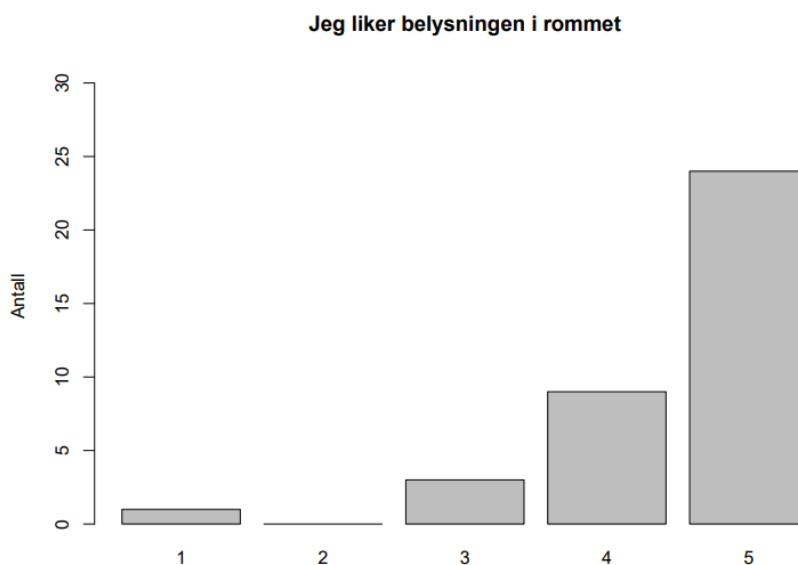
2 % av testdeltagerne ikke likte plasseringen, mens 22 % personer var nøytrale til plasseringen. En klar 76 % av deltagerne var helt enige i at de likte plasseringen av høyttaleren.

Som nevnt før, lokaliseringen av høyttaleren i begge kontainerrom er lik, men resultatene for kontainerrom 2 viser en større overvekt av deltagere som likte plasseringen framfor de som ikke likte den, sammenlignet med resultatene for kontainerrom 1. Disse svarene kan ha blitt påvirket av den generelle positive holdningen som deltagerne hadde til kontainerrom 2.



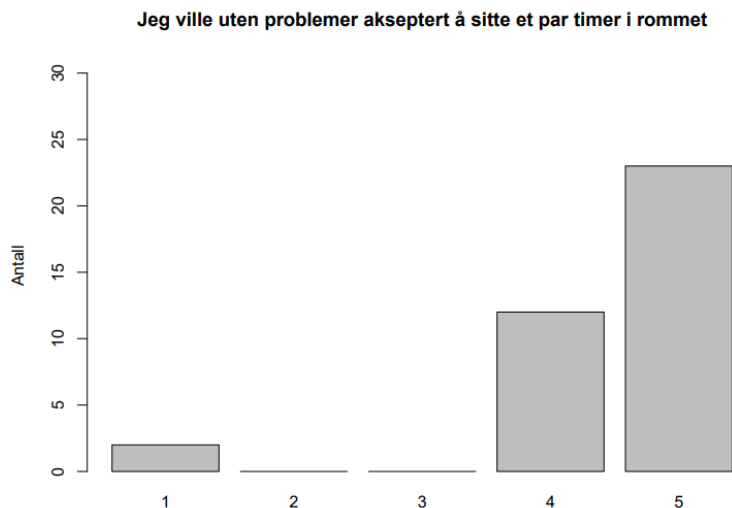
Figur 45. Plassering av høyttaleren i kontainerrom 2.

På spørsmål om opplevelse av belysningen i kontainerrom 2, var det også en klar overvekt av deltagere som likte belysningen i rommet (93 %) mot 2 % som ikke likte den, mens 5 % av testdeltagerne var nøytrale til belysningen (Figur 46). Disse resultatene viser den samme tendensen som for rangering av rommene i Tabell 5, hvor en stor del av deltagerne påpekte belysningen som en favoritt egenskap til dette rommet.



Figur 46. Belysningen i kontainerrom 2.

Med tanke på de forrige resultatene for kontainerrom 2, var resultatene for romaksept ikke overraskende. Figur 47 viser at majoriteten ville uten problemer sitte et par timer i rommet, med kun 5 % av deltagerne som ikke ville gjort det.



Figur 47. Fordeling - aksept på kontainerrom 2.

5.1.4 Annen atferd

I teknisk protokoll ble det notert øvrig atferd som er verd å merke seg eller som ikke forekom. Alle ble etter fullføring av oppgaver, oppfordret av VTS om å sitte ned å vente til de ble hentet ut av redningsmannskap. Alle satt seg ned og ble sittende. Ingen forsøkte å gå ut av redningsrommet. Én person satte seg ned umiddelbart og forsøkte ikke hjelpe andre eller søke kontakt med VTS.

Alle unntatt personen som satte seg ned umiddelbart søkte opp og leste infotavler. Flere forsøkte å kontakte å snakke med andre personer i rommet, men ga opp og satte seg ned når de nesten ikke fikk respons eller ikke forstod hva de andre sa. En politimann som deltok, viste tydelig frustrasjon i tunnelen utenfor redningsrommet når personer han fant i eller utenfor kjøretøy ikke ville følge hans ordre om å bli med til nærmeste redningsrom. Ingen viste tegn til aggressiv atferd hverken i tunnelen utenfor redningsrommet eller inne i redningsrommet. Flere stoppet opp og sjekket om det var personer i forlatte biler ute i tunnelen.

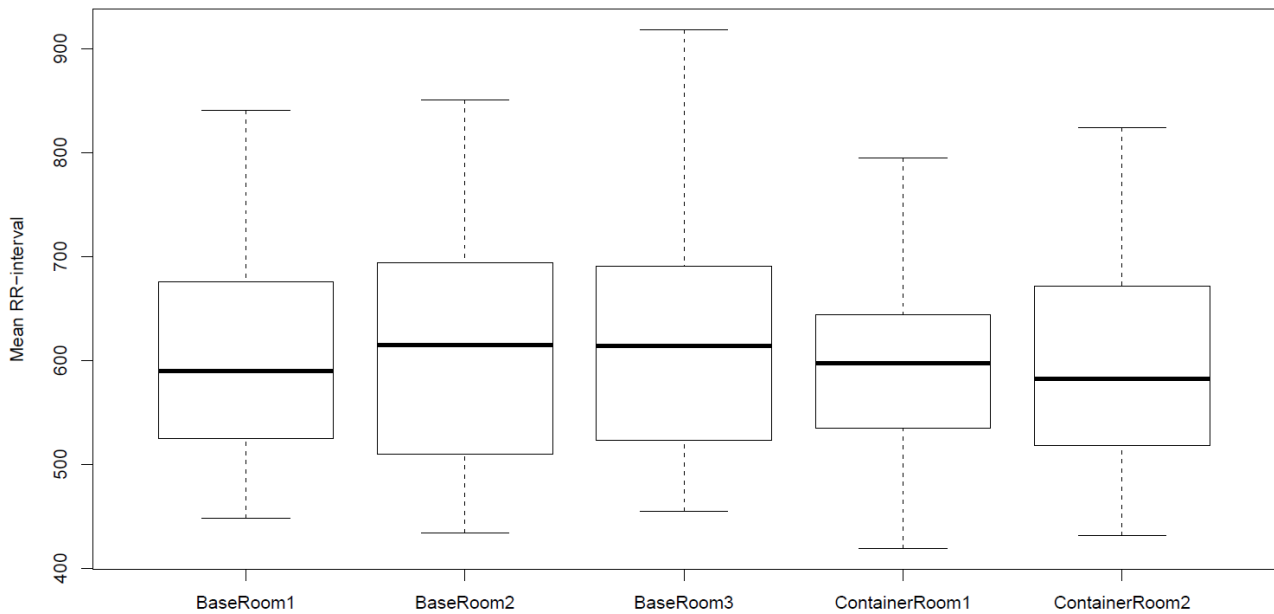
Kun én deltager fullførte ikke oppgavene i basis rommet og bergrom 1. Med unntak av den ene personen, klarte alle deltagere å fullføre oppgavene. I tillegg, data fra hendelseslogg viser at 10 personer ikke tok kontakt med VTS først i noen scenarier, men klarte allikevel å fullføre alle oppgavene. De fleste av disse 10 personene tok kontakt med VTS i den første testscenario, men for resten av scenarier tok de ikke kontakt.

5.2 Objektiv data

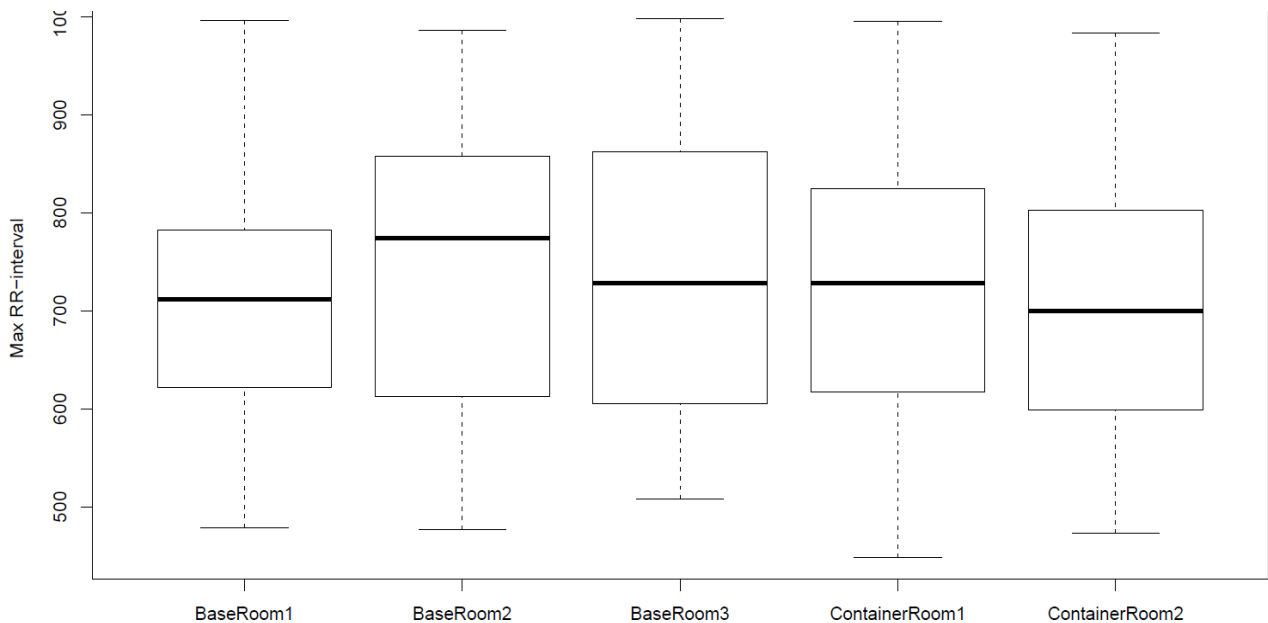
5.2.1 Fysiologisk data: pulsmålinger

Ifølge forskning innen psykofysiologi ser variasjoner i hjerterytme ut til å være tilknyttet nylige opplevelser av følelsesmessig stress. Dette er funnet å være uavhengig av en persons fysiske form og hvordan man opplever angst (Dishman et al., 2000). Hjerterytme (dvs. hjerterefrekvensvariabilitet) er vanligvis definert som standardavviket for intervaller mellom suksessive R-bølger (SDRR; forkortelse på engelsk) i hjertesykklusen. I tillegg, er det kjent at pulsrefrekvens tilsvarende normalt hjerterefrekvensen, og at dette kan måles ved å telle pulsen. Derfor ble pulsrefrekvens en viktig indikator på effekten på stressnivået deltagerne hadde i de forskjellige rommene (se Seksjon 2.1.2). Figur 48 viser fordelingen av gjennomsnittspulsen deltagerne hadde da de gikk

inn i redningsrommet til de var ferdige med siste oppgave. Selv om det ikke ser ut som det var store forskjeller mellom rommene, viser resultatene at deltagerne hadde en signifikant lavere pulsfrekvens i Kontainerrom 2, hvor det var sannsynlig at de opplevde mindre stress sammenlignet med de andre rommene. Ved nærmere analyse av maksimum registrert puls på samme tidsintervall (fra deltagerne går inn i rommet til de er ferdig med siste oppgave), viser Figur 49 en visuell indikasjon på at Bergrom 1 påvirket hjerterytmen og dermed stressnivået til deltagerne i en høyere grad enn de andre rommene. Y-aksene på Figur 48, Figur 49 og Figur 50 viser gjennomsnittlig RR-intervall, maksimum RR-intervall, og gjennomsnittlig differanse av RR-intervall henholdsvis. RR-intervall er avstanden mellom to identiske punkter med påfølgende elektrokardiogrammet bølgeformer. Denne varigheten er delt inn i 60 for å beregne hjerterytmen i slag per minutt (BPM; forkortelse på engelsk).

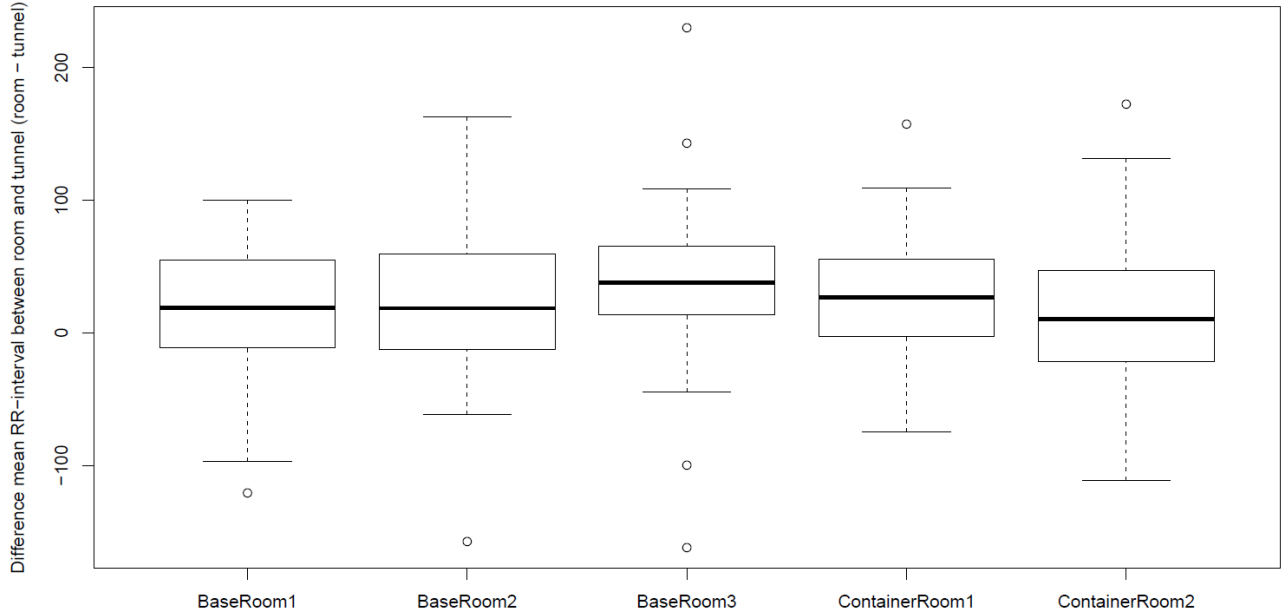


Figur 48. Fordeling - gjennomsnittspuls fra deltagerne går inn i rommet til de er ferdig med oppgavene.



Figur 49. Fordeling av maksimal puls fra deltagerne går inn i rommet til de er ferdig med oppgavene.

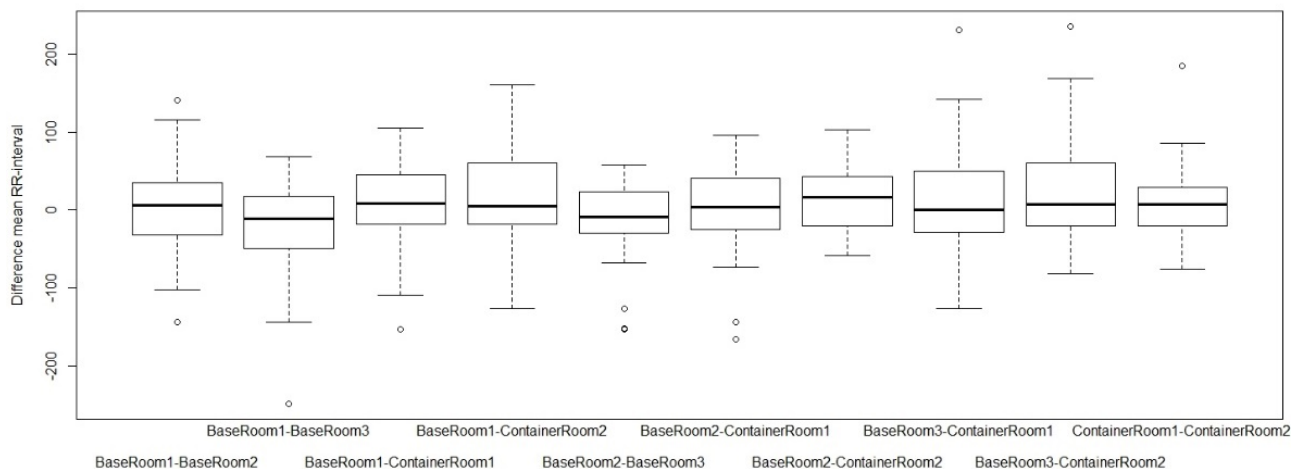
I tillegg ble differansen mellom gjennomsnittspuls fra to perioder i forsøket sammenlignet. Én periode var da deltagerne var ute i tunnelen, og den andre var da de var inne i redningsrommet. Figur 50 indikerer at differansen mellom gjennomsnittspuls er høyere i Bergrom 2 enn i de andre rommene.



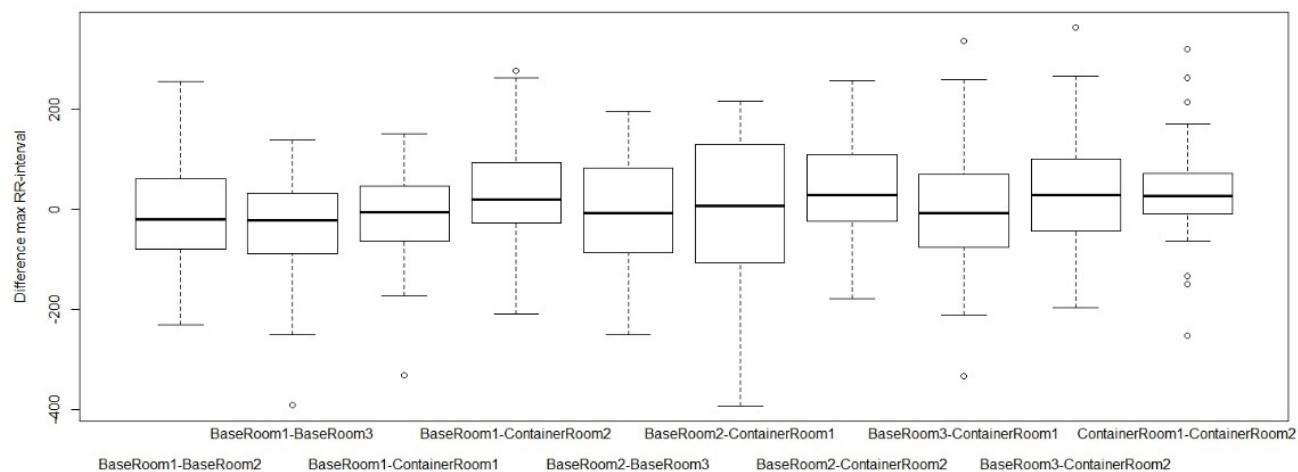
Figur 50. Fordeling - differansen mellom gjennomsnittspuls ute i tunnelen og inne i rommet.

Resultatene fra de siste analysene, vist i Figur 48, Figur 49 og Figur 50, bekrefter at deltagerne da de var i Kontainerrom 2 fikk registrert lave pulsmålinger, som videre indikerer et lavere stressnivå i dette rommet sammenlignet med de andre rommene.

Differansen mellom Bergrom 2 og Kontainerrom 2 som de rommene som registrerte høyere og lavere pulsmålinger (se Figur 48), ble bekreftet med videre analyser, der individuelle forskjeller for differansen i gjennomsnittspuls ble evaluert. Ti mulige puls nivå-sammenligninger ble analysert basert på de fem forskjellige scenariene. Først for gjennomsnittspuls (se Figur 51) og så for differansen i makspuls (se Figur 52). Begge analyser bekrefter at det var en større forskjell mellom Bergrom 2 og Kontainerrom 2, sammenlignet med de andre rommene. Disse resultatene bekrefter forrige analyser der Bergrom 2 registrerte høyere pulsmålinger mens Kontainerrom 2 registrerte lavere pulsmålinger.



Figur 51. Fordeling - individuelle forskjeller for differanser i gjennomsnittspuls mellom alle par av rom.



Figur 52. Fordeling - individuelle forskjeller for differanser i makspuls mellom alle par av rom.

5.2.2 Eye-tracking resultater

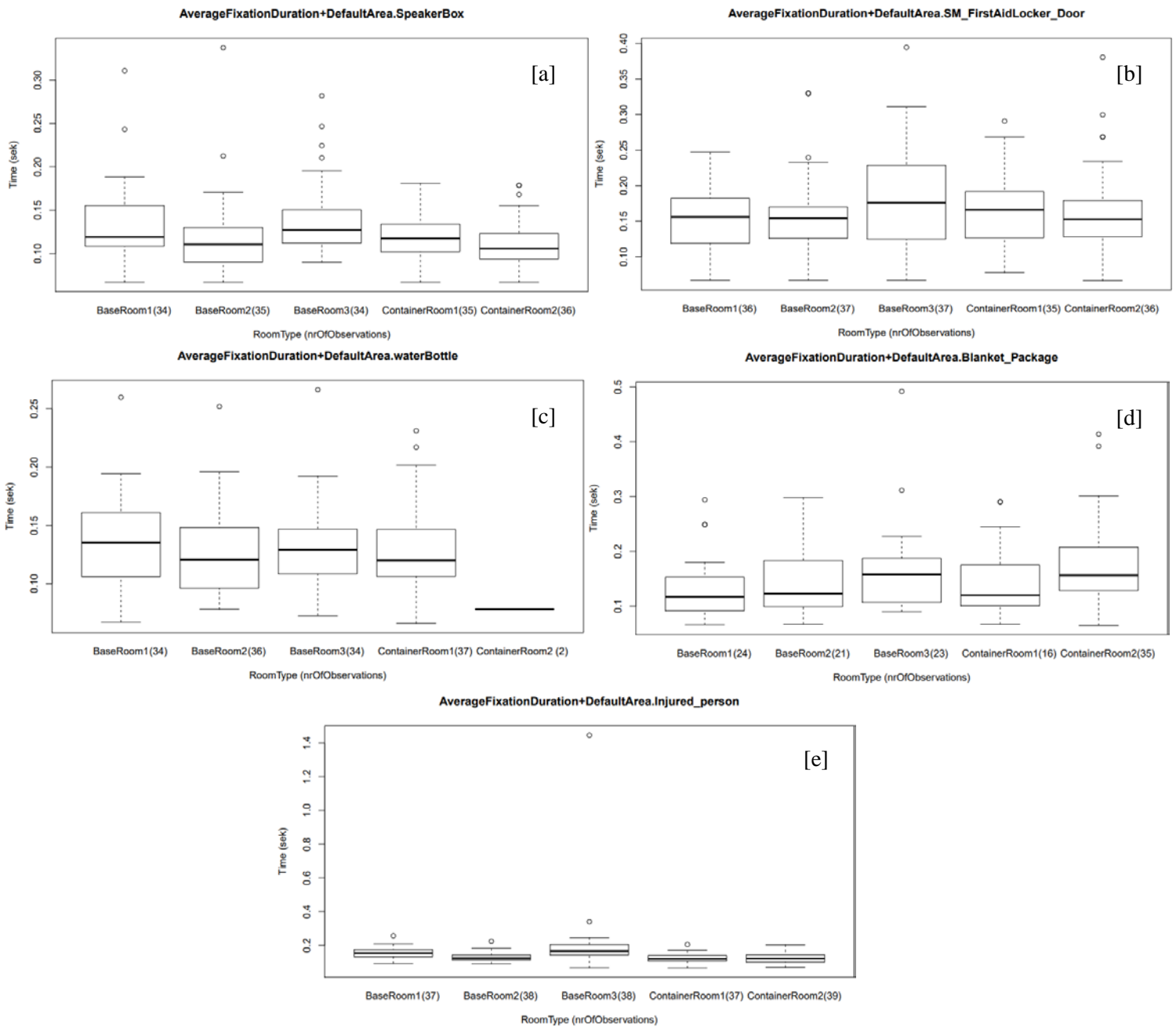
Tre faktorer ble analysert med eye-tracking-data. Dette ble gjort for å kunne evaluere hvilken type informasjon deltagerne tok inn og bearbeidet, eller hvilke objekter deltagerne fokuserte på og brukte i beslutningsprosessen for å gjennomføre oppgavene.

- *Average Fixation Duration*: Gjennomsnittlig varighet der deltagerne fokuserte på et bestemt objekt.
- *Fixation Count*: Antall ganger deltagerne så på et bestemt objekt.
- *Time to First fixation*: Tid fram til et objekt ble sett for første gang.

Siden oppgavene handlet om å finne telefon og snakke med VTS, finne førstehjelpsutstyr, plukke/plassere en vannflaske og et teppe, og hjelpe en skadd person, er resultatene fokusert på disse fem objektene (dvs. telefon (*speaker box*), førstehjelpsutstyr, vannflaske, teppe, og simulert skadd person).

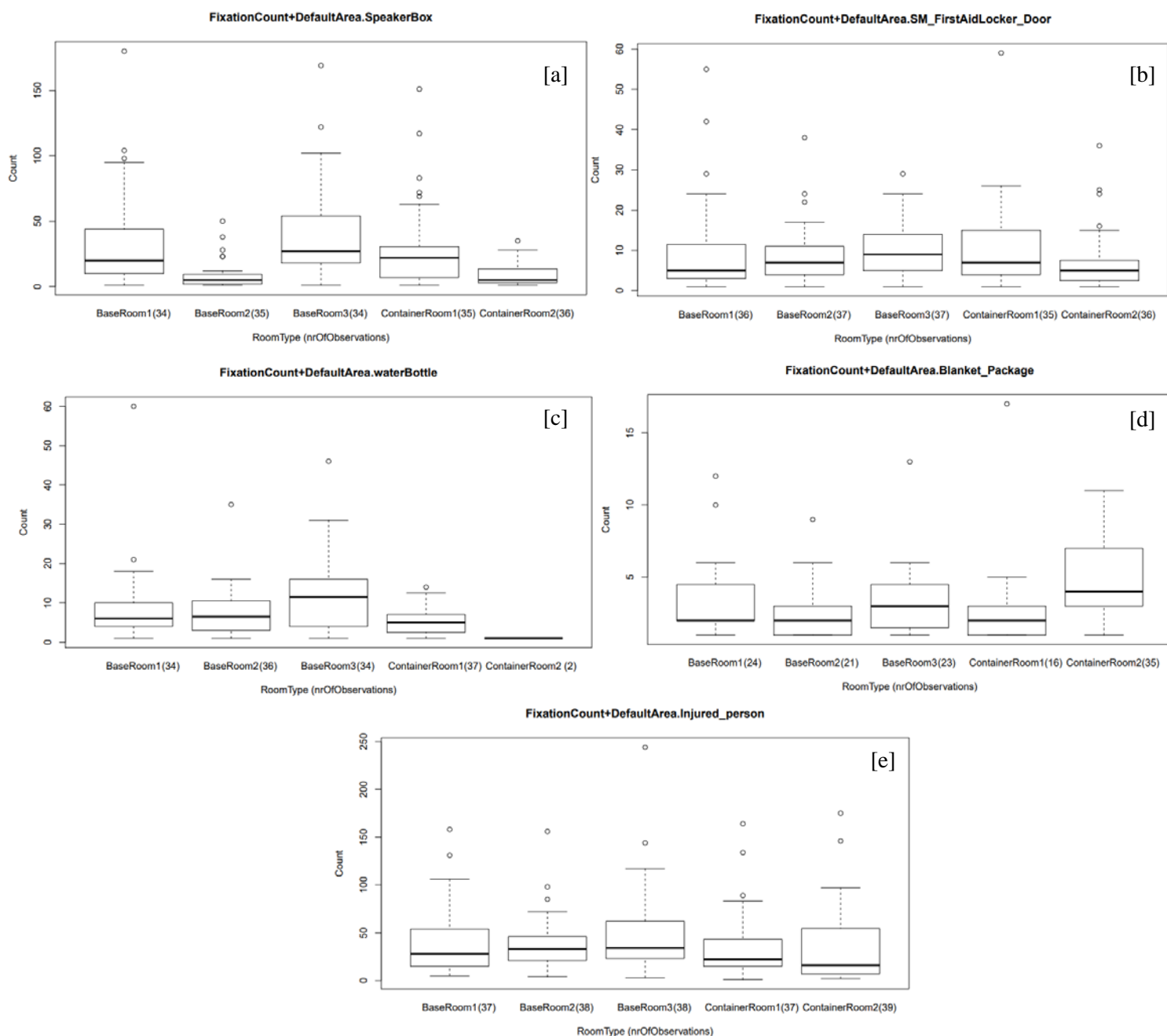
Figur 53, Figur 54 og Figur 55 viser resultater fra *average fixation duration*, *fixation count*, og *time to first fixation* for alle nevnte objekter i alle de fem versjonene av redningsrommene. Det er viktig å notere at X-aksen indikerer antall observasjoner i hvert rom. På grunn av tekniske feil med eye-trackin-funksjonen i noen tilfeller, er det manglende data i noen scenarier. For de fleste objekter, er det imidlertid sammenlignbart *sample size* (dvs. rund 35 datasett for eye-tracking).

Angående den gjennomsnittlige varigheten deltagerne fokuserte på disse objektene, viser resultater at det ikke var store variasjoner mellom de fem testete scenariene/redningsrommene (se Figur 53). Forskjellen mellom dem var minimalt (dvs. mellom 0.05 og 0.10 sekunder). Enda mindre forskjeller ble funnet for den skadde personen. Her var fokuseringsvarigheten nesten lik i alle rommene. Vi kan imidlertid påpeke at, med unntak av vannflasken, var resten av objektene sett på i lengst tid i Bergrom 2, som hadde høyere varighet sammenlignet med de andre rommene.



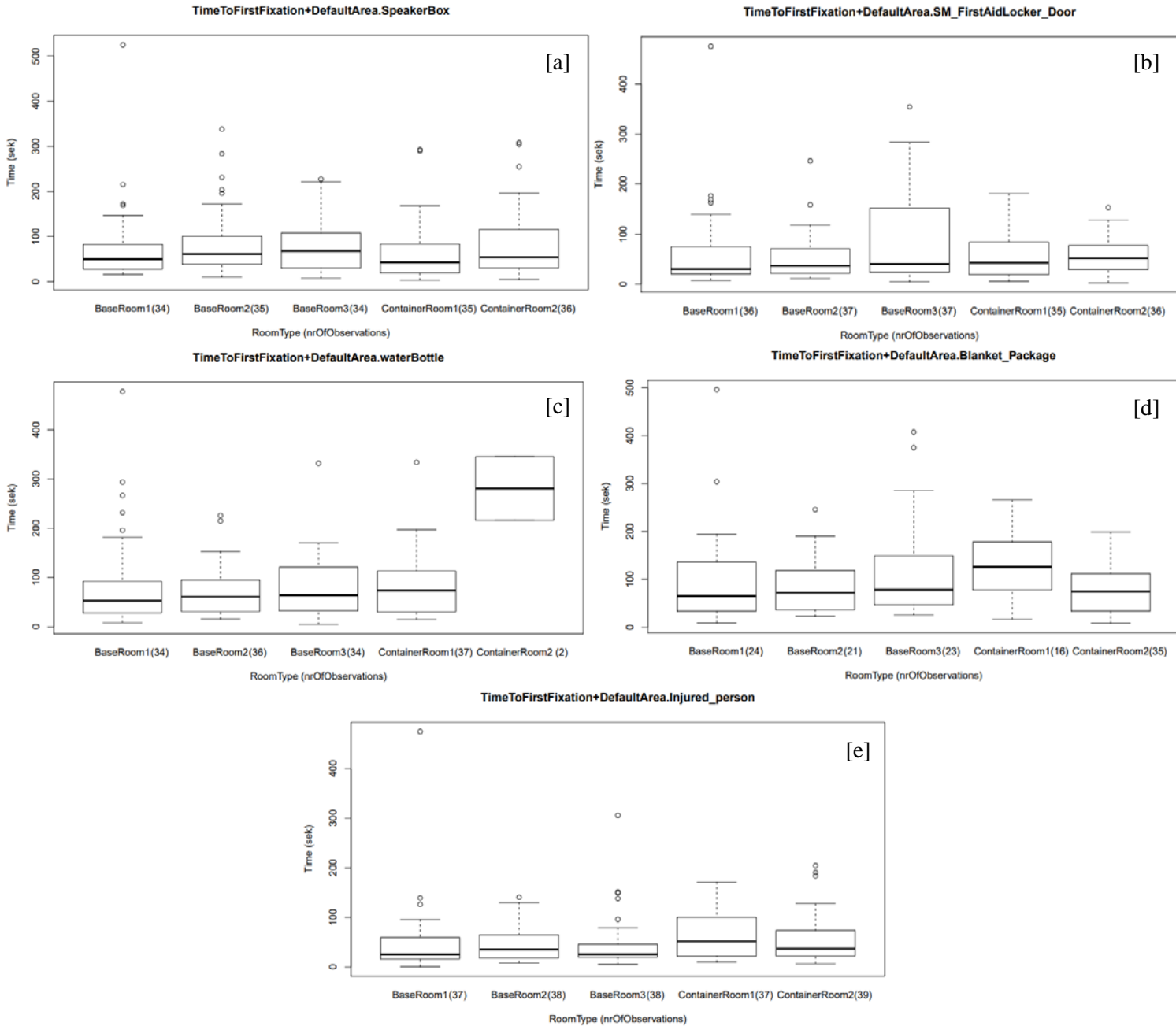
Figur 53. Gjennomsnittlig varighet av øyefiksering på telefon [a], førstehjelpsutstyr [b], vannflaske [c], teppe [d] og skadd person [e].

Antall ganger deltagerne fokuserte på objektene viser, sett bort ifra teppet, at objektene ble sett flere ganger også i Bergrom 2. Angående teppet, var det en stor forskjell på antall ganger teppet ble sett i de to kontainerrommene.



Figur 54. Antall ganger med øyefiksering på telefon [a], førstehjelpsutstyr [b], vannflaske [c], teppe [d] og skadd person [e].

Tiden som det tok å oppdage de forskjellige objektene for første gang ble også registrert. Resultatene viser at det tok lengre tid til å oppdage telefonen i Bergrom 2. Samtidig ble førstehjelpsutstyret oppdaget senere i Kontainerrom 2, imens den simulerte skadde personen ble sett for første gang senere i Kontainerrom 1 sammenlignet med de andre rommene. Variasjoner i tid var minimal for alle scenarier (mindre enn 1 minutt).

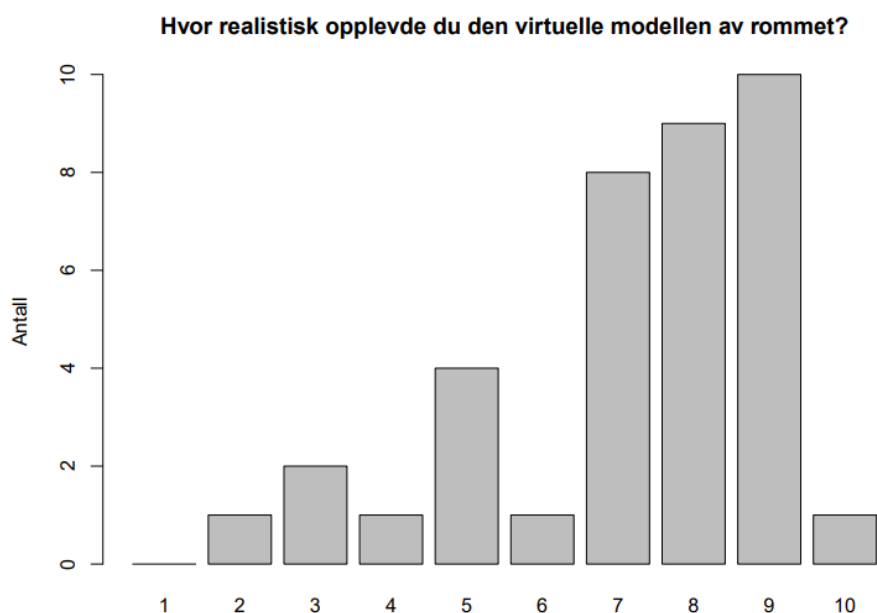


Figur 55. Tid til telefon [a], førstehjelpsutstyr [b], vannflaske [c], teppe [d] og skadd person [e] ble sett for første gang i hvert rom.

5.3 Validitet

I forskning brukes validitet som betegnelse på hvorvidt en test måler det den er ment å måle (Rossiter, 2011). Innenfor eksperimentell forskning er det særlig to former for validitet som er av interesse: *i. Indre validitet*, det at forskeren trekker en korrekt slutning om årsaks betingelser i et eksperiment; og *ii. ytre validitet*, det at resultatene fra et gitt eksperimentet har generaliseringsverdi. En tredje form, kalt *økologisk validitet* angår om undersøkelsen gjennomføres under betingelser som ligner situasjonen eksperimentet skal si noe om.

For å si noe om økologisk validitet var forsøksdeltagere bedt om å gi sin subjektive opplevelse av realismen i de virtuelle rommene. Spørsmålet rettet seg mot totalopplevelsen av de ulike virtuelle redningsrommene. Figur 56 viser at majoriteten opplevde de virtuelle scenarioene som realistisk (score 6) til meget realistisk (score 10). En svært liten andel av deltagerne opplevde de virtuelle rommene som nokså eller mindre realistisk (score 1 til 5).



Figur 56. Fordeling av opplevd realisme for de virtuelle redningsrommene.

6 Diskusjon

Før dypere tolkning av resultater, er det viktig å påpeke at selv om 44 personer deltok i forsøkene, besto endelige *sample size* av data fra 37 personer. Av de 44 personene som deltok, måtte 3 personer avbryte forsøket på grunn av kvalme, og komplett data fra 4 personer kunne ikke lagres på grunn av tekniske feil (f.eks. problemer med gå-plattformen eller håndkontrollerne). Disse utfordringene er kjent og vanlige i eksperimentell forskning, og mangel av data hindrer nødvendigvis ikke gjennomføringen av spesifikke analyser.

For en bedre oversikt over preferanser av rom, har resultatene fra Seksjon 5.1.3 blitt oppsummert i følgende tabellen:

Tabell 6. Oppsummert resultater om opplevd trygghet og rom aksept.

	Basis rom	Bergrom 1	Bergrom 2	Kontainerrom 1	Kontainerrom 2
Utseende	x	✓	-	✓	✓
Trygghetsfølelse	x	✓	✓	✓	✓
Plass. høytaleren	-	-*	-	✓	✓
Belysning	x	-	✓	✓	✓
Aksept	x**	✓	✓	✓	✓

*Legender: (✓) rangert som positiv, (x) rangert som negativ, (-) rangert som nøytralt eller like positiv som negativ. * Både nøytral og positiv rangering, med en liten overvekt av nøytrale svar. ** Både negativ og nøytral rangering, med en liten overvekt av negative var.*

Resultatene viser at begge kontainere ble foretrukket av forsøksdeltagere framfor bergrom og basis. Kontainerrom 2 ble rangert høyest av de fem ulike scenariene. På den andre siden, var basisrommet minst likt av deltagerne. Gjennom analyser av deltagerne kommentarer ble det avdekket to hovedgrunner for rangeringene: *i.* belysning; og *ii.* bruk av adskilte rom.

Det tilfredsstillende belysningsnivået (beskrevet som '*godt belyst*' av deltagerne) var avgjørende for en positiv persepsjon, trygghetsfølelse og aksept av kontainerrom. Disse resultatene er i tråd med tidligere forskning som viser at belysning påvirker trivsel og stimulerer til en positiv evaluering av et rom (Veitch, 2001). Lys og belysning er det desidert viktigste bindeleddet mellom mennesker og miljø (Lam and Ripman, 1992), men det regnes også som en viktig kilde til estetisk opplevelse (Cold et al., 1998).

Angående kommentarer fra deltagerne som likte å ha adskilte rom, kan dette forklares med den menneskelige preferansen for "sammenheng" og "lesbarhet" fra Kaplan sin preferansemodell (dvs. *Kaplan's framework of predictors of preference*): Mennesker foretrekker miljøer som kan gi mening av aktiviteter som skjer der (sammenheng), og kan bli forstått (lesbarhet) (Kaplan, 1987). Ved å ha adskilte rom, hvor hver aktivitet hadde sin adskilte plass (f.eks. rom for sykesenger og rom for WC), ble rommene mer lesbart og bedre likt.

En annen begrunnelse som ble diskutert av deltagerne som viktig i deres evalueringer (i mindre grad enn belysning og adskilte rom), var den opplevde romsligheten i Kontainerrom 2. Selv om gulvarealet var lik i alle de testete scenariene, ble kun kontainerrom 2 indikert som romslig av noen deltagerne. Dette antyder en psykologisk effekt av rommet, som godt kan være relatert til den rapporterte belysningsstilfredsheten. Lys og farge er kjent til å påvirke opplevelse av romslighetsfølelsen i et rom (Stamps and Krishnan, 2006, Stamps, 2010). Kontainer rom 2 kan med blått lys i deler av taket gi en illusjon av himmel over. Dette er påvist i tidligere studier å gi en positiv opplevelse (Kummeneje and Jensen, 2011).

På den andre siden var basisrommet minst likt av alle de fem alternativene. Kommentarene gitt av deltagerne her indikerte også at belysningen og mulighet til å ha adskilte rom var viktige for deres evalueringer. I dette

tilfellet, hvor basis rommet ble minst likt, ble det påpekte at rommet var 'mørk' eller 'dårlig belyst', og at det ikke hadde adskilte rom for WC, for eksempel.

Det ble gitt tydelige svar av deltagerne på plassering av høyttaler/telefon. Deltagerne mislikte plasseringen av dette på basisrommet og i begge Bergrommene (1 og 2), men likte plasseringen i begge kontainerrommene. Dette var spesielt fordi høyttaleren ble plassert på veggen til venstre av inngangsdøren til redningsrommene i basisrom og i begge bergrommene, mens det var plassert rett frem på begge kontainerrom. En mulig grunn for denne preferanse kan være den øyeblikkelige synligheten av høyttaleren. Dette er diskutert i psykofysiske studier - hvor det opplevde akustiske objekt påvirkes av plasseringen av et relatert visuelt objekt, f.eks. en melding fra en høyttaler kan bli opplevd høyere om høyttaleren er synlig (Fastl, 2004, Kohlrausch and van de Par, 2005). I en kritisk situasjon i et redningsrom hvor høyttaleren/telefonen kan være den eneste kommunikasjonskilden med andre utenfor rommet, kan synlighet til høyttaleren være viktig for en bedre forståelse av meldinger og dermed skape en bedre trygghetsfølelse.

Angående eye-tracking viser resultatene veldig små variasjoner mellom den gjennomsnittlige varigheten deltagerne fokuserte på et bestemt objekt, antall ganger deltagerne så på et bestemt objekt, og tiden til et objekt ble sett for første gang. Dette antyder at selv om basisrommet ble evaluert som 'dårlig belyst' sammenlignet med de andre redningsrommene, var synligheten på de avgjørende objekter for å fullføre oppgavene ikke redusert. Variasjoner i tid var mindre enn 1 sekund. Det var imidlertid noen rom som hadde litt høyere verdier enn andre. Tabell 7 viser rommene som fikk høyeste verdier i de tre testede eye-tracking-faktorene for hvert objekt. For eksempel, med unntak av vannflaske, hadde resten av objektene lengre *average fixation duration* i Bergrom 2 sammenlignet med de andre redningsrommene.

Tabell 7. Oppsummert resultater om øyesporing: rom med høyeste verdier.

	<i>Av. fixation duration</i>	<i>Fixation count</i>	<i>Time to first fixation</i>
Telefon	Bergrom 2	Bergrom 2	Bergrom 2
Førstehjelpsutstyr	Bergrom 2	Bergrom 2	Kontainerrom 2
Vannflaske	Basisrom	Bergrom 2	Kontainerrom 2
Teppe	Bergrom 2	Kontainerrom 2	Kontainerrom 1
Skadde person	Bergrom 2	Bergrom 2	Kontainerrom 1

*NB: *Average fixation duration* og *time to first fixation* ble registrert i sekunder, mens *fixation count* refererer til antall ganger objektet ble sett.

Når det gjelder den simulerte skadde personen, ble det registrert en veldig liten variasjon i det å oppdage han og i hvor lang tid han ble sett. Dette kan skyldes at personen kunne høres da han prøvde å fange oppmerksomheten til deltagerne ved å si: 'jeg fryser' og 'jeg er tørst'. Ved å ha en akustisk kilde, ble den simulerte personen lettere oppdaget.

Angående pulsmålinger viser resultatene at det også her var små variasjoner mellom de fem redningsrommene. Selv om det var små variasjoner, var det forskjeller mellom rommene. Kontainerrom 2 hadde de laveste pulsmålingene, og Bergrom 2 de høystepulsmålingene. Dette antyder at stressnivået var lavt i kontainerrom 2, mens det var litt mer stressende å være i Bergrom 2. Grunnen for at Kontainerrom 2 fikk de laveste pulsmålingene kan være relatert til den generelle opplevelsen av rommet som, tidligere indikert, var favoritten av alle rommene. Disse resultatene er i tråd med tidligere forskning og retningslinjer fra verdens helseorganisasjon (WHO), som påpeker at en persons helse er resultatet av samspillet mellom menneskers funksjon og kontekstuelle faktorer, f.eks. utformingen av fysisk miljø som kan gjøre menneskers aktiviteter lettere (WHO, 2001, Schneidert et al., 2003).

Når det gjelder de høye pulsmålingsresultatene for Bergrom 2, kan en anta at disse kan være relatert til eye-tracking-resultatene. Tabell 7 viser at majoriteten av objektene ble sett på i lengre tid og flere ganger i Bergrom

2, enn i de andre rommene. Spesielt er resultatene for oppgaven med å finne høyttaler/telefon: Denne ble sett på lengst, flest ganger og det tok lengre tid til å oppdage den i Bergrom 2. Høyttaler/telefon var et viktig objekt for å gjennomføre alle oppgavene, da deltagerne måtte kommunisere med VTS og følge rådene for å fullføre resten av oppgavene. Telefonen var i tillegg eneste kommunikasjonskilde med andre utenfor redningsrommet, noe som øker dens viktighet, og kan forklare de høyere pulsmålingene i Bergrom 2. At det tok lengre tid før deltagerne oppdaget telefonen for første gang kan forklare det høyere stressnivået observert i de høyere pulsmålinger her.

Resultatene fra LCB og GSE (se Seksjon 5.1.1) indikerer at majoriteten av deltagerne opplever situasjoner som avhengig av både egnen atferd og livets tilfeldigheter, med en svak overvekt av flaks. GSE-resultatene påpeker at de fleste av forsøkspersonene hadde en ganske høy mestringsstro, noe som betyr at de føler seg i stand til å ha kontroll over sin atferd under eller etter eksponering for kritiske situasjoner. Bruken av VR kan påvirke LCB på en positiv måte (Ahn et al., 2014) ved at deltagerne vet at det er et simulert miljø og derfor ikke føler seg truet, men i stedet at de har mer kontroll. LCB-resultatene kan derfor forklare effektiviteten til deltagerne da de utførte de forskjellige oppgavene i løpet av lite tid i forsøket (dvs. rundt 3-4 minutter for hvert rom). Rekkefølgen for eksponering av rom er randomisert. Eventuell læringseffekt vil slik sett ikke påvirke resultatet. Resultatene er i samsvar med tidligere forskning som antyder at personer med høy mestringsstro (GSE) planlegger og prestere bedre i evakueringsituasjoner (Newnham et al., 2017). Likeså er høy mestringsstro relatert til lavt stressnivå i voksne mennesker (Roddenberry and Renk, 2010). Dette kan forklare hvorfor pulsmålingene i alle testscenariene hadde mindre variasjoner – deltagerne hadde stor tro på at de kunne klare alle oppgavene i VR og dermed et jevnere og lavt stressnivå på tvers av alle scenariene.

Til slutt ble hendelsesloggene fra forsøkene analysert. Oppholdstid i alle redningsrommene hadde små variasjoner i lengde. Variasjoner ser ut til å være mer personspesifikke, da det ikke var store forskjeller i scenariene, men forskjeller i tid forsøksdeltagerne brukte på å løse oppgavene seg imellom. Som nevnt tidligere måtte noen datasett slettes etter at operatør/forsøksleder avbrøt testingen (typisk ved tekniske feil) eller deltager selv avbrøt (ved opplevd ubehag eller lignende). Sett bort ifra disse to grunnene var det kun én deltager som ikke fullførte oppgavene i basisrommet og i bergrom 1; en mulig forklaring er at personen ikke tok kontakt med VTS. Data fra én person er imidlertid ikke konkluderende, og derfor blir det ikke diskutert videre. Med unntak av den ene personen, klarte alle deltagerne å fullføre oppgavene. I tillegg viser data fra hendelsesloggen at 10 personer ikke tok kontakt med VTS først i noen av scenariene, men de klarte likevel å fullføre alle oppgavene. De fleste av de 10 personene tok kontakt med VTS i det første testscenariet, men de tok ikke kontakt med VTS i resten av scenariene. Dette kunne antyde en læringseffekt – deltagerne lærte hva de skulle gjøre fra første testscenario. Data viser også at alle forsøksdeltagerne gjennomførte oppgavene med små tidsvariasjoner i alle rommene. Dette antyder at rommene ikke hadde påvirkning på gjennomføring og effektiviteten av deltagerne.

7 Konklusjoner

Resultater for preferanse, aksept og atferd ved opphold i forskjellige redningsrom i denne VR-studien viser at:

- Kontainerrom 2 fikk de mest positive resultatene. Det var favorittrommet av alle de fem testede redningsrommene, og deltagerne hadde de laveste pulsmålingene her (og dermed lavere stressnivå).
- Belysning og adskillelse av aktiviteter i forskjellige arealer er viktig for aksept av opphold og trykghetsfølelse i et redningsrom.
- Det var lite forskjell på tiden brukt for å gjennomføre oppgavene i alle rom til tross for ulike belysningsnivå og plassering av utstyr og aktiviteter. Dette antyder at en generell romopplevelse ikke nødvendigvis påvirker gjennomføringsevnen på oppgaver i kritiske situasjoner.
- Det er en større preferanse for plassering av høyttaler/telefon rett framfor døren i et redningsrom. Dette kan skyldes et multisensorisk behov hos mennesker som opplever akustiske meldinger som høyere hvis de kan se høyttaleren.
- Det var små variasjoner i pulsmålingene i alle testscenariene. Resultatene kan sees i sammenheng med LCB og GSE resultatene som påpeker at forsøksdeltagerne hadde ganske høy mestringsstro, og var bevisste på at det var simulerte arealer. Dermed følte de ikke at de var utsatt for en ekte truende situasjon. Selv om resultatene kun gjelder de spesifikke simulerte situasjonene, må utformingen av redningsrom vurdere alle typer mennesker og reelle situasjoner der det kan være trafikanter med mindre mestringsstro som søker opphold i redningsrom.
- Ingen viste tegn til aggressiv atferd.
- Ingen forsøkte å forlate redningsrommet etter at de var kommet inn.
- Det ble registrert høyere pulsmålinger i Bergrom 2. Dette kan være relatert til den lange tiden det tok å oppdage høyttaler/telefon i dette rommet – ved å ikke finne fram til telefonen og kommunisere til omverdenen, kan deltagerne føle et høyere stressnivå.
- Resultatene om validitet av VR som forskningsverktøy i dette forsøket viser overveiende høy score for opplevd realisme.

8 Referanser

- AHN, S. J., BAIENSON, J. & PARK, D. 2014. Short- and long-term effects of embodied experiences in immersive virtual environments on environmental locus of control and behavior. *Computers in Human Behavior*, 39, 235-245.
- CARAMENTI, M., LAFORTUNA, C., MUGELLINI, E., ABOU KHALED, O., BRESCIANI, J.-P. & DUBOIS, A. 2018. Matching optical flow to motor speed in virtual reality while running on a treadmill. *PLoS ONE*, 13 (4).
- COLD, B., KOLSTAD, A. & LARSSÆTHER, S. 1998. *Aesthetics, well-being and health: abstracts on theoretical and empirical research within environmental aesthetics*, Oslo, Norsk Form.
- CRAIG, A., FRANKLIN, J. & ANDREWS, G. 1984. A scale to measure locus of control of behaviour. *The British journal of medical psychology*, 57 (2), 173-180.
- DISHMAN, R. K., NAKAMURA, Y., GARCIA, M. E., THOMPSON, R. W., DUNN, A. L. & BLAIR, S. N. 2000. Heart rate variability, trait anxiety, and perceived stress among physically fit men and women. *International Journal of Psychophysiology*, 37, 121-133.
- FASTL, H. 2004. Audio-visual interactions in loudness evaluation. *ICA 2004: Proceedings of the 18th International Congress on Acoustics*. Kyoto, Japan.
- FISCHOFF, B., SLOVIC, P., LICHTENSTEIN, S., READ, S. & COMBS, B. 2000. How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes toward technological risks and benefits. In: SLOVIC, P. (ed.) *The perception of risk*. London: Earthscan Publications Ltd.
- INGASON, H., LÖNNERMARK, A., FRANTZICH, H. & KUMM, M. 2010. Fire incidents during construction work of tunnels. *SP Report 2010:83*. Borås: SP Technical Research Institute of Sweden.
- JENSSEN, G. 2015. Miniutredning: Betydningen økt vegbredde har for forekomsten av tunnelangst og ulykker som følge av tunnelangst. *Rogfast prosjektering*.: Norconsult.
- JENSSEN, G. 2017. State of the art - Design parameters improving well-being in underground space. *SINTEF Report: F12-18*.
- JENSSEN, G., BJØRKLII, C. & FLØ, M. 2006. Vurderinger E39 Rogfast. Trygghet, monotoni og sikkerhet i krisesituasjoner og ved normal ferdsel. *SINTEF Report: STF50 A06109*. Trondheim.
- JENSSEN, G., ROCHE-CERASI, I., HOEM, Å. S. & GRØV, E. 2017. Litteraturundersøkelse - Selvredning i vegguttrekk. Erfaringer med bruk av redningsrom. [English: Literature review on self-rescue and use of emergency rooms in tunnels]. *SINTEF Report: 2017:00523*. Trondheim.
- JENSSEN, G., SKJERMO, J., HOEM, Å. S., ARNESEN, P., FRANTZICH, H. & NILSSON, D. 2018. Simulering av evakuering i tunnel. *SINTEF Report: 2018:01000*. Trondheim: SINTEF.
- KAPLAN, S. 1987. Aesthetics, affect, and cognition: environmental preference from an evolutionary perspective. *Environment and Behavior*, 19, 2-32.
- KOHLRAUSCH, A. & VAN DE PAR, S. 2005. Audio-visual interaction in the Context of Multi-Media Applications. In: BLAUERT, J. (ed.) *Communication Acoustics*. Berlin: Springer.
- KUMMENEJE, A.-M. S. & JENSSEN, G. D. 2011. En utvikling av framtidens parkeringsrom med bruk av Giertsens tunnelduk. *SINTEF Report*. Trondheim, Norway.
- LAM, W. M. C. & RIPMAN, C. H. 1992. *Perception and lighting as formgivers for architecture*, New York, Van Nostrand Reinhold.
- MATTHEYSES, W. & VERHELST, W. 2015. Audiovisual speech synthesis: An overview of the state-of-the-art. *Speech Communication*, 66, 182-217.
- NEUNHAM, E., BALSARI, S., KIN LAM, R. P., KASHYAP, S., PHAM, P., CHAN, E., PATRICK, K. & LEANING, J. 2017. Self-efficacy and barriers to disaster evacuation in Hong Kong. *International Journal of Public Health*, 62, 1051-1058.
- NJÅ, O. 2017. Mulighetsstudie - Evakueringsrom. In: IRIS (ed.) *IRIS Samfunnsforskning*. Stavanger: International Research Institute of Stavanger.

- ROBERTS, A. C., CHRISTOPOULOS, G. I., CAR, J., SOH, C.-K. & LU, M. 2016. Psycho-biological factors associated with underground spaces: What can the new era of cognitive neuroscience offer to their study? *Tunneling and Underground Space Technology*, 55, 118-134.
- RODDENBERRY, A. & RENK, K. 2010. Locus of Control and Self-Efficacy: Potential Mediators of Stress, Illness and Utilization of Health Services in College Students. *Child Psychiatry & Human Development*, 41, 353-370.
- RONCHI, E. & NILSSON, D. 2013. Interim Report: Traffic Information Signs, Colour Scheme of Emergency Exit Portals and Acoustic Systems for Road Tunnel Emergency Evacuations. *Department of Fire Safety Engineering*. Lund, Sweden: Lund University.
- RONCHI, E., NILSSON, D., KOJIC, S., ERIKSSON, J., LOVREGLIO, R., MODIG, H. & WALTER, A. L. 2015. A Virtual Reality Experiment on Flashing Lights at Emergency Exit Portals for Road Tunnel Evacuation. *Fire Technology*, 52(3).
- ROSSITER, J. R. 2011. *Measurement for the Social Sciences. The C-OAR-SE Method and Why it Must Replace Psychometrics.*, New York, USA., Springer-Verlag.
- SCHNEIDERT, M., HURST, R., MILLER, J. & USTÜN, B. 2003. The role of environment in the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). *Disability Rehabilitation*, 25 (12), 588-595.
- SCHWARTZ, J.-L., BERTHOMMIER, F. & SAVARIAUX, C. 2004. Seeing to hear better: evidence for early audio-visual interactions in speech identification. *Cognition*, 93 (2), B69-B78.
- STAMPS, A. E. I. 2010. Effects of Area, Height, Elongation and Color on Perceived Spaciousness. *Environment and Behavior*, 43 (2), 252-273.
- STAMPS, A. E. I. & KRISHNAN, V. V. 2006. Spaciousness and Boundary Roughness. *Environment and Behavior*, 38 (6), 841-872.
- STATENS VEGVESEN 2016. Vegtunneler - Håndbok N500. In: VEG- OG TRANSPORTAVDELINGEN (ed.). Statens Vegvesen Vegdirektoratet.
- TAN, Z., ROBERTS, A. C., CHRISTOPOULOS, G. I., KIAN-WOON KWOK, K.-W., CAR, J., LI, X. Z. & SOH, C.-K. 2018. Working in underground spaces: Architectural parameters, perceptions and thermal comfort measurements. *Tunneling and Underground Space Technology*, 71, 428-439.
- VEITCH, J. A. 2001. Psychological processes influencing lighting quality. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 30 (1), 124-140.
- WHO 2001. International Classification of Functioning, Disability and Health. Geneva, Switzerland: World Health Organization.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no