



Høgskulen
på Vestlandet

Øvelse for røykdykkere

Kan VR-trening bidra til å minimere
partikkeleksponering?



Josefina Berglind
Synne Heggøy Fjeldberg

Haugesund 2023



Øvelse for røykdykkere

Kan VR-teknologien bidra til å minimere partikkeleksponering?

Oppgavetekst

Brannkonstabler har en større risiko å få kreft gjennom jobben sammenlignet med den generelle befolkningen. Dette skyldes blant annet de kjemiske stoffer som finnes i brannrøyken. IARC (International Agency for Research on Cancer) klassifiserte sommeren 2022 brannjobben i klasse 1 som sikkert kreftfremkallende.

Arbeidet som brannkonstabel er svært variert, og røykdykking er bare liten del av arbeidet. Røykdykking er noe som utføres sjeldent, men ettersom at dette er en risikofylt del av arbeidet må kompetansen holdes oppe gjennom øvelse. Varme røykdykkerøvelser utføres oftest i container eller nedbrenningshus, med hensikt å skape en så reell brann som mulig.

Hensikten med denne oppgaven er å se på muligheten for å benytte *Virtual Reality* (VR) som trening for å minimere partikkeleksponeringen som oppstår i varme røykdykkerøvelser. For å finne ut av dette fikk 35 norske brannkonstabler gjennomføre trening i VR og deretter svare på spørsmål om deres opplevelse og holdninger til VR-trening. I tillegg ble organisasjonene som brannkonstablene tilhører intervjuet. Metodene benyttet i denne bacheloroppgaven vil gi svar på hvilke tanker norske brannkonstabler har rundt økt kreftrisiko, hvordan varme røykdykkerøvelser gjennomføres og hvilke tiltak organisasjonene har for å minimere risikoen for eksponering av farlig brannrøyk.

Forfatter

Josefina Berglind
Synne Heggøy Fjeldberg

Oppdragsgiver

HVL
Forskningsprosjekt
Dynamic

Ansvarlig veileder

Ekstern: Cecilia Hammar Wijkmark
Intern: Arjen Kraaijeveld

Innleveringsfrist

2023-05-22 kl.14:00

Rapporten

69 sider + 15 sider vedlegg

Oppgaven er avsluttende prosjekt i bachelorutdanningen branningeniør ved HVL Haugesund.

Branningeniør
Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap Institutt for sikkerhet, kjemi- og bioingeniørfag
2023-05-22

Forord

Bacheloroppgaven er skrevet ved Høgskolen på Vestlandet under Institutt for sikkerhet, kjemi- og bioingeniørfag. Oppgaven er et avsluttende prosjekt for bachelor i branningeniør og tilsvarer 20 studiepoeng per student.

Rapporten vender seg til brannvesen, brannkonstabler og bransjeorganisasjoner som har interesse for å se på løsninger som kan bidra til et bedre øvelsesmiljø for røykdykkere.

Prosjektet er et samarbeid med ekstern veileder Cecilia Hammar Wijkmark som er stipendiat ved HVL. Vi vil takke henne for all informasjon hun har delt om sin tidligere forskning i VR-teknologi og i partikkeleksponering. Vi setter også stor pris på at vi sammen fikk utført en VR-test på norske brannkonstabler.

Vi vil også takke vår interne veileder Arjen Kraaijeveld som vært en god støtte gjennom hele denne oppgaven med alt fra praktisk tilrettelegging for å utføre testen, formidling av kontakter til ulike fagfolk og møter. Din kunnskap og bakgrunn som brannkonstabel har bidratt med gode innspill til oppgaven fra røykdykkers perspektiv.

Videre vil vi også takke Ilona Heldal, Professor ved HVL, for hennes hjelp og erfaring rundt utarbeidelse av spørreundersøkelse. Ikke minst takk til forskningsprosjektet Dynamic for dekning av kostnader knyttet til leie av VR-utstyret og gjennomføring av VR-testen. Uten alle dere ville ikke dette prosjektet vært mulig å gjennomføre.

Til dere brannkonstabler og organisasjoner som stilte til testen, tusen takk. Vi håper at denne teknologien kan være et alternativ til tryggere øvelse i fremtiden.

Haugesund 2023



Josefina Berglund



Synne Heggøy Fjeldberg

Sammendrag

Brannkonstabler har forhøyet risiko for å utvikle ulike kreftformer på grunn av yrket. Brannrøyken som brannkonstabler eksponeres for på varme røykdykkerøvelser og skarpe hendelser inneholder kreftfremkallende stoffer. I 2022 ble brannyrket klassifisert som «sikkert kreftfremkallende» av IARC (International Agency for Research on Cancer).

Denne bacheloroppgaven har sett på om «*Virtual Reality*» (VR) kan benyttes som varm røykdykkerøvelse for å unngå å utsette brannkonstabler for unødvendig eksponering. Oppgaven undersøker om økt kunnskap om kreftrisiko i yrket har påvirket brannkonstablenes bevissthet om eksponeringsrisiko. Det vil også bli gjennomgått hvilke rutiner og forebyggende tiltak som finnes, og hvordan varme røykdykkerøvelser gjennomføres. For å undersøke dette har 35 norske brannkonstabler gjennomført trening i VR. Det vil gi svar på om de er villige til å benytte VR som en alternativ øvelsesform.

I denne bacheloroppgaven kommer det frem at det er blitt et stort fokus på kreftrisikoen i yrket og organisasjonene har etablert rutiner for å minimere eksponeringsrisikoen. Det avdekkes også at det er forskjell i hva de ulike organisasjonene og brannkonstablene ser som nødvendig å øve på i varme røykdykkerøvelser. I tillegg mener over halvparten av brannkonstablene at dagens varme røykdykkerøvelser ikke likner en reell brannsituasjon. Samtidig viser resultatet fra VR-testen at majoriteten av brannkonstablene er positivt innstilt til å bruke VR i varm røykdykkerøvelse. De fleste ser på VR som et godt supplement til dagens varme røykdykkerøvelser, men de ønsker ikke å erstatte de helt.

For å muliggjøre at nye metoder kan benyttes i varm røykdykkerøvelse, og sikre at øvelse ikke bidrar til økt kreftrisiko, trenger *veiledning om røyk- og kjemikaliedykking* å oppdateres.

Summary

Firefighters have an increased risk of developing various forms of cancer due to their profession. The fire smoke that firefighters are exposed to during hot live fire training contains substances that can increase the risk of cancer. In 2022, the fire profession was classified as "carcinogenic to humans" by IARC (International Agency for Research on Cancer).

This bachelor's thesis has looked at whether "Virtual Reality" (VR) can be used as a hot live fire training to avoid exposing firefighters to unnecessary particle exposure. The paper examines whether increased knowledge of cancer risk in the profession has influenced firefighters' awareness of exposure risk. It will also be reviewed which routines and preventive measures that exist and how hot live fire training are carried out. To investigate this, 35 Norwegian firefighters have completed training in VR. It will also provide an answer to whether they are willing to use VR as an alternative form of training.

In this bachelor's thesis, it emerges that there has been a major focus on the cancer risk in the profession and the organizations have established routines to minimize the risk of exposure. It is also revealed that there is a difference in what the various organizations and fire constables see as necessary to practice in hot live fire training. In addition, more than half of the firefighters think that today's hot live fire training does not resemble a real fire situation. At the same time, the results from the VR test show that the majority of firefighters have a positive attitude towards using VR in hot live fire training. Most firefighters see VR as a good supplement to today's hot live fire training, but they are not willing to replace them completely.

To make it possible for new methods to be used in hot live fire training the Norwegian regulation for smoke and chemical diving needs to be updated.

Innhold

Forord.....	V
Sammendrag.....	VII
Summary	VIII
Figur liste.....	XIII
Tabell liste.....	XIII
Ordliste.....	XIV
Forkortelser	XVI
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Oppgavens hovedmål	2
1.3 Avgrensninger	2
1.4 Leseveiledning.....	2
2. Teori	3
2.1 Lovverk for brannvesen.....	3
2.1.1 Organisering av brannvesen	4
2.2 Røykdykking	4
2.2.1 Årlige røykdykkerøvelse	5
2.2.2 Gjennomføring av røykdykkerøvelse	5
2.3 Kreftisiko hos brannkonstabler	7
2.3.1 PAH – polysykliske aromatiske hydrokarboner	7
2.3.2 IARC sin kreftforskning av brannkonstabler	7
2.3.3 Kreftforekomst blant norske brannkonstabler	8
2.3.4 Svensk studie av eksponering i varm røykdykkerøvelse.....	9
2.4 Forebyggende tiltak.....	11
2.4.1 Det svenske konseptet «Friska brandmän»	11
2.4.2 Norske tiltak	11
2.5 VR	13
2.5.1 FLAIM Trainer TM	13
2.5.2 Tidligere forskningsstudier om VR for brannkonstabler.....	17

3.	Metode.....	20
3.1	Forstudie.....	20
3.2	Data	21
3.2.1	Litteraturstudie	21
3.2.2	Forberedelser av VR test	21
3.2.3	Gjennomføring av VR test.....	22
3.2.4	Spørsmål til organisasjonene	23
3.3	Analyse av data	24
3.4	Metodekritikk	24
3.4.1	Spørreundersøkelse og spørsmål til organisasjon.....	24
3.4.2	Testing av VR.....	25
3.4.3	Litteratursøk	26
4.	Resultat.....	27
4.1	Bakgrunn og erfaring og erfaring av deltakerne i VR testen.....	27
4.2	Økt bevissthet om kreftrisiko og partikkeleksponering.....	28
4.3	Rutiner for å redusere eksponering.....	31
4.4	Dagens varme røykdykkerøvelser	32
4.5	Bruk av VR teknologi til røykdykkerøvelse.....	35
4.5.1	Opplevelse av VR.....	35
4.5.2	Brannkonstablernes oppfatning om treningsformål med VR	36
4.5.3	Realismen av varm røykdykkerøvelse og VR- teknologien.....	39
4.5.4	Generell vurdering av tekniske elementer i VR	40
4.5.5	Villighet for å innføre VR- teknologien	41
5.	Diskusjon.....	44
5.1	Økt bevissthet om kreftrisiko blant brannkonstabler.....	44
5.2	Rutiner dagens arbeidsmiljø	45
5.3	Dagens varme røykdykkerøvelser	46
5.3.1	Veiledningen	46
5.3.2	Røykdykking	47
5.3.3	Gjennomføring av varm røykdykkerøvelse.....	48
5.3.4	Eksponering under varm røykdykkerøvelse	49

5.4	VR til varm røykdykkerøvelse	50
5.4.1	Sammenligning med tidligere studier.....	53
5.4.2	Innføring av VR.....	53
6.	Konklusjon	55
7.	Veien videre	56
	Referanser.....	57

Figurliste

Figur 1 viser oversikt av styrende organ for brannvesen som brukes i henhold til røykdykking.....	3
Figur 2 viser tradisjonell røykdykkerøvelse der det benyttes nedbrenningshus. (foto privat)	6
Figur 3 viser komplett utstyr av FLAIM trainer TM	13
Figur 4 VR-briller med tilhørende hodetelefoner.....	14
Figur 5 viser pusteapparatet med tilhørende håndkontroll (venstre bilde). Til høyre vises halvmaske som kan kobles inn i pusteapparatet.....	14
Figur 6 viser varmevest som benyttes under brannbekledningen.....	15
Figur 7 viser strålerør med slange.	15
Figur 8 Viser til at brannatferden bygger på algoritmer (bilde hentet fra Flaim's hjemmeside) [30] ...	16
Figur 9 illustrerer hvordan metodene har blitt brukt	20
Figur 10 viser bilder fra de tre ulike scenarioene som utførtes ved testen. (bilder hentet fra FLAIM Tm hjemmeside) [30].....	23
Figur 11 viser andel brannkonstabler som er bekymret over den yrkesrelaterte kreftrisikoen.....	28
Figur 12 Oversikt over hvor brannkonstabler føler seg mest eksponert for sotpartikler og brannrøyk	29
Figur 13 Antall ganger som brannkonstabel røykdykker	33
Figur 14 viser opplevelse av tilstedeværelse i VR sammenlignet med en ekte brannsituasjon	35
Figur 15 viser formål med varm røykdykkerøvelse og hva VR kan benyttes til.....	36
Figur 16 Sammenligning av VR og tradisjonell varm røykdykkerøvelse	37
Figur 17 viser sammenligning av varm røykdykkerøvelse og VR.....	40
Figur 18 viser opplevelse av realisme i VR med tanke på brannen, flammene, røyken og vannet.....	41
Figur 19 viser brannkonstablenes svar på om VR kan benyttes (før og etter testen).	42
Figur 20 viser andel brannkonstabler som kan tenke seg å erstatte VR med varme røykdykkerøvelser	43
Figur 21 viser statistikk over antall skarpe brannhendelser i 2022. Bilde hentet fra DSB brannstatistikk [45]	47

Tabell liste

Tabell 1 Aldersfordeling og antall som deltok i VR testen	27
Tabell 2 Viser at antall forskningsartikler har en økning på over 10 ganger de siste 20 årene	30

Ordliste

Begrep	Forklaring
Benso[a]pyren	Tilhører PAH og er et svært kreftfremkallende stoff.
Direktiv	Retningslinjer, veiledning, forskrift eller instruks.
Fullskala brann- øvelser	Øvelse på ekte brannsituasjon, hvor hele organisasjonen som oftest deltar.
Høyderedskap	Brannvesens kjøretøy, oftest stigebil.
Kjemikaliedykking	Innsats i forurenset eller giftig område eller område med oksygenmangel for å redde liv, eller for å bekjempe lekkasje.
Kontaminert materiale	Material som er blitt forurenset.
Metabolitter	Organiske molekyler eller kjemiske forbindelse som inngår i metabolismen.
Nedbrenningshus	Hus som brannvesenet på en eller annen måte fått tildelt for å gjennomføre varme røykdykkeøvelser i.
Organisasjoner	I denne bacheloroppgaven benyttes begrepet «organisasjoner» for å beskrive brannvesenets organisasjoner. Det kan innebære en brannstasjon eller IKS.
Risiko	Sannsynligheten og konsekvens av uønsket hendelse.
Risikobilde	En samlet fremstilling av alle risikoforhold som er av betydning for den aktuelle virksomheten.
Røykdykking	Innsats i tett brannrøyk, vanligvis inne i bygninger eller andre objekter, for å redde liv, miljø eller materielle verdier.
Sanering	Tiltak som fjerner skadelige stoff på personer, miljø og eiendom.
Skarp øvelse	Øvelse med ekte brann eller kjemikalier.
Sårbarhetsanalyse og beredskapsanalyse	Vurdering av uønskede hendelser og vurdering av ressurser for å håndtere dem.

Ufullstendig
forbrenning

Forbrenning uten nok oksygen. Kan danne blant annet karbonmonoksid, sotpartikler og PAHs.

Vaktlag

Beredskapsnivå med minimum 1 utrykningsleder og 3 brannmenn. Uavhengig deltid eller heltid.

Forkortelser

Forkortning	Forklaring
CFBT	Compartment fire training behavior. Lærings strategi for å lære brannkonstabler om brannatferd og røykdykking
DSB	Direktoratet for beredskap
IARC	International Agency for Research on cancer
IKS	Interkommunalt selskap
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Svenske direktoratet for beredskap tilsvarende DSB
PAH	Polysykliske aromatiske hydrokarboner
VR	<i>Virtual Reality</i> (norsk: Virtuell virkelighet)
WHO	World Health Organization
RISE	RISE Fire Research AS
jATES	Journal of Applied Technical and Educational Science

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Arbeidsmiljøloven §1-1 fastsetter at arbeidsmiljøet skal være helsefremmende. Det innebærer at det skal være trygt å gå på jobb, livskvalitet og trivsel skal bedres, samt redusere sannsynlighet for utvikling av risikofaktorer for sykdom [1], [2]. Paradoksalt innebærer yrket som brannkonstabel mange ulike faktorer som kan gi negative effekter på helse. For eksempel uregelmessig arbeidstid [3], eksponering av farlige stoffer i brannrøyk og håndtering av kontaminert materiale. Yrket er i dag betegnet som «sikker kreftfremkallende» av WHO's kreftforskningsinstitutt [4].

De siste 10-15 årene er det satt et større søkelys på kreftrisikoen blant brannkonstabler. I Sverige ble det startet et konsept kjent som «Friska brandmän» for å øke bevisstheten om eksponeringen og forebyggende tiltak som kan gjennomføres. For eksempel rutiner for håndtering av skitne klær og utstyr. Denne modellen har også fått internasjonal erkjennelse [5].

Det stilles strenge krav til røykdykkere på grunn av den risikoen røykdykking innebærer. For at de skal vedlikeholde og utvikle ferdighetene sine angir *veiledning om røyk- og kjemikaliedykking* at det skal gjennomføres minimum én varm øvelse i året [6]. Varm røykdykkerøvelse er røykdykking med forbrenning i et nedbrenningshus eller containersystem. Det vil si at ved varm røykdykkerøvelse blir brannkonstablene utsatt for kreftfremkallende partikkeleksponering. Veiledningen ble sist oppdatert i 2005. I løpet av de siste 18 årene har det kommet frem ny forskning om brannkonstablers økte kreftrisiko. Samtidig har ny VR-teknologi (*Virtual Realty*) blitt utviklet. I øvingsssammenheng kan denne VR-teknologien gi mulighet for trening og læring uten røykeksponering. Den nye kreftrisikoklassifisering av IARC bør kunne gi et grunnlag til å se over om disse nye øvingsmulighetene kan være et alternativ for varm røykdykkerøvelse. Dette spesielt for å bidra til større ivaretagelse av helsefremmende arbeidsmiljø for brannkonstablene.

For å finne ut om VR kan implementeres i norsk brannvesen vil det gjennomføres en VR-test for brannkonstabler i Haugesund på HVL (Høgskolen på Vestlandet).

1.2 Oppgavens hovedmål

Hovedmålet med denne oppgaven er å se på om VR kan være et alternativ for varm røykdykkerøvelse for å minimere partikkeleksponering av brannkonstabler.

For å besvare oppgavens hovedmål vil følgende spørsmål besvares:

- Har kunnskap om kreftrisiko i brannyrket økt de siste årene, og hvordan har det påvirket brannkonstablene?
- Hvilke forebyggende tiltak gjennomføres hos organisasjonene for å minimere partikkeleksponering av brannkonstabler?
- Hvordan gjennomføres varm røykdykkerøvelse i dag, og hvilket reglement styrer dette?
- Hvordan opplever brannkonstabler røykdykkerøvelse i VR?

1.3 Avgrensninger

Det vil foretas noen avgrensninger for å begrense oppgavens omfang.

- Undersøkelsen gjennomføres på et begrenset antall brannkonstabler og organisasjoner på Vestlandet.
- Det fokuseres på partikkeleksponering i varm røykdykkerøvelse, ikke skarpe hendelser.
- Testen er kun en kort innføring av VR teknologien fra leverandøren FLAIM™. Den er begrenset til én røykdykker av gangen hvor den enkelte brannkonstabel får gjennomføre testen én gang. Dette for å se på hvordan den enkelte brannkonstabel opplever og stiller seg til teknologien.
- Oppgaven belyser ikke andre alternative metoder for å gjennomføre varm røykdykkerøvelse enn VR.
- Kostnader ved bruk av VR kontra dagens varme røykdykkerøvelse vil ikke bli beregnet.

1.4 Leseveiledning

Denne bacheloroppgaven er en teoretisk rapport og presenteres på følgende måte:

Kapittel 2 beskriver teori rundt lovverk for norsk brannvesen, varme røykdykkerøvelser, kreftrisiko i brannyrket, etablerte rutiner og VR-teknologi

Kapittel 3 beskriver hvilke metoder som er benyttet for å besvare de fire spørsmål som oppgaven belyser

Kapittel 4 presenterer resultat fra VR-test og spørsmål

Kapittel 5 diskuterer temaet som kommer frem i resultatene

Kapittel 6 presenterer en konklusjon på oppgavens problemstilling

Kapittel 7 ser på fremtidig arbeid som kan gjøres for å etablere mer kunnskap om temaet

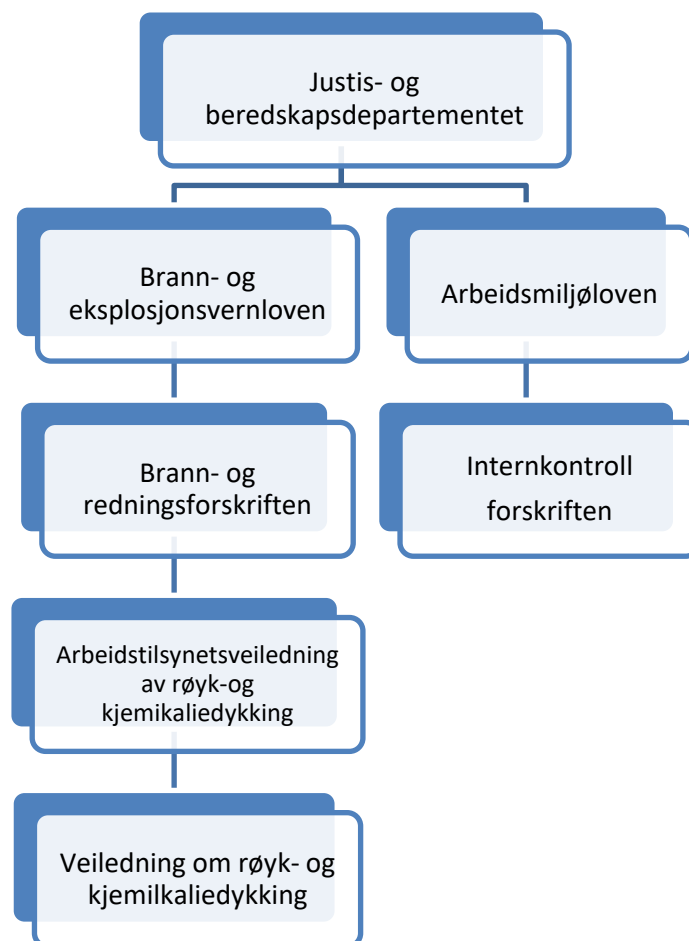
Avslutningsvis presenteres referanser og vedlegg

2. Teori

I dette kapitlet beskrives teori om lovverk for norsk brannvesen, varme røykdykkerøvelser, kreftrisiko i brannyrket, etablerte rutiner og VR-teknologi.

2.1 Lovverk for brannvesen

Figur 1 viser et skjematisk bilde på lover, forskrifter og veiledninger som er gjeldene for brannvesenet i henhold til røykdykking. Lover og forskrift er noe en er pålagt å følge, men veiledning er et dokument som beskriver hvordan kravene i loven og forskriften kan tilfredsstilles. Brannvesenet i Norge er underlagt justis- og beredskapsdepartementet der «Brann- og eksplosjonsvernloven» med tilhørende forskrifter og veiledninger er sentral. Hvert enkelt brannvesen er i kommunalt eller interkommunalt selskap (IKS) og *brann- og redningsforskriften* sier hvordan de skal organiseres i henhold til dimensjonering. Brann -og redningsforskriften trådte i kraft 1. mars 2022 og erstatter det som tidligere ble kalt *dimensjoneringsforskriften* [7].



Figur 1 viser oversikt av styrende organ for brannvesen som brukes i henhold til røykdykking.

Hensikten med den nye forskriften er at kommunene selv i henhold til § 9 i *brann- og redning forskriften* skal gjennomføre risiko- og sårbarhetsanalyse og deretter se på hvilken form for beredskap som er nødvendig. Dette kommer blant annet etter innspill fra høringsrunder med brannvesen rundt om i Norge, men minimum krav på dimensjonering er fortsatt det samme [7].

2.1.1 Organisering av brannvesen

I henhold til § 13 i *brann- og redningsforskriften* skal brann- og redningsvesen ha en samlet beredskapsstyrke på minimum 16 personer der minst fire er kvalifiserte utrykningsledere. Denne beredskapsnivå vil også innebære at et vaktlag i henhold til § 14 består av en utrykningsleder og tre brannkonstabler. Vaktlaget skal styrkes med mannskap hvis det i kommunen ligger krav til å ivareta rømning av bygning med hjelp av høyderedskap eller om kommunen har bestemt at brannvesenets behov for slokkevann skal dekkes av tankbil. Utover dette vil kriteriene om antall innbyggere, eller om brannvesenet er i regi av interkommunal beredskap, sette standarden om beredskapen organiseres med deltid- eller heltid ansatte [8].

Deltid:

Et brannvesen som er organisert med deltidsstillinger innebærer at brannkonstablene kommer til stasjonen ved en hendelse/ ulykke. Utover det har de også en annen jobb som er hovedarbeidet. Deltidsstillingen vil som oftest innebære at brannkonstablene har beredskap en uke i måneden, men turnusordningen varierer avhengig størrelse på kommunene.

Heltid:

Brannvesen som har dekning for heltidsansatte, kan ha hele eller deler av vaktlag med bemanning hele døgnet. Dette er hovedarbeidet til de ansatte hvor turnusen ofte innebærer vakter på 12 eller 24 timer.

2.2 Røykdykking

For å sette ord på hva røykdykking er vil arbeidstilsynets definisjon benyttes.

«Innsats i tett brannrøyk, vanligvis inne i bygninger eller andre objekter, for å redde liv, miljø eller materielle verdier.» [9]

Røykdykking tilhører en av verdens mest risikofylte og krevende jobber. For å ivareta sikkerheten til den enkelte brannkonstabel, så er det flere forskrifter og veiledninger som sørger for at det blir ivaretatt. Veiledningen som vektlegges er *røyk- og kjemikaliedykking* [6]. I Norge er det ikke lovpålagt at det skal gjennomføres røykdykking, men som en konsekvens av

kommunens risikobilde vil det kunne bli gjennomført. Dette skal også være dokumentert i kommunens behov av brannvernet [6].

Det stilles høye fysiske krav til brannkonstabelen som skal gjennomføre røykdykking. For å bli godkjent som røykdykker må man bestå helseundersøkelse og fysiske tester som beskrives i arbeidstilsynets veiledning [10]. Kravene er grunnleggende for å kunne delta i ulike oppgaver som skarpe innsatser og på røykdykkerøvelse [11].

2.2.1 Årlige røykdykkerøvelse

Som brannkonstabel er det strengt nødvendig og få øvd på ulike typer hendelser. Dette er viktig for å opprettholde og ivareta ferdighetene ved en skarp ulykke.

§25 i *Brann- og redningsforskriften* angir øvelseskrav til brann- og redningsvesen. Der står det at brannvesenet skal utarbeide sin årlige øvelsesplan på bakgrunn av risiko- og sårbarhetsanalysen og beredskapsanalysen i den spesifikke kommunen [8]. Dersom brannvesenet anser det nødvendig å bedrive røykdykking kan *veiledning om røyk- og kjemikaliedykking* legges til grunn for hvor ofte øvelser skal gjennomføres. [6]. Etter veiledningen skal brannkonstabler som utøver røykdykking ha fire røykdykkeøvelser per år herav minst én varm røykdykkerøvelse. Dersom de også utfører kjemikaliedykking så skal det være seks øvelser per år, hvor minst én varm røykdykkeøvelse og en skarp kjemikalieøvelse. Innhold i øvelsene skal tilpasses personellets kunnskapsnivå og som gir repetisjon og videreføring av den grunnleggende opplæringen av røykdykkere. De årlige øvelsene skal også dokumenteres i henhold til §5 i *internkontrollforskriften* [12]. Hvordan dokumentasjonen utføres skal tilpasses etter virksomheten og kan for eksempel inneholde instruksjer, kompetansebevis, sertifikater etc. For røykdykking vil det som en naturlig del innebære å registre den enkelte brannkonstabelen, hvor og når røykdykkerøvelsen er blitt gjennomført.

2.2.2 Gjennomføring av røykdykkerøvelse

De varme røykdykkerøvelsene gjennomføres som oftest på øvingsanlegg hvor det er tilrettelagt for praktiske utdanninger. Objektene på øvingsanlegget er ofte oppbygget av 'containersystem' hvor hensikten er å kunne utføre røykdykkinger i et varmt miljø. Her skal brannkonstablene kunne lære, opprettholde og utvikle sine ferdigheter i henhold til det som er blitt lært i grunnopplæringen. For eksempel brannfysikk – og kjemi, vannføring, slangutlegg, vurdering av risiko og annet [6]. Containersystem som øvelsesobjekt er noe som benyttes av mange brannvesen rundt om i verden, og beskrives mange ganger som CFTB - *Compartment Fire Training Behaviour* [13]. Historisk sett har det blitt benyttet mye forskjellige typer materiale til

brensel. Dette er alt fra diesel, tre avfall, sponplater, gamle møbler, men på grunn av modernisering har flere gått over til å bruke gass [14]. Dette for at det skal bli en renere forbrenning og skape et bedre miljø både for brannkonstablene, med også ytre miljøpåvirkninger.

Den årlige varme røykdykkerøvelsen kan i henhold til veiledningen også være 'nedbrenningshus'. Det vil da si ulike typer av hus som brannvesenet på en eller annen måte har fått tildelt, for å kunne trene på røykdykking [6]. Premissene for å kunne brenne ned hus er at de saneres før det brennes. Det skal for eksempel ikke finnes møbler, elektrisitet eller andre gjenstander som kan påvirke sikkerheten til brannkonstablene. Heller ikke ting som kan gjøre forbrenningen mer uren enn nødvendig med tanke på miljøpåvirkninger.



Figur 2 viser tradisjonell røykdykkerøvelse der det benyttes nedbrenningshus. (foto privat)

2.3 Kreftrisiko hos brannkonstabler

En brannkonstabel risikerer å eksponeres av kreftfremkallende brannrøyk ved alle innsatser hvor det er brann eller forbrenning. Uavhengig om det handler om røykdykking eller utvendig slokking vil brannkonstablene eksponeres. Det gjelder også ved varme røykdykkerøvelser der varm røyk og flammer benyttes.

2.3.1 PAH – polysykliske aromatiske hydrokarboner

Det finnes flere stoffer i brannrøyken som er kreftfremkallende, blant annet det som går under fellesbetegnelsen, PAH – polysykliske aromatiske hydrokarboner. Dette er en stor gruppe organiske forbindelser som dannes ved ufullstendig forbrenning av organisk material. Gunstig temperatur for å danne PAH er mellom 400 - 800°C [15]. For eksempel kan PAH dannes ved grilling av mat. Flere av disse PAH-ene er kjent for å ha egenskaper om vil gi forskjellige negative helseeffekter hos mennesker [16], der den kritiske helseeffekten av PAH er kreft. Flere ulike kreftformer er assosiert med PAH-eksponering [17].

PAH finnes både i gass og partikkelform og er meget lettløselig i fett, men lite løselig i vann. Størrelsen varierer fra 0,1-1 µm, hvilket innebærer at opptak hos et menneske skjer både gjennom inhalering og gjennom huden. Ved hjelp av enzymer fra ulike organer i kroppen så kan PAH forandres til vannløselige metabolitter og kan på den måten skilles ut fra kroppen i urin eller avføring. Dette gjør det mulig å måle og analysere opptaket av ulike PAH i kroppen, for eksempel ved hjelp av en urinprøve. Benzo[a]pyren er en av de PAH-ene som er svært kreftfremkallende, hudpenetrerende og reproduksjonsskadelig. Den dannes i forurenset luft eller røyk og benyttes derfor frekvent som kreftfremkallende PAH markør [8].

2.3.2 IARC sin kreftforskning av brannkonstabler

International Agency for Research on cancer (IARC) er et spesialisert kreftforskningsinstitutt som forsker internasjonalt på kreft under World Health Organization (WHO). Forskningsinstituttet gjennomgår forskning for å vurdere hva som kan ha sammenheng med kreft og hva som bidrar til kreft hos mennesker [18]. De evaluerer for eksempel innhold i matvarer, ulike yrker og livsfaktorer og klassifiserer dette i fem grupper ut ifra hvor tydelig forskningen peker på kreftsammenheng. Klassene består av 1, 2a, 2b, 3, 4, hvor klasse 1 er høyest og vil si «sikkert kreftfremkallende» [19]. I dag er de med på å gi myndighetene uavhengig ekspertvurdering og vitenskapelig mening om kreft i miljøet og omgivelsene.

I 2010 ble brannrøyket klassifisert til gruppe 2B «muligens kreftfremkallende» av IARC på bakgrunn av begrenset bevis for yrkeseksponering og kreftsammenheng. Klassifiseringen

gjelder spesifikt for non-Hodkins lymfon (lymfekreft), prostatakreft og testikkelkreft. Det ble vurdert at det var vanskelig å vurdere en arbeidsgruppe hvor det er svært varierende arbeidsoppgaver, hvor noen er heltid, andre deltid og det er varierende hvor eksponert de er [20]. Dermed er det vanskelig å bevise at yrket er den direkte årsaken til den høye andelen krefttilfeller. Siden IARC-rapporten kom for over 10 år siden har det blitt gjennomført mange forskningsstudier som ser på sammenhengen mellom yrkeseksponering hos brannkonstabler og kreft.

I juni 2022 publiserte IARC at brannyrket er oppgradert til gruppe 1 som vil si «sikkert kreftfremkallende» [4]. Forskere fra 8 forskjellige land hadde deltatt i studien, deriblant norske. Studien konkluderte med at det var tilstrekkelig med bevis for risiko av blærekreft og mesoteliom, en kreftform som har sitt utspring fra brysthinnen. Det var begrenset med bevis for at det kan være sammenheng mellom kreft og yrkeseksponering for tarm, prostata, testikler, hud (melanom) og ulike typer lymfekreft (non-Hodkin lymfom). Evalueringen for yrkesmessig eksponering gjelder for alle brannkonstabler, både menn og kvinner.

2.3.3 Kreftforekomst blant norske brannkonstabler

Det norske bidraget i IARC rapporten fra 2022 evaluerte kreftforekomst og dødelighet blant menn ansatt i norsk brannvesen [21]. Studien ble ledet av Sintef, med statens miljøinstitutt (STAMI), kreftregisteret og RISE Fire Research som samarbeidspartnere [22]. Det deltok 15 brannvesener spredt over hele Norge. De ble i denne studien bedt om å registrere alle som hadde jobbet som brannkonstabel fra 1913 og var i live mellom 1960 til 2019. Totalt utgjorde det 3881 individer. Det har vært meldeplikt for alle krefttilfeller i Norge siden starten av 1952. Derfor var det mulig å innhente dato og kreftdiagnose gjennom det norske kreftregisteret. Underliggende årsak ble hentet fra dødsårsaksregisteret. Fra dette kunne forskerne beregne forholdet mellom forventet antall krefttilfeller og dødsfall mot den generelle befolkningen.

I løpet av oppfølgingsperioden på 58 år ble det registret 916 krefttilfeller og 375 kreftdødsfall blant de 4295 mennene. Det ble i studien observert en betydelig forhøyet forekomst av tykktarmskreft, mesotheliom (brysthinne) og prostatakreft, men mindre forhøyet dødelighet av tykktarmskreft og mesotheliom sammenlignet med befolkningen ellers. Potensielle feil ble observert i dødelighetsrate. Spesielt for brysthinnekrefttilfeller, hvor noen av de som døde ikke hadde fått diagnosen. Forskjellen i dødelighet og krefttilfeller som var mest fremtredende skyldes uoverensstemmelser mellom kreftdiagnose og dødelighet. Brysthinnekreft er kjent for å være aggressiv og har høy dødelighet. Forskerne i denne studien viser til en annen studie på

amerikanske brannkonstabler, der det ble rapportert at forekomst og dødelighet fra brysthinnekreft var forhøyet med over det dobbelt [21].

Det er funnet begrenset bevis for at prostatakreft har sammenheng med yrkesmessig eksponering av PAH. Det var flere krefttilfeller enn forventet dødelighet. Det antyder en deteksjonsskjevhet fra ulik screeningpraksis. I Norge ble det innført en ny screeningmetode, med antigenest fra 1990 [23], som assosieres med en rask økning i forekomst. Funn av prostatakreft hos brannkonstabler er blant de mest konsistente. Likevel menes det at det kan være grunnet jevnliges helsesjekker [21].

Forskerne presiserer at resultatene må tolkes med forsiktighet da det finnes en skjevhet i deteksjon på grunn av ulik screeningpraksis, som kan påvirke brannkonstablers estimerte kreftisiko. Deres yrkeseksponering er kompleks, og funn om kreftisiko kan være vanskelig å tolke og trekke slutninger [21].

Den lange oppfølgingsperioden har bidratt med et høyt antall årsverk for analysen. Dermed er forekomstdataen av krefttilfeller pålitelig og av svært høy kvalitet. Den generelle konklusjonen blir etter dette at blant de som har jobbet i over 30 år og som ble ansatt for 40 år siden, er risikoen for både strupekreft og brysthinnekreft over dobbelt så høy som sammenlignet med befolkningen ellers [21], [22].

2.3.4 Svensk studie av eksponering i varm røykdykkerøvelse

På initiativ av Cecilia Hammar Wijkmark gjennomførte FOI (Svenska Totalförsvarets forskningsinstitut) i 2017 en svensk studie på brannskolen til MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap). Der målte de partikkeleksponeringen av kreftfremkallende stoffer under varme røykdykkerøvelser [24].

Studien var todelt, i første del ble det tatt prøver fra instruktørens brannbekledning for å se på hvor mye partikler som fantes på utsiden og innsiden etter å ha gjennomført varm røykdykkerøvelse. Bekledningen bestod av brannjakke og brannbukse og nærmest kroppen ble det benyttet heldekkende underbekledning i bomull og polyester. Totalt ble 22 ulike PAHs analysert. Brannøvelsen fant sted i en 12 m lang container. Som brensel til brannen ble det benyttet tennvæske, treull og ubehandlet sponplater. Dette for å skape et røykfyllt miljø med en høy temperatur. Denne øvelsen vil også være lik de tradisjonelle varme røykdykkerøvelser i Norge. Det ble gjennomført totalt tre forsøk i første del og totale eksponeringstiden varierte mellom 17-20 minutter hver gang [24].

I andre del av studien deltok 20 studenter i alderen 19-29 år ved den svenske brannskolen. Den varme røykdykkerøvelsen i denne del av studien hadde en mer reel karakter for å ligne på en ekte innsats. Brannen bestod av samme material som i første del, altså tennvæske, treull og ubehandlet sponplater. Det er estimert at hvert deltakere ble eksponert for røyk mellom 5-30 minutter, litt avhenge hvilken rolle deltakerne hadde under innsatsen. Det ble tatt prøver fra huden og urinen etter containerøvelsen. Urinprøven ble tatt tre ganger. Den første ble tatt umiddelbart etter øving, de to andre ble tatt 6 og 20 timer etter avsluttet øving. Deltakere hadde på forhånd blitt bedt om å ikke delta på andre varme røykdykkeøvelse dagene før studien og ikke spise grillmat samt fjerne kosttilskudd som inneholder kreatin. Dette for å minimere annen opptak av PAH [24].

Resultatet fra første del i studien viser til at den totale PAH-konsentrasjonen ($\sum 22 \text{ PAH}^1$) lå på mellom 20 – 40 mg m⁻³ inne i containeren. Det påvises også svært høye verdier av benzo[a]pyren. Det er i Sverige satt en grenseverdi (8 timers) til 2 µg m⁻³ for benzo[a]pyren, men under forsøket kunne det måles verdier mellom 300-900 µg m⁻³. Den totale PAH konsentrasjonen på innsiden av jakken målt til 150-240 µg m⁻³ og på innsiden av underbekledning var den totale konsentrasjonen 150 ganger lavere [24]. Det viser at bekledning er viktig.

Resultatet fra andre del av studien viser til at hudprøvene før og etter gir en 5-ganger så høy median verdi for $\sum 14 \text{ PAHs}^2$ etter øvelsen. I urinprøven ble det registrert 8 ganger så høy verdi av stoffet 1-hydroxypyren (fra 0,14 til 1,1 µmol mol⁻¹ kreatin). 1-hydroxypyren er det stoff som har vist seg som den mest anvendbare markøren og som har markant høyere verdi både etter 6 og 20 timer, samtidig som det har sterkest korrelasjon til opptaket i huden [24].

¹ summen av de følgende 22 PAH-forbindelsene: Naphthalene2B, 2-Methylnaphtalene, 1-Methylnaphtalene, Biphenyl, 2,6-Dimethylnaphtalene, Acenaphtylene, Acenaphtene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, 1-Methylphenanthrene, Fluoranthene, Pyrene, Benz[a]anthracene2B, Chrysene2B, Benzo[b + k]fluoranthene, Benzo[e]pyrene2B, Benzo[a]pyrene1, Perylene, Indeno[1,2,3-cd]pyrene2B, Dibenz[a,h]anthracene2A, Benzo[ghi]perylene

² Summen av de følgende 14 PAH-forbindelsene: phenanthrene, Anthracene, 1-methylphenanthrene, Fluoranthene, Pyrene, Benz(a)anthracene, Chrysene, Benzo(b,k)fluorantene, Benzo(e)pyrene, Benzo(a)pyrene, Perylene, Indo(1,2,3-cd)pyrene, Dibenz(a,h)antracen, Benzo(ghi)perylene

2.4 Forebyggende tiltak

2.4.1 Det svenske konseptet «Friska brandmän»

På lik linje med økt forskning og kunnskap om kreftrisiko blant brannkonstabler de siste 10- 15 årene har det også blitt etablert flere forebyggende tiltak og retningslinjer for å minimere partikkeleksponeringen.

I 2006 startet et prosjekt i Sverige, initiert av arbeidstagere- og fagforening. Prosjektet ble kalt for «friska brandmän». Dette prosjektet har utarbeidet en metode som også fått internasjonal erkjennelse under navnet «skellefteåmodellen» og blir sett på som banebrytende. Metodens navn kommer fra Stefan Magnusson, brannkonstabel ved brannvesenet i Skellefteå, Sverige. Hensikten med metoden er å minske eksponeringen av kreftfremkallende partikler hos brannkonstabler, både i direkte forbindelse med brannrøyken, men også sekundært ved håndtering av kontaminert material [5].

Skellefteåmodellen fremstiller tre viktige faktorer som skal til for å forbedre arbeidsmiljøet til brannkonstablerne:

- Kunnskap og bevissthet
- Rutiner
- Verktøy

Det å arbeide etter «skellefteåmodellen» handler om en endringsprosess. Der ny kunnskap skal gi en økt bevissthet om de åpenbare, men også skjulte kontamineringsrisiko som finnes i jobben til brannkonstablene. Ut ifra dette skal det skapes gode rutiner hvordan man sanerer personell som blitt eksponert for brannrøyk, men også hvordan material og utstyr skal håndteres og rengjøres. Dette er rutiner som skal følges både etter en skarp hendelse og etter øvelse. Hvert brannvesen må vurdere hvordan de best løser det på sin arbeidsplass. Det viktigste er at organisasjonene sørger for nødvendige ressurser og verktøy som trengs for å kunne arbeide etter metoden.

2.4.2 Norske tiltak

Arbeidsmiljøloven krever at det skal finnes arbeidsinstrukser til arbeid som kan medføre særlig fare for liv og helse. Dette inkluderer røyk- og kjemikaliedykking [9]. Arbeidstilsynet beskriver at røyk- og kjemikaliedykkere skal kunne beskytte seg fra å puste in røyk og kunne beskytte seg fra å få det på huden. Videre har arbeidstilsynet beskrevet at det skal finnes instrukser for å håndtere kontaminert material og hvordan brannkonstablene så raskt som mulig skal få rent

arbeidstøy etter innsats. Forslag på instruks for behandling av arbeidstøy som arbeidstilsynet henviser til er hentet fra brannvesenet i Skellefteå og inneholder [9]:

- Ved utrykning er bekledning, utstyr og bil ren
- På brannstedet plasseres bilen der den blir minst utsatt for brannrøyken
- Riktig bekledning for den aktuelle hendelsen
- Åndedrettsbeskyttelse skal brukes om en kan bli utsatt for farlige stoffer
- Etter innsatsen skiftes tøy mot rent på brannstedet
- Skittent tøy legges i egen egnet sekk og vaskes i egen maskin
- Utstyr og bil rengjøres snarest mulig

I 2014 ble den frivillige organisasjonen *Brannmenn mot kreft* etablert for å synliggjøre kreftrisikoen i yrket i Norge [25]. Hovedmålsetningen er gjennom større bevissthet fremme det forebyggende arbeid for å minske kreftrisikoen.

Ett av tiltakene som *Brannmenn mot kreft* fokuserer på, og som har fått et økende fokus nasjonalt, er viktigheten av skitten og ren sone. Tidligere var det ikke vanlig å rengjøre bekledningen, det var mer en form for æreskodeks å benytte bekledning og utstyr som var svidd og sotet for å vise at man var erfaren i yrket [26]. Det å skape en fullstendig barriere mellom ren og skitten soner er svært viktig og finnes beskrevet hos arbeidstilsynet [27]. Resultatet av det arbeidet har resultert i at mange brannstasjoner rundt om i landet nå bygges om for å sikre gode arbeidsforhold. Noen brannstasjoner er på planleggingsstadiet for en slik ombygging, men andre sliter også med å få gjennomslag i sin kommune [26], [27].

2.5 VR

VR står for «Virtual Reality» som på norsk betyr «virtuell virkelighet». Det var først i 1980 at Jaron Lanier startet VPL-research og utviklet det som vi i dag kjenner som VR-utstyr. I det utstyret var både briller og hansker inkludert [28]. De siste årene har utviklingen av VR tatt store skritt fremover og i dag er det ikke kun skapt for underholdning. Det finnes flere yrkesgrupper som har lang erfaring av å bruke simuleringsverktøy for læring. For eksempel helsevesenet, flyindustrien og militæret, hvor det også kan være helt nødvendig å benytte VR på grunn av kostnader [29].

2.5.1 FLAIM Trainer™

Til denne bacheloroppgaven benyttes FLAIM trainer™ levert av FLAIM systems. Dette VR-utstyret er produsert i Australia og er verdens første multisensoriske realistiske VR-utstyr for brannkonstabler med fokus på røykdykking. Utstyret er portabelt og transporteres i tre kofferter. Det kan settes opp og brukes i et vanlig klasserom. Maskinvaren består av VR-briller, pusteapparat, halvmaske, varmevest, ‘vive’-kontroll og slange med strålerør [29]. Utstyret kan sees i figur 3.



Figur 3 viser komplett utstyr av FLAIM trainer™

VR-brillene med tilhørende lydsystem

Figur 4 viser VR-briller med tilhørende hodetelefoner. Lyden vil gjenspeile det som brannkonstabelen ville opplevd i virkeligheten. Som eksempelvis lyden av brannen og slokkevann o.l.



Figur 4 VR-briller med tilhørende hodetelefoner

Pusteapparat med halvmaske

I figur 5 vises pusteapparat, halvmaske og håndkontroll. Pusteapparatet tilsvarer et ekte apparat i vekt og størrelse, men inneholder en data. Halvmaske kan kobles til om ønskelig. Denne vil gi en motstand som vil ligne på hvordan det er å trekke luft på ekte og registrere oksygenforbruket. Håndkontrollen (blå) som sitter i selen til pusteapparatet er en kontroll som i scenarioene vil fungere som et varmekamera.



Figur 5 viser pusteapparatet med tilhørende håndkontroll (venstre bilde). Til høyre vises halvmaske som kan kobles inn i pusteapparatet.

Varmevest

For å få følelse av varme kan man bruke en varmevest som vises i figur 6. Varmevesten plasseres under jakken og kan varmes opp til 100 °C. Den vil automatisk regulere varmen proporsjonalt til den virtuelle brannen og hvor brannkonstabelen står. Det vil si at om brukeren for eksempel vender ryggen mot brannen vil de oppleve varme på ryggen.



Figur 6 viser varmevest som benyttes under brannbekledningen.

Slang og strålerør

Figur 7 viser slangen med tilhørende strålerør. Ved slokking vil slangetrommel trekke slangen inn og skape motstand som ligner på det som skapes ved en reell slokking. Strålerøret fungerer på samme måte som et ekte, hvor man åpner opp håndtaket for å få vann og stiller strålebildet med å rotere munnstykket.



Figur 7 viser strålerør med slange.

Softwaren og scenarioene er utviklet av FLAIM's eget forskningsteam der de utnytter over 10 års erfaring av 3D-modellering av brannatferd. Modelleringen er bygget opp av algoritmer og bygger på fysikalske prinsipper om brannatferd. Simuleringen illustreres i figur 8 [29]. Det er med andre ord et omfattende samspill og variasjon av brann, røyk, vann og skum i ulike situasjoner som bygger på forskning om brann fra hele verden. Per dags dato finnes det over 40 ulike scenario å velge blant [29].



Figur 8 Viser til at brannatferden bygger på algoritmer (bilde hentet fra Flaim's hjemmeside) [30]

Systemet benyttes på 7 kontinenter i 35 land og har mer enn 250 kunder. Blant annet var Australia Navy en av de første kundene og nå har også US air force kjøpt in systemet [30]. I dag finnes det andre produsenter av VR på markedet som retter mot fagfeltet brann, men mesteparten handler om håndtering av brannslukkingsapparat. Det vil da si at de oftest retter seg til brannvesen og bedrifter som bedriver utdanning for privatpersoner, som vil lære seg å håndtere en mindre brann med hjelp av brannslukkingsapparat. *Dafo* er et eksempel på en bedrift som benytter VR-teknologien i sine utdanninger [31]. I søk etter å finne system som tilsvarer FLAIMTM er det vanskelig å finne noen som har kommet like langt i utviklingen. En bedrift som har markedsført VR-utdanning for brannvesen er *Virtually there training* [32]. Softwaren tilbyr ulike scenarioer fra forskjellige typer hendelser som en brannkonstabel kan møte, men har ikke like avanserte brannscenarioer og savner en del maskinvare som tilbys av FLAIMTM. Her styres alt med enkle håndkontroller. Tilsvarende finnes den tyske bedriften *Firefighter VR*. De tilbyr et begrenset antall scenario og med kun VR-briller og handkontroller som maskinvare [33]. Det vil da si at FLAIM trainerTM som benyttes i denne studien er det systemet som kommet lengst i utviklingen og er best av det som er tilgjengelig på markedet i dag.

2.5.2 Tidligere forskningsstudier om VR for brannkonstabler

Simulations and Serious Games for firefighter training

«Simulations and Serious Games for Firefighter Training: Users' Perspective» (forkortet til SSG), er en studie som fokuserer på bruk av ulike simuleringsprogram med realistiske spill for å trene personell i nødetater [34]. Denne typen av teknologi er ulik i forskjellige land med tanke på utvikling og implementering. Størst bruk av denne type av trening har hittil vært for taktikk og strategisk øving av befal. Det beskrives at land som har lyktes med å applisere dette, har oppskriften vært at organisasjonene selv har hatt klare mål med hensikten koblet til brukerne av spillet, og de som har den tekniske fagkompetansen. Det nevnes at fordelene med SSG, er å øve ulike scenarioer som både er store og strekker seg over lang tid og som ikke hadde vært mulige i virkeligheten på grunn av for store kostnader. For eksempel skogbrann.

Experiencing Immersive VR Simulation

I 2019 gjennomførtes studien «Experiencing Immersive VR Simulation for Firefighter Skills Training» ved MSB i Sverige [35]. Det ble gjennomført en VR-test, liknende som utføres i denne bacheloroppgaven. Der deltok totalt 34 stykker hvor 19 var studenter ved fagskolen for brannkonstabler, 8 var instruktører fra skolen og de siste 7 var brannkonstabler med erfaring. I studien ble FLAIM trainerTM benyttet og deltakerne fikk tre forskjellige scenarioer på cirka 15 minutter. Ingen av de som deltok hadde tidligere prøvd denne type VR-teknologi. Deltakerne fikk også svare på en spørreundersøkelse [35].

Resultatene i denne studien viser at alle deltakere synes VR kan brukes til en viss grad som ferdighetstrening for brannkonstabler. Alle deltakere foruten én deltaker synes at VR kan brukes som et komplement til containerøvelsene, men ikke erstatte det helt. Én instruktør mente også at man helt kunne erstatte de varme røykdykkerøvelsene for brannkonstabler med erfaring, men ikke for nybegynnere. Det ble stilt totalt 23 spørsmål og det var de 7 brannkonstablene med erfaring som var mest positive til VR i en helhetsvurdering. Den største differansen blant deltakerne handler om den visuelle realismen. Der synes bare 37% studentene at brannen var realistisk nok, men 100% realistisk av de erfarne brannkonstablene. Atferden til røyken var det som scoret lavest, hvor 21% hos studentene, 25% hos instruktørene og 71% hos de erfarne brannkonstablene synes røyken var realistisk nok [35]. På spørsmålet om de er generelt positiv innstilte at VR og SSG kan brukes i utdanning for brannkonstabler svarer de ja med fordelingen: 89% studenter og 100% på både instruktører og erfarne brannkonstabler [35].

Introducing Virtual Reality for Firefighter Skills Training

I 2022 presentertes en studie i jATES (Journal of applied technical and educational sciences) skrevet av seks forfattere der tre av dem representerer HVL (Cecilia Hammar Wijkmark, Maria-Monika Metallinou og Ilona Helda). Studien sammenligner svenske og brasilianske brannkonstabler i hvordan de oppfatter bruken av VR-teknologien til øvelse [36]. Hensikten med studien var å se om ulike land hadde forskjellig innstilling til teknologien. Forskjellen mellom landene er store både geografisk og i klima. Utover det er det også stor forskjell i hvordan bygninger er oppførte. Brannvesenene er organisert på ulike måter, der brannvesen i Brasil er militært, men i Sverige er det kommunene som sørger for det.

I studien var det totalt 53 heltidsansatte brannkonstabler fra Brasil og 18 stykker fra Sverige som deltok. Alle brannkonstabler var erfarne, og deltakerne fra Brasil hadde en gjennomsnittserfaring på 19 år og de fra Sverige 14 år. Det ble benyttet FLAIM™ i begge land og testen ble gjennomført likt begge steder. Deltakerne fikk svare på spørsmål før testen, deretter gjennomføre tre ulike scenario på omtrent 15-20 minutter og avslutningsvis svare på flere spørsmål.

Øvelsesvirksomheten i de to landene er forskjellige. Sverige har mer erfaring av varme røykdykkerøvelser ettersom dette er lovpålagt å gjennomføre årlig, men det har ikke Brasil. I sammenligningen mellom VR-trening og varm røykdykkerøvelse sier 89% av deltakerne fra Sverige at de følte tilstedeværelse som ligner på de varme røykdykkerøvelsene og 92% fra Brasil. Ved vurdering av oppgavehåndtering syntes 56 % fra Sverige at det overensstemmer med varm røykdykkerøvelse, men hele 89% fra Brasil.

I en estimering av antall reelle branner som hver enkelt brannkonstabel gjennomfører, ser man at Brasil utfører dobbelt så mange som Sverige. Når brannkonstablene skal sammenligne tilstedeværelse i VR mot en reell brann besvarer 72% av de Brasilianske deltakerne at det opplevde en høy til veldig høy tilstedeværelse, mens hele 94% av de svenske deltakerne hadde den oppfatningen. På spørsmålet om hvor stresset de følte seg i VR- scenarioene sammenlignet med reell brann, så syntes 64 % av brasilianerne og 89 % av svenskene at de opplevde likt stressnivå.

Forfatterene i studien konkluderer med at begge land hadde en høy oppfatning av tilstedeværelse. Sverige som har mer erfaring fra øvelse, syntes det var mindre tilstedeværelse i VR sammenlignet med varm røykdykkerøvelse, men Brasil syntes det var mer likt. Liknende

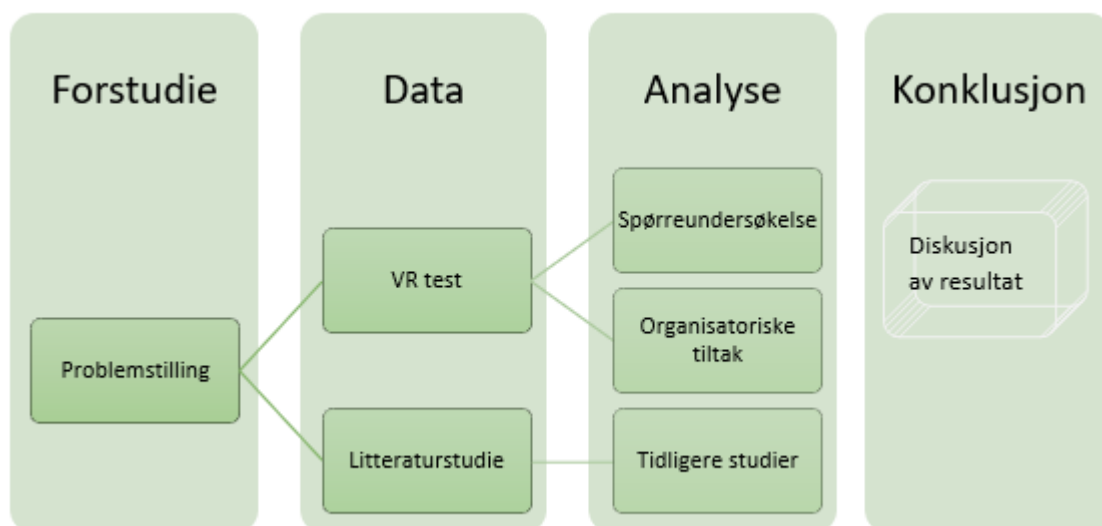
tendenser sees ved sammenligning av tilstedeværelse i VR og ekte brannsituasjoner. Brasil har mest erfaring fra ekte brann, og følte mindre tilstedeværelse enn Sverige. Begge nasjonene sine organisasjoner uttrykte at de så fordeler med VR, men det var kun Brasil som i ettertid valgte å innføre VR som trening. Dette kan forklares med at de har færre muligheter til å trene på varm røykdykkerøvelse, og at VR da gir de muligheten. Forfatterne av studien erkjenner at målet og motivasjonen til organisasjonene i begge land har mulighet til å påvirke brannkonstablens svar, med tanke på innføring av VR [37].

3. Metode

I dette kapitlet gjøres det rede for de ulike metodene som er benyttet i denne bacheloroppgaven. Sammenhengen mellom metodene er illustrert i figur 9.

Denne bacheloroppgaven vil utformes med et induktivt design, hvor det samles inn data for å besvare problemstillingen.

Undersøkelsesmetoden som benyttes er en blanding av kvalitativ og kvantitativ metode, altså metodetriangulering. Metoder som blitt brukt for å innhente data er litteratursøk og spørreundersøkelse. I tillegg er det innhentet data gjennom ett VR-forsøk. Dette forsøket består av en VR-test med spørreundersøkelse av brannkonstabler og organisasjonene som deltok. Det har tidligere blitt gjennomført liknende VR-tester i flere land som for eksempel Sverige, Brasil og Island, men det er første gangen det utføres i Norge.



Figur 9 illustrerer hvordan metodene har blitt brukt

3.1 Forstudie

Oppstart av bacheloroppgaven innledes med møte sammen med ekstern veileder Cecilia Hammar Wijkmærk, der hun forteller om tidligere forskning av VR- teknologien og partikkeleksponering hos brannkonstabler. Med den informasjonen som grunnlag blir det gjort flere søk for å innhente litteratur og forskning på temaet om brannkonstablenes økte kreftisiko. Det danner rammen for problemstillingen for oppgaven:

Kan VR-teknologi være et alternativ for varm røykdykkerøvelse for å minimere partikkeleksponering hos brannkonstabler?

3.2 Data

3.2.1 Litteraturstudie

Litteraturstudie er en kvalitativ metode som er benyttet for å samle inn relevant litteratur av høyt faglig nivå.

Gjennomgang av rapporter og forskningsartikler rundt kreftrisiko for brannkonstabler viser at problemstillingen i denne oppgaven er høyst aktuell. For å bygge en forståelse for hva som styrer røykdykking i Norge har lovverk, forskrift og veiledere blitt sett på, hvor eksempelvis veiledning for røyk - og kjemikaliedykking har vært viktig.

Forskningsartiklene «Experiencing Immersive VR Simulation for Firefighter Skills Training» [35], «Simulations and Serious Games for Firefighter Training: Users' Perspective» [34] og Introducing Virtual Reality for Firefighter Skills Training [36] har gitt viktig kunnskap om hvordan VR-teknologien har blitt testet og brukt av personell i nødetater tidligere. Disse artiklene gir mulighet til en komparativ analyse mot resultat som finnes publisert i denne oppgaven.

Informasjonen om den økte kreftrisikoen hos brannkonstablene bygger på den nylige publiserte rapporten fra IARC's forskning [4]. For å kunne gjøre en vurdering av påvirkninger i henhold til kreftfremkallende stoffer ved varme røykdykkerøvelser har forskningsartikkelen «Impact of Fire Suit Ensembles on Firefighter PAH Exposures as Assessed by Skin Deposition and Urinary Biomarkers» [24] vært svært viktig. Utover det har arbeidsmetoder om forebyggende tiltak av partikkeleksponering, særlig fra Sverige med konseptet «friska brandmän», blitt studert.

3.2.2 Forberedelser av VR test

Det ble invitert totalt seks ulike brannstasjoner i Rogaland og Vestland fylke for å delta på testen. Totalt var det fire stasjoner fra to ulike organisasjoner som møtte opp for å delta.

Innsamling av data fra VR- testen består av spørreundersøkelse som besvares av deltakerne før og etter gjennomført VR-øvelse. Spørreundersøkelsen er basert på en rekke spørsmål og intervjugrunnlag som tidligere er benyttet i forskningsstudier om VR for trening [35], [36]. Kvalitetssikringen av spørsmålene har blitt gjennomført av Ilona Heldal professor ved Hvl.

Spørsmålene i spørreundersøkelsene er utformet med flervalgsalternativ, det vil si at denne svarmetoden er kvantitativ ettersom svarfordelingen er kvantifisert ved å tallfeste svarfordelingen prosentvis. Det gjør at det kan samles mer data og det vil være lettere å håndtere

i en analyse. For utdypende svar, ble det gitt mulighet til å legge inn kommentarer i spørreundersøkelsen.

Prosessen med å utarbeide spørsmål til organisasjonene foregikk på tilsvarende måte. Forskjellen fra spørreundersøkelsen er at det benyttes en kvalitativ metode med åpne skriftlige spørsmål. Valgt av dette er for at den som besvarer skal ha mulighet å spørre og kontrollere svare med andre i organisasjonene. Det er viktig at svarene representerer organisasjonen og ikke den personen som skriver svarene.

VR- utstyret som ble brukt i testen ble fløyet inn fra Nederland og arrangertes av ekstern veileder, som tidligere har erfaring med å gjennomføre slike forsøk med liknende utstyr. Kostnaden for å leie inn utstyret dekkes av forskningsprosjektet Dynamic.

3.2.3 Gjennomføring av VR test

I løpet av fire dager i uke 7 ble VR-testen gjennomført på HVL Haugesund, sammen med ekstern og intern veileder. Totalt gjennomførte 35 brannkonstabler testen. Deltakerne fikk ved oppmøte en introduksjon om hva testen innebar og hvordan den skulle gjennomføres, samt en kort informasjon om de tidligere studiene av ekstern veileder. For å ivareta personvernet anonymiseres spørreundersøkelsene og deltakere får utdelt et deltakernummer.

Forklaring av gjennomføring av testen kan beskrives i tre deler.

Del 1: Spørreundersøkelse før VR

Forsøket startet med at hver enkelt deltaker svarer på første del av spørreundersøkelsen. Svarene fra spørsmålene vil gi informasjon om deltakernes bakgrunn, erfaringer som brannkonstabel og røykdykker, hvordan de i dag utfører og vurderer varm røykdykkerøvelse, bevisstheten av eksponering fra brannrøyk og forventinger til VR teknologien. Undersøkelsen er utformet med flersvarsalternativ, med mulighet for å utdype med kommentarer. Spørsmålene som ble benyttet er vedlagt. Se vedlegg 1³.

Del 2: Praktisk test av VR

Deltakerne gjennomførte VR testen en om gangen i et lukket undervisningsrom. Under testen har deltakerne full brannbekledning på seg i form av bukse, jakke og hansker. Utover det benytter og håndterer deltakerne utstyret til FLAIM trainerTM som består av pusteapparat, varmevest, strålerør og VR-briller. Hver deltaker utførte tre ulike scenario som gjennomførtes

³ Vedlegg anonymisert for publisering

på cirka 20 minutter. Scenariene er valgt ut ifra perspektivet at de skal være kjent som «hverdagsulykker», det vil si noe de fleste brannkonstabler møter på ofte. Figur 10 viser bilde fra de tre ulike scenarioene.

- Scenario 1: Brann i kjøkken i en enebolig
- Scenario 2: Brann i soverom i en enebolig. Inkludert lete etter savnet person
- Scenario 3: Brann i EL-bil ved kjedekollisjon



Figur 10 viser bilder fra de tre ulike scenarioene som utførtes ved testen. (bilder hentet fra FLAIM™ sin hjemmeside) [30]

Deltakerne fikk en forklaring om hvordan alle komponenter virker og det gis mulighet å teste det ut, før scenarioene startet. Det ble ikke vurdert hvordan deltakerne presterte eller håndterte oppgaver og det ble kommunisert til deltakerne underveis dersom de trengte tips.

Del 3: Spørreundersøkelse etter VR

I siste del fikk deltakerne svare på en ny spørreundersøkelse. Denne er konstruert på lik måte som spørreundersøkelse før VR-test. Spørsmålene omhandler i større grad deltakernes opplevelse med VR. Spørsmålene som ble benyttet er vedlagt. Se vedlegg 2⁴.

3.2.4 Spørsmål til organisasjonene

Etter testuken ble det sendt ut en rekke skriftlige spørsmål til de organisasjonene som deltakerne i VR-testen tilhørte. Spørsmålene omhandlet hvilke forebyggende tiltak organisasjonen benytter for å redusere partikkeleksponeringen av brannkonstablerne. Det ble også stilt

⁴ Vedlegg anonymisert for publisering

spørsmål om hvordan de i dag bedriver varme røykdykkerøvelser og hvordan de ser på det i fremtiden og anledningen til å kunne benytte VR-teknologien. Spørsmålene som ble benyttet er vedlagt. Se vedlegg 3⁵.

3.3 Analyse av data

Deltakerne ved VR testen svarte på spørreundersøkelsen på papir. Besvarelsene har i etterkant blitt manuelt overført til Google Forms, for en oversiktlig framstilling av de ulike svarfordelingene.

Ettersom at denne bacheloroppgaven skal undersøke fire spørsmål beskrevet i kapittel 1.2, «oppgavens mål», er alle spørsmålene sortert ut fra hvilket punkt de undersøker. Deretter er svarene analysert. Noen spørsmål er sammenlignet opp mot hverandre. Trender og samlede meninger er vektlagt, men det er også trukket frem kommentarer som viser motsatte poeng for å vise ulike meninger på tema. Det er også foretatt komparativ analyse med tidligere studier.

3.4 Metodekritikk

I dette delkapittelet vil det foretas et kritisk blikk på metodene som blitt brukt i denne oppgaven. Metodekritikk er en viktig del for å evaluere påliteligheten av metodene som har blitt benyttet.

3.4.1 Spørreundersøkelse og spørsmål til organisasjon

For å samle inn data fra brannkonstablene som deltok i VR-testen, ble spørreundersøkelse med flervalgsalternativ benyttet. Ulempen er at metoden gir lite dybde og en kan risikere at det blir overfladisk besvart rundt tema [37]. For å minimere dette gis det mulighet for å utdype med kommentarer.

Det ble sendt skriftlige spørsmål via e-post til organisasjonene. Ulempen med å sende skriftlige spørsmål fremfor muntlig samtale er at respondenten får begrenset mulighet til å komme med andre innspill utover spørsmålene som ble tilsendt. Metoden gir også mindre mulighet til å direkte stille oppfølgingsspørsmål og be om utdyping dersom svaret er beskrevet kortere enn ønske, eller om det er uklarerheter i svaret.

Ved utforming av spørsmål til spørreundersøkelse og organisasjonen er det viktig å formulere spørsmålene slik at de ikke kan skape forvirring eller feiltolkning for respondentene. Spørsmålene skal være formulert slik at det er tydelig hva spørsmålet er ute etter, men ikke

⁵ Vedlegg anonymisert for publisering

være ledende eller inneholde subjektive inntrykk som kan påvirke svarene og føre til lav validitet [37].

I spørreundersøkelsen kan svaralternativene som gis kan påvirke hva respondentene svarer. Det er derfor viktig å ikke skape alternativ som påvirker svar i ønsket retning [38]. Det er skapt hensiktsmessige svaralternativ fra «i svært stor grad» til «svært liten grad». En negativ faktor med faste svarkategorier er at det kan være vanskelig å kontrollere hvordan alternativene blir tolket og oppfattet av respondentene. Alternativene «i stor grad» og «i svært stor grad» kan i praksis bety det samme ut ifra hvilket referansepunkt respondenten har. Dette er noe en kan oppdage ved en dypere diskusjon. Formulering av spørsmål og svaralternativ er basert på lignende forsøk i tidligere studier [35], [36] og er kvalitetssikret av ekstern veileder sammen med tidligere forskningspartner. Dette styrker validiteten.

Dersom utvalget ikke er representativ vil det ikke være mulig å få et resultat på tema [39]. Geografisk lokasjon representerer kun Vestland og Rogaland fylke i tillegg var alle deltakere menn. Det at kjønn og lokasjon ikke er representativ vil sannsynligvis ikke påvirke negativt. Det vurderes at antallet på 35 brannkonstabler, fordelingen av heltid og deltid, samt aldersfordeling og erfaring er tilstrekkelig for å få et resultat som kan vurderes som representativt for Norsk brannvesen.

3.4.2 Testing av VR

Under gjennomføring av VR-test tilstrebes det å gjennomføre det mest mulig likt for hver deltaker. Dette er viktig for å sikre at de fleste har samme forutsetning og utgangspunkt til å svare på undersøkelsen. Etter testen har det blitt gjort noen refleksjoner rundt følgende punkter som kan lede til variasjon i svar fra deltakerne:

- I testen ble det benyttet varmevest. I noen tilfeller ble det oppdaget at varmevesten ikke ble koblet til. Det resulterte i at noen deltakere ikke fikk oppleve hvordan denne type varme føltes, som kan danne et dårligere grunnlag for å svare på spørsmålene som omhandler varmen.
- Forklaringer ble tilpasset den enkelte ut fra behov. Dette medfører at deltakere kan få noe mer utdypende informasjon enn andre.
- Når det gjennomføres mange forsøk på så kort tid, vil ikke batteriet på systemet strekke til. Dermed må strømkabel benyttes for flere av deltakerne. Dette har ikke noen teknisk betydning, men noen av deltakerne vurderer bevegelse i VR som dårligere grunnet dette.

- VR-utstyret kommer med halvmaske som kan registrere luftforbruk. Det ble valgt å ikke bruke halvmasken grunnet smittevernsrisiko. Dette innebærer at deltakerne ikke fikk testet og vurdert denne, men trolig vil det ikke påvirke den totale opplevelsen av VR-teknologien.

3.4.3 Litteratursøk

Ved innhenting av faglitteratur til denne bacheloroppgaven har vurdering av kvaliteten på kilden vært viktig. Helt objektive kilder finnes ikke og dermed er det viktig å tenke over kildens synvinkel i valg av litteratur. Det må vurderes om kilden er troverdig eller om forfatteren har en egeninteresse i budskapet. For eksempel om forskningen er basert på økonomiske eller kommersielle interesser [40]. Det er i stor grad benyttet forskningsartikler, rapporter og veiledninger av både nasjonal og internasjonal aksept. Dette gjelder eksempelvis rapportene til IARC, norske lover og veiledninger i tillegg annen forskning hvor kvaliteten er vurdert.

4. Resultat

I dette kapittelet vil resultat fra spørreundersøkelse og spørsmål bli presentert.

4.1 Bakgrunn og erfaring og erfaring av deltakerne i VR testen

Det var totalt 35 brannkonstabler fra fire ulike brannstasjoner på Vestlandet som deltok i VR-testen. I første spørreundersøkelse ble deltakerne bedt om å gi opplysning om sin bakgrunn, som alder og erfaring. Aldersfordelingen på deltakerne vises i tabell 1, der kan man se at de fleste er i aldersgruppe 35-44 år og 45-54 år. Alle som deltok i forsøket, var menn.

Tabell 1 Aldersfordeling og antall som deltok i VR testen

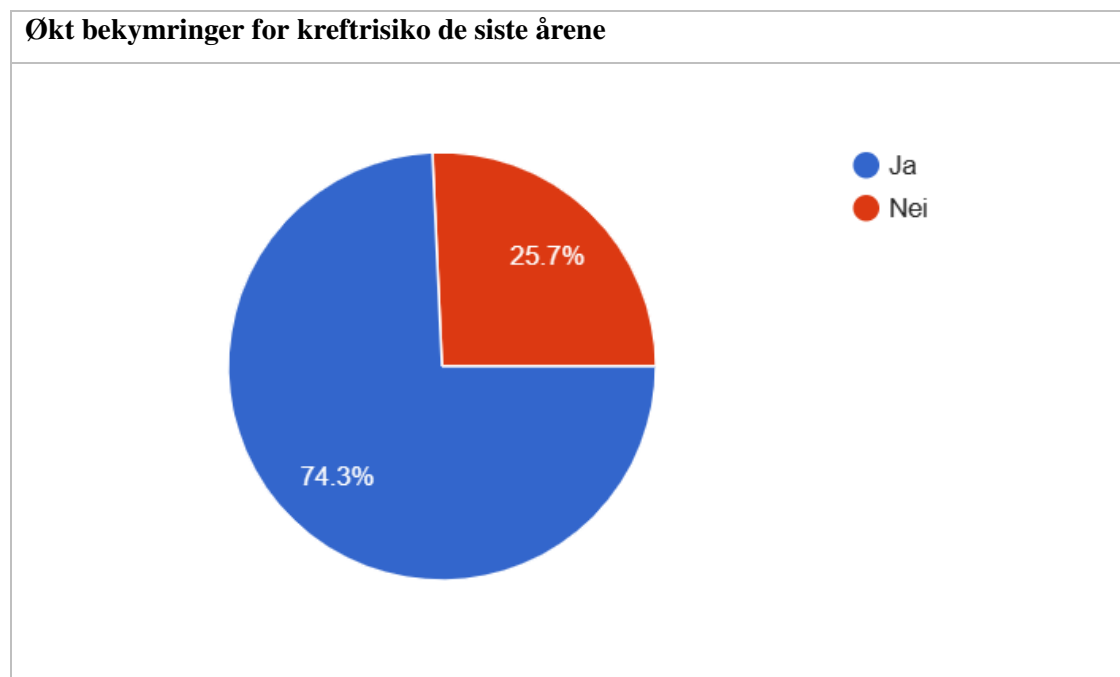
<i>Alder</i>	<i>25-34</i>	<i>35-44</i>	<i>45-54</i>	<i>55-64</i>
<i>Antall</i>	<i>6</i>	<i>13</i>	<i>13</i>	<i>3</i>

Fordelingen var omtrent halvparten på deltid- og heltidsansatte og 65,7 % av deltakerne hadde over 10 års erfaring fra brannvesenet. 45,7 % oppgir også at de har noen form for rolle som instruktør innen røykdykkerøvelser. I spørsmålene om erfaring fra skarpe hendelser tilknyttet ekte branner i bygging og skarpe røykdykkinger er det stor variasjon. Alle brannkonstabler har vært med på virkelige branner i bygning, men det er seks brannkonstabler som oppgir at de ikke har hatt rollen som røykdykkere ved skarp hendelse. 85,3% oppgir at de aldri har brukt VR-utstyr i hverdagen og kun 8,6% av brannkonstabler har prøvd det i jobben.

4.2 Økt bevissthet om kreftrisiko og partikkeleksponering

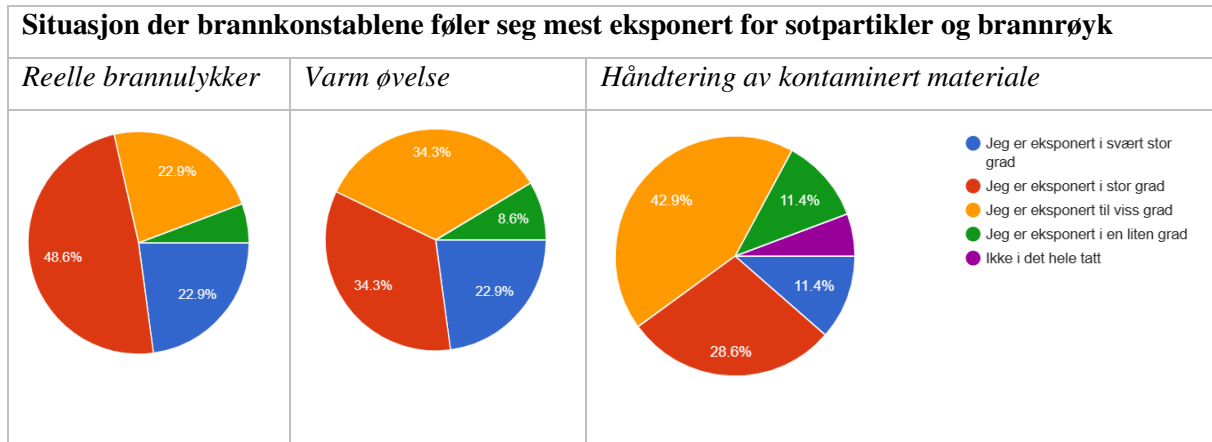
En av problemstillingene i oppgaven er å undersøke om brannkonstablernes bekymring for å rammes av kreft har øket de siste årene. I dette delkapittel vil resultat fra det presenteres.

Resultat fra undersøkelsen viser i figur 11 at 74,3% av brannkonstablene har en økt bekymring knyttet til kreftrisiko i yrket. 82,9% oppgir at de ofte eller svært ofte tenker over risikoen knyttet til eksponering av røyk og sotpartikler. Dette viser at det er en stor bevissthet rundt risikoen. Det stemmer også overens med tilbakemelding fra en organisasjon som ble intervjuet. De forklarer at brannkonstablene har uttrykt bekymring ved både utrykking og varme røykdykkerøvelser, særlig hvor treverk og annet materialavfall er benyttet som brensel under øvelse. Det finnes også motsatt tilbakemelding fra annen organisasjon, de oppfatter ikke noen bekymring fra personellet i henhold til varme røykdykkerøvelser, men at det stadig er bevisstgjøring om å ikke oppholde seg i røyk uten åndedrettsvern.



Figur 11 viser andel brannkonstabler som er bekymret over den yrkesrelaterte kreftrisikoen

Det er flere områder brannkonstablene kan bli eksponert for kreftfremkallende partikler. Figur 12 viser i hvilken situasjon brannkonstablene føler seg mest utsatt for denne eksponeringen.



Figur 12 Oversikt over hvor brannkonstabler føler seg mest eksponert for sotpartikler og brannrøyk

Det kommer frem at brannkonstablene føler seg mest eksponert ved reelle ulykker og varm øvelse. De føler seg litt mindre eksponert ved håndtering av kontaminert materiale.

På spørsmålet om hvorfor og hvilke bekymringer som har økt velger 17 brannkonstabler og utdype det. Noen siteres:

«Mer fokus i brannmiljøet og forskingsmiljøet»

«Usikker erstatning, stor kreftfare»

«Antall år med eksponering øker risikoen for sykdom. Godkjent skadesak?»

«Mer fokus i media påvirker synet. En tar det mer på alvor»

«Kreft»

«En har fått mer kunnskap»

«Elbiler og batterier»

«Tenker mest på de som jobber ute (utvendig slokking) med slukking uten friskluftsmasker. De som går inn, er best beskyttet»

De fleste utdypende svarene viser til at brannkonstablene ser faktorer som kan påvirke helsen og gi konsekvenser på både lang og kort sikt. Grunnen for den økte bekymringen er blant annet økt kunnskap og oppmerksomhet om kreftrisiko både i brannmiljøet, men også i media. Det kan bekreftes med at tilgangen på informasjon og forskningsartikler om brannkonstablers kreftrisiko har økt. Gjennom søkning i bibliotekets databaser, ORIA, med søkeord «cancer» + «firefighter» og med innstillingen på 5 års intervaller, viser tabell 2 antall treffer på temaet.

Tabell 2 Viser at antall forskningsartikler har en økning på over 10 ganger de siste 20 årene

ÅR	Antall artikler
1995 - 1999	29 treff
2000 - 2004	61 treff
2005 - 2009	78 treff
2010 - 2014	152 treff
2015 - 2019	361 treff
2020 - april 2023	354 treff

4.3 Rutiner for å redusere eksponering

I dette kapitlet vil det gjøres rede for hvilke forbyggende tiltak organisasjonene har opprettet for å beskytte brannkonstablene fra unødvendig eksponering. Det vil også gi svar på hvordan brannkonstablene selv oppfatter og følger tiltakene.

Svarene viser at alle organisasjoner har noen form for arbeidsprosedyrer for å håndtere skitne klær og utstyr, uansett om det er skarp hendelse eller øvelse. En organisasjon viser til at de innførte rutinene i år 2016 og 2017 og at de bygger på arbeidstilsynets anbefalinger [27].

I en arbeidsbeskrivelse fra en organisasjon redegjøres det for hvilke tiltak som forventes at alle brannkonstabler skal følge. Prosedyrene skal følges både under innsats, ved etterslokking og etter innsats. Under innsats skal det, utenom rett bekledning, også tas hensyn til korrekt oppstilling av biler i henhold til vindretning, holde avstand, jobbe med vind i ryggen etc. Det er også beskrevet at ved langvarig innsats og etterslokking, må de som fremdeles arbeider skifte ut brannbekledningen. Dette på grunn av avdamping i brannbekledningen som gjør at skittene partikler kan trenge inn i huden. Etter innsats skal eksponert tøy skiftes ute på plass og pakkes ned i pose. Det skittene utstyret legges i sekker og alt plasseres i skapet på bilen eller annen egnet plass. Det er viktig at det ikke transporteres tilbake i mannskapskabinen, da det skal være en ren sone. På stasjonene vaskes alt tøy i egen vaskemaskin og personellet som håndterer det skal bruke engangshansker og filtermask.

Ved å sammenligne med svarene fra brannkonstablene om prosedyrer for kontaminert material oppgir over 90 % at de kjenner til dem og at de følges. Det er kun én deltakere som vet at de finnes, men velger å ikke følge dem. Én person oppgir at de finnes, men at han ikke vet hvordan de skal gjennomføres. Den siste personen sier at det ikke finnes rutiner, men at de er under utvikling.

Organisasjonene viser til at de har opprettet et eget register der man loggfører hvor ofte den enkelte brannkonstabel eksponeres for røyk både på øvelse og ved skarpe hendelser.

4.4 Dagens varme røykdykkerøvelser

I dette kapittel vil det bli beskrevet hvordan varme røykdykkerøvelser gjennomføres i dag, og hva begrunnelsen for disse røykdykkerøvelsene er.

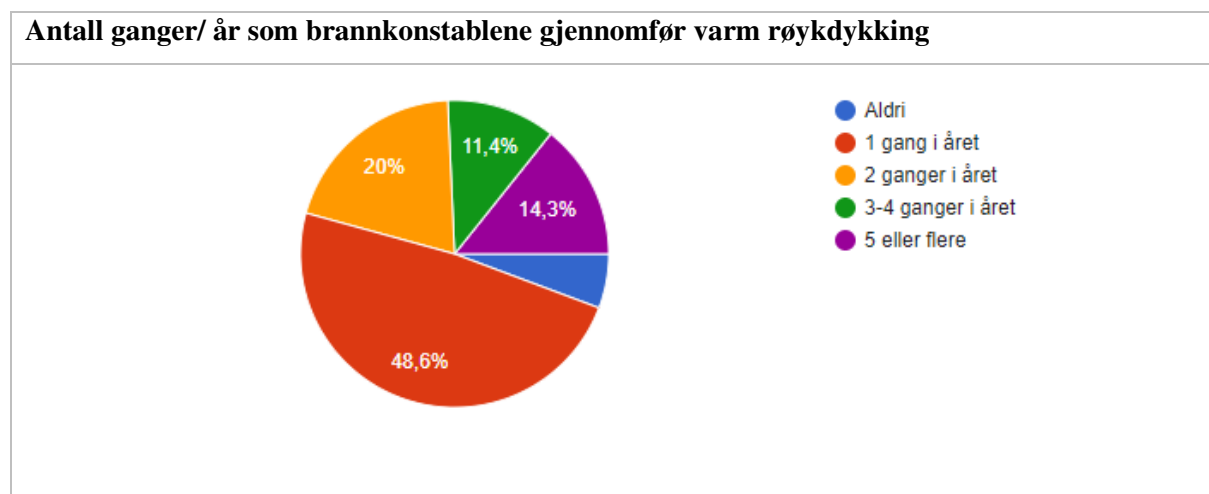
Organisasjonene viser at styringsdokumentene for de varme røykdykkerøvelsene er *veiledningen til røyk- og kjemikaliedykking og internkontrollforskriften* [6]. Forskjellen finnes i antall ganger som øvelsene gjennomføres. Ett brannvesen beskriver at de gjennomfører minimum to varme røykdykkerøvelser, men tilstreber å gjennomføre flere enn det hvert år. Dette innebærer minst dobbelt så mange ganger enn det som er lovpålagt i henhold til veiledningen [6]. Eksponering av brannrøyk ved hvert øvingstilfelle er maks tre røykdykkinger per brannkonstabel og en estimert tid på 10 min per dykk. Hensikten med å tilstrebe flere øvinger per år oppgis å være å få øvd på ulike typer hendelser som for eksempel røykdykker i nød, men også føle på egen belastning som røykdykker.

Svar fra en organisasjon viser til at de holder seg til én varm røykdykkerøvelse i året og at hver enkel brannkonstabel gjennomfører minst to dykk per øvelse, med en estimert tid på totalt 30-60 minutter. Denne organisasjon oppgir at ved hver varm røykdykkerøvelse, skal det øves på fremgangsmåten for en effektiv og sikker utvendigslokking, for eksempel slokkespyd. Hensikten med utvendig slokking er «å knekke kurven» før røykdykkingen starter, hvilket forhåpentligvis vil innebære en kortere tid for brannkonstablene inne i røkfylt miljø. De sier samtidig at det øves på det som trengs for å gjennomføre en innvendig røykdykking, som å søke etter person i tett brannrøyk, lese brannrøyken og faresignaler og bruk av strålerør. Øvelsesinnholdet i de varme røykdykkerøvelsene tilpasses også til det spesifikke risikobilde som finnes ved ulike brannvesen for eksempel skipsbrann, industri, bolig o.l. Denne organisasjon oppgir også at man per nå ser på flere ulike løsninger for å gjennomføre varme røykdykkerøvelser, men at det ikke finnes noe håndfaste planer per nå.

Øvelsesobjekt som brukes for alle brannvesen som deltar i studien er containersystem og noen få ganger benyttes nedbrenningshus. Forskjellen i containersystemene er hvilken type brensel som brukes. I 2022 gikk en av organisasjonene over til å bruke gass og ren ved for å fyre med i containerne. Dette for å ivareta kravene til, som de selv uttrykker det, «en ren brannkonstabel». Tidligere var det brukt treverk fra gjenvinningsanlegg. Det er nå ikke lov på grunn av miljøhensyn. De beskriver at fyring av ren ved oppleves som ett godt alternativ, men problemet med dette er kostnader. Gassen sees som mindre fordelaktig da fasilitetene de har i dag ikke er egnet for den type fyring. Muligheter for å øve slokketeknikk vil da bli begrenset ettersom man

ikke når opp i tilstrekkelig temperatur og overtenning. Det finnes planer om oppgradering av øvelsesanlegg og organisasjonen sier at ønsket er gassfyring, for å ivareta et rent miljø for brannkonstablene. Annet brannvesen oppgir at de bruker ved og parafin som brenselkilde. De referer og motiverer til at bruken av parafin er fordi «parafin er et rent stoff med høyt flammepunkt som gir liten avdamping og mindre fare for kraftig flammeutvikling og trykkøkning ved antennelse, altså tryggere å håndtere». I øvelser hvor nedbrenningshus benyttes oppgir samtlige at husene må saneres. De viser til dokumentasjon og sjekklister som må være oppfylte før det er aktuelt å brenne ned huset. For eksempel skal det fjernes elektronikk og PVC vindu, videre skal det sjekkes om det finnes andre miljø- og helseskadelige stoffer som asbest, bly, arsen etc. Det samlede bildet av objektet vil gi svare på om det er mulig å benytte som nedbrenningshus.

Figur 13 viser hvor ganger per år brannkonstablene gjennomfører varme røykdykkerøvelser. Svarene viser at 48,6% holder seg til én varm røykdykkerøving i året. Videre er det 45,7% som øver flere enn to ganger, og 5,7% deltar ikke i varm røykdykkerøvelse i det hele tatt.



Figur 13 Antall ganger som brannkonstabel røykdykker

Hensikten og formålet med varm røykdykkerøvelse, er ifølge 88,6 % av brannkonstablene primært å lære seg å lese brannatferden, samt å oppleve varme. I kommentarer fra brannkonstablene forklarer de at øvelsen handler om å bli kjent med egne reaksjoner, hvordan kroppen håndterer varme og hvor grensene går.

Hvorvidt varme røykdykkerøvelser gjør dem i stand til å lære nye ferdigheter kommer an på hvor godt planlagt øvelsene er og om det tilbys variasjon i scenarioene. Læringsutbyttet viser seg i stor grad handle om å opprettholde og forbedre sine ferdigheter som brannkonstabel. Kommentarer fra brannkonstablene utfylles med at det er viktig å øve da det er få ganger som

de røkdykker under skarpe hendelser. Svaret kan underbygges med statistikk fra ett brannvesen, som svarer at de har mellom 20-30 reelle bygningsbranner hvert år i snitt de siste fem årene.

Hvor reelle de varme røkdykkerøvelsene er, vil være avhengig om de utføres i container eller i nedbrenningshus, ifølge brannkonstablene. Brannkonstablene sier at de opplever mer røyk i en skarp hendelse enn på øving. De anser også at det blir en raskere spredning i reelle hendelser. Dette setter de i sammenheng med at nedbrenningshusene ofte er fuktige og mangler møbler. Hvis det kun er tilgang til container for øvelse, så har det blitt kommentert at det ikke kan sammenlignes med en reell brann. Det kan man også se i spørsmålet om *bygging, konstruksjon og material* som brenner, hvor 45,7 % svarer at det samsvarer i liten grad eller ikke i det hele tatt med en ekte situasjon.

4.5 Bruk av VR teknologi til røykdykkerøvelse

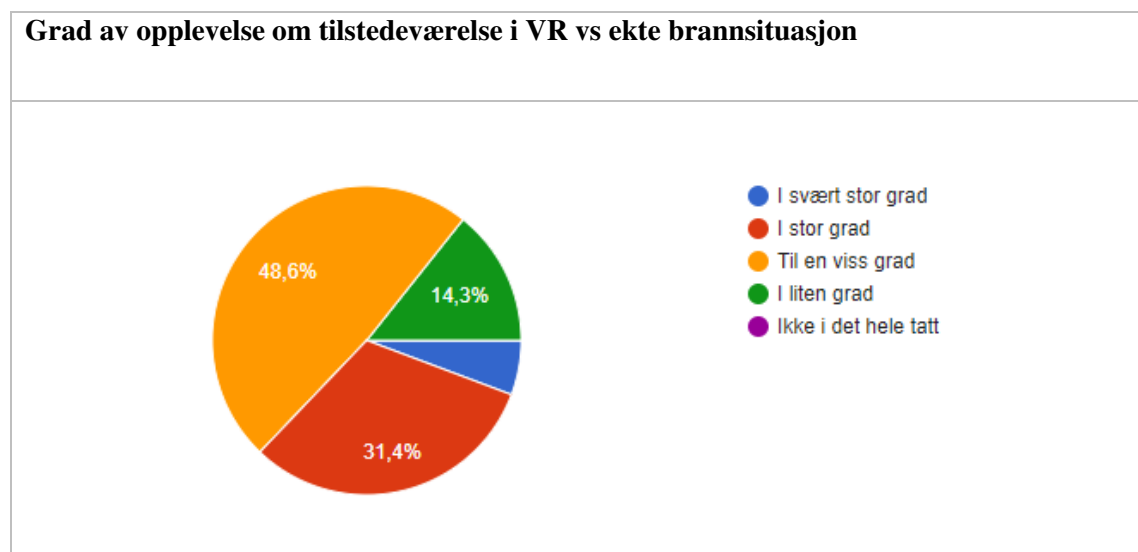
Dette kapitlet vil beskrive om VR-teknologien kan benyttes til varm røykdykkerøvelse basert på brannkonstablernes og organisasjonenes meninger og refleksjoner.

Organisasjonene tilbakemelder om at de hadde liten kunnskap om hvilke muligheter som finnes med VR-teknologien før de deltok i studien. Etter testen har organisasjonene fått tilbakemelding fra brannkonstablene om at det har vært «generelt god, særlig i forhold til grunnopplæring».

4.5.1 Opplevelse av VR

I dette delkapitlet beskrives det hvordan opplevelsen av VR verden var hos brannkonstablene og om følelsen av å være der på ekte.

Brannkonstablernes opplevelse av tilstedeværelse i VR sammenlignet med en ekte brannsituasjon presenteres i Figur 14. Det kan avleses at 85,7% opplever til en viss grad eller mer å være der på ekte, og 14,5% som svarer at det stemmer i liten grad.



Figur 14 viser opplevelse av tilstedeværelse i VR sammenlignet med en ekte brannsituasjon

På spørsmålet velger noen brannkonstabler og utdype sine svar og de siteres følgende:

«Mer realistisk når jeg vært litt vant til formålet»

«Følelse av å være i et spill»

«Krever litt tilvenning»

«Mangler noen momenter, men veldig lærerikt»

«Tror jeg hadde hatt mer tilstedeværelse om det vært et større areal og bedre design»

«Føltet ganske ekte ut. Forskjellen er ingen makker eller kommunikasjon»

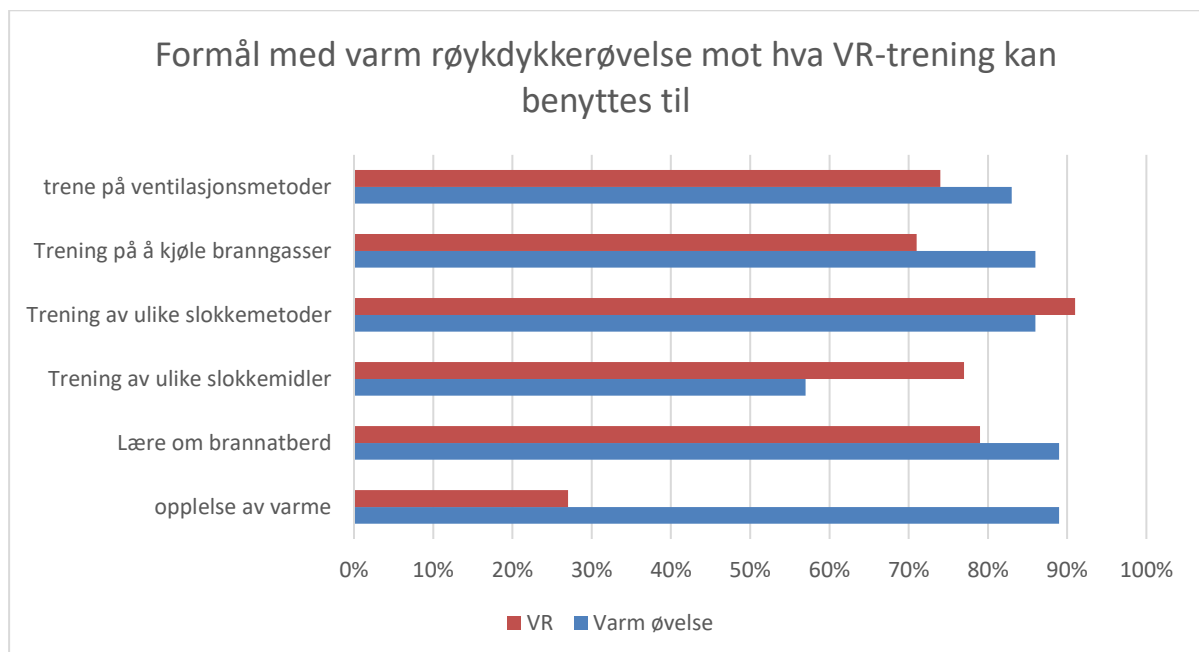
«Kunne vært bedre kvalitet på systemet/dataprogrammet»

«Får en følelse av virkelighet»

4.5.2 Brannkonstablernes oppfatning om treningsformål med VR

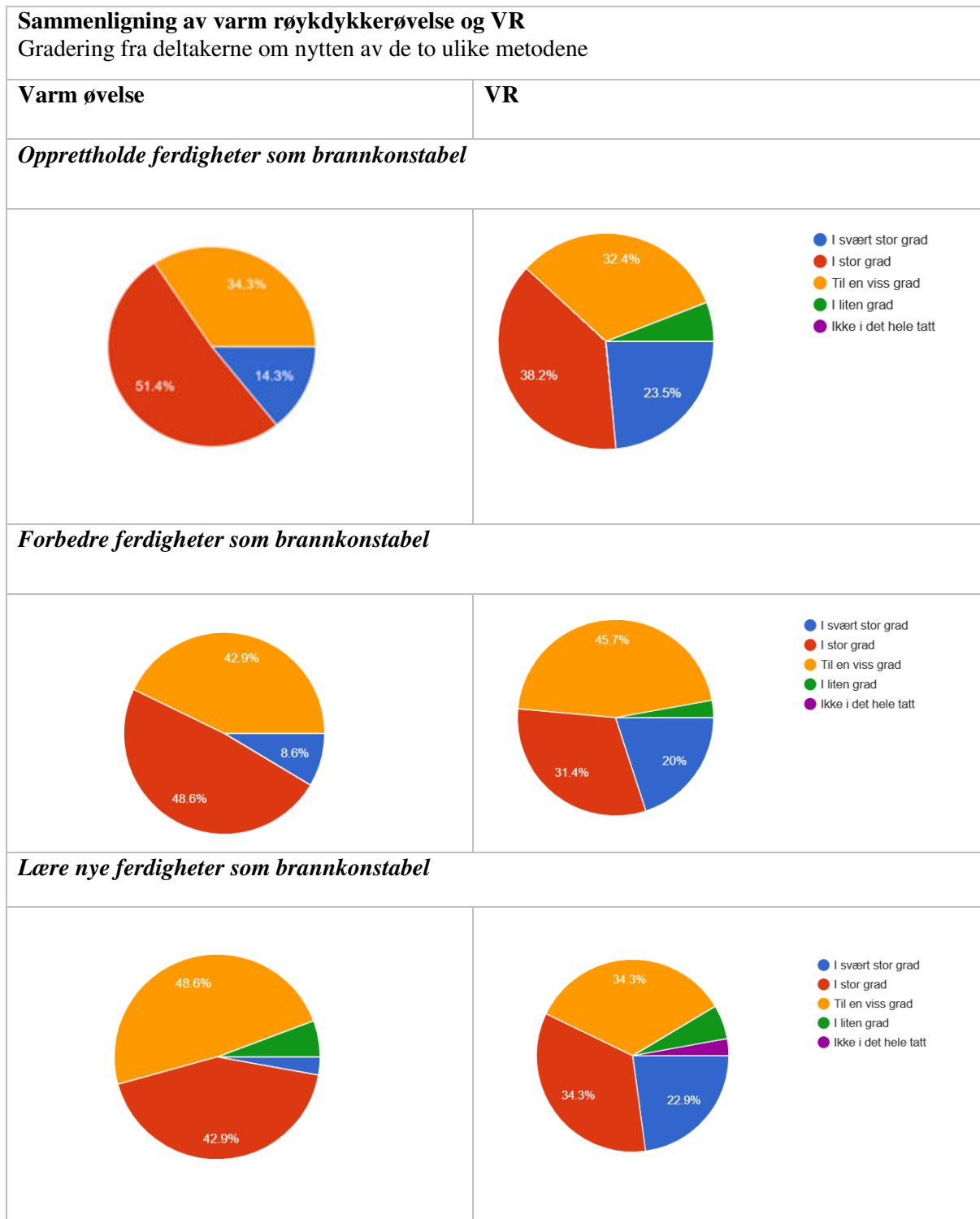
Her presenteres kartlegging om hva brannkonstablene tenker at VR kan brukes til som treningsformål.

Figur 15 viser treningsformål som VR kan benyttes til og knyttes opp mot hva brannkonstablene mener at formålet med den tradisjonelle varme røykdykkerøvelse er. I dette spørsmålet er det mulig å krysse av flere alternativ om man synes flere påstand samstemmer. 91,2 % av brannkonstablene mener at VR kan brukes til *trening for ulike slokkemetoder*, og 79,4 % mener at man kan *lære om brannatferd*. *Opplevelsen av varmen* i VR fikk en lavere score enn de andre parameterne. Det vil også være det som skiller seg mest ut i en sammenligning med de tradisjonelle røykdykkerøvelsene. Brannkonstablene kommenterer at ved øvelse i VR er det ønskelig å kunne legge til kommunikasjon med radiosamband, være to røykdykkere og får mulighet for å se hvordan man presterer. Noen ser også at VR kan gi mulighet til øving i komplekse situasjoner, som er vanskelige å øve på i virkeligheten.



Figur 15 viser formål med varm røykdykkerøvelse og hva VR kan benyttes til

Det ble stilt spørsmål i både varme røykdykkerøvelser og VR om mulighetene til å *oppretholde, forbedre og lære nye ferdigheter*. Resultat er sammenlignet i Figur 16 og viser til hva brannkonstablene syns de to ulike formerne for øvelse kan bidra med.



Figur 16 Sammenligning av VR og tradisjonell varm røykdykkerøvelse

Det kommer frem at det er størst grad av enighet i at både varme røykdykkerøvelser og VR-teknologien gjør brannkonstablene i stand til å *oppretholde sine ferdigheter*. Det er 23,5% som synes at VR i svært stor grad bidrar til å *oppretholde ferdighetene*. Det er 9,2% flere enn ved tradisjonell varm røykdykkerøvelse. Likevel er det også 5,9% som er uenig, og mener at VR i liten grad bidrar til å *oppretholde ferdighetene*. Det gjør at VR og varm røykdykkerøvelse i snitt bidrar like mye til å *oppretholde ferdighetene*.

Lignende tendenser ser man når det gjelder å *forbedre sine ferdigheter* i VR i forhold til varm røykdykkerøvelse. Litt høyere andel, 20% svarer at VR i stor grad bidrar til å *forbedre ferdighetene* sammenlignet mot 8,6% i varm røykdykkerøvelse. Totalt er snittet omtrent helt likt i VR og varm røykdykkerøvelse når det kommer muligheten til å *forbedre ferdigheter*.

Til slutt fremkommer det at deltakerne mener at VR kan gi dem et større utbytte i å *lære nye ferdigheter* enn ved varm røykdykkerøvelse. Det er kun denne delen hvor det kan sees en tydelig forskjell mellom VR og varm røykdykkerøvelse.

På utdypende svar om VR er i stand til å *oppretholde* sine ferdigheter kommenteres det fra en brannkonstabel med:

«Det kan være enklere og sette opp og gir mindre eksponering. Da kan man trene mer»

På utdypende svar om VR er i stand til å *forbedre* sine ferdigheter kommenteres det fra en brannkonstabel med:

«Spesielt ved uerfarne brannmenn»

På utdypende svar om VR er i stand til å *lære nye ferdigheter* kommenteres det fra fire forskjellige med:

«En enkel måte å trene på noe nytt for eksempel farlig gods»

«Kan tilegne seg kunnskaper/grunnferdigheter på en trygg måte. Eller øve med kjemikalier der vi ikke kan øve skarpt»

«Vil tro at med flere scenarier vil det kunne gå»

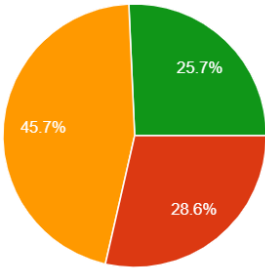
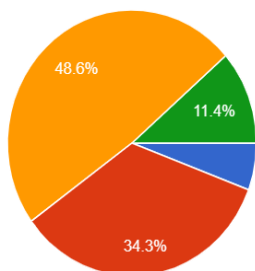
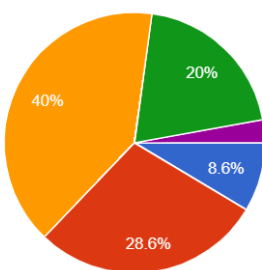
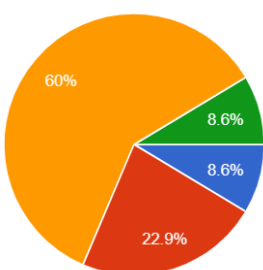
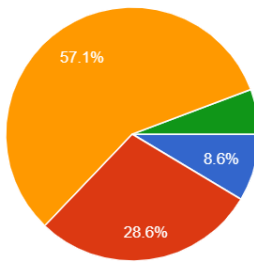
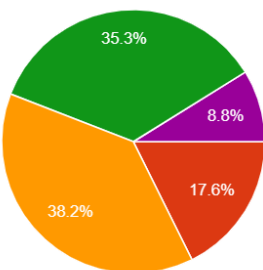
«Ting som vi sjelden gjør for eksempel gasslekkasje på bil»

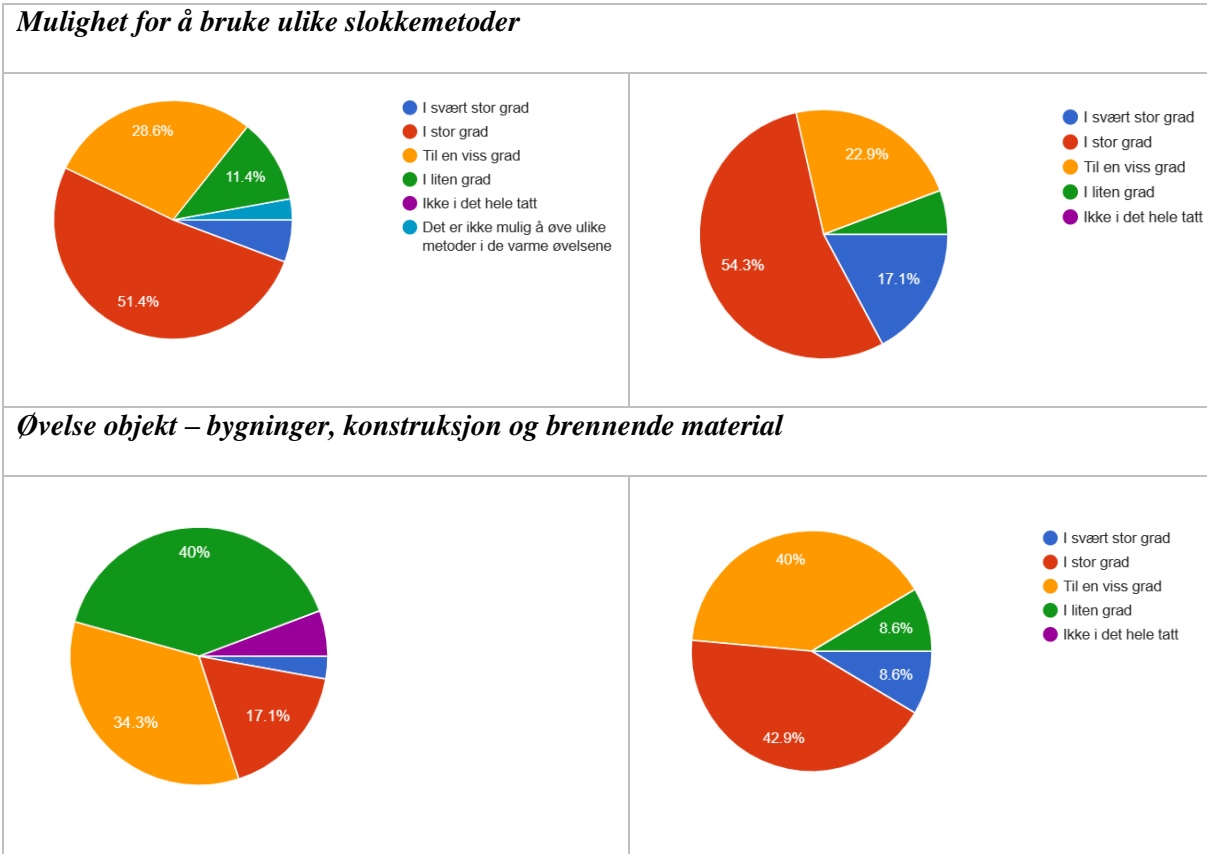
4.5.3 Realismen av varm røykdykkerøvelse og VR- teknologien

I dette kapittelet vil det vises en sammenligning av varm røykdykkerøvelse og VR med tanke på hvor realistisk de to ulike metodene oppfattes i forhold til en reell brann.

Ulike faktorer som opptrer i reelle brannsituasjoner sammenlignet med VR og dagens varme røykdykkerøvelser

Gradering fra deltakerne på hvorvidt VR og varme røykdykkerøvelser klarer å etterligne en reell brannhendelse, basert på deres erfaring fra reelle brannsituasjoner.

Varm øvelse	VR																								
Brannens utvikling																									
 <table border="1"> <caption>Brannens utvikling - Varm øvelse</caption> <tr><th>Gradering</th><th>Prosent</th></tr> <tr><td>I svært stor grad</td><td>0%</td></tr> <tr><td>I stor grad</td><td>28.6%</td></tr> <tr><td>Til en viss grad</td><td>45.7%</td></tr> <tr><td>I liten grad</td><td>25.7%</td></tr> <tr><td>Ikke i det hele tatt</td><td>0%</td></tr> </table>	Gradering	Prosent	I svært stor grad	0%	I stor grad	28.6%	Til en viss grad	45.7%	I liten grad	25.7%	Ikke i det hele tatt	0%	 <table border="1"> <caption>Brannens utvikling - VR</caption> <tr><th>Gradering</th><th>Prosent</th></tr> <tr><td>I svært stor grad</td><td>8.6%</td></tr> <tr><td>I stor grad</td><td>34.3%</td></tr> <tr><td>Til en viss grad</td><td>48.6%</td></tr> <tr><td>I liten grad</td><td>11.4%</td></tr> <tr><td>Ikke i det hele tatt</td><td>0%</td></tr> </table>	Gradering	Prosent	I svært stor grad	8.6%	I stor grad	34.3%	Til en viss grad	48.6%	I liten grad	11.4%	Ikke i det hele tatt	0%
Gradering	Prosent																								
I svært stor grad	0%																								
I stor grad	28.6%																								
Til en viss grad	45.7%																								
I liten grad	25.7%																								
Ikke i det hele tatt	0%																								
Gradering	Prosent																								
I svært stor grad	8.6%																								
I stor grad	34.3%																								
Til en viss grad	48.6%																								
I liten grad	11.4%																								
Ikke i det hele tatt	0%																								
Røykens oppførsel og utvikling																									
 <table border="1"> <caption>Røykens oppførsel og utvikling - Varm øvelse</caption> <tr><th>Gradering</th><th>Prosent</th></tr> <tr><td>I svært stor grad</td><td>8.6%</td></tr> <tr><td>I stor grad</td><td>28.6%</td></tr> <tr><td>Til en viss grad</td><td>40%</td></tr> <tr><td>I liten grad</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Ikke i det hele tatt</td><td>2%</td></tr> </table>	Gradering	Prosent	I svært stor grad	8.6%	I stor grad	28.6%	Til en viss grad	40%	I liten grad	20%	Ikke i det hele tatt	2%	 <table border="1"> <caption>Røykens oppførsel og utvikling - VR</caption> <tr><th>Gradering</th><th>Prosent</th></tr> <tr><td>I svært stor grad</td><td>8.6%</td></tr> <tr><td>I stor grad</td><td>22.9%</td></tr> <tr><td>Til en viss grad</td><td>60%</td></tr> <tr><td>I liten grad</td><td>8.6%</td></tr> <tr><td>Ikke i det hele tatt</td><td>0%</td></tr> </table>	Gradering	Prosent	I svært stor grad	8.6%	I stor grad	22.9%	Til en viss grad	60%	I liten grad	8.6%	Ikke i det hele tatt	0%
Gradering	Prosent																								
I svært stor grad	8.6%																								
I stor grad	28.6%																								
Til en viss grad	40%																								
I liten grad	20%																								
Ikke i det hele tatt	2%																								
Gradering	Prosent																								
I svært stor grad	8.6%																								
I stor grad	22.9%																								
Til en viss grad	60%																								
I liten grad	8.6%																								
Ikke i det hele tatt	0%																								
Belastningen av varme																									
 <table border="1"> <caption>Belastningen av varme - Varm øvelse</caption> <tr><th>Gradering</th><th>Prosent</th></tr> <tr><td>I svært stor grad</td><td>8.6%</td></tr> <tr><td>I stor grad</td><td>28.6%</td></tr> <tr><td>Til en viss grad</td><td>57.1%</td></tr> <tr><td>I liten grad</td><td>5.7%</td></tr> <tr><td>Ikke i det hele tatt</td><td>0%</td></tr> </table>	Gradering	Prosent	I svært stor grad	8.6%	I stor grad	28.6%	Til en viss grad	57.1%	I liten grad	5.7%	Ikke i det hele tatt	0%	 <table border="1"> <caption>Belastningen av varme - VR</caption> <tr><th>Gradering</th><th>Prosent</th></tr> <tr><td>I svært stor grad</td><td>0%</td></tr> <tr><td>I stor grad</td><td>17.6%</td></tr> <tr><td>Til en viss grad</td><td>38.2%</td></tr> <tr><td>I liten grad</td><td>35.3%</td></tr> <tr><td>Ikke i det hele tatt</td><td>8.8%</td></tr> </table>	Gradering	Prosent	I svært stor grad	0%	I stor grad	17.6%	Til en viss grad	38.2%	I liten grad	35.3%	Ikke i det hele tatt	8.8%
Gradering	Prosent																								
I svært stor grad	8.6%																								
I stor grad	28.6%																								
Til en viss grad	57.1%																								
I liten grad	5.7%																								
Ikke i det hele tatt	0%																								
Gradering	Prosent																								
I svært stor grad	0%																								
I stor grad	17.6%																								
Til en viss grad	38.2%																								
I liten grad	35.3%																								
Ikke i det hele tatt	8.8%																								



Figur 17 viser sammenligning av varm røykdykkerøvelse og VR

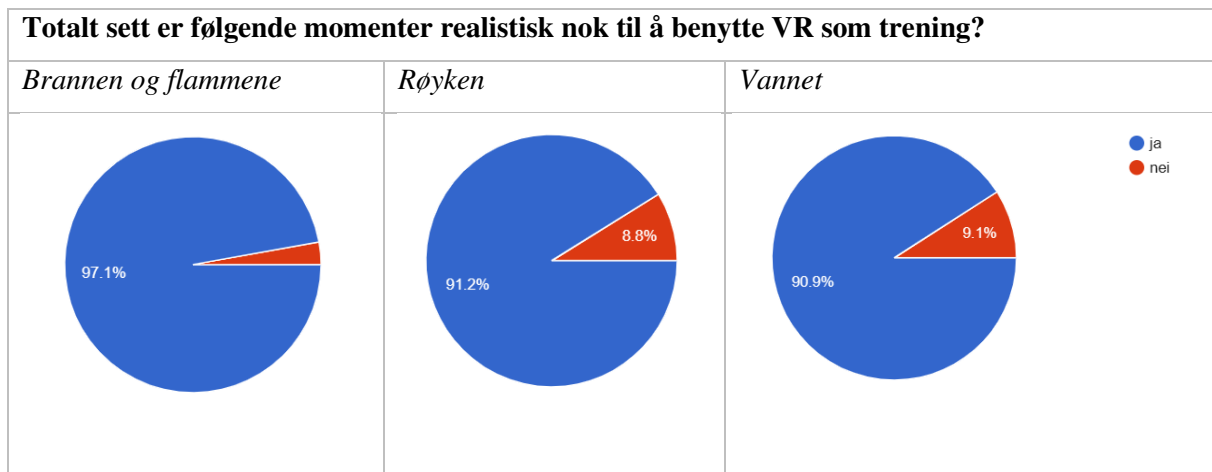
Figur 17 viser brannkonstablernes erfaring fra reelle brannsituasjoner sammenlignet med VR og varm røykdykkerøvelse. VR har en større fordel i nesten alle punkter, utenom *belastning av varme*. Det som graderes høyest er VR-teknologiens muligheten til *valg av sløkkemetoder*. Størst differanse finnes mellom *bygninger, konstruksjoner og brennende material*. Funn viser at 45,7 % av brannkonstablene synes de objektene som øves i ved tradisjonell varm røykdykkerøvelse samsvarer i liten grad eller ikke i det hele tatt med reelle brannsituasjoner. VR på samme område graderes mer likt med reelle brannsituasjoner.

4.5.4 Generell vurdering av tekniske elementer i VR

Her presenteres resultat fra brannkonstablernes generelle bilde og helhetlige perspektivet av VR-teknologiens tekniske elementer.

Ved vurdering av det tekniske utstyret av FLAIM Trainer™, så synes brannkonstablene at strålerøret er svært bra og tilsvarende et ekte strålerør. Det integreres i stor grad med den visuelle vannstrålen, med tanke på størrelse og kastelengden og samsvarer hvordan man bruker strålerør. I Figur 18 vises det generelt veldig gode tilbakemeldinger på atferden til røyken,

brannen og flammene. Totalt synes 97,1% at brannen og flammene er realistisk nok, 91,2% synes røyken er god nok og 90,9% at det visuelle vannet var god nok til å nyttes som trening.



Figur 18 viser opplevelse av realisme i VR med tanke på brannen, flammene, røyken og vannet

Tilbakemeldinger på følelsen av å bevege seg i VR- scenarioene oppfattes for noen som begrenset. Bevegelsesområdet er i størst grad avhengig på den fysiske romstørrelsen. Det er mulig å gå fysisk i VR-verden, men for større avstander benyttes ‘teleportering’. Som bakgrunnsopplysningen forteller hadde nesten ingen testet VR tidligere, noe som resulterte i at mange opplever at teleporteringen er utvannet, spesielt i starten. Likevel er mange positive til at det er noe man blir vant til med litt øving. Andre peker på at dersom de skulle brukt VR til varm røykdykkerøvelse ville de gjerne benyttet et større rom slik at de kunne gått mer fysisk. Den fysiske bevegeligheten kommer uansett alltid til å være begrenset av lengden på slangen. Utover dette er det en generelt god oppfatning om at brannkonstablene er i stand til å *utføre og håndtere oppgaver* på lik linje med reelle brannsituasjoner. Det som kan begrense dem fra å gjennomføre oppgavene helt likt som i reell brannulykke er begrenset bevegelse og at man ikke kan ta på eller flytte objekter.

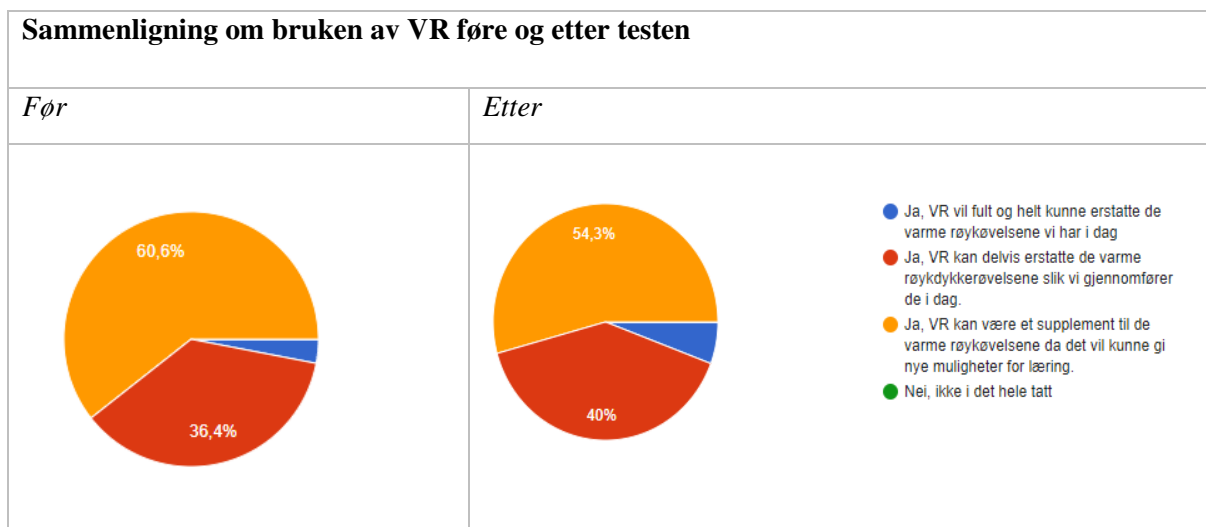
4.5.5 Villighet for å innføre VR- teknologien

Avslutningsvis ble det stilt spørsmål om VR-teknologien er noe som brannkonstablene og organisasjonene er interessert i å kunne bruke i fremtiden. Deres syn på saken avdekkes i dette avsnitt.

En av de største utfordringene med å implementere denne type av teknologi viser organisasjonene til en anstrengt økonomi. Derfor har de en liten tro på at det kommer til å kunne innføres. Den store verdien som sees med VR-teknologien, er muligheten til å enkelt kunne øve forskjellige scenario uten for mye forberedelser og at det er veldig nyttig i grunnopplæring for nyansatte og vikarier. Det vil gi en bedre mulighet for instruktører å gi løpende tilbakemelding.

VR-teknologien gav også inntrykket om å være enkel å drifte. En av organisasjonene oppgir at de før testen hadde liten tro på VR og at det ikke ville være realistisk nok. Samme organisasjon gir tilbakemelding etter testen at det finnes en enighet i at denne typ av øvelse kan dekke en del øvelse moment og at «fremtiden er nok litt nærmere enn vi trodde».

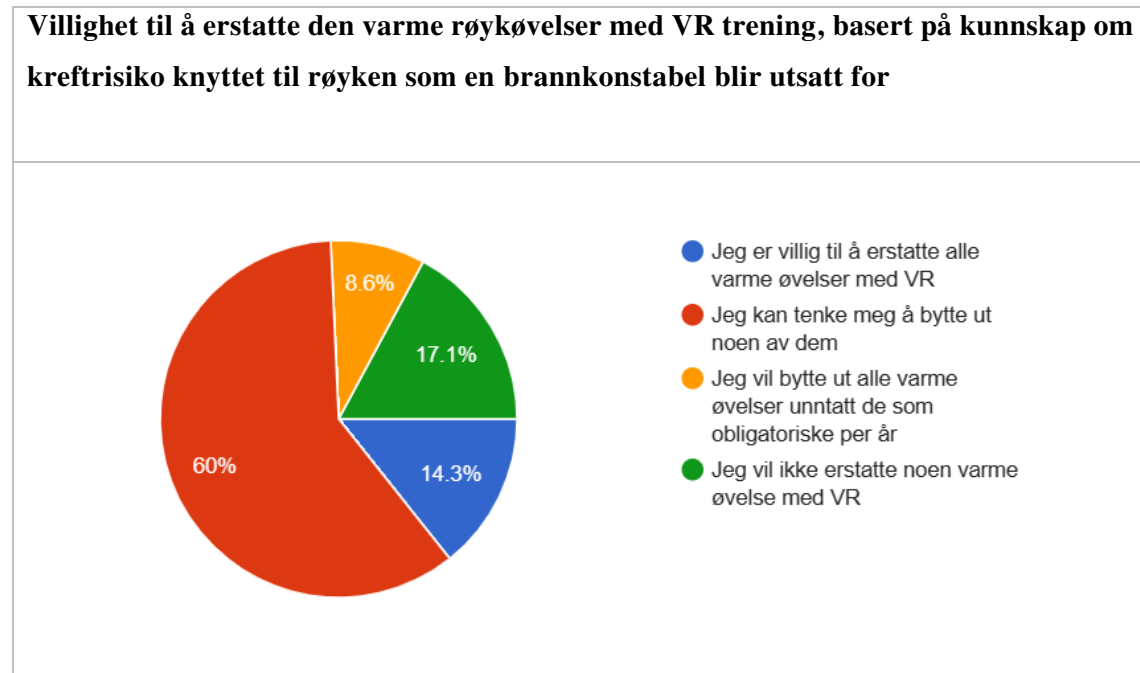
Både før og etter testen fikk brannkonstablene spørsmål om de tenker at VR kan brukes som ferdighetstrening. Dette fremvises i Figur 19. Det er veldig små nyanser på oppfatning før og etter. Det kan tyde på at forventningene til VR i stor grad samsvarer med opplevelsen.



Figur 19 viser brannkonstablernes svar på om VR kan benyttes (før og etter testen).

I svar fra brannkonstablene om de kan tenke seg å gjennomføre mer VR trening slik det ble utført på testen, så svarer den største andelen med 65,7% at de *absolutt* vil det, 31,4% som *kan tenke seg* det og kun 2,9% svarer *helst ikke*.

Det viktigste spørsmålet for å se om brannkonstablene er villige til å benytte VR som varm røykdykkerøvelse, for å aktivt minimere partikkeleksponeringen er besvart i Figur 20. 60% kan tenke seg å bytte ut noen av varme øvelsene, og 14,3% er villig til å erstatte alle varme røykdykkerøvelser. Totalt er det 82,9 % som ser en fremtid av å kunne benytte VR i øvelse, men 17,1% kan ikke tenke seg det.



Figur 20 viser andel brannkonstabler som kan tenke seg å erstatte VR med varme røykdykkerøvelser

5. Diskusjon

I dette kapittelet vil diskusjon om resultatene komme frem. Diskusjonen er delt inn i de fire spørsmålene som oppgavens mål belyser under kapittel 1.2.

5.1 Økt bevissthet om kreftrisiko blant brannkonstabler

I dette delkapittelet vil det drøftes om økt kunnskap har ført til økt bevissthet om kreftrisiko og hvordan dette har påvirket brannkonstablene.

Ett enkelt søk i bibliotekets database viser at antall forskningsartikler om brannkonstabler og deres risiko for kreft har økt betydelig etter 2010. I tabell 2 under resultat kan man se nesten en dobling av treff i hvert tidsintervall frem til 2020. Frem til mai 2023 er det nesten like mange treff allerede som i hele perioden 2015 til 2019. Det kan med rimelighet antas at den siste perioden vil øke noe frem til 2024.

Mye tyder på en gradvis økning av oppmerksomhet etter at den første IARC rapporten fra 2010 ble publisert og brannyrket ble klassifisert til «mulig kreftfremkallende». Forskningen har etter dette også fortsatt fremover og en betydelig økning av artikler med årene kan spores. Av nyhetsartikler i media, ser man nesten ingen norske medieartikler om brannkonstabler og kreft før 2014. Dette året ble foreningen «brannmenn mot kreft» startet opp som arbeider med å spre budskap om kreftrisiko i yrket, og de kan vært et bidrag til å gi kreftrisiko i brannyrket nasjonal oppmerksomhet.

Det er de siste årene publisert en rekke saker som dreier seg om ulike brannkonstabler som har kjempet om å få sin kreft godkjent som yrkesskade. I 2022 avgjorde høyesterett at en tidligere brannkonstabel med prostatakreft ikke får det godkjent som yrkesskade. Høyesterett mener i denne saken at sammenhengen mellom sykdom og yrket er usikker og at det trengs mer forskning [41]. I VR-testen er det nevnt fra noen brannkonstabler at deres økte bekymringer handler om akkurat dette med usikker skadeserstatning i yrket, og flere har nevnt rapporteringer fra media som årsak til økt bekymring. Det kan dermed antas at både foreningen brannmenn mot kreft og medias bidrag til å sette fokus på temaet har vært med på å gi brannkonstabler en økt bevissthet om deres risiko i yrket.

Svaret fra brannkonstablene i dette forsøket er i hvert fall helt klart. De aller fleste har opplevd økt bekymring rundt kreftrisiko de siste årene og peker selv tydelig på at dette er grunnet økende mediefokus og mer forskning. Organisasjonene viser også at det er en viss form for økt bevissthet. Tross for at den ene organisasjonen ikke kan vise til at sine arbeidstakere har utvist

økt bekymring, viser summen av funn at det er blitt et mye sterkere fokus og bevissthet på rutiner for å minimere eksponering.

5.2 Rutiner dagens arbeidsmiljø

Her vil det drøftes de forebyggende tiltakene som gjennomføres i organisasjonene.

Det er i år 17 år siden svenske konseptet «friska brandmän» startet opp i Sverige [5]. Etter den tiden har det skjedd flere forandringer, som sammen skal bidra til å minimere eksponeringen av kreftfremkallende partikler hos brannkonstablene.

Organisasjonene som deltatt i denne studien kan vise til at de har HMS rutiner for håndtering av kontaminert material og sanering av personell, etter både skarp hendelse og varm røykdykkerøvelse. Dette er rutiner som de har arbeidet etter de siste 6-7 årene. Norge som land har også kommet et steg lengre enn Sverige, da slik rutiner finnes beskrevet i arbeidstilsynets veiledninger [9]. Veiledningene setter krav til fysisk arbeidsmiljø på stasjonene med ren og skitten sone [27], og at det skal finnes instruksjoner på håndtering av skitne arbeidstøy [9], som henvises til «skellefteåmodellen». Innføring av rutiner for å håndtere kontaminert material er på mange måter et fysisk enkelt tiltak, men noe som i praksis kan ta lengre tid å få til. Til dels fordi det skal kjøpes inn fysiske verktøy som gjør det mulig, for eksempel egnet vaskemaskin, men det er også en endringsprosess i hvordan arbeidet skal utføres. Arbeidet til brannkonstablene har hatt en lang tradisjon av «mer skitten brannbekledning, desto tøffere». Gledelig nok viser funn i denne bacheloroppgaven at over 90 % av brannkonstablene både kjenner til og følger rutiner om håndtering av skitne klær og utstyr. Det viser til at endringsprosessen er vellykket, men at dette også er en prosess som tar tid.

De tiltak av rutiner som har blitt startet opp i henhold til håndtering av kontaminert material og skifte av skitten brannbekledning, er rett vei å gå og kan også bekreftes i studien «Impact of Fire Suit Ensembles on Firefighter PAH Exposures as Assessed by Skin Deposition and Urinary Biomarkers» [24]. Der konkluderes det med at de forebyggende tiltak som har startet opp for å beskytte huden, er en stor gevinst for å minimere opptaket av partikler i kroppen.

Det at det loggføres hvor mye som den enkelte brannkonstabelen eksponeres for er også et viktig skritt. Det er noe som arbeidstilsynet også gir uttrykk for at skal gjennomføres, uavhengig yrke, men der arbeidstakere blitt utsatt for diverse helseskadelige kjemikalier. Registret skal normalt oppbevares mellom 40-60 år og være tilgjengelig for blant annet bedriftshelsetjeneste og arbeidstilsynet [42]. Under hele levetiden til brannkonstabel skal det være mulig å få frem

informasjon om hva hen blitt eksponert for. Det vil kunne gi sterkere bevis for yrkesskade, dersom hen rammes av kreft. Den enkelte brannkonstabel skal også kunne ha adgang til egne opplysninger i registret, men brannkonstablene kan for egen del også registrerer og benytt appen «min logg» opprettet av foreningen Brannmenn mot kreft [43]. For å få til et godt forebyggende arbeid i arbeidsmiljøet handler ikke kun er et isolert tiltak som vil gjøre forskjell for å beskytte brannkonstablene fra kreftrisiko, uten helhetsbildet.

5.3 Dagens varme røykdykkerøvelser

Her vil det drøftes hvordan dagens varme røykdykkerøvelser gjennomføres.

En av grunnene til at brannvesen øver kan skyldes arbeidsmiljøloven. Den krever at arbeidsgiveren sørger for at arbeidstakeren er kjent med risiko og helsefarer i arbeidet, og at de får opplæring og øvelse slik at dem kan håndtere dette [1].

5.3.1 Veiledningen

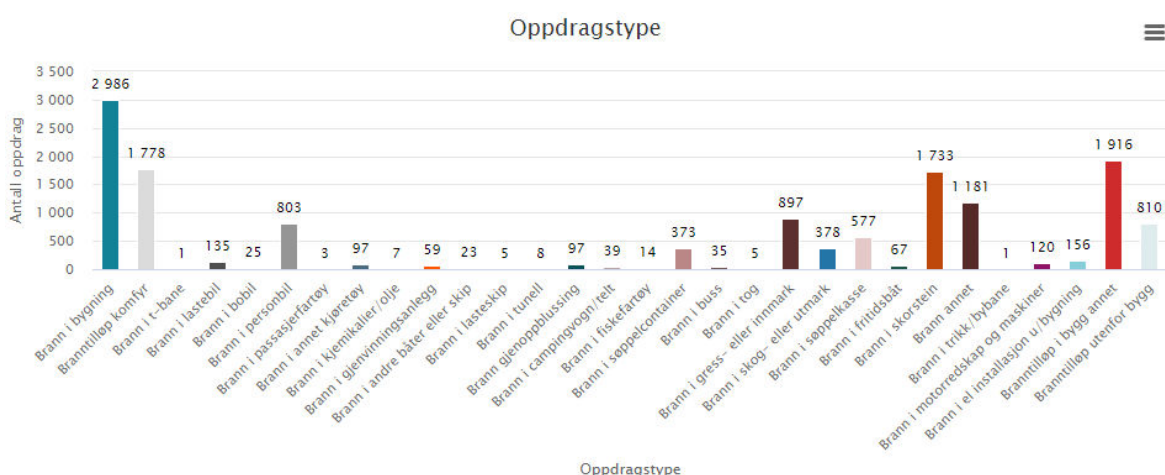
I teori kapittel 2.2.1 Årlige øvelser kommer det frem at *veiledning om røyk- og kjemikaliedykking* kan benyttes som retningslinjer som brannvesenet kan forholde seg til, når røykdykking skal utføres. Den angir blant annet krav om minimum én varm røykdykkerøvelse i året. Veiledningen definere også varm røykdykkerøvelse som en «siker tilrettelagt omgivelse» med varm røyk som skal gi erfaringsunderlag for virkelige innsatser. Vanskelighetsgrad, varighet og temperatur i øvingen skal tilpasses deltakernes erfaringsgrunnlag [6]. Organisasjonene i denne studien forholder seg ulikt til minimumskravet om én varm røykdykkerøvelse i året. En organisasjon gjennomfører minst to varme røykdykkerøvelser og tilstreber flere enn det, mens en organisasjon holder seg til én varm røykdykkerøvelse. At brannvesen følger veiledning, er som nevnt i kapittel 2.1, en måte og sikre at kravene i loven er oppfylt. Dagens veiledning ble sist oppdatert år 2005. Siden den tid har det kommet mer forskning og kunnskap rundt kreftrisiko i arbeidet. Den nye kunnskapen om kreftrisiko og eksponering burde gi et godt grunnlag for en oppdatering og modernisering av veiledningen. Det burde åpnes opp for å kunne benytte andre metoder og verktøy for å gjennomføre varme røykdykkerøvelser, uten å bli eksponert for kreftfremkallende partikler. En slik oppdatering vil gi arbeidsgiverne bedre mulighet for å beskytte sine arbeidstakere for unødvendig eksponering av kreftfremkallende partikler, som skjer under dagens varme røykdykkerøvelser.

Et bedre arbeidsmiljø er noe det stadig arbeides for i flere yrker. For eksempel, etter at det ble oppdaget at asbest er helseskadelig har det blitt frembrakt flere tiltak for å beskytte vedkommende som håndterer det. EU publiserte i november 2022 et nytt direktiv i henhold til

asbest der man blant annet senket den yrkeshygieniske grenseverdien til 0,01 fibrer per cm². Det poengteres nøye at asbest er kreftfremkallende og at de luftbårne fibrene kan gi alvorlige sykdommer som mesotheliom og lungekreft med en forsinkelse opp til 30 år etter eksponeringstilfellet [44]. Dette viser til at visse kreftfremkallende stoffer har fått felles internasjonale retningslinjer i hvordan arbeidstagere og arbeidsgivere skal forholde seg til dem. Det medfører at arbeidsgivere ikke kan utsette sine arbeidstakere for mer eksponering enn grenseverdien. Lignende retningslinjer burde kunne overføres til brannvesenet og virksomheter som bedriver øvelser av varm røykdykking. Samt at det i en oppdatering av veiledningen settes søkelys på at øvelser ikke skal bidra til alvorlige sykdom hos brannkonstablene.

5.3.2 Røykdykking

Figur 21 viser at år 2022 rykket norsk brannvesen ut på 95 459 utrykninger der 14 329 var relatert til brann [45]. Kategorien «brann» inkluderer alt fra brann i bygning, søppelcontainer, skorstein til personbil etc.



Figur 21 viser statistikk over antall skarpe brannhendelser i 2022. Bilde hentet fra DSB brannstatistikk [45]

Dersom det antas at det i halvparten av brannrelaterte oppdrag blir utført røykdykking, vil det innebære at Norges 12 500 ansatte brannkonstabler utførte cirka 0,5 røykdykkinger per brannkonstabel i 2022 [46]. Det vil forekomme stor variasjon i den antagelsen, avhengig av hvor i landet de er, og om man er ansatt på heltid eller deltid. For oppmerksomhetens skyld benyttes arbeidstilsynets definisjon på røykdykking [9]. Det vil innebære at i realiteten kan det være langt flere tilfeller som en brannkonstabel trenger å beskytte seg med full brannbekledning og pusteapparat, for eksempel bilbrann. Poenget er at, uansett hvor sjeldent eller ofte den enkelte brannkonstabelen utfører røykdykking på skarp hendelse, så forventes det at den som

gjennomfører det lever opp til de krav som angis i *veiledningen om røyk- og kjemikaliedykking* [6] og arbeidstilsynets veiledning av røyk og kjemikaliedykking [9].

Brannvesenet blir en organisasjon der de gjennomføres av en oppgave – røykdykking. At denne oppgaven skal kunne utføres styrer oppbyggingen og strukturen av beredskapsorganisasjonen, men i realiteten er det kanskje den oppgave som utføres mest sjelden. Både statistikken og tilbakemeldingene fra brannkonstablene kan bekrefte dette, som sier at de sjelden gjennomfører skarp røykdykking og at øvelse av den grunn er veldig viktig. På en annen side, ettersom det gjennomføres skarp røykdykking så sjeldent og den høye risiko det innebærer, kan det diskuteres om røykdykking burde gjennomføres i det hele tatt. Hensikten med røykdykking er å redde liv og skal i grunn ikke gjennomføres med mindre det er behov for dette. Så, i disse situasjonene, uansett hvor sjeldent de er, kan konsekvensen være at mennesker omkommer dersom ikke røykdykking gjennomføres.

5.3.3 Gjennomføring av varm røykdykkerøvelse

Oppmerksomheten rundt en «ren brannkonstabel» har også endret på hvilket brensel kilde som brukes ved de varme øvelsene. Organisasjonene i denne studien har skiftet brensel og benytter seg nå av både ren ved og gass, med hensikten av å skape en så ren forbrenning som mulig. For en organisasjon anses ren ved som et godt alternativ, men at økonomien begrenser det. I den argumentasjonen, er det verdt å betrakte informasjonen som finnes i kapittel 2.3.1 om hvordan PAH dannes. Det forteller at ved en temperatur på 400-800 °C kommer det dannes PAH ved forbrenning av alle organiske material. Det innebære at øvelse med ren ved under 800 °C genererer en ufullstendig forbrenning og vil danne PAH uansett. Den bekymring som brannkonstablene har uttrykk til organisasjonene om eksponering under øvelse og skarpe hendelser, skal dermed lyttes til.

Hensikten og målet med øvelse er noe som tydelig skal fremgå fra organisasjonene til brannkonstablene. Dette fremkommer også i veiledningen, som belyser arbeidsgivers ansvar for å sørge over å lage årlige skriftlige øvelse planer. Veiledningen viser at viktige tema for øvelse kan for eksempel være rutiner, farevurdering og kommunikasjon og at dette også tilpasses det kartlagte lokale risikobilde [6]. En av organisasjonene beskriver sine øvelser med et økt fokus på å kunne slå ned brannen med utvendig slokking, dette for å raskere bremse brannens utvikling å minimere den totale tiden på røykdykking. De sier samtidig at det øves på det som trengs for å gjennomføre en innvendig røykdykking. Brannkonstablene selv mener hensikten med varme røykdykkerøvelser primært handler om å lære seg å lese brannatferden

og oppleve varmen for å føle på egne reaksjoner. Dette viser til at de svar som blitt angitt i spørreundersøkelsene, om oppfatningen av målet med øvelse ikke er sammenfallende mellom organisasjon og brannkonstablene.

Ifølge brannkonstablene så er et nedbrenningshus å foretrekke i henhold til øvelse i container, men at det er sjeldent anledning å benytte nedbrenningshus. Det bekreftes også av organisasjonene, at kravene for å benytte nedbrenningshus har blitt strengere. Brannkonstablene mener også at de øvelser som i dag utføres i container ikke kan sammenlignes med en reell brann da konstruksjon og det material som brenner ikke er likt virkeligheten. Det blir då interessant å diskutere hva de årlige øvelsene kan bidra til hvis over halvparten av deltakende sier at det ikke ligner virkeligheten av en reell brann. Container øvelsene skulle i så fall kunne sees som kontraproduktivt, ettersom brannkonstablene nevner at en av de største hensiktene med varm røykdykkerøvelse er å lære om brannatferd. Videre kan det da stilles spørsmål om hvor mye brannkonstablene etter gjentatte øvelser, vil lære i containerne om brannatferd da container øvelse ser omtrent likt ut fra gang til gang.

5.3.4 Eksponering under varm røykdykkerøvelse

Organisasjonene i denne studien viser til at de har rutiner og har gjennomført endringer i sine øvelser, dette for å minske eksponeringen på sine brannkonstabler. Ideelt sett burde ikke en brannkonstabel eksponeres mer enn en gang på årlig øvelse grunnet den risikoen det medfører. Resultatet viser at en organisasjon gjennomfører minst to og tilstreber helst flere varme røykdykkerøvelser. I svar fra brannkonstablene fremkommer det at nesten halvparten er instruktør innenfor røykdykking. Det vil generere at mange av deltakerne ikke bare gjennomfører minimums kravet til veiledningen, men vil også være eksponert av brannrøyk flere ganger og dermed har de en større risiko for opptak av partikler. Et godt referansepunkt om opptak av kreftfremkallende partikler vil være studien i kapittel 2.3.4 «Impact of Fire Suit Ensembles on Firefighter PAH Exposures as Assessed by Skin Deposition and Urinary Biomarkers» [24]. Den studien viser at kun 20 minutters røykdykking i container så vil det etter både 6 og 20 timer kunne spores, gjennom hud- og urinprøve, en markant høyere verdi av ulike PAHs i kroppen. Studien konstaterer at ingen vet hvor mange ganger som trengs av eksponering for å sikkert kunne si at det har bidratt til å danne kreftceller i kroppen. Det vil høyst trolig være forskjell fra individ til individ.

Det som bør løftes frem er arbeidssituasjonen til de som har en instruktørrolle, om det er nødt til å innføre flere særskilte tiltak for dem. Etter antagelsen i kapittel (5.3.2) og det estimerte

gjennomsnittet av 0,5 røykdykkinger/brannkonstabel, så ville det være en større risiko å være instruktør og dermed øve seg syk. Statistikken i figur 21 viser samtidig til flere forskjellige hendelser der brann kan oppstå, men som nødvendigvis ikke innebærer røykdykking, men for del kan innebære en eksponering. Brannrøyk som oppstår i moderne bygg inneholder langt mer giftige kjemikalier enn tidligere. Dette fordi at det i dag velges andre typer byggematerialer som for eksempel PVC, mineralull, plast osv. Sammenlignet med før i tiden da bygningen bestod av mer rent trematerial [47]. Det gjør også at ved hver enkelt situasjon som en brannkonstabel er i kontakt med brannrøyk, vil det være en enn større dose av ulike PAHs. For å beskytte brannkonstablene og minske på den totale årlige dosen av partikkeleksponering er en ide å la hver brannkonstabel som utført en skarp røykdykking få regne den som sin årlige varme røykdykkerøvelse.

5.4 VR til varm røykdykkerøvelse

I dette kapittelet vil det diskuteres om VR kan benyttes som varm røykdykkerøvelse.

Den amerikanske marinen (U.S Navy) har benyttet seg av VR-trening i over 20 år [48]. På 2000-tallet besto dette VR-utstyret av datamaskin med to arbeidsstasjoner, mus og VR-briller. Dette er i dag en betydelig rimeligere og enklere versjon enn dagens VR-teknologi som har utviklet seg mye de siste 5 årene. Felles med tidligere VR utstyr og dagens, er bredden av scenarioene og muligheten til å trene på ulike situasjoner, sløkkemetoder og taktikker. I dag benytter US air force og Australia Navy seg av VR og er kunder av FLAIM™ systemet [23]. Det at det amerikanske forsvaret har benyttet seg av kunstig virkelighet til trening i så lang tid taler for at det finnes et stort læringsutbytte av å ta i bruk denne teknologien. Allerede i 2001 publiserte SINTEF en rapport hvor det anbefales å benytte VR-utstyr for trening av brannkonstabler [48]. Likevel er VR-trening fortsatt fremmed i norsk brannvesen. Den rapporten så på risikobildet til røykdykkeryrket og beskriver metoder for å øke sikkerheten. I stor grad lå den vekt på å forbedre sløkketeknikken til røykdykkerne, men den vurderte andre metoder, teknikker og utstyr som kan forbedre sikkerheten og tar opp bruk av VR til opplæring og trening av røykdykkere. Det kommer frem at «en av de viktigste metodene for å øke sikkerheten til røykdykkere er å satse på realistisk trening av mannskapene». Det blir anbefalt både fullskala brannøvelser, men også trening med hjelp av datamaskinvarer, som VR. Dette fordi det er viktig at sløkkemannskaper og røykdykkere har gode kunnskaper som gjelder brannfysikk, brannutvikling, røykspredning, sløkketeknikk samt gjenkjenne signaler og kritiske faser som overtenning. For å velge rett metode og sløkketeknikk er det viktig å ha forståelse for brannfysikk for å velge riktig teknikk til aktuell branntilstand. Dette handler om å lese

brannatferd. De vurderer at VR og andre simuleringsverktøy kan bidra til å simulere dette og bidra med å få en forståelse for brannatferd. Organisasjonene og brannkonstablernes svar i kapittel 4.4 beskriver at slokketeknikk er noe de ser som viktig å trene på. I figur 15 fremvises det at brannkonstablene vurderer at VR-trening kan benyttes til trening av ulike slokketeknikker og lære om brannatferd. Resultatet samstemmer altså med hva rapporten til SINTEF vurderer. Det som skiller seg fra organisasjonenes svar er at brannkonstablene synes er viktig å trene på varmebelastning. Dette er høyest prioritert hos dem, og det beskrives at det er viktig å trene på for å «kjenne på varme og hvor grensene går». I tillegg kommer det frem at VR ikke i særlig grad kan stå til dette. Grunnen til dette kan være at de er vant til et øvelsesmiljø i container hvor det kan være temperaturer på 500–600°C, men varmevesten i VR kan nå maksimalt 100°C, som naturligvis vil føles ulikt. Det interessante er at det kan virke som det er ulik oppfatning mellom brannkonstablernes og organisasjonens rundt hva som er viktig å inkludere i varm røykdykkerøvelse. Selvsagt er det viktig å ha en forståelse for å vite hvor sin egen grense går, og hvordan varmestråling, varmebelastning og reaksjoner har for innvirkninger på kroppen, men muligens ikke det som bør sees på som viktigst i varm røykdykkerøvelse hver gang. Sannsynligvis er det viktigere å finne ut av dette i starten av utdanningsforløpet til brannkonstabler, enn de som har erfaring. Dersom varmebelastning er viktig i en øvelse er det mulig å skape både utmattelsesøvelser og varme omgivelser uten å bli eksponert for brannrøyk. Men, per nå beskriver veiledningen at varm røykdykkerøvelse skal være tilrettelagte omgivelser med varm røyk. Dette vil si at VR-øvelse ikke kan erstatte varm røykdykkerøvelse basert på at ikke tilbyr fysisk varm røyk, noe som også argumenterer for hvorfor veiledningen kan trenge en modernisering slik at det kan åpnes for å bruke VR og andre metoder som ikke gir partikkeleksponering.

Til tross for at veiledning for røyk og kjemikaliedykking lar øvelsesinnholdet være opp til den enkelte organisasjonen, beskrives det at øvelsen skal bidra til å utvikle kunnskaper og ferdigheter. Det er i denne bacheloroppgaven undersøkt om VR gir mulighet til å kunne opprettholde, forbedre og lære nye ferdigheter. De har blitt sammenlignet med varm røykdykkerøvelse. For å opprettholde og forbedre sine ferdigheter vurderes VR og varm røykdykkerøvelse i snitt omtrent likt. Ellers kommer VR klart bedre ut når det kommer til å for å lære nye ferdigheter. Spørsmålet er om grunnen til at VR kommer bedre ut på lære nye ferdigheter er fordi brannkonstablene faktisk ser at VR kan gi nye læringsmuligheter som varm røykdykkerøvelse ikke kan, eller om det er fordi teknologien er helt ny for alle. Det kommer frem at noen deltakere mener at de som har gjort samme container øvelse i mange år ikke lærer

noe nytt, og får lite ut av øvelsen. Det er godt mulig at for erfarne brannkonstablene så er dagens varme røykdykkerøvelser for dårlig på å lære vekk nye ferdigheter fordi de blir standardiserte og lite variert. På en annen side kan det kan også stilles spørsmål om VR fortsatt ville gitt mulighet for å lære nye ferdigheter, dersom det ble brukt over tid, eller hadde dette også stagnert? Det er naturligvis vanskelig å svare på uten å gjennomføre VR-test over lengre tid, men tatt i betraktning at det amerikanske forsvaret fortsatt bruker VR etter 20 år kan det tale for at nytten er der.

Det kan trekkes frem at VR kan bidra med å øve på ting som vanlig varm røykdykkerøvelse ikke dekker like godt. VR-teknologien kommer med stor variasjon av scenarioer som i virkeligheten ville kostet store ressurser både i tid og penger. I tillegg vil det være mulig å oppdatere og bestille helt nye scenarioer etter hvert. Utstyret er portabelt som vil bidra til muligheten for mengdetrening, samt at det er enkelt å sette opp. Instruktøren kan observere og gi tilbakemeldinger, ettersom at man kan se tydelig på instruktørens skjerm hvordan deltakeren arbeider i scenarioene. Denne fleksibiliteten gjør at tilbakemeldingene på systemet er svært gode og mulig årsak til at VR-trening kan bidra til å lære mye nytt.

Brannkonstablene har vurdert realismen i VR og i varm røykdykkerøvelse i forhold til reell brann. Generelt er realismen i VR litt bedre enn varm røykdykkerøvelse i de fleste kategorier.

Både *brannen* og *røykens* utvikling og oppførsels vurderes som litt mer realistisk i VR enn i varm røykdykkerøvelse, i forhold til en reell brann. VR skiller seg klart bedre ut på vurdering av hvor realistisk *øvelsesobjektet* er. Altså bygninger, konstruksjon og brennende material i VR scenarioene er mest likt reelle situasjoner. Grunnen til det kan være fordi VR fremstiller objektene veldig ekte og fordi brannen er basert på algoritmer og beregninger som nyttes i brannsimulering. Det kan da simuleres mer realistisk hvordan det vil brenne i et soverom eller kjøkken, og ta brannenergien til ulike materialer i betraktning. Sammenlignet med containermiljøet hvor det benyttes gass som brensel kilde og mangler interiør. Det gjør at man ikke får det røykgasslag som oppstår i en reell brann og det blir lite brannspredning. Det vil da bli et miljø som ikke representerer en fullstendig reell brann. Flammene i container vil ofte være mer kontrollert. Likevel er det viktig å ha i bakhodet at det vil aldri være mulig å kunne forutse eller konstruere en brann 100%, uavhengig om det er basert på brannsimulering eller en kontrollert brann i container.

De aller fleste vurderer følelsen av tilstedeværelse i VR som til en viss grad eller mer, hvor mesteparten svarer «til en viss grad». Tilsvarende for vanlig varm røykdykkerøvelse er nokså

lik. Noe som tyder på at hverken varm røykdykkerøvelse eller VR er helt realistisk. Det er godt mulig at det heller ikke trenger å ha en ambisjon om å være helt lik reell hendelse, så lenge læringsutbytte av øvelsen er stor nok. Det fremkommer at VR-øvelsen gjør brannkonstablene i nok stor grad rustet til å håndtere oppgaver på reelle hendelser, og utvikler deres kunnskaper og ferdigheter som brannkonstabel. Dette poenget kan forsterkes når en ser at det amerikanske forsvaret fortsatt bruker VR etter 20 år. Teknologien og grafikken var en god del enklere på tidlig 2000-tallet, men det ga likevel da et stort læringsutbytte av virtuell virkelighetstrening. Altså, kan det tale for at til og med enklere teknologi enn FLAIM™, vil en oppnå et stort læringsutbytte. Det handler om hva du får trene på, ikke at det føles mest mulig likt virkeligheten.

5.4.1 Sammenligning med tidligere studier

Resultatene i denne VR-testen viser mye likheter med tidligere studier som er gjort. I studien «experiencing Immersive VR Simulation» fremkommer det at det var forskjeller i vurdering av realismen i VR basert på erfaring. De mest erfarne brannkonstablene vurderte VR som mer realistisk enn hva studentene gjorde. De erfarne brannkonstablene i den studien vurderte at brannen var 100% realistisk nok til å bruke til trening. Det viser stor likhet med resultatene i denne bacheloren hvor 97% av deltakerne svarer at brannen er realistisk nok til å brukes til trening [35].

I studien «Introducing Virtual Reality for Firefighter Skill Training» var hensikten å sammenligne VR i to ulike land, Sverige og Brasil [36]. Her kan Norges øvelsesvirksomhet sammenlignes med Sverige. I studien oppgir begge land høy følelse av tilstedeværelse i VR-scenarioene. 94% av de svenske brannkonstablene opplevde høy grad tilstedeværelse i VR som ligner med en reell brann. Sammenlignet med denne bacheloroppgaven opplever 85% tilstedeværelse som «til en viss grad» eller mer. Det viser at svaret fra de norske deltakerne ikke skiller seg ut på noen avvikende måte.

5.4.2 Innføring av VR

Et avgjørende spørsmål i denne oppgaven er om brannkonstablene og organisasjonene er villige til å benytte VR som trening.

54,3 % av brannkonstablene synes at VR er et fint supplement til varme røykdykkerøvelser, og resten anser at det kan erstatte delvis. Det er et flertall for å bytte ut noen av dem og kun noen få som synes at VR kan erstatte alle varme røykdykkerøvelser. Når de tar i betraktning kreftrisikoen som yrket medfører, ser man at det er en større andel som er villige til å benytte

VR. Det viser at det er en stor positivisme rundt å benytte VR til varm røykdykkerøvelse blant brannkonstablene, og det er tydelig uttrykt at dette er noe dem ønsker å gjøre igjen og noe som gir læringsutbytte. Til tross for at majoriteten er positivt innstilt til VR er dem ikke villig til å gi slipp på de tradisjonelle øvelsene. De samme vurderingene kommer frem i begge de tidligere studiene som er sammenlignet med. Deltakerne i disse to studiene uttrykker at de ser fordeler med å innføre VR som trening, som et supplement til varme røykdykkerøvelser, men ikke erstatte det helt. Dette er en faktor som kan gjøre det vanskeligere å innføre VR.

Organisasjonenes svar viser at de er positivt innstilte til teknologien og at den var bedre enn de hadde forestilt seg. De er samstemte i at teknologien kan dekke en del momenter av varm røykdykkerøvelse og ser nytten av å kunne ha teknologien i sitt brannvesen. Studien «simulation and serious games for firefighter training» viser til at en vellykket innføring av VR vil være avhengig av at organisasjonene selv har klare mål med hensikten koblet opp mot brukerne [34]. Derfor er det viktig at organisasjonene og brannkonstabler har en felles oppfatning om hensikten med øvelse og hva som egentlig er viktig for jobben som skal utføres.

Til tross for at ønsket om å benytte VR virker større etter å ha deltatt i VR-testen, viser organisasjonene til at økonomi er en faktor som vil gjøre det lite sannsynlig å innføre med det første. VR-teknologien er en økonomisk investering og samtidig skal den vanlige øvelsesvirksomheten driftes. Derfor kan det være vanskelig for et lite brannvesen eller IKS å gjøre dette. Denne teknologien er for brannvesen veldig ny og få har vært i kontakt med det, erfaringsutbytte i Norge er med andre ord ikke stort. For å kunne få til en implementering i Norge hadde en lengre studie over tid gitt bedre svar for å vurdere læringsutbyttet av det. Først da er det mer sannsynlig at noen av de større brannvesen eller IKS kunne vurdert å investere i det, høste erfaring og dele det videre.

I rapporten SINTEF publiserte for 20 år siden, skrives det at det er mer trolig vil være realistisk «å anskaffe slikt utstyr om 2-5 år» til trening, på bakgrunn av forventet lavere pris og mer tilgjengelig utstyr [48]. Likevel, mange år senere, er det fortsatt få bruker som benytter det. Det viser at å innføre slike systemer tar mye lengre tid enn hva man tror. Tross for at brannkonstablene og organisasjonene er villige og positivt innstilte til bruken av VR i denne studien, vil det sannsynligvis gå flere år før Norsk brannvesen bruker det som en naturlig del i sin virksomhet.

6. Konklusjon

Hovedspørsmålet til denne oppgaven omhandler muligheten av å benytte VR- teknologien som treningsformål i varm røykdykkerøvelse. Hensikt er å minimere de kreftfremkallende partiklene som brannrøyken gir. Resultatet fra de 35 brannkonstabler som deltok i studien sier at VR kan brukes til røykdykkerøvelse, men ikke erstatte det helt. Det er stor enighet i at VR- teknologien vil kunne bidra til unike læringsmuligheter som vanlig varm røykdykkerøvelse ikke har. Det kan konkluderes at ingen av de to forskjellige metodene er helt perfekt, og ingen kan gjenskape et realistisk miljø 100%, men de kan komplementere hverandre og dermed bidrar til et større læringsutbytte. Resultatet i oppgaven samstemmer i høy grad med tidligere forskningsstudier som er gjort på tilsvarende metode [35], [36]. Dette viser at resultatene i oppgaven er av god kvalitet.

Bekymringen rundt kreftrisiko som brannkonstabler er utsatt for har økt de siste årene. Organisasjonene viser til at de har de siste 10 årene iverksatt en rekke tiltak og rutiner for å forebygge og minimere eksponering, både ved skarp hendelse og øvelse. Det er stor etterlevelse av retningslinjene, men det finnes likevel mer arbeid å gjøre fremover for å gi brannkonstablene kvalitativ øvelse uten risiko for eksponering. Veiledningen forteller at det skal gjennomføres minimum én varm røykdykkerøvelse i året for å være godkjent som røykdykkere. Her har de som arbeider som instruktører ved øvelsene en større risiko for å eksponeres flere ganger, derfor bør det innføres særskilte tiltak for å beskytte dem.

Veiledningen til røyk- og kjemikaliedykking er sist oppdatert i 2005. Siden den tiden har mye ny forskning blitt presentert og det har skjedd utvikling av teknologi. Brannkonstablene i denne studien viser interesse for å kunne benytte VR-teknologien. Ansvar for å gjøre det mulig, ligger hos samfunnet, hos staten og de kommunale virksomhetene. Gjennom lovendring og tilrettelegging av verktøy kan det bidra til en friskere helse og et tryggere arbeidsmiljø for brannkonstablene. Det er også et standpunkt som kreftforeningen uttrykker.

"vi skylder brannmennene i å investere i konkrete tiltak, slik at risikoen for å bli syk av jobben er så liten som overhodet mulig"

av Ingrid Stenstadvold Ross, leder i kreftforeningen 2022

7. Veien videre

Her vil det fremkomme forslag på hva som kan gjøres fremover for å dykke dypere i temaet som denne bacheloroppgaven belyser.

- I resultat fra denne oppgaven tyder det på at bransjen ikke er klar over at teknologien finnes, eller ikke er klar over utviklingen innen VR. Det bør jobbes med å fremme synligheten av at VR-teknologien finnes og kan benyttes.
- Det burde gjennomføres et prosjekt som over tid kan vurdere om denne teknologien gir god nok læringsutbytte for brannkonstablene på lik linje eller mer enn varm røykdykkerøvelse.
- Denne oppgaven har ikke tatt for seg en økonomisk sammenligning mellom investering av VR utstyr og kostnader for dagens varme røykdykkerøvelser. Det kan være et godt poeng å se på dette samt vurdere samfunnskostnad i tap av arbeidskraft grunnet kreftsykdom.
- En modernisering av *veiledning om røyk- og kjemikaliedykking* burde gjennomføres slik at varm røykdykkerøvelse ikke bidrar til mer partikkeleksponering og kreftrisiko. Veiledningen burde formuleres slik at den ikke tolkes ulikt samt åpne for tryggere alternativer til varm røykdykkerøvelse enn hva som er praksis i dag.
- I 2024 skal det åpnes en ny brannskole for utdanning av brannkonstabler. Det kan være nyttig å se på hvordan Norges nye brannskole tilrettelegger for at fremtidens brannkonstabler skal gå inn i et tryggere arbeidsliv med mindre fare for å risikere sin egen helse, og ikke minst bli beviste på faren det utgjør å eksponeres for brannrøyk gjennom et yrkesliv.

Referanser

- [1] "Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven) - Lovdata". [online],2006. <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-62>
- [2] G. S. Braut och D. S. Thelle, "helsefremmende arbeid", i *Store medisinske leksikon*. 2022. [online] Hentet fra: https://sml.snl.no/helsefremmende_arbeid Lastet ned 16.03.2023
- [3] "NOU 2016: 1 Arbeidsutvalget - Regulering av arbeidstid - vern og fleksibilitet - regjeringen.no". Hentet fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2016-1/id2467468/?ch=8> (Lastet ned: 08.05.2023).
- [4] P. A. Demers *m.fl.*, "Carcinogenicity of occupational exposure as a firefighter", *Lancet Oncol.*, vol. 23, nr 8, s. 985–986, aug. 2022, doi: 10.1016/S1470-2045(22)00390-4.
- [5] D. Hultman og S. Magnusson, "*Friska brandmän - Skellefteåmodellen förbättrar arbetsmiljön*". MSB, Karlstad, Sverige 2014 . [online] Hentet fra: <https://www.msb.se/ribdata/filer/pdf/27476.pdf>
- [6] "Veiledning om røyk- og kjemikaliedykking", *Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap*, [online], 1994. Hentet fra: <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/veiledning-til-forskrift/veiledning-om-royk--og-kjemikaliedykking/> (Lastet ned 16.05.2023).
- [7] "Ny brann- og redningsvesenforskrift fra 1. mars 2022", *Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap*, 16 september 2021. [online] Hentet fra: <https://www.dsb.no/nyhetsarkiv/2021/ny-brann--og-redningsvesenforskrift-fra-1.-mars-2022/> (Lastet ned 27.03.2023).
- [8] "Lovdata brann- og redningsvesenforskriften", *Forskrift om organisering, bemanning og utrustning av brann- og redningsvesen og nødmeldesentralene (brann- og redningsvesenforskriften, 2022* [online] <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2021-09-15-2755?q=FOR-2021-09-15-2755>
- [9] "Røyk- og kjemikaliedykking". Hentet fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/royk-og-kjemikaliedykking/> (Lastet ned 27.03.2023).
- [10] Arbeidstilsynet, "Arbeidstilsynet", § 5. *Innholdet i det systematiske helse-, miljø- og sikkerhetsarbeidet. Krav til dokumentasjon*. Hentet fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/internkontrollforskriften/5/> (Lastet ned: 27.03.2023)
- [11] Arbeidstilsynet, "Helseundersøkelse og tester av fysisk kapasitet for røyk- og kjemikaliedykkere". Hentet fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/royk-og-kjemikaliedykking/helseundersokelse-for-royk-og-kjemikaliedykkere/> (Lastet ned: 27.03.2023).
- [12] Arbeidstilsynet, "§ 5. Innholdet i det systematiske helse-, miljø- og sikkerhetsarbeidet. Krav til dokumentasjon". Hentet fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/regelverk/forskrifter/internkontrollforskriften/5/> (Lastet ned: 27.03.2023).
- [13] E. Hartin. "What is Compartment Fire Behavior Training? | CTIF - International Association of Fire Services for Safer Citizens through Skilled Firefighters". Hentet fra: <https://www.ctif.org/news/what-compartment-fire-behavior-training> (Lastet ned: 17.04.2023).

- [14] "Finske brannskolen - Erfaringer med gass som varmekilde i øvingshus - Brann & Redning". Hentet fra: <https://brannredning.com/materiellstasjoner/finske-brannskolen-erfaringer-gass-varmekilde-ovingshus/> (Lastet ned: 08.05.2023).
- [15] Livsmedelsverket. "Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)". Hentet fra: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/polycykliska-aromatiska-kolvaten-pah> (Lastet ned: 14.05.2023).
- [16] Folkehelseinstituttet, "Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i mat", 2020. Hentet fra: <https://www.fhi.no/nettpub/fremmedstoffer-i-mat/ulike-fremmedstoffer-i-mat/polysykliske-aromatiske-hydrokarboner-pah-i-mat/> (Lastet ned: 09.03.2023).
- [17] Arbeidstilsynet, Red., "Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)", [Online]. Hentet fra : <https://www.arbeidstilsynet.no/contentassets/301a38335bb14565bc0951cb6d20d39e/pah-grunnlagsdokument-2021.pdf> (Lastet ned: 09.03.2023)
- [18] International Agency for Research on Cancer, World Health Organization. "IARC's Mission: Cancer research for cancer prevention". IARC.WHO.INT. Hentet fra: <https://www.iarc.who.int/about-iarc-mission/> (Lastet ned: 09.03. 2023).
- [19] Kreftforeningen. "Hva vil det si at noe er klassifisert som kreftfremkallende?", *Kreftforeningen.no* Hentet fra: <https://kreftforeningen.no/forebygging/hva-vil-det-si-at-noe-er-klassifisert-som-kreftfremkallende/> (Lastet ned: 09.03.2023).
- [20] International Agency for Research on Cancer, World Health Organization. "Painting, firefighting, and shiftwork." i IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, no. v. 98. Lyon, France, 2010.
- [21] N. Marjerrison. *et al.*, "Comparison of cancer incidence and mortality in the Norwegian Fire Departments Cohort, 1960-2018", *Occup. Environ. Med.*, vol. 79, mai 2022. doi: 10.1136/oemed-2022-108331.
- [22] N. Majerrison, "Økt risiko for kreft blant brannmenn", *Kreftregisteret*. Hentet ved: <https://www.kreftregisteret.no/Generelt/Nyheter/2022/brannmenn-og-kreft/> (Lastet ned: 18.04.2023).
- [23] R. Kvåle. Et al., "Interpreting trends in prostate cancer incidence and mortality in the five Nordic countries", *J. Natl. Cancer Inst.*, vol. 99, nr 24, s. 1881–1887, dec. 2007, doi: 10.1093/jnci/djm249.
- [24] H. Wingfors, J. R. Nyholm, R. Magnusson, och C. H. Wijkmark, "Impact of Fire Suit Ensembles on Firefighter PAH Exposures as Assessed by Skin Deposition and Urinary Biomarkers", *Ann. Work Expo. Health*, vol. 62, nr 2, s. 221–231, feb. 2018, doi: 10.1093/annweh/wxx097.
- [25] Brannmenn mot kreft. "Om oss", *Brannmenmotkreft.no* Hentet fra: <https://brannmenmotkreft.no/om-oss/> (Lastet ned: 24.03.2023).
- [26] Brannmenn mot kreft. "Historie", *Brannmenmotkreft.no* Hentet fra: <https://brannmenmotkreft.no/om-oss/historie/> (Lastet ned: 24.03.2023).
- [27] Arbeidstilsynet. "Krav til fysisk arbeidsmiljø i brannstasjonar". *arbeidstilsynet.no* Hentet fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/tema/byggesak/veiledning-til-dokumentasjonskrav-ved-soknad-om-arbeidstilsynets-samtykke/krav-til-fysisk-arbeidsmiljo-i-brannstasjonar/> (Lastet ned: 25.04.2023).
- [28] D. Barnard. "History of VR - Timeline of Events and Tech Development". *Virtualspeech.com*. Hentet fra: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr> (Lastet ned: 27.03.2023).

- [29] FLAIM Systems "FLAIM Trainerl". Flaimsystems.com. Hentet fra: <https://cdn.flaimsystems.com/wp-content/uploads/2020/05/28013748/Trainer-MARKET-Brochure-Final.pdf> (Lastet ned 27.03.2023)
- [30] FLAIM systems. "Safer. Smarter. Deeper learning. Flaim" Flaimsystems.com. Hentet fra: <https://flaimsystems.com/> (Lastet ned: 18.04.2023).
- [31] DAFO. "VR utbildning". dafo.se Hentet fra: <https://www.dafo.se/vr-utbildning/> (Lastet ned: 18.04.2023).
- [32] Virtually There Training. "Virtually There Training". Virtuallytheretraining.com Hentet fra: <https://www.virtuallytheretraining.com/training-systems/> (Lastet ned: 18.04.2023).
- [33] Firefighter vr. "Firefighter VR". firefightervr.dk Hentet fra: <https://www.firefightervr.de/> (Lastet ned: 18.04.2023).
- [34] I. Heldal, C. Hammar Wijkmark, og L. Pareto, "SIMULATION AND SERIOUS GAMES FOR FIREFIGHTER TRAINING: CHALLENGES FOR EFFECTIVE USE", *NOKOBIT*, vol. 24, nov. 2016.
- [35] C. H. Wijkmark, I. Heldal, og M.M. Metallinou, "Experiencing Immersive VR Simulation for Firefighter Skills Training", 2021.
- [36] C. H. Wijkmark, I. Heldal, M.-M. Metallinou R.D.E. Bail, A.O.Michaloski og E.J.S Aguiar "Introducing Virtual Reality for Firefighter Skills Training: Opinions from Sweden and Brazil | Journal of Applied Technical and Educational Sciences". vol. 12, nr. 3, s.1-24, 2022. doi: 10.24368/jates.v12i3.317.
- [37] J. Børsting, "METODER FOR DATAINNSAMLING: SPØRREUNDERSØKELSER, INTERVJU & FOKUSGRUPPER" UIO.no. hentet fra: http://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INF2260/h17/timeplan/chapter_5_8-norsk.pdf (lastet ned: 24.03.2023)
- [38] Nasjonal digital læringsarena. "Spørreundersøkelser", *ndla.no*. Hentet fra: <https://ndla.no/nb/subject:5e53694a-c8eb-4871-8558-71523941c28e/topic:fc048919-d357-417f-8515-d3f2dfae9017/resource:aee6e283-f205-4fee-b702-2d1bb16f3e24> (Lastet ned 24.03.2023).
- [30] Nasjonal digital læringsarena. "Valg av informanter", *ndla.no*. Hentet fra: <https://ndla.no/nb/subject:1:54b1727c-2d91-4512-901c-8434e13339b4/topic:2:432baee9-5671-47ce-870e-48b8fc3b7a42/topic:2:1db7bf3c-3a7b-44af-b632-e3c5ff2a999e/resource:1:56943> (Lastet ned: 24.04.2023).
- [40] OsloMet "Litteratursøk og kildekritikk", student.oslomet.no, Hentet fra: <https://student.oslomet.no/litteratursok-kildekritikk> (Lastet ned: 09.05.2023).
- [41] R. Jarlsbo, "Kreftsyke Henry tapte i Høyesterett: Prostatakraft ikke godkjent som yrkesskade for brannfolk", *Fagbladet.no*. Hentet fra: <https://fagbladet.no/nyheter/kreftsyke-henry-tapte-i-hoyesterett-prostatakraft-ikke-godkjent-som-yrkesskade-for-brannfolk-6.91.909185.7b373d1710> (Lastet ned: 09.05.2023).
- [42] Arbeidstilsynet. "Register over eksponerte arbeidstakere". arbeidstilsynet.no. Hentet fra: <https://www.arbeidstilsynet.no/hms/roller-i-hms-arbeidet/arbeidsgiver/register-over-eksponerte-arbeidstakere/> (Lastet: ned 10.05.2023).
- [43] Brannmenn Mot kreft "Min logg (app)". brannmennmotkreft.no. Hentet fra: <https://brannmennmotkreft.no/minnloggapp/> (Lastet ned: 11.04.2023).
- [44] Ständiga representanternas kommitté (Coreper I)" Förslag till EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDET DIREKTIV om ändring av direktiv 2009/148/EG om skydd för arbetstagare mot risker vid exponering för asbest i arbete". Brussel, 2022. [Online]. Hentet fra:

- <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14988-2022-INIT/sv/pdf> (Lastet ned: 11.05.2023)
- [45] "Brannstatistikk". <https://www.brannstatistikk.no/brus-ui/> (Lastet ned 09.05.2023).
- [46] Brannløftet. "Om oss " Brannløftet.no. Hentet fra: <http://brannloftet.no/om-oss/> (Lastet ned: 13.05.2023).
- [47] Ekobyggportalen. "Brand". [ecobyggportalen.se](https://ekobyggportalen.se). Hentet fra: <https://ekobyggportalen.se/fakta-byggfysik/brand/> (Lastet ned: 12.05.2023).
- [48] J. P. Stensaas, "Forbedret slokketeknikk og annet utstyr i relasjon til røyk dykkernes arbeidsinnsats og sikkerhet - (Revidert utgave av rapport av 1997-01-06)". SINTEF Energi, 2001. [Online]. Hentet fra: <https://rise.fr.no/media/publikasjoner/upload/stf84-a96621.pdf>

