



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

## Ein studie av Røykdykkarflasker



*Bilete 1, tatt av Terje Rudi under eksperiment.*

### **Bacheloroppgåve utført ved Høgskolen Stord/Haugesund -avdeling for nautikk**

---

Christer Agasøster

Knut Andreas Drønen

Sjur Kalland Dyregrov

Njål Hagen Holsvik

Kandidatnummer: 29

Kandidatnummer: 8

Kandidatnummer: 1

Kandidatnummer: 19

Dette arbeidet er gjennomført som ledd i bachelorprogrammet i Nautikk ved Høgskulen Stord/Haugesund og er godkjent som sådan. Godkjenninga inneber ikkje at HSH står inne for metodane som er anvendt, resultatane som er framkomne og konklusjonar og vurderingar i arbeidet.

*Ein studie av røykdykkarflasker*

*Christer Agasøster*

*Sjur Kalland Dyregrov*

*Knut Andreas Drønen*

*Njål Hagen Holsvik*

Namn på vegleiar:

Helle Oltedal

---

Gradering: *Offentleg*

---

## Forord

Temaet, problemstillinga og hypotesen nytta i denne oppgåva er basert på observasjonar vi har gjort oss den korte tida vi har hatt til sjøs. I gruppa vår har vi erfaring frå sjøforsvaret, forsyningsfartøy, konstruksjonsfartøy, fiskeri og brønnbåtar. Det kom fram at fleire av oss hadde merka seg at det vart nytta pressluftflasker i stål og kompositt om ein annan. Dette vekka nysgjerrigheit rundt temaet. Vi vart fastsette på å finne kva forskjellar det var på det ulike utstyret. Etter kvart vart oppgåva snevra inn til luftforbruk med dei to flasketypane, og det vart bestemt at vi ville gjennomføre eit eksperiment. Vi vart tidleg informert om at det ikkje er vanleg at eit eksperiment av dette omfanget blir gjennomført i ei Bachelor-oppgåve og at dette ville bli ein omfattande og tidkrevjande prosess.

Arbeidet med oppgåva har tidvis vore utfordrande, då det å sette seg inn i eksperimentell metode med relativt få forkunnskapar byde på utfordringar. Det har vore ein sær s lærerik prosess.

Vi vil først og fremst takke alle deltakarane som sa seg villige til å delta i eksperimentet.

Vi vil så takke ResQ Haugesund for dekke av leigekostnadar og lån av utstyr, samt Haugesund Brannvesen for lån av utstyr, Alf Lea & Co. Brannvern AS for leige av utstyr, Dräger safety norge AS for god kommunikasjon og informasjon og HSI for tilgang til treningscenter og tredemølle.

Til slutt vil vi takke vegleiar Helle Oltedal for at du oppfordra oss til gjennomføre eksperimentet, og for god vegleing og oppfølging.

## Ordforklaring.

Uttrykk	Tyding
Bar	Målenhet for lufttrykk
Barriere	Fysisk eller ikkje-fysisk hinder
Bæremeis	Meis for bæring av pressluftflasker
Dødmannsknapp	Sikkerheitsfunksjon som stoppar tredemølle momentant
Effektstørrelse	Mål på effekt
EN 469	Ein standard for røykdykkarutstyr
Falsifisering	Motbevising av hypotese
Friskluftapparat	System for bruk av pusteluft
Kompositt	Samlebetegning for kombinasjonsmaterialar
Kurtose	Fordeling av sannsyn, samanlikning av måla verdiar og gjennomsnitt
Manipulasjon	Å påverke ein variabel
Manometer	Måleinstrument for trykk
Median	Den midtarste verdien i eit datasett
Normalfordeling	Sannsynsfordeling, der målingar er likt fordelt
Populasjon	Ei heilheitleg gruppe
Pressluftflaske	Sylindrisk behaldar for komprimert luft
Pusteluft	Komprimert friskluft til bruk i pressluftflasker
Respirasjonsvariablar	Variablar for innanding og pust. Til dømes pustefrekvens, pustevolum, oksygenopptak
Risiko	Sannsyn gange konsekvens
Røykdykkar	Ein som entrar skadeleg atmosfære med friskluftforsyning
Røykdykking	Brannedkjemping eller søk ved bruk av friskluftapparat
Signifikans	Ein forskjell som ikkje skuldast tilfeldigheit
Skeivheit	Fordeling av sannsyn, samanlikning av gjennomsnitt, median og modus
SOLAS	International Convention for the Safety of Life At Sea
Standardavvik	Kvadratrot av varians
t-test	Statistisk test som finn signifikans
Utval	Ein del av populasjonen
Varians	Mål på variasjon
Variasjonsbredde	Avstanden mellom lågaste og høgaste målte verdi
SCBA	Self-Contained Breathing Apparatus, friskluftapparat.
Hypotese	Antaking basert på eit observert fenomen. Skal bekreftast eller avkreftast
Redundans	Eit systems evne til å oppretthalde sin funksjon dersom ein eller fleire komponentar sviktar

## Samandrag

Denne oppgåva tar utgangspunkt i problemstillinga:

*”Vil type pressluftflaske påverke forbruket av pusteluft?”*

Det nyttast to typar pressluftflasker om bord på skip i dag. Stålflasker og komposittflasker. Vektforskjellen kan vere avgjerande for luftforbruket. Problemstillinga løysast ved hjelp av eit eksperiment. Hypotesane nytta for eksperimentet er:

*$H_0$  : Luftforbruket med pressluftflaske i stål og pressluftflaske i kompositt er det same.*

*$H_1$  : Luftforbruket med pressluftflaske i stål og pressluftflaske i kompositt er ikkje det same.*

31 mannlege studentar blir rekruttert til å delta. Eksperimentet bestod av to testar på tredemølle, ikledd full røykdykkarkledning. Hastigheita var konstant, medan stigninga auka frå 4% og 12%. Dei to testane var som følgjer:

*(1) Åtte minutt på tredemølle i 5,6km/t med komposittflaske.*

*(2) Åtte minutt på tredemølle i 5,6km/t med stålflaske.*

Forbruket av luft lesast av. På bakgrunn av målingane bereknast resultatet. Resultatet visar ein signifikant forskjell på luftforbruk med dei to typane pressluftflasker. Forbruket med stål er signifikant større. Estimater basert på målingane gjort under eksperimentet visar eit auka forbruk på mellom 12 og 33 % ved bruk av stålflaske. Gjennomsnittleg forbruk for både stål og kompositt vart og funne å vere langt høgare enn vegleiane forbruk. Tabell for vegleiane luftforbruk, funne i fagheftet for røykdykking frå Norsk Sikkerheitsorganisasjon, viste verdiar for fire tilstandar.

(1) Fullstendig kvile, 5-8 liter/min

(2) Gange, 10-25 liter/min

(3) Springing, 40-50 liter/min

(4) Springing i trapp, 60-90 liter/min

Ved gange på tredemølle i 5,6km/t nytta utvalet i snitt 82 liter/min med komposittflaske og 100 liter/min med stålflaske. Dette er langt høgare verdiar enn det tabellen tilseier. Det konkluderast med at verdiane frå tabellen ikkje lar seg overføre til utvalet.

Ettersom at røykdykking er en barriere, som hindrar eller avgrensar omfanget av brann, konkluderast det med at komposittflasker styrkar røykdykking som barriere.

# Innhold

Forord .....	iii
Ordforklaring.....	iv
Samandrag.....	v
Oversikt over tabellar .....	viii
Oversikt over figurar .....	viii
Oversikt over bilete .....	viii
1 Innleiing .....	1
1.1 Problemstilling og hypotese. ....	2
1.2 Oppgåvas avgrensingar .....	3
1.3 Oppgåvas Struktur.....	4
2 Røykdykking .....	5
3 Teori.....	7
3.1 Sikkerheitsteori .....	7
3.2 Tidlegare forskning .....	10
4 Metode .....	12
4.1 Eksperimentell Metode.....	12
4.2 Eksperimentet .....	12
4.2.1 Utvikling av eksperimentet .....	12
4.2.2 Utvalet .....	14
4.2.3 Roller.....	15
4.2.4 Blindtest .....	15
4.2.5 Gjennomføring av eksperimentet. ....	15
4.3 Statistisk analyse .....	17
4.4 Metodens Svakheiter .....	20
4.5 Etikk .....	21
4.5.1 Risiko .....	21

4.5.2 Datasikkerheit.....	21
5 Resultat .....	23
5.1 Målingane .....	23
5.2 Statistisk Analyse .....	26
5.2.1 Konfidensintervall .....	26
5.2.2 Normalitetstestar og t-test .....	27
5.3 Kontrollgruppa.....	29
5.4 Bakgrunnsvariablar .....	30
6 Drøfting.....	32
6.1 Sikkerheitsteori .....	32
6.2 Tidlegare forskning .....	35
7 Konklusjon.....	37
8 Forslag til vidare forskning .....	38
Kjeldeliste .....	ix
Vedlegg 1 .....	xii
Vedlegg 2.....	xiii
Vedlegg 3.....	xv

## Oversikt over tabellar

Tabell 1, Karakteristikk for utvalet .....	23
Tabell 2, Gjennomsnitt og standardavvik for luftforbruk.....	23
Tabell 3, Forbruk med stål og kompositt for deltakarar som fullførte begge testane .....	24
Tabell 4, 95% Konfidensintervall for forskjell i luftforbruk .....	26
Tabell 5, Forbruk med stålflaske og komposittflaske og differanse .....	27
Tabell 6, Resultat frå Shapiro-Wilk-Test.....	27
Tabell 7: Resultat frå Anderson-Darling-Test .....	28
Tabell 8, Resultat frå t-test.....	28
Tabell 9, Forbruk for kontrollgruppa.....	29
Tabell 10, Shapiro-Wilk-Test av kontrollgruppa .....	29
Tabell 11, Resultat frå Anderson-Darling-Test av kontrollgruppa .....	29
Tabell 12, Resultat frå para t-test av kontrollgruppa.....	30
Tabell 13, Vegleiane verdiar for luftforbruk saman med målt forbruk .....	34

## Oversikt over figurar

Figur 1, Swiss Cheese Model (Etter Reason, 1997).....	7
Figur 2, Forholdet mellom produksjon og proteksjon (Etter Reason, 1997). .....	9
Figur 3, Framstilling av luftforbruk med stål og kompositt med omsyn på deltakar.....	25

## Oversikt over bilete

Bilete 1, fotografi tatt av Terje Rudi.....	i
---	---







# 1 Innleiing

*”I internasjonal samanheng er røykdykkaryrket det mest risikofylde yrket av alle yrker, ettersom det prosentvise talet på skadde og omkomne personar i internasjonal samanheng overgår alle andre yrker” (Cote, F.C. 1995 sitert i Stensaas, J.P., 2002, side 8).*

Røykdykking er i dag eit av dei viktigaste verktøya om bord på skip for å hindre utviklinga av branntilløp og slukke brann. Brann og eksplosjonar er blant dei vanlegaste årsakene til havari og forlis. Frå år 2000 til 2013 var det om lag 250 norskregistrerte skip med brannar om bord av slik art. I 2013 vart 35 skipsbrannar med havari eller forlis som resultat registrert (SSB, 2014, tabell 06719). Dette resulterte i at Sjøfartsdirektoratet starta ei kampanje med fokus på brannsikkerheit til sjøs (Sjøfartsdirektoratet, 2013).

Arbeidstilsynet definerer røykdykking som ein innsats som nyttast når det er stor fare for menneske, eigedom og miljø. Røykdykkaren nyttar kledning som skal tåle høge temperaturar og friskluftsapparat for å kunne berge personar i røykfylde rom og slukke brann. Samstundes skal røykdykkaren ivareta si eiga og sine kollegaars sikkerheit. Dette er ein særskilt krevjande innsats som krev mykje av dei som utfører arbeidet, både mentalt og fysisk (Arbeidstilsynet, 2004). Friskluftsapparatet spelar ei sentral rolle i utrustninga av røykdykkarar. Røykdykkarar tar seg inn i skadeleg atmosfære for å redde liv og materiale. Giftige branngassar er ein av hovudårsakane til fatalitetar i brannar. I april 1990 tok ein brann om bord på skipet Scandinavian Star livet av 158 menneske. Det er antatt at størsteparten mista livet grunna innandring av giftige branngassar (NOU, 1991). Frå brannen vart rapportert til den vart sløkt gjekk det 14 timar. Eit anna eksempel på ein brann som tok fleire timar å slukke var brannen om bord på Britannia Seaways i november 2013. Skipet frakta militære kjøretøy, jerrykanner med bensin og containerar med flybensin. Grunna hard sjø sleit deler av dekkslasta seg, og det vart meldt om lekkasje frå jerrykannene. Ved ei større kursendring fekk Britannia Seaways sjøen i sida. Noko som resulterte i at containerane på dekk slo mot kvarandre og det oppstod gnistrar. I løpet av nokre sekund eksploderte jerrykannene og det vart full fyr på dekk. Brannen var så omfattande at mannskapet ikkje klarte å slukke den, men halde den i sjakk. Det tok over 12 timar før brannen var sløkt (DMAIB, 2014). Ved brannar av eit slikt omfang er det fleire faktorar som er avgjerande for sløkkinga, deriblant mengde pressluftflasker.

Om bord på skip har ein berre eit avgrensa antal pressluftflasker. Flaskene har ei vegleiane forbrukstid på 30minutt, men ved høg fysisk intensitet kan forbrukstida bli endå lågare.

Antalet flasker om bord er normalt dobbelt så mange som antal røykdykkarsett. Flaskene blir fylde om bord ved hjelp av trykkluftkompressor. Desse kompressorane har ofte liten kapasitet og kan nytte opp til 20 minutt på å fylle ei flaske. Det er då risiko for å gå tom for flasker ved lengre innsatsar. Ein innsats lenger enn 15 minutt involverer i tillegg ein risiko for at flaska går tom for luft under innsatsen. Normalt skal lufttrykket på flaskene overvakast gjennom heile innsatsen. Det er ei forferdeleg oppleving å gå tom for luft under innsats, dersom ein ikkje raskt kjem seg ut i trygg atmosfære kan dette få fatale konsekvensar.

I 2002 publiserte USFA (United States Fire Administration) at 30% av alle amerikanske brannmenn som mista livet under røykdykking, mista livet då friskluftsapparatet var tomt for luft. Det kan tenkast at vektbelasting kan vere avgjerande for luftforbruk. I kva grad dette er årsaka til død blant norske brannmenn eller sjøfolk er ikkje kjend.

Mengda luft blir lest av som trykk på eit manometer. Dette er utstyrt med ein sikkerheitsventil som skal ”plystre” når lufttrykket fell under ca. 60 bar. Det skal ikkje meir til enn motorstøy før ein kan risikere at ein ikkje høyrer sikkerheitsventilen. Forbruk av pusteluft kan vere avgjerande for kor lenge ein kan vere i ein innsats. I ekstreme situasjonar kan dette vere avgjerande for å berge liv. Dersom forbruk av pusteluft blir berekna feil kan dette resultere i at ein går tom for luft. Ein brann er ein sær pressa situasjon, det kan det tenkast at det går nokre minutt før det blir oppdaga at ein av røykdykkarane har falle om. Det kan òg tenkast at røykdykkarar kan slåast bevisstause under ein eksplosjonsarta brann. I ein slik situasjon vil kvart minutt med luft på pressluftflaska vere avgjerande for å berge liv.

Det nyttast i hovudsak to forskjellige typar pressluftflasker i forbindelse med maritim røykdykking. Flasker i stål og flasker i kompositt. Komposittflaskene veg om lag 60% mindre enn stålflaskene (Stensaas, J.P., 2002). Det kan då tenkast at vektforskjellen kan spele ei rolle for luftforbruket.

### **1.1 Problemstilling og hypotese.**

Denne oppgåva har som formål å samanlikne forbruket av luft ved bruk av stålflasker og komposittflasker saman med maritim røykdykkarkledning. Vår antaking er at forbruk av pusteluft vil vere størst ved bruk av stålflasker, då dei er betydeleg tyngre. Gjennom eit eksperiment vil dette testast. Temaet for oppgåva er:

*”Forbruk av pusteluft ved bruk av forskjellige pressluftflasker”*

Basert på temaet vart problemstillinga utvikla og lyder som følgjer:

*”Vil type pressluftflaske påverke forbruket av pusteluft?”*

Då vi valde å nytte eit eksperiment for å drøfte problemstillinga vart det utvikla ei nullhypotese ( $H_0$ ) og ei alternativ hypotese ( $H_1$ ). Målet er å forkaste nullhypotesen. Hypotesane er som følgjer:

$H_0$  : *Luftforbruket med pressluftflaske i stål og pressluftflaske i kompositt er det same.*

$H_1$  : *Luftforbruket med pressluftflaske i stål og pressluftflaske i kompositt er ikkje det same.*

Den matematiske framstillinga av hypotesane er som følgjer:

$$H_0: \frac{1}{N} \sum X = \frac{1}{N} \sum Y, \quad H_1: \frac{1}{N} \sum X \neq \frac{1}{N} \sum Y$$

*Der  $X$  er luftforbruk med stålflaske,  $Y$  er luftforbruk med komposittflaske og  $N$  er antal målingar.*

## **1.2 Oppgåvas avgrensingar**

Denne oppgåva tar berre utgangspunkt i flasker av stål og kompositt. Det finnst flasker i til dømes aluminium, men desse er ikkje ein del av denne studia.

Utstyret nytta i denne oppgåva er tileigna frå RESQ-Haugesund, Alf Lea & Co. Brannvern AS og Haugesund Brannvesen. Alt av pressluftflasker, bæremeiser, masker og ventilsett nytta er produsert av Dräger, og alt av utstyrsteknisk data er tileigna frå Dräger Safety Norge AS<sup>1</sup>. Det vart i den forbindelse oppretta kommunikasjon med Dräger. Denne studia vil ikkje kunne sei noko om utstyr frå andre produsentar dersom det er store ulikskapar på utstyret.

Det er i denne oppgåva antatt at komprimert luft oppfører seg som ein idealgass opptil eit trykk på 200 bar.

Denne studia vil ikkje sei noko om luftforbruket til kvinner. Resultata i oppgåva er basert på utvalet. Utvalet kan seiast å ikkje vere representativt for heile populasjonen, maritime røykdykkarar. Dette grunna at utvalet har ein ung snittalder og består berre av menn. Størsteparten av dei uttalar at dei trenar to gongar i veka eller meir. Kva type trening er ikkje spesifisert. Vi vurderer utvalet som representativt for unge menn i røykdykkarrolle. Resultata

---

<sup>1</sup>Dräger anslår at deira marknadssdel er ca. 25% i maritim sektor og marknadssdelen for alle segment er om lag 50%.

kan berre direkte overførast til unge menn i røykdykkarrolle. I kva grad resultata kan overførast til heile populasjonen kan drøftast.

Oppgåva nyttar luftforbruk som einaste respirasjonsvariabel. Informasjon som oksygenopptak ( $VO_2$ ) og lungevolum er data som er av relevans for ei oppgåve som denne. Dersom ein målar  $VO_2$  vil ein kunne berekne luftforbruk samstundes som ein kan sei meir om intensitetsnivået til deltakarane. Det blir lettare å sei noko om kor hardt dei har vore pressa. Då målt  $VO_2$  kan samanliknast med maksimal  $VO_2$ .

Ustyret som trengs for å foreta ein respirasjonsanalyse for måling av  $VO_2$  og spirometri-test for å måle lungevolum ligg utanfor dei økonomiske rammene for denne oppgåva. Dette vart òg vurdert som for omfattande. Dersom ein skulle ha målt desse verdiane måtte eksperimentet ha blitt gjennomført i eit testlaboratorium.

### **1.3 Oppgåvas Struktur.**

Oppgåva er strukturert med det formål å skape ei oversikt over problemstilling og argumentasjon for hypotesetesting. Kapittel 2 visar til røykdykking om bord på skip i dag samt utstyret som nyttast. Teori blir presentert i kapittel 3, då som sikkerheitsteori og tidlegare forskning. Kapittel 4 visar metodane som er nytta samt utviklinga av eksperimentet. Resultata blir framstilt i kapittel 5 som tabellar og grafar, saman med den statistiske tydinga av resultata. Teorien frå kapittel 3 og resultata i kapittel 5 blir drøfta i kapittel 6. I kapittel 7 trekk vi konklusjonen basert på resultata i kapittel 5 og drøftinga i kapittel 6. Anbefaling til vidare forskning gis i kapittel 8.

## 2 Røykdykking

Røykdykkarrolla er ofte stillingsbestemt om bord på skip i dag. Det nyttast normalt minimumsbemanning der mannskapet innehar fleire roller. Difor er røykdykkarrolla ofte bemanna av matrosar, kadettar og maskinistar. Fokuset for maritime røykdykkarar er primært på førebyggjande tiltak om bord og førstehandsinnsats ved brann og hendingar. (Direktoratet for samfunnssikkerheit og beredskap, 2011).

Maritime røykdykkarar må vere fylt 18 år og må ha bestått grunnleggjande sikkerheitskurs for sjøfolk, tidlegare kjend som IMO60. I tillegg til dette må alle skip gjennomføre minst ei brannøving ein gong i månaden (ein gong per tur)(IMO, 2015). Grunnleggjande sikkerheitskurs for sjøfolk inneber generell sikkerheitsteori og praksis, der røykdykking berre er ein del av pensumet. (Forskrift om kvalifikasjonar mv. for sjøfolk, 2012)

Det er satt strenge krav til utstyret nytta i røykdykking, krava til maritim røykdykking blir gitt av SOLAS og er dei same krava som ein finn i standarden EN 469. Kledinga består av underkledning, ofte arbeidskjeledress. Over underkledinga er følgjande utstyr nytta: Støvlar, hals eller finnlandshette, hanskar, hjelm, bukse og jakke eller heildrakt, bæremeis, pressluftflaske og andedrettsvern beståande av maske og tilhøyrande ventilsett. EN 469 seier mellom anna at alt utstyret nytta skal tåle ein temperatur på 180-190 grader i fem minutt utan å smelte. Kleda skal i tillegg forhindre fuktransport, då fuktigheit leiår varme og dersom røykdykkaren blir fuktig kan det oppstå varmegjennomslag som kan føre til brannskadar og hypertermi (heteslag) (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2005).

Som nemnt innleiingsvis er det hovudsakleg to typar pressluftflasker som blir nytta om bord på skip i dag, stålflasker og komposittflasker. Storleiken på flaskene varierer etter produsent og modelltype, men ligg normalt rundt 6,8 og 6,9 liter og har eit trykk på 300 bar. Dette tilsvarande ca. 1850 liter luft som har ei vegleiande forbrukstid på ca. 30 minutt(Dräger, 2013, side 1). Stålflaskene består som namnet tilseier av stål og har ei vekt på ca. 10 kg avhengig av modelltype. Levetida til stålflasker avhenger av kvaliteten på stålet og mengda slitasje. Produsenten Dräger har fått inn stålflasker nytta under andre verdskrig som framleis er brukande.

Komposittflaskene er produsert i eit kombinasjonsmateriale og har normalt ei vekt på ca. 4-5kg avhengig av modelltype. Eit kombinasjonsmateriale nyttar eigenskapane til fleire material for å utnytte dei beste eigenskapane til materiala. Komposittflaskene består normalt av ei

aluminiumskolbe dekket med karbonfiber, glasfiber og epoxy (kunstharpsiks).

Komposittflaskene får styrke si frå karbonfiberen og slitestyrke frå laga av glasfiber og epoxy. Resultatet blir ei pressluftflaske som er ca. 60% lettare enn stål, men beheld dei same styrkeegenskapane. Denne prosessen er tidkrevjande og påkostande. Materiala nytta er kvalitetsmateriale, til dømes er karbonfiberen nytta i flaskene den same karbonfiberen som er nytta i akslingane på formel-1-bilar. (MechanicalTV27, 2013). Komposittflaskene si levetid avhenger av mengda karbonfiber, og prisen på flaskene vil variere med levetidsgarantien. Til dømes kjøper brannvesenet i utgangspunktet komposittflasker med ei levetid på 20 år, men det hender dei kjøper flasker med levetid på 30 år<sup>2</sup>, prisen er då 8% høgare<sup>3</sup>

For å innhente informasjon om utstyret nytta om bord på skip i dag vart Dräger Safety Norge AS kontakta. På spørsmål om kva utstyr som blir nytta om bord på skip i dag uttala Dräger at dei sel mest stålflasker til skip. Årsaka til dette meiner dei er pris<sup>4</sup>. Ei pressluftflaske i kompositt kostar 110% meir enn ei flaske i stål<sup>5</sup>. Når eit skip skal byggast er sikkerheitsutstyret ein del av anbodet verfta kjem med. For å få eit lågast mogleg anbod blir sikkerheitsutstyret ofte det billigaste utstyret som tilfredsstillar SOLAS-krava. Ein annan årsak til at stålflasker blir nytta i større grad kan vere levetida.

---

<sup>2</sup> Leif Rune Vad, Brannsjef ved Stord Brannvesen. Telefonsamtale 29.04.2015

<sup>3</sup> Ole Harald Heggen, Produktsjef ved Dräger Safety Norge As. Telefonsamtale 27.03.2015

<sup>4</sup> Ole Harald Heggen, Produktsjef ved Dräger Safety Norge As. Telefonsamtale 07.11.2014

<sup>5</sup> Ole Harald Heggen, Produktsjef ved Dräger Safety Norge As. Telefonsamtale 27.03.2015



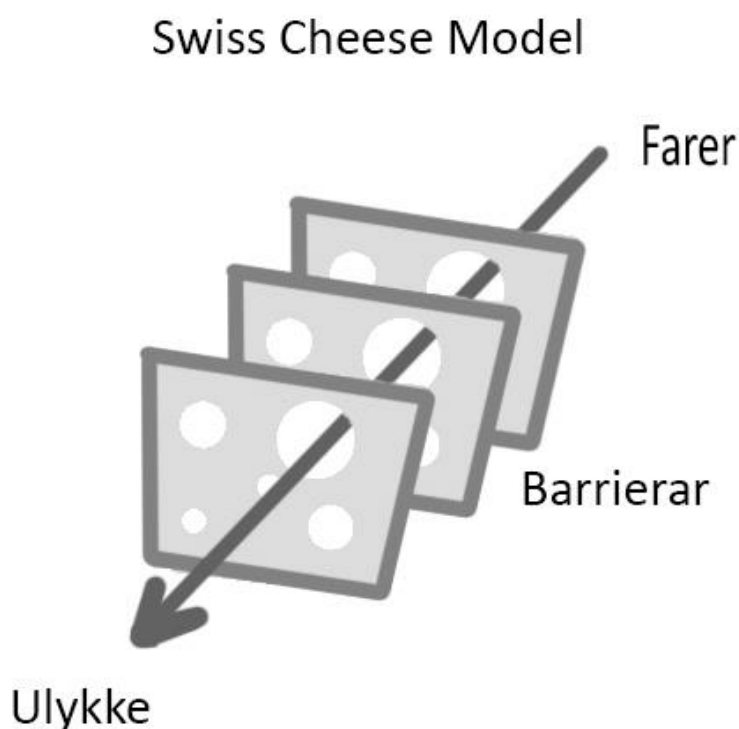
## 3 Teori

Her presenterast sikkerheitsteori og tidlegare forskning.

### 3.1 Sikkerheitsteori

Røykdykking om bord på skip i dag fungerer som ei barriere. Barrierar kan definerast som eit fysisk eller ikkje-fysisk middel som har som føremål å førebyggje, kontrollere eller redusere ei uønskt hending eller ulykke. Denne definisjonen er basert på ei rekke andre definisjonar nytta av andre sikkerheitsteoretikarar og sumerar dei i ein definisjon (Sklet, 2006b).

*Figur 1, Swiss Cheese Model (Etter Reason, 1997)*



Ein av dei mest kjende illustrasjonane på barrierar og deira funksjon er James Reasons Swiss Cheese Model som vist i figur 1. Denne illustrerer korleis alle barrierar har svakheiter, representert med hola i figur 1, og dei bør ligge lag på lag for å kunne beskytte mot eit ulykke. Orienteringa av laga vil vere avhengig av situasjonen. Feil situasjon vil kunne gjere det slik at alle hola, svakheitene i barrierane, ligg på rekke og ein fare vil kunne passere alle barrierane og skape ei uønskt hending eller ulykke. Til dømes:

*Eit røykdykkarlag er i innsats i maskinrommet om bord på eit skip. Ein av generatorane brenn. Røykdykkaren har friskluft som ei barriere som forhindrar innanding av skadelege*

*gassar. Mengda friskluft på pressluftflaska kan lesast av på eit manometer, manometeret er ei barriere som skal informere røykdykkaren om kor mykje luft han har att samt forhindre at han går tom for luft. På manometeret sit ein sikkerheitsventil som utløysast dersom trykket blir lågare enn 60bar. Denne ventilen lagar ein markant fløytelyd som skal alarmere røykdykkaren om at han er iferd med å gå tom for luft. Vi har no tre barrierar. Situasjonen kan gjere det sånn at alle svakheitene i desse barrierane kjem fram samstundes. Dersom forbruket av pusteluft blir feilberekna, kan ein risikere at røykdykkaren går tom for luft. Om han i tillegg aktivt må nedkjempe brann kan det tenkast at han ikkje har kapasitet til å overvake manometeret. Dersom hovudmotorane i maskinrommet er i drift er det mogleg at sikkerheitsventilen ikkje blir høyr.*

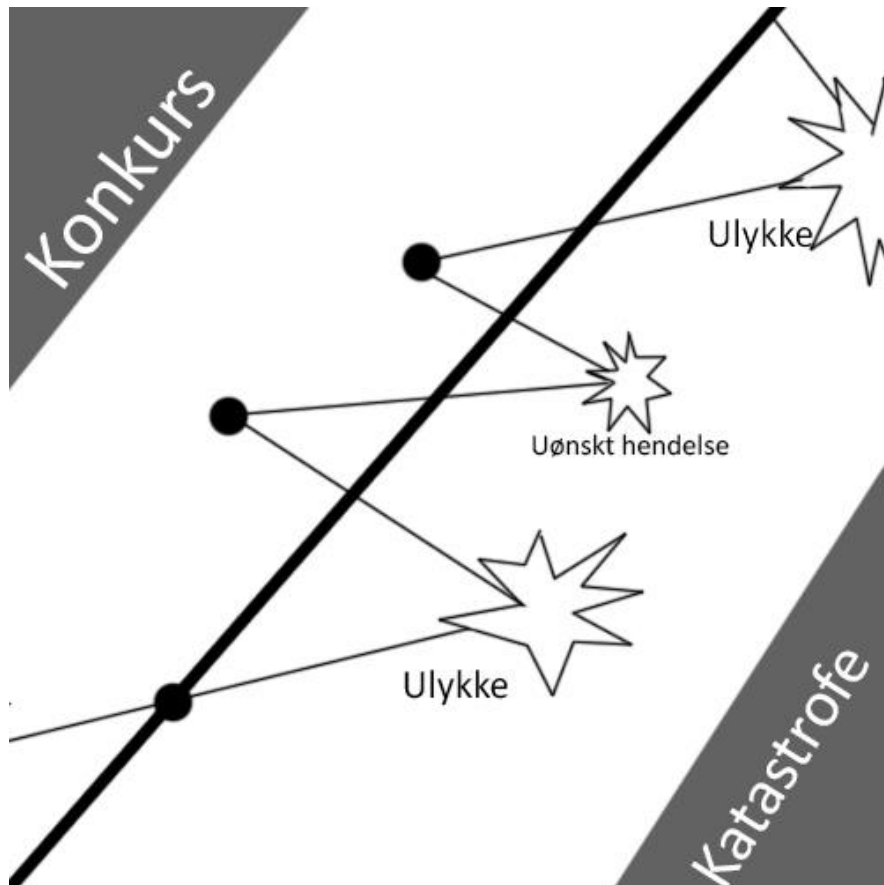
Feilberekning, brannedkjemping og motorstøy gjer at svakheitene, hola illustrert i figur1, kjem på rekke og ein fare bryt gjennom. Ved hjelp av redundans minskar ein sannsynet for at alle barrierane blir brotne. God redundans får vi ved å skape fleire barrierelag og sjansen for at hola kjem på rekke blir mindre. Hola i barrierane består av det Reason kallar aktive feil og latente kondisjonar. Aktive feil vil vere menneskelege feil, medan latente kondisjonar kan vere feilproduksjonar eller organisatoriske forhold som gjer at barrierar ikkje fungerer optimalt. Dette kan til dømes vere mangelfull trening eller dårleg utvikla prosedyrar. (Reason, 1997)

Røykdykking kan vere det Reason kallar ei aktiv barriere, då det er eit aktivt tiltak for å slukke brann eller søke etter sakna i røykfylde rom. Ei passiv barriere i denne samanhengen kan vere ein røykvarslar. Denne gjer ingenting sjølv for å hindre ein situasjon i å utvikle seg, men den kan oppdage farar og aktivere barrierane i neste lag. Reason omtalar og barrierar som avgrensande og forhindrande (engelsk Protective and Preventative). Røykdykking kan òg gå inn som både ei avgrensande og ei forhindrande barriere. I utgangspunktet kan røykdykking seiast å vere ei forhindrande barriere, då den skal stoppe eit branntilløp eller nedkjempe brann. Det kan òg seiast å vere ei avgrensande barriere dersom brannen er av eit omfang som ikkje lar seg stoppe. Då vil røykdykkarane måtte halde brannen i sjakk. Eit eksempel på dette er brannen om bord på Britannia Seaways, der brannmannskapane om bord ikkje klarte å slukke brannen på dekk, men hindre den i å utvikle seg.

Erik Hollnagel klassifiserer barrierar inn i fire klassar: Materielle, funksjonsdyktige, symbolske og immaterielle barrierar. Kleda og utstyret nytta i røykdykking går inn som materielle og funksjonsdyktige barrierar. Manometeret som visar trykket på pressluftflaska

med pusteluft er ei symbolsk barriere. Saman med sikkerheitsventilen fortel dei brukaren av utstyret når det er lite luft att på flaska. Treninga og opplæringa til røykdykkaren vil vere ei immateriell barriere, på bakgrunn av opplæring og trening tar røykdykkaren slutningar og vurderingar som kan vere livsviktige. (Hollnagel, 2004)

Normalt vil ein organisasjon ha eit fokus som svingar mellom produksjon og proteksjon. James Reason skriv om dette forholdet og korleis det kontinuerleg kan svinge.



Figur 2, Forholdet mellom produksjon og proteksjon (Etter Reason, 1997).

Ein organisasjon vil kanskje starte med å ha fokus på sikkerheit, men etter kvart som tida går vil fokuset drifte i retning produksjon, og vil fortsette i denne retninga inntil ei ulykke eller uønskt hending inntreffer. Då vil fokuset gå tilbake på proteksjon. Figur 2 visar korleis ei tenkt bedrift vil vandre mellom eit fokus på gevinst og beskyttelse. Ovanfor midtstreken er fokuset på proteksjon, medan under midtstreken er på fokuset på produksjon, med største konsekvens katastrofe.

### **3.2 Tidlegare forskning**

Då arbeidet med denne oppgåva vart starta var noko av det første arbeidet litteratursøk i databasane til biblioteket på Høgskulen Stord/Haugesund. Søkeord som *firefighting*, *breathing apparatus*, *SCBA*, *Composite cylinder*, *respiration*, *equipment weight* og *treadmill test* vart nytta. Databasane som vart nytta var mellom anna Academic Search Premier, CHOIL, Fire Research Engine og FireInf.

Desse søka gav ingen treff av tydelig relevans. Det vart funne nokre amerikanske studiar som tar for seg vekta av utstyr og andedrettskarakteristikkar, men var ikkje tilgjengelege gjennom skulebibliotektes artikkeldatabasar. Desse nytta heller ikkje tredemølle i sine testar. I eit siste forsøk på å oppdrive informasjon om tidlegare forskning vart ein student ved høgskulen i Bergen, HiB, kontakta med førespørjing om å søke med same søkeord i deira databasar. Dette gav to treff av relevans. Den første artikkelen, tar føre seg forholdet mellom oksygenopptak,  $VO_2$ , og vekta på støvlane til røykdykkarar. (Chiou, Spahr, Turner, Weaver & Zweiner, 2010)

Den andre artikkelen samanliknar to forskjellige bæremeisar med forskjellig vekt, og ser på andedrettskarakteristikkar som pustefrekvens og oksygenopptak. ved bruk av dei to meisane (Bakri, Lee, Nakao, Tochiara & Wakabayashi, 2012).

Studia som tar for seg vekta av støvlar, hadde eit utval som bestod av 25 menn og 25 kvinner. 100% av menn og 88% av kvinnene var profesjonelle brannmenn. Snittalderen var 31,1 år for menn og 31,6 år for kvinnene. Deltakarane gjennomførte ein tredemølletest fire gongar og ein ergometertrapp-test fire gongar. I kvar av dei fire forsøka på kvar test, vart det nytta ulike støvlar. Tredemølletesten involverte seks minutt gange med full røykdykkarkledning i ein hastigheit på 4,8 km/t, der vekta av pusteluftflaskene vart simulert med ein sekk på 10,5 kg. Ergometertrapp-testen bestod av seks minutt gange med ein stegfrekvens på 45 steg i minuttet. Testane var konstruert for å oppnå ein intensitet på 60-85% av berekna maksimalpuls. Studien konkluderte med at resultatet var liknande det som tidlegare forskning tilsa, at dei respiratoriske variablane auka med 8-12% per ekstra kg støvelvekt. Med respiratoriske variablar meinast oksygenopptak,  $CO_2$ -utanding, mengde forbruk av luft, største innandingsstraum og største utandingsstraum. Den gjennomsnittlege aukinga i luftforbruk er den verdien som er av størst interesse for vår studie. I snitt nytta mennene i studia 9,2% meir luft per ekstra kg støvelvekt (Chiou, et al., 2010).

Studia som omhandla to forskjellige typar bæremeisar nytta eit utval beståande av åtte mannlege studentar. Maksimalt oksygenopptak for deltakarane vart målt i forkant av

eksperimentet. Deltakarane gjekk på tredemølle i klimakammer der temperatur og luftfuktigheit vart manipulert. Eksperimentet bestod av åtte tredemølletestar der fire kombinasjonar av utstyr vart nytta. (1) Berre røykdykkarkledning. (2) Røykdykkarklede, ordinær bæremeis og pusteluftapparat med vekt på 11kg. (3) Røykdykkarklede, ordinær bæremeis og pusteluftapparat med vekt på 6,4kg. (4) Røykdykkarklede, ny type bæremeis og pusteluftapparat med vekt på 6,4kg. Deltakarane vart testa med alle fire kombinasjonane i både normale temperaturar (22°C) og i varmt klima (32°C). Studia konkluderer med at det tyngste utstyret hadde ein signifikant effekt på VO<sub>2</sub>. I tillegg til dette konkluderte dei med at den nye typen bæremeis, saman med lettare utstyr, gav eit signifikant lågare VO<sub>2</sub> enn tungt utstyr ved test i varmt klima (Bakri, et al.,2012).

## 4 Metode

I dette kapittelet blir metodane nytta i oppgåva presentert.

### 4.1 Eksperimentell Metode

For å kunne finne ein talfesta forskjell på luftforbruk med ståflasker og komposittflasker vart det utvikla eit eksperiment. Eksperimentell metode inngår i kvantitativ metode då eit eksperiment har som mål å finne ein talfesta verdi som kan illustrere eit observert fenomen.

Eksperimentet er gjennomført ved hjelp av det som kallast Hypotetisk-deduktiv metode. Dette er ein av dei mest nytta metodane for hypoteseutvikling. Hypotetisk-deduktiv metode tar utgangspunkt i ein erkjent teori og i at delar av denne teorien (eller teorien som heilheit) ikkje lenger er gjeldande. Ei hypotese blir formulert, denne skal motbevisare tidlegare teori. Ved hjelp av observasjonar, empirisk testing, motbevisast denne teorien. Normalt blir ikkje denne prosessen så rettlinja som formulert her. Det utviklast ei rekke hypotesar før ein finn ei som motbevisar tidlegare teori, eller som lukar ut feil frå tidlegare teori. (Fjelland, 1999)

Vitskapsteoretikar og filosof Karl Popper meiner at hypotetisk deduktiv metode er ein metode for å luke ut feil i hypotesar, og at eit resultat basert på observasjonar aldri vil kunne bevise noko, berre motbevisare det.

*«...Uansett kor mange tilfelle av kvite svanar vi kan ha observert, kan det ikkje grunne den konklusjon at alle svanar er kvite (Popper 1972a, s27).»*

Det er slik Popper meiner vitskapen utviklar seg. Teoriar utviklast, for så å gjennomgå strenge testar der feil i teorien blir luka ut. Popper meiner at falsifisering alltid vil stå sterkare enn verifisering. Dette er også ein av svakheitene med Hypotetisk-deduktiv metode, den vil ikkje kunne bekrefte ein hypotese, men den vil kunne styrke den. Karl Popper meiner at det er gjennom falsifikasjon at vi nærmar oss sanninga. (Fjelland, 1999).

### 4.2 Eksperimentet

#### 4.2.1 Utvikling av eksperimentet

For å kunne måle ein forskjell i luftforbruk med pressluftflasker i stål og kompositt vart eit eksperiment utvikla. Under utviklinga av eksperimentet var det nokre haldepunkt som var av særleg viktighet.

- (1) Eksperimentet skulle vere så enkelt som mogleg.
- (2) Eksperimentet skulle kunne gjentakast.
- (3) Forholda skulle kunne haldast så like som mogleg.

Desse tre punkta omhandlar det som kallast reliabilitet og validitet. Dersom studia er reliabel kan det sei at dersom ein gjennomfører same eksperiment igjen vil resultatet bli likt eller liknande (Langdridge, 2011). Validitet er i kva grad målemetoden faktisk målar det som er ønska å måle. I denne oppgåva er det forskjell i luftforbruk som målast.

Basert på desse tre punkta vart valet om å gjennomføre eksperimentet som ein tredemølltest tatt. Ved å nytte ei tredemølle ville ein kunne kontrollere variablar som hastigheit, stigning og tid. Planen vart då å konstruere eit eksperiment der alle deltakarane gjekk to gongar på tredemølle, ein gong med flasker i stål og ein gong med flasker i kompositt. Mengde luft på flaskene før og etter skulle lesast av og differansen reknast om til forbruk av pusteluft.

Eksperimentet tar utgangspunkt i ein test utvikla av Oslo Brann- og Redningsetat. Direktoratet for samfunnssikkerheit og beredskap anbefaler at alle røykdykkarar bør klare å gjennomføre denne testen. Testen består av åtte minutt gange med konstant hastigheit på tredemølle der stigninga aukar gradvis gjennom testen. Her er eit utdrag frå *Veiledning om Helseundersøkelse og fysiske tester for røyk- og kjemikaliedykkere* som inneheld testen utvikla av Oslo Brann- og Redningsetat.

- Testpersonen skal gå på tredemøllen i romtemperatur (16-24 °C), utan å halde seg i rekkverket, og bandet skal ha konstant hastighet på 5,6 km/t (10,4 min/km).
- Testen tar åtte minutt.
- Frå 0 til 1 minutt skal bandet ha ein vinkel på 2,5 grader frå vater (ca. 4% stigning)
- Frå 1 til 2 minutt skal bandet ha ein vinkel på 4,0 grader frå vater (ca. 7% stigning)
- Frå 2 til 8 minutt skal bandet ha ein vinkel på 7,0 grader frå vater (ca. 12% stigning)
- Testpersonene må klare å gå på bandet i alle de åtte minutta for å passere testen.

I tillegg til dette er det spesifisert at vekt av utstyret nytta skal vere 23kg. Grunna at det er vektforskjell som er avgjerande variabel i eksperimentet er dette endra. Deltakarane vart kledd opp i fullt røykdykkarutstyr; flammehemmande jakke og bukse, bæremeis med digitalt manometer, trykkluftflaske i anten stål eller kompositt, lungeventil og maske. Total vekt av utstyr med flaske i stål vart vega til 20.6kg, og total vekt for utstyr med flaske i kompositt vart vega til 15.6kg. Det vart ikkje nytta hjelm og støvlar.

I ei flaske på 6.9 liter med eit trykk på 300 bar vil det teoretisk sett vere 1854 liter luft, vekta av denne lufta er ca 2kg. Ved bruk av halvfulle flasker blei eit kg festa på beremeiselen for å kompensere for vektforskjell for full og halvfull flaske.

#### **4.2.2 Utvalet**

Totalt vart 31 mannlege deltakarar rekruttert til å delta i eksperimentet. Deltakarane vart rekruttert direkte ved å stille opp i undervisningsrom og informere om eksperimentet. I tillegg vart det informert på sosiale medium at det behøvst deltakarar til eit eksperiment som involverte røykdykkarklede og åtte minutt gange på tredemølle. Deltakarane i eksperimentet er studentar ved HSH avdeling Haugesund. Med unntak av to deltakarar er samtlege henta frå nautikkstudiet. Ideelt skal ein nytte det som kallast eit tilfeldig utval. I eit tilfeldig utval blir utvalet plukka tilfeldig frå populasjonen, alle har like stor sjanse for å bli trekt. Skulle dette vore gjennomført måtte vi ha hatt ei oversikt over samtlege sjøfolk med røykdykkarrolle, i tillegg måtte alle vere villige til å stille. Det er derfor nytta det som kallast eit ”bekvemmelighetsutvalg”(Langdridge, 2011). Utvalet består av dei som har moglegheit og vilje til å delta. Ein deltakar vart diskriminert frå studia. Under rekruttering var det berre ei kvinne som var villig til å delta. Då 31 av deltakarane rekruttert var menn, vart deltakar nummer 32 diskriminert frå studia grunna kjønn. Det hadde heilt klart vore ønskeleg å teste kvinner i same test, men då det berre melde seg ei til å delta vart vedkommande diskriminert.

Før gjennomføring av eksperimentet signerte deltakarane samtykkeskjema og fylte ut spørjeskjema (sjå vedlegg 1 & 2). Formålet med spørjeskjema var å samle inn data om utvalet med omsyn på to typar opplysingar. Opplysningar som kan sei noko om kor representativt utvalet er som til dømes høgde, vekt og alder. Samt opplysningar som kan avdekke påverkande variablar som til dømes røykevanar, treningsvanar og dykkarerfaring. Ingen av desse verdiane diskriminerer nokon frå å delta. Den einaste posten på spørjeskjemaet som kunne diskriminera nokon frå å delta var posten om alkoholkonsum dei siste 48 timane. Dette då alkoholkonsum vart vurdert som ein sterkt påverkande variabel. I tillegg til å vere den



einaste diskriminerande posten, var dette og den einaste informasjonen som vart henta inn ved både første og andre gjennomgang av eksperimentet.

### **4.2.3 Roller**

For å kunne gjennomføre eksperimentet vart det utvikla fire roller som måtte fyllast under gjennomføringa. Teknisk ansvarleg, instruktør, observatør og eksperimentleiar. Teknisk ansvarleg skifta flasker, kledde opp deltakarane og sytte for at riktig flaske vart nytta.

Instruktøren informerte om sjølve tredemølletesten, styrte tredemølla og tok tida.

Observatøren noterte ned luftforbruket og eksperimentleiar hadde oversikta over heile eksperimentet. Eksperimentleiar behandla spørjeskjema og samtykkeskjema. Det var berre eksperimentleiar og teknisk ansvarleg som kjende til kva type flaske som vart nytta av kvar enkelt. Flaskene vart kunn handsamma av teknisk ansvarleg då vektforskjellen relativt enkelt kan kjennast ved gjentatt handsaming av flaskene.

### **4.2.4 Blindtest**

Det er mykje som kan påverke både eit eksperiment og deltakarane i eit eksperiment. Det faktum at ein veit at ein deltar i eit eksperiment kan påverke resultatet. Dette er kjend som Hawthorne-effekten. Enkelte meiner òg at deltakarar i eksperiment yt meir når dei veit at dei blir observert. (Draper, 2014). Det kan òg tenkast at enkelte kunne ha eit ønske om å påverke resultatet i anten positiv eller negativ retning. Leiarane av eit eksperiment kan påverke deltakarane anten bevisst eller ubevisst. For å fjerne slike faktorar blir dei fleste studiar gjennomført som ein såkalla blindtest, som regel ein dobbel blindtest. Dette betyr at verken deltakar eller observatør veit om deltakaren er utsatt for manipulasjon eller ikkje. I denne oppgåva betyr det at verken observatør, instruktør eller deltakar veit om det er nyttar stål eller kompositt. For at flaskene ikkje skulle kunne identifiserast av deltakarar eller observatør vart alle flaskene blinda med overtrekk i tøy. Kva flaske deltakarane gjekk med under første test vart tilfeldig fordelt.

### **4.2.5 Gjennomføring av eksperimentet.**

Eksperimentet vart gjennomført i treningsrommet på Høgskulen Stord/Haugesund, avdeling Haugesund, med tillating frå HSI som dagleg driftar treningsrommet. Alle deltakarane i utvalet gjekk på same tredemølle for å hindre at forskjellar på utstyret kunne bli ein påverkande faktor.

Eksperimentet vart gjennomført i tidsrommet 18.februar 2015 til 12.mars. Deltakarane møtte opp på treningsrommet, fekk tildelt deltakarnummer, fylte ut spørjeskjema og vart kledd opp i røykdykkarklede. Dei vart så informerte om at testen tok åtte minutt og at stigninga starta på 4% for så å auke til 7% etter det første minuttet og deretter til 12% etter det andre minuttet. Målingane vart føretatt med eit Dräger Bodyguard II digitalt manometer montert på pressluftflaskene. Trykk ved start og slutt av test vart lest av og notert.

Trykket på ei full pressluftflaske er 300 bar. Luft med trykk opptil 200 bar blir sett på som ein idealgass. Dette vil sei at masse og trykk er proporsjonalt. Aukar massen luft så aukar trykket i lik grad. Dersom ein nyttar ei pressluftflaske med 200 bar som friskluftsapparat vil lufta som pustast inn følgje det som kallast idealekspansjon. I ei flaske med eit volum på sju liter vil 1 bar utgjere sju liter pusteluft. Dette er ikkje tilfellet for lufttrykk over 200bar.

Trykkauka ved fylling av flaskene frå 200 til 300 bar utgjere eit lågare volum enn trykkauka frå 0 til 100 bar eller frå 100 til 200 bar. Kvar 1 bar trykkauke over 200 bar vil utgjere gradvis mindre luft. Mengda luft som utgjere trykkendinga frå 200 til 300 bar består av 10% mindre luft enn det som trengs for å auke trykket frå 100 til 200 bar. Då trykkauka frå 200 til 300 bar utgjere mindre luft er dette ikkje idealekspansjon, men realekspansjon. Realekspansjonen bereknast som trykkending delt på kompresjonsfaktor. Der kompresjonsfaktor hentast ut av tabell for lufttrykk.

Forbruket blir i desse tilfella rekna ut som to reknestykke. Realekspansjonen + idealekspansjonen. Døme:

*Deltakar nr.X starta testen med 300 bar. Etter fullført test var det lest av eit trykk på 187 bar. Frå 300 til 200 bar har ikkje lufta ekspandert som ein idealgass. Frå 200 til 187bar har lufta ekspandert som ein idealgass. Gjennomsnittleg kompresjonsfaktor frå 200 til 300 bar blir*

$$\bar{z} = \frac{z_{300} + z_{200}}{2} = \frac{1,1074 + 1,000}{2} = 1,037. \text{ Realekspansjonen frå 300 til 200 bar utgjere eit forbruk}$$

*tilsvarande,*  $\frac{100 \text{ bar}}{1,074} = 93\text{bar}$  *og idealekspansjonen frå 200 til 187bar, utgjere 13bar. Totalt luftforbruk blir*  $93 + 13 = 106 \text{ bar}$ *. Omrekna i liter er dette 721 liter luft dersom ei flaske på 6,8liter er nytta.*

Forskjellen ved å berekne kompresjonsfaktor framfor å anta at luft oppfører seg som ein idealgass opp til 300 bar trykk er relativt liten, i eksempelet over er det 7 bar. Då ikkje alle deltakarane startar eksperimentet med likt flasketrykk vart det vurdert nødvendig å gjennomføre desse berekningane for å få ein nøyaktig verdi.

Her blir gjennomgangen av eksperimentet lista opp punktvis. N representerer talet på deltakarar.

1. Utvalet rekrutterast. (N=31)
2. Data samlast inn om høgde, vekt, alder, røykevanar, treningsvanar og dykkarerfaring.
3. Første gjennomgang av eksperiment, tilfeldig tildeling av flasketype.
 

- Kompositt (N=16)	- Stål (N=15)
- Åtte minutt på tredemølle.	- Åtte minutt på tredemølle
4. Luftforbruket lesast av og registrerast oppimot deltakarnummer saman med kva type flaske som blir nytta
5. Restitusjonsperiode på to veker.
6. Andre gjennomgang av eksperiment, dei som gjekk med kompositt tildelast no stål og motsett. Fem tilfeldige av dei som fullførte første test blir tildelt likt utstyr.
 

- Kompositt (N=15)	- Stål (N=16)
- Åtte minutt på tredemølle	- Åtte minutt på tredemølle
7. Luftforbruket lesast av og registrerast oppimot deltakarnummer.  
 Deltakarar som fullførde testen med begge flasketypane (N=19)  
 Deltakarar som gjekk med likt utstyr begge testane (N=5)  
 Deltakarar som ikkje fullførde testen, eller ikkje møtte til andre test (N=7)

### **4.3 Statistisk analyse**

Målet for den statistiske analysen som utførast i denne oppgåva er å berekne sannsynet for at det er ein forskjell i luftforbruk ved bruk av stålflaske og komposittflaske. Forskjellen må finnast å vere signifikant. I statistikken nyttast signifikans som eit omgrep for ein forskjell som ikkje skuldast tilfeldigheter.

Når ein hypotese skal testast, nyttast det eit signifikansnivå, alfa (heretter  $\alpha$ ). Storleiken på  $\alpha$  seier noko om nøyaktigheit og kor stort sannsyn for feil som er akseptert. Dette er ein verdi som ein sjølv bestemmer. Det er normalt å nytte  $\alpha$  som ligg mellom 0.10 og 0.01. Ein  $\alpha$  på 0.10 seier at det er akseptert at det er 10% sannsyn for feil. Med feil meinast det type I- og type II-feil. Type I-feil er at ein avvisar nullhypotesen sjølv om den faktisk stemmer. Ein type II-feil er når ein avvisar den alternative hypotesen sjølv om den stemmer. (Langdridge, 2011).

Det er i denne oppgåva nytta ein  $\alpha$  på 0.05. Dette vil då sei at resultatata er vist med 95% sikkerheit. Det er då akseptert at éin av 20 testar vil gi feil resultat. Berekna sannsyn for signifikans samanliknast med  $\alpha$ . Berekna verdi frå signifikanstest må vere lågare enn  $\alpha$  (Langdridge, 2011).

I denne oppgåva vart heile utvalet utsatt for manipulasjon, med unntak av fem som utgjorde ei kontrollgruppe. Målingane vart gjennomført to gongar, før og etter manipulasjon, der manipulasjonen er endring av pressluftflaske. For å finne signifikant forskjell på luftforbruk med stålf flaske og komposittflaske vart det nytta ein t-test.

T-testar samanliknar gjennomsnittsverdi for å kunne sei om det er ein signifikant forskjell. I dette eksperimentet blir det nytta ein para t-test (*Paired t-test*) som nyttar differansen mellom to datasett og fortel om det er ein signifikant forskjell. Para t-testar nyttast når ein testar same utval to gongar, eller dersom to grupper er sær s like.

Ved bruk av t-test bereknast ein t-verdi som nyttast som inngangsverdi i *student t-test tabell*. I tabellen lesast p-verdien ut. Denne illustrerer sannsynet for at variasjonane i målingane er tilfeldige. Er p-verdien lågare enn signifikansnivået, altså sannsynet for tilfeldige feil er mindre enn grensa satt, kan det seiast at det er ein signifikant forskjell.

Eit av krava for å kunne gjennomføre ein t-test er at dataa er normalfordelte. Normalfordeling vil sei at sannsynet for at nokon skårar til dømes 10% høgare enn gjennomsnittet, er lik sannsynet for at nokon skårar 10% lågare. I eit perfekt normalfordelt datasett vil 95,44% av målingane ligge innanfor gjennomsnittet plussminus to standardavvik.

For å få ein indikasjon på at eit datasett er normalfordelt kan ein foreta grafisk kontroll, med eit såkalla Q-Q plott der ein ser avviket frå ei normalfordelingslinje. Berekning av z-skåre vil og vere ein indikasjon på at nytta verdiar kan vere normalfordelte. Berekning av z-skåre gjerast ved å nytte kurtose og skeivheit. Dette er verdiar som beskriv monotoniegeinskapane til målingane, altså korleis dei er fordelte. Dersom ein framstiller målingane som ein graf med omsyn på frekvens, vil kurtose sei noko om kor spiss grafen er. Medan skeivheita vil sei noko om kor skeiv grafen er. Ved å finne forholdet mellom desse verdiane og tilhøyrande standardfeil-verdi vil ein kunne berekne z-skåre. Denne vil for normalfordelte datasett ligge imellom verdiane: [-1,96 og 1,96]. (Langdridge, 2011).

I tillegg til grafisk kontroll og z-skåre kan ein òg berekne seg fram til signifikant likskap mellom datasett og normalfordeling med normalitetstestar. Det finnast ei rekke slike

normalitetstestar, og det er anbefalt at ein nyttar minst to forskjellige testar når ein kontrollerer for normalitet. Dette grunna at små utval kan slå ut som falsk-positiv eller falsk-negativ (Langdridge, 2011). Shapiro-Wilk og Anderson-Darling er rekna som er dei mest pålitelege testane. Begge tar utgangspunkt i ein nullhypotese,  $H_0 = \text{Ingen forskjell på testa data og normalfordelingsfunksjon}$ . Testane er oppbygga på ulike måtar og nyttar forskjellige typar berekningar for å sei om eit datasett er normalfordelt eller ikkje. (Razali & Wah, 2011)

### **Shapiro-Wilk**

Denne testen samanliknar nytta datasett med ein normalfordelingsfunksjon. Resultatet den gir består av to talverdiar,  $W$  og  $p$ . Der  $W$  er eit forholdstal som seier noko om kor nært nytta datasett ligg normalfordelingsfunksjonen, og  $p$ -verdien viser sannsynet for signifikans. På bakgrunn av desse to verdiane kan ein sei at det er sannsyn for at nytta datasett er normalfordelt når  $W$ -verdien ligg nært 1.0 og når  $p$ -verdien er høgare enn den  $\alpha$ -verdien vi har valt.

### **Anderson-Darling**

Denne testen samanliknar nytta datasett med ein normalfordelingsfunksjon. Resultatet den gir består av to talverdiar,  $A^2$  og  $p$ .  $A^2$ -verdien i seg sjølv gir lite informasjon om normalitet, men den nyttast for å berekne  $p$ -verdien. For å kunne sei at det er sannsyn for at testa datasett er normalfordelt må  $p$ -verdien vere høgare enn nytta  $\alpha$ -verdi.

For å berekne statistikken i denne oppgåva er statistikkprogramma IBM SPSS Statistics version 22 og Microsoft Excel For Mac 2011 nytta. Berekningar som konfidensintervall, t-test og Shapiro-Wilk er rekna i SPSS, Anderson-Darling-test er gjennomført i tilleggsprogramvare til Microsoft Excel. Med unntak av Shapiro-Wilk-testen er alle berekningane kontrollrekna for hand.

### **Effektstørrelse.**

*”Faren ved å bruke statistisk signifikans når vi evaluerer resultat er at signifikans ikkje fortel oss noko om signifikansen av resultatet –det vil sei størrelsen eller viktigheita av effekten. (...) signifikante resultat bør supplerast med eit mål for effektstørrelse.”* (Langdridge, 2011 s.168)

Effektstørrelse reknast ut ved å nytte gjennomsnittleg standardavvik for utvalet og differansen av målingane for begge gruppene. I vårt tilfelle vil dette bety at ein nyttar differansen av gjennomsnittleg forbruk med stål og gjennomsnittleg forbruk med kompositt. Desse verdiane

blir henta frå tabell 2. Denne effektstørrelsen blir kalla  $d$ , og dersom  $d$ -verdien ligg mellom 0,2 og 0,5 indikerer det liten effekt. Dersom den ligg mellom 0,5 og 0,8 indikerer det medium effekt, og dersom den er over 0,8 indikerer det stor effekt. (Langdridge, 2011)

### **Ei kort oppsummering:**

For å kunne forkaste  $H_0$ , *det er ingen forskjell på luftforbruk med stål og kompositt*, må differansen i forbruk med stål og kompositt vere normalfordelt. Dersom dei er normalfordelte kan ein nytte ein para  $t$ -test for å avgjere om det er ein signifikant forskjell. Resultata frå normalitetstestane må vere høgare enn 0,05 medan resultata frå  $t$ -testen må vere lågare enn 0,05. For å finne storleiken på forskjellen må ein berekne effektstørrelse.

## **4.4 Metodens Svakheiter**

Ved å nytte hypotesetesting vil ein aldri kunne bekrefte ei hypotese, men berre styrke den. Resultata frå eksperimentet og den statistiske analysen gjer oss eit sannsyn for at  $H_0$  ikkje er korrekt. På bakgrunn av at nullhypotesen kan forkastast konkluderer ein med at den alternative hypotesen er meir korrekt, då dei skal vere matematiske motsetningar.

Alle dei statistiske testane visar til eit sannsyn for at indikert resultat er rett. Sannsynet blir som nemnt samanlikna med  $\alpha$ . Det at ein sjølv vel talverdien for  $\alpha$  gjer at det alltid vil vere ein risiko for at ein gjer ein type I- eller type II-feil.

Ved å nytte eksperiment er det alltid moglegheiter for at ukjende variablar påverkjer resultatet. Med mindre eksperimentet gjennomførast i laboratorium vil ein aldri kunne fjerne eller kompensere for alle desse.

Resultat frå eit eksperiment som dette vil ikkje kunne sei noko om gitte individ. Resultata bereknast som estimat og som gjennomsnittlege verdiar. Dersom det skal seiast noko om individ må det nyttast estimat innan for gitte rammer. Til dømes: "Det 95% sannsyn for at ein røykdykkar vil nytte mellom 10 og 20 % meir luft ved bruk av pressluftflasker i stål."

## **4.5 Etikk**

### **4.5.1 Risiko**

Eit eksperiment som dette involverer fysisk aktivitet og dermed ein viss risiko. Deltakarane var informerte om at testen var tung, men det vart ikkje innhenta informasjon om allmennhelse. Plassering av skulens hjartestartar var kjend av alle leiarane av eksperimentet. Fall på tredemølla vart vurdert som den største risikoen. For å minske risikoen for fall på tredemølla vart avgjersla om at deltakarane skulle nytte joggesko tatt. Tredemølla hadde og ein dødmannsknapp, som vart festa i deltakarane. Dødmannsknappen fungerer på den måte at dersom ein rammar på tredemølla så vil bandet stoppe.

Før testen starta vart samtlege deltakarar informerte om at dei kunne gje seg når som helst under testen ved anten å sette beina på kanten av tredemølla, eller ved å røre ved skuldra til instruktøren.

Under gjennomføring av eksperimentet stod ein instruktør og ein observatør med deltakaren til testen var omme. Det var eit særleg fokus på deltakarens fysiske tilstand under testen. Såg **én** deltakar særleg sliten ut stod instruktør og observatør klare for å ta i mot deltakar dersom han skulle falle. Ved eit tilfelle fall ein av deltakarane, deltakaren vart då tatt imot av teknisk ansvarleg, observatør og instruktør, og treffe verken bakken eller tredemølla. Vedkommande vart tatt hand om etter hendinga og stilte villig opp til ny test to veker seinare.

### **4.5.2 Datasikkerheit**

Då denne studia omfattar informasjon som høgde, alder og vekt er studia meldepliktig til Norsk Samfunnsvitskapeleg Datateneste, heretter NSD. Årsaka til dette er at Høgskulen Stord/Haugesund nyttar NSD som sitt personvernombod. Det å registrere ei studie hjå NSD vil og vere ein kvalitetskontroll, då NSD sett krav til handsaming av personidentifiserande opplysingar og målingar. Høgde, vekt og alder er kategorisert som det NSD omtalar som indirekte personidentifiserande opplysningar. Studia vart registrert med prosjektskisse til NSD og prosjektskissa vart godkjent under prosjektnummer 42339 (Sjå vedlegg 3). Eit av krava sett av NSD til denne oppgåva var at innsamla data som kunne vere av personidentifiserande natur måtte lagrast på kryptert harddisk. Alle data samla inn om utvalet, samt målingane føretatt under eksperimentet vart lagra på ein ekstern harddisk med ei 128-bits AES-kryptering. Innan 30.06.2015 vil data om alder, høgde og vekt slettast. Resterande data er då

røykevanar, treningsvanar, dykkeerfaring og målingane føretatt under eksperimentet. Dette er i tråd med retningslinjene til NSD om anonymisering av data.



## 5 Resultat

I dette kapittelet blir resultata frå eksperimentet framstilte som tabellar og grafar.

### 5.1 Målingane

Her framstillast målingane gjort under eksperimentet samt deskriptive berekningar som standardavvik og gjennomsnitt.

Tabell 1, Karakteristikkar for utvalet

	<b>N</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b>s</b>	Lågaste/Høgaste måling.
Høgde [cm]	31	183,11	6,096	167 / 197
Vekt [kg]	31	84,13	12,363	62 / 110
Alder	31	23,26	2,91	20 / 35
Gjeldande N	31			

*N viser antal deltakrar,  $\mu$  er gjennomsnitt og s er standardavvik.*

Deltakarane har ei høg snitthøgde og standardavviket for høgda er lite. Utvalet er i snitt 3cm høgare enn gjennomsnittshøgda for menn i Noreg. (SSB tabell 109, 2012)

Tabell 2, Gjennomsnitt og standardavvik for luftforbruk

	<b>N</b>	<b><math>\mu</math></b>	<b>s</b>
Forbruk med stål	20	791	148,44
Forbruk med kompositt	21	646	111,75
Gjeldande N	19		

*$\mu$  og s er oppgitt i liter per 8minutt*

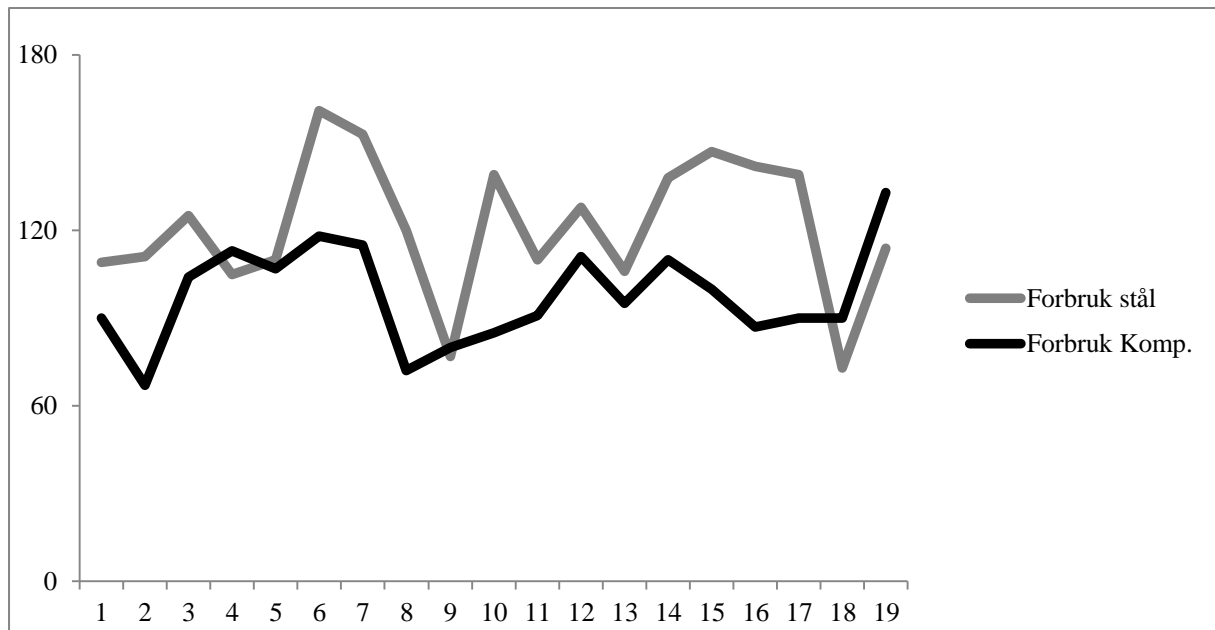
Verdien N, endrar seg gjennom denne tabellen. 20 deltakrar utførte tredemølle test med stålflaske og 21 deltakrar utførte tredemølletest med komposittflaske. Av desse var det 19 som fullførte begge testane og utgjer resultatet som nyttast for å berekne forskjell i forbruk.

Tabell 3, Forbruk med stål og kompositt for deltakarar som fullførte begge testane (N=19)

<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>X/Y</b>	
Forbruk med Stål	Forbruk med Kompositt		Prosentvis auking i luftforbruk [%]
714	612	1,17	16,67
714	456	1,57	56,72
816	680	1,20	20,00
789	490	1,61	61,11
714	748	0,95	-4,55
748	728	1,03	2,80
510	483	1,06	5,63
1061	802	1,32	32,20
1000	755	1,32	32,43
925	578	1,60	60,00
728	598	1,22	21,59
843	734	1,15	14,81
721	646	1,12	11,58
728	592	1,23	22,99
979	680	1,44	44,00
945	592	1,60	59,77
823	605	1,36	35,96
496	592	0,84	-16,09
768	884	0,87	-13,08

Verdiane for X og Y er gitt i liter per 8minutt og er runda til næraste heiltal.

I tabell 3 visast kvar og ein av deltakaranes forbruk med stålflaske og komposittflaske, samt endringa i luftforbruk frå kompositt til stål. Som siste kolonne visar har dei fleste eit auka luftforbruk når dei nytta stålflaske. Dette illustrerast og i Figur 3.



*Figur 3, Framstilling av luftforbruk med stål og kompositt med omsyn på deltakar*

I figur 3 er kvar av dei 19 punkta på x-aksen representerer deltakarane og y-aksen visar forbruket i bar. Området mellom dei to grafane visar forskjellen i luftforbruk.

## 5.2 Statistisk Analyse

Her framstillast parametrane nytta i testane som er gjennomført på målingane samt resultatata av testane.

### 5.2.1 Konfidensintervall

Tabell 4, 95% Konfidensintervall for forskjell i luftforbruk

	Parametrar	Verdiar	Standardfeil
Differanse mellom stål og kompositt	Gjennomsnitt, $\mu$	144,95	32,57
	95% Konfidensintervall for		
	Nedre grense	76,52	
	Øvre grense	213,38	
	5% Trimma gjennomsnitt	148,21	
	Median	136,00	
	Varians, $s^2$	20155,8	
	Standardavvik, $s$	141,97	
	Minimum	-115,60	
	Maximum	346,80	
	Variasjonsbredde	462,40	
	Interkvartil variasjonsbredde	231,20	
	Skeivheit	-0,304	0,524
	Kurtose	-0,876	1,014

Verdiane nytta er i liter. Med unntak av skeivheit og kurtose.

95% Konfidensintervallet visar eit estimat der nedre grense er 76,52 liter og øvre er 213,38 liter. Saman med estimert verdi for luftforbruk med komposittflaske, 646liter, er det estimert mellom 12% og 33% høgare luftforbruk dersom ein nyttar stålflasker.

Ved å nytte dei to siste verdiane i tabell 4, skeivheit og kurtose, kan ein berekne z-skåre som nemnt i kapittel 4.4. Z-skåre for skeivheit og kurtose blir i denne oppgåva -0,58 og -0,86 som begge ligg innanfor intervallet -1,96 og 1,96. Dette er ein indikasjon på at differansen i forbruk er normalfordelt (Langdridge, 2011).

## 5.2.2 Normalitetstestar og t-test

Tabell 5, Forbruk med stålflaske og komposittflaske og differanse

Forbruk med Stål	Forbruk med Kompositt	Differanse
714	612	102
714	456	258
816	680	136
789	490	299
714	748	-34
748	728	20
510	483	27
1061	802	258
1000	755	245
925	578	347
728	598	129
843	734	109
721	646	75
728	592	136
979	680	299
945	592	353
823	605	218
496	592	-95
768	884	-116
Sum		2754
$\bar{x}_d$		144,95

Alle verdiane nytta er i bar

I tabell 5 visast det same forbruket som illustrert i tabell 3 men her saman med differansen som nyttast i normalitetstestane og t-test.

Tabell 6, Resultat frå Shapiro-Wilk-Test

	W	df	p
Differanse mellom stål og kompositt	0,950	19	0,399

Jamfør kapittel 4.4, p-verdien er 0,399 og er dermed høgare enn satt  $\alpha$ -verdi 0,05.

Nullhypotesa nytta i Shapiro-Wilk kan då ikkje forkastast. Ergo: Det kan seiast med sannsyn at testa verdiar er normalfordelte.

Tabell 7: Resultat frå Anderson-Darling-Test

	<b>A<sup>2</sup></b>	<b>df</b>	<b>p</b>
Differanse mellom stål og kompositt	0,304	19	0,570

Resultata i tabell 7 er i samsvar med førre test, p-verdien 0,570 er høgare enn  $\alpha$ , 0,05.

Nullhypotesen til Anderson-Darling kan ikkje forkastast og ein kan med sannsyn sei at testa verdiar er normalfordelte. Krava for å gjennomføre ein para t-test er oppfylt.

Tabell 8, Resultat frå t-test

<b>Parametre til para t-test</b>	<b>Verdiar</b>
$\bar{x}_d$	144,95
$\mu_0$	0
s	141,97
n	19
t*	4,450
p	0,000309

Verdiane for  $\bar{x}_d$ ,  $\mu_0$  og s er i liter

P-verdien i tabell 8 er 0,000309 som er betydelig lågare enn den valte  $\alpha$  verdien 0,05 og det er sannsyn for at det er ein signifikant forskjell på luftforbruk med stålflaske og kompositt. På bakgrunn av signifikant forskjell kan  $H_0: \frac{1}{N} \sum X = \frac{1}{N} \sum Y$  forkastast. Hypotesen om at det er forskjell på luftforbruk med bruk av stålflasker og komposittflasker blir styrka.

Her visast berekningane for effektstørrelse. Verdiane nytta er henta ifrå tabell 2 og er gjennomsnittleg forbruk med kvar av flaskene, samt standardavviket for kvar av verdiane.

$$d = \frac{791 - 646}{\frac{148,44 + 111,75}{2}} = 1,11$$

Den berekna d-verdien vart 1,11 og indikerer då at bruk av stålflaske har stor effekt på luftforbruk (Langdridge, 2011).

### 5.3 Kontrollgruppa

Fem av deltakarane som fullførte første gjennomgang på tredemølle vart tilfeldig valde til å gjennomføre med likt utstyr ved andre gjennomføring. Verken deltakarane, instruktør eller observatør kjende til at det var nokon som gjekk med likt utstyr.

Tabell 9, Forbruk for kontrollgruppa

Første måling	Andre måling	Differanse
717	537	180
787	558	229
824	571	253
680	901	-221
636	745	-109

Målingane er i liter per 8min, verdiane er runda til næraste heiltal.

Tabell 10, Shapiro-Wilk-Test av kontrollgruppa

	W	df	p
Differanse, Kontrollgruppe	0,839	5	0,161

Tilsynelatande kan det sjå ut som om differansen er normalfordelt for kontrollgruppa då p-verdien er 0,161. Den er høgare enn 0,05.

Tabell 11, Resultat frå Anderson-Darling-Test av kontrollgruppa

	A <sup>2</sup>	df	p
Differanse mellom stål og kompositt	0,554	5	0,153

Resultata i tabell 11 er i samsvar med førre test, p-verdien 0,153 er høgare enn  $\alpha$ , 0,05. Det kan sjå ut som at differansen i forbruk for kontrollgruppa er normalfordelt. Det kan då gjennomførast para t-test på målingane.

Tabell 12, Resultat frå para t-test av kontrollgruppa

Parametre til para t-test	Verdiar
$\bar{x}_d$	66,41
$\mu_0$	0
s	216,27
n	5
t*	0,687
p	0,530

Verdiane for  $\bar{x}_d$ ,  $\mu_0$  og s er i liter

Gjennomsnittleg forskjell på 66,41 liter er ein del mindre enn differansen ved stål og kompositt. Standardavviket er stort, 216,27. Dette er meir enn tre gongar så stort som gjennomsnittet noko som tydar på stor spreing. P-verdien er 0,530 og er ikkje mindre enn  $\alpha = 0,05$ . Den målte forskjellen kan ikkje seiast å vere signifikant.

## 5.4 Bakgrunnsvariablar

Det var òg nytta ei rekke andre testar og berekningar for å sjå på samanhengen mellom dei innsamla bakgrunnsvariablane og målingane. Følgjande samanhengar vart analysert.

- (1) Samanheng mellom differanse i luftforbruk og alder.
- (2) Samanheng mellom differanse i luftforbruk og trening.
- (3) Samanheng mellom differanse i luftforbruk og dykkarerfaring.

Variabelen røyking vart ikkje testa då berre ein deltakar uttala at han røyka.

### Samanheng mellom alder og luftforbruk

Ved hjelp av lineær regresjon vart det berekna at alder kan vere årsaka til mellom 1 og 5 % av forskjellen i luftforbruk ved bruk av stålflaske og komposittflaske. Denne forskjellen vart ikkje funne å vere signifikant. Årsaka til at denne verdien er så låg kan vere at snittalderen og standardavviket for alder er låge i utvalet. Dersom det hadde vore større spreing i alder kan det gjere at får betre tal for samanheng mellom alder og luftforbruk.

### Samanheng mellom trening og luftforbruk

Ved hjelp av uavhengig t-test vart det berekna at det ikkje var noko signifikant forskjell på endring i luftforbruk mellom dei som uttala at dei trena to gongar i veka eller meir og dei som



uttala at dei ikkje trena to gongar i veka eller meir. Årsaka til dette kan vere at 84% av dei som fullførte eksperimentet uttala at dei trena to gongar eller meir i løpet av ei veke. Hadde fordelinga vore likare så kan det tenkast at det kunne vore mogleg å sjå ein forskjell.

### **Samanheng mellom dykkarerfaring og luftforbruk**

På same måte som med trening vart det nytta ein uavhengig t-test for å berekne om det er ein signifikant samanheng mellom luftforbruk og dykkarerfaring. Det var heller ikkje her funnet noko signifikant forskjell i luftforbruk mellom dei som uttala at dei hadde erfaring med dykking og dei som ikkje hadde erfaring med dykking.

## 6 Drøfting

Hypotesen vår er som tidlegare nemnt at det er ein forskjell i luftforbruk ved bruk av stålfasker og komposittfasker. Nullhypotesen som vi forsøker å forkaste er at forbruket med stål og kompositt er likt. Dersom resultata frå den para t-testen er korrekte kan det med sannsyn seiast at det er ein signifikant forskjell på luftforbruk ved bruk av stål- og komposittfasker.

### 6.1 Sikkerheitsteori

For at barriere-funksjonen røykdykking på skip skal fungere optimalt, er det nødvendig at den er hensiktsmessig utforma og designa på ein slik måte at den kan opptre sjølvstendig. Slik at systemet ikkje bryt saman dersom ein av komponentane sviktar. Dersom antal pressluftfasker om bord ikkje er tilstrekkeleg og funksjonen er designa på ein slik måte at ein er avhengig av straumgåande luftkompressorar er ein særleg utsatt dersom det skulle oppstå eit straumbrot.

Eit lågare forbruk av pusteluft kan bidra til å styrke røykdykking som ei barriere. I kva grad resultata framstilla i kapittel 5 gjer dette kan drøftast.

Dersom ein tar utgangspunkt i estimatet frå tabell 4, at ein nyttar mellom 12 og 33% meir luft med stålfasker, kan det argumenterast for at bruk av komposittfasker styrkar røykdykking som ei barriere. Tar ein utgangspunkt i gjennomsnittleg luftforbruk med komposittflaske funnet i tabell 2 på 646 liter per åtte minutt, vil ei flaske vare i ca. 25 minutt dersom luftforbruket målt i eksperimentet ville vore konstant.

Med eit auka forbruk på 12% vil dette sei at ein vil tømme ei stålfaske på ca. 22 og eit halvt minutt. Tre minutt forskjell vil i særst få tilfelle vere avgjerande. Dersom forskjellen ligg nærare det øvre estimatet, eit auka forbruk på 33% vil ei ståflaske tømmast på 19 minutt. Forskjellen her er 6 minutt og ei ståflaske tømmast 20% fortare enn ei komposittflaske.

Dersom det øvre estimatet skulle vise seg å stemme ville det å nytte komposittflaske styrke røykdykking som barriere. Med utgangspunkt i 24 minutt så er seks minutt ein stor gevinst. Ved ein røykdykkarinnset på 45 minutt vil ein røykdykkar med gjennomsnittleg luftforbruk måtte skifte flaske ein gong dersom han nyttar kompositt, ved bruk av stål må same vedkommande gjennomføre to flaskebytter. Problemet med å nytte resultatet på denne måten er at observasjonane nytta i oppgåva er måla ved gange i konstant hastigheit. Normalt vil ikkje same røykdykkar måtte opphelde seg i ein brann i 45 minutt. Etter eit gitt antal minutt

eller ved lavt flasketrykk vil røykdykkarlaget trekket seg ut og neste røykdykkarlag tar over. Eit auka luftforbruk kan føre til at desse bytta vil skje oftare og at behaldninga på pressluftflasker tømmast raskare.

Ein reell røykdykkarinnsats om bord på eit skip vil nok sjeldan innebere gange i konstant hastigheit. Så at storleiken vil ligge mellom 12 og 33% dersom ein hadde gjennomført ei feltstudie ute om bord på skip, kan ikkje seiast med sikkerheit. Dersom forskjellen er signifikant og av ein slik storleiksorden at det på éin times innsats vil sparast flaskebytte kan det tenkast at dette vil gagne røykdykking som ei barriere. I kritiske situasjonar vil kvart minutt med luft vere avgjerande. I ein eksplosjonsarta brann kan det tenkast at ein av røykdykkarane blir medvitslaus. Mengda luft vedkommande nytta før han vart medvitslaus er avgjerande for kor lengre kan han ligge før han går tom for luft.

Effektstørrelsen vart målt til å vere stor, noko som tyder på at ved høg intensitet er forskjellen på bruk av ståflaske og komposittflaske stor. Ved lengre innsatsar vil sjølv lågaste estimat vere utslagsgivande. Ved høgaste estimat, 33% større forbruk med ståflasker, kan vere utslagsgivande sjølv i mindre innsatsar.

Vekta aleine kan argumenterast som ein grunn til at komposittflasker vil styrke røykdykking som ei barriere. Skulle det ikkje vere ein samanheng mellom vekta og luftforbruk, eller at denne samanhengen er marginal, vil framleis ei 60% lettare pressluftflaske vere betre ergonomisk og vil kunne føre til at ein lettare kan ha med seg nødvendig utstyr. Satt på spissen, dersom ei komposittflaske veg 5kg mindre enn ei ståflaske, så kan dette vere avgjerande for om ein klarar å bere ein medvitslaus person med seg opp ei trapp eller ikkje. Komposittflasker ser ut til å styrke røykdykking som ei barriere, i større grad enn stål. Brannvesenet nyttar seg utelukkande av komposittflasker. Det at profesjonelle røykdykkarar nyttar seg av kompositt kan vere ein indikasjon på dei innehar eigenskaper som er betre enn eigenskapane til stål.

Dersom informasjonen fått av Dräger stemmer, og det er prisen som er avgjerande faktor for at ein kjøpar ståflasker framfor kompositt, bør prisvurderinga vurderast opp imot gevinst ved bruk av komposittflaske. Skulle estimatet på 33% vise seg å stemme veg dette tungt mot å velje kompositt framfor stål. Dersom gevinstane ved bruk av komposittflasker allereie er kjend kan dette vere eit teikn på at det er eit større fokus på produksjon enn proteksjon. Dersom påstanden om at det kjøpast kompositt etter ei ulykke stemmer, er dette eit godt eksempel på det James Reason omtalar som forholdet mellom produksjon og proteksjon.

Dei vegleiane verdiane til Næringslivets Sikkerheitsorganisasjon for forbruk av pusteluft stemmer ikkje overeins med dei målingane som er føretatt i denne studia.

Tabell 13, Vegleiane verdiar for luftforbruk saman med målt forbruk. (Etter NSO, 2011, s20)

Aktivitet	NSO	Våre målingar	
	luftforbruk [liter/min]	Luftforbruk med stål [liter/min]	Luftforbruk med kompositt [liter/min]
Fullstendig kvile	5-8		
Gange	10-25	100	82
Springing	40-50		
Springing i trapp	60-90		

Våre målingar er utført ved gange i 5,6km/t

Etter åtte minutt gange på tredemølle har deltakarane i vår studia nytta i snitt 82 liter/min ved bruk av komposittflaske og 100 liter/min ved bruk av stålflaske. Årsaka til dette kan vere at ein ikkje har moglegheita til å kunne pause når ein sjølv ønskjer det. Den aukande stigninga kan òg ha medverka til at forbruket er høgt.

NSO seier ingenting om desse verdiane er for kortvarig aktivitet eller langvarig aktivitet. Det dei derimot seier er: "Etter kortvarige, ekstreme ytelser kan luftforbruket komme opp i ca. 120 l/min hos utrenede menn, og ca. 250 l/min hos topptrente idrettsmenn." (NSO, 2011, s20). Årsaka til at topptrenta menn kan nytta meir luft enn dårleg trenea menn er at folk med god kondisjon har ein høgare evne til å ta opp oksygen og dermed forbruke meir luft. Åtte minutt gange kan verken seiast å vere kortvarig eller ein ekstrem ytelse.

Ved normal ytelse vil personar i god fysisk form ha eit lågare luftforbruk enn dårleg trenea personar. (Kang, W., 2005).

I tabell 13 ser ein at målingane våre for kompositt er mellom 3 og 8 gangar så stort som vegleiane verdiar for *gange*. Med utgangspunkt i ei flaske på 6,8 liter (1854liter luft) vil dette utgjere ein stort forskjell i berekna tid. Ved eit forbruk på 25 liter/min vil ei flaske vare i 1time og 14 minutt. Ved eit forbruk på 82 liter/min vil den vare i 22 minutt.

Målingane for stål er mellom 4 og 10 gangar så store som vegleiane verdiar for *gange*. Ved eit forbruk på 100 liter/min vil ei flaske vare i 18,5 min. Sjølv med verdiane for *springing*, er forskjellen stor. Dersom ein situasjon blir vurdert til å ha eit forbruk basert på vegleiane

verdi for *springing*, men det faktiske forbruket er 100 liter/min vil dette resultere i at flaska tømmast 18,5minutt før berekna tid. Sjølv med ein stor sikkerheitsmargin kan dette resultere ei feilberekning som skapa livstruande situasjonar.

Dei vegleiane verdiane kan vere berekna på profesjonelle røykdykkarar. Pusteteknikk er ein faktor som spelar ei større rolle for luftforbruk. Pusteteknikk kan auke arbeidstida drastisk. Ei enkeltstudie visar til ein forskjell mellom 1 og 32% ved trening på pusteteknikk (Kang, 2005).

Såkalla "skip-breathing" kan auke arbeidstida med opptil 150%. Dette er ein teknikk som inneber å halde puste så lenge ein klarar, for så å puste roleg ut og puste inn att og halde pusten på nytt. Dette er ikkje anbefala då dette kan føre til store konsentrasjonar karbondioksid i blodet. Dette er ein siste utveg dersom ein er iferd med å gå tom for luft (Kang, 2005).

## **6.2 Tidlegare forskning.**

Studia som omhandlar vekt av støvlar visar til eit resultat med ein storleiksorden på 5 til 12 % auke per ekstra kg støvelvekt i alle respirasjonsvariablane. I tillegg til å konkludere med at det er ein signifikant forskjell på samtlige respirasjonsvariablar med støvlar av forskjellig vekt. Resultat vist i tabell 6, visar estimat for auka luftforbruk med stålf flaske som 12 til 33%. Sjølv om dette ser ut til å vere større enn forskjellen funnet i skostudia må det presiserast at dei nyttar aukiing per kg. Skal dette nyttast på våre verdiar får ein eit auka luftforbruk frå 2,4% til 6,6% per kg auka vekt på ryggen. Dersom ein følgjer denne tankegangen så kan det virke logisk at ei auka vektbelasting på beina vil føre til ein større aukiing i luftforbruk enn ei auka vektbelasting på ryggen.

Det å nytte *per kg* som terminologi på våre resultat kan òg argumenterast som feilaktig då støvelstudia faktisk har testa fire forskjellige typar støvlar med vekt på 2,6 kg, 2,9 kg, 3,3kg og 3,9 kg. Verdiane i tabell 6, visar ikkje til ei gradvis aukiing i vekt, men berre til to ulike pressluftflasker med forskjellig vekt. For å finne eit nøyaktig forhold mellom vekt på ryggen og forbruk av pusteluft måtte eksperimentet omhandla trinnvis aukiing av vekt på ryggen og deltakarane måtte ha bli testa fleire gongar. Intensjonen var ikkje å finne eit tal for kor mykje kvart kg tilført vekt auka forbruket av pusteluft, men heller å prøve å sei at det er ein signifikant forskjell på luftforbruk med stålf flaske og komposittflaske. Samt estimere ein målbar forskjell i luftforbruk med dei to flasketypane. I den forstand er resultatet presentert i

tabell 8 lettare å kople til resultatata frå støvelstudia. Signifikant forskjell på forbruk med ståflaske og dei lettare komposittflaskene samsvarar med resultatet i støvelstudia; Det er ein signifikant forskjell på luftforbruk når vekta aukar. Å sei noko om aukinga per kg blir vanskeleg slik som eksperimentet i vår studie vart gjennomført.

Signifikant forskjell på luftforbruk ved bruk av stål og komposittflaske kan og trekkast til studia som samanliknar bæremeisar. Bæremeisstudia fann ein signifikant effekt på oksygenopptak ved bruk av det tyngste utstyret, ståflaske på 11kg. Dei fann òg ein signifikant forskjell på oksygenopptaket ved bruk av ståflaske på 11kg og den nye typen bæremeis kombinert med komposittflaske på 6,4kg. Det kan argumenterast mot å samanlikne resultat frå vår studie med resultatata frå bæremeis-studia. Luftforbruk, er ikkje ein av dei måla variablane i denne studia, dei har hatt eit fokus på oksygenopptak og rektaltemperatur. Den signifikante effekten på oksygenopptak ved bruk av ståflaske er i tillegg berekna opp imot kontrollgruppa som ikkje hadde noko vektbelasting anna enn sjølve kleda og seier ikkje noko om forskjell ved bruk av ståflaskene og komposittflaskene nytta i testen. Den signifikante forskjellen som vart funne på stål og komposittflaske var med forskjellig type bæremeis, då det var dette studia vona å finne. I kva grad forskjellen skuldast forskjell i flaske eller bæremeis seier studia ingenting om, sjølv om den hadde ei gruppe som gjekk med komposittflaske og same bæremeis som nytta med ståflaske. I tillegg vart denne signifikansen funnet hjå målingane tatt under varme forhold, 32°C. Studia seier ikkje noko om signifikansen berekna for normale forhold, 22°C.

Denne studia viser nokre svakheiter i sine resultat. Studia hadde som formål å samanlikne to typar bæremeiser for å sjå om ein ny type bæremeisen påverka kroppstemperatur og oksygenopptak. Studia samanliknar ikkje resultat der einaste uavhengige variabel er bæremeis. Dei samanliknar målingane frå komposittflaske og ny bæremeis med gamal bæremeis nytta saman med ståflaske. Vektforskjellen er her over 5kg. Resultatet kan ikkje seiast å skulde bæremeisa, det kan like gjerne skuldast vektforskjellen på 5kg. Det blir difor meir naturleg å samanlikne våre resultat med det første presenterte resultatet; Det er eit signifikant auke i luftforbruk mellom kontrollgruppa og gruppa som nytta ståflaske.

## 7 Konklusjon

På bakgrunn av resultatene framstilt i kapittel 5 kan det konkluderes med at det er stort sannsyn for at bruk av ståflasker framfor komposittflasker har ein signifikant effekt på forbruk av luft. Dette kan seiast å samsvare med tidlegare forskning, sjølv om resultatene frå dei to studia nytta ikkje kan direkte overførast.

Det kan tenkast at ei meirmengde luft kan redde liv i enkelte situasjonar. Komposittflasker kan gjere rolla som maritim røykdykkar tryggare ved å minske luftforbruket og minske vekten. Det kan styrke røykdykkaren som barriere med å ha meir vektkapasitet.

Vi konkluderer og med at vegleiarverdiar oppgidd av NSO tilsynelatande ikkje lar seg overføre til utvalet vårt. Ved rask gange nyttar dei meir luft enn vegleiarverdi for *springing i trapper*. Skulle populasjonen vise seg å ha verdiar liknande våre estimat, kan dette få fatale konsekvensar. Det at vegleiarverdiar er lågare enn det estimatet som er berekna i denne oppgåva kan og vere ein grunn til å nytte kompositt framfor stål, då estimatet for komposittflasker ligg nærare dei vegleiarverdiene.

## 8 Forslag til vidare forskning

Generelt kan det seiast at det bør gjennomførast fleire studiar på maritime røykdykkarar. Då dei ikkje har same treningsmengd som profesjonelle røykdykkarar kan ikkje verdiar berekna for profesjonelle nødvendigvis overførast til maritime røykdykkarar. Ei studie som samanliknar maritime og profesjonelle røykdykkarar kunne sagt noko om forskjellane, som til dømes kompetansenivå, treningsrutinar og organisering. Forskjellar i fysisk form er og av interesse.

Det bør gjennomførast feltstudium som tar for seg røykdykking i reelle omgivningar om bord på skip. Resultat frå eit feltstudium ville kunne gi meir anvendelige resultat enn vår type studium. Her bør målingane samanliknast med vegleiarverdiar frå NSO. Dersom forskjellane er store bør det utviklast ein eigen tabell med vegleiarverdiar for maritime røykdykkarar.

Det bør og gjennomførast studie på eksperimentlaboratorium for å finne meir presise verdiar for samanhengen mellom luftforbruk og vekt bært på ryggen.



## Kjeldeliste

- Arbeidstilsynet. (2004). *Veiledning om Helseundersøkelse og fysiske tester for røyk- og kjemikaliedykkere*. Trondheim. Hentet 29.04.2015 frå:  
[http://www.arbeidstilsynet.no/artikkel.html?tid=78921#Generelt\\_om\\_de\\_fysiske\\_testerne](http://www.arbeidstilsynet.no/artikkel.html?tid=78921#Generelt_om_de_fysiske_testerne)
- Bakri I., Lee Y., Nakao K., Tochihara Y. & Wakabayashi, H. (2012). Effect on firefighters' self-contained breathing apparatus' weight and its harnessdesign on the physiological and subjective responses. *Ergonomics*, 55:7, 782-791, DOI: 10.1080/00140139.2012.663506
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (u.å). *Veiledning om røyk og kjemikaliedykking*. Hentet 29.04.2015 frå:  
<http://www.dsb.no/no/Rettskilder/Regelverk/Oppslagsverket/4360/4361/4974/5229/>
- DMAIB (2014), *Danish Maritime Accident investigation board. Britannia Seaways*. Henta frå <http://www.dmaib.dk/Ulykkesrapporter/BRITANNIA%20SEAWAYS%20%20fire%20on%2016%20Nov%202013.pdf>
- Draper, (2014). The Hawthorne, Pygmalion, Placebo and other effects of expectation: *some notes*. Henta frå <http://www.psy.gla.ac.uk/~steve/hawth.html>
- Dräger. (2013). *Compressed Air Cylinders* [Brosjyre]. Germany: Dräger
- Fjelland R. (1999) *Innføring i Vitenskapsteori*, Oslo: Universitetsforlaget.
- Forskrift om kvalifikasjoner mv. for sjøfolk. (2012). *Forskrift om kvalifikasjoner og sertifikater for sjøfolk*. Hentet 29.04.2015 fra  
[https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-22-1523/\\*#\\*](https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-12-22-1523/*#*)
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and Accident Prevention*. Aldershot: Ashgate
- IMO, Safety Of Life At Sea 1974, kapittel III, regulering 19/3.2
- Kang, W. (2002). Survival breathing techniques for users of self-contained breathing apparatus in the Montgomery County Fire And Rescue Service. *Executive Analysis of*

*Fire Service Operations In Emergency Management*. Montgomery: Montgomery County Fire And Rescue Service

Langdridge, D. (2011) *Psykologisk forskningsmetode*. Trondheim: Tapir akademisk forlag.

MechanicalTV27. (2013, 30. Januar). *Steel shaft vs Carbon Fiber Shaft* [Videoklipp]. Hentet fra: [https://www.youtube.com/watch?v=hjErH4\\_Ifks](https://www.youtube.com/watch?v=hjErH4_Ifks)

NOU 1991:1A (1991) ”Skandinavian Star”-ulykken, 7.april 1990 *Hovedrapport*. Oslo: Justis og politidepartementet.

Næringslivets sikkerhetsorganisasjon. (2011). *Røykdykking*. Oslo: NSO. Hentet den 29. April 2015 fra: <http://www.nso.no/no/faghefter/roykdykking/>

Razali, N. & Wah, Y. (2011) Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lillefors And Anderson-Darling tests. Henta frå *Journal of Statistical Modeling and Analytics* Vol 2, No. 1, 21-33 2011. Henta den 25.april frå [https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/becs-114.5501/materiaali/Becs-114\\_5501\\_normality\\_tests\\_comparison.pdf](https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/becs-114.5501/materiaali/Becs-114_5501_normality_tests_comparison.pdf)

Rausand, M (2011). *Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications*. Hoboken: John Wiley & Sons, inc.

Reason, J (1997). *Managing the Risks of Organizational Accidents*. Aldershot: Ashgate

Sjøfartsdirektoratet (2013). Økt fokus på brann. Henta den 10. April 2015 frå <http://www.sjofartsdir.no/om-direktoratet/aktuelt/nyheter/okt-fokus-pa-brann/>

Sklet, S (2006b). Safety barriers: Definition, classification, and performance. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 19, 494-506

Statistisk sentralbyrå (2014). Tabell 06719, Sjøulykker. Forlis og havari, etter type skade, geografisk område og skipstype. Henta den 25. April frå <https://www.ssb.no/tabell/06719>

Statistisk Sentralbyrå (2012). Tabell 109, Egenrapportert høyde, vekt og svømmeferdigheter for sesjonspliktige, etter fylke. Henta den 8. Mai frå <http://www.ssb.no/a/aarbok/tab/tab-109.html>

Stensaas, J. P. (2002). Forbedret slokketeknikk og annet utstyr i relasjon til røykdykkernes arbeidsinnsats og sikkerhet – (Revidert utgave av rapport av 1997–01–06) (Sintef rapport nr. STF84 A96621) Trondheim: Norges branntekniske laboratorium.

## Vedlegg 1

# Test av røykdykkerutrustning – Bachelor HSH.

---

### **FORESPØRSEL OM Å DELTA PÅ EKSPERIMENT**

I forbindelse med bacheloroppgave i nautikk på HSH. Ønsker vi å gjennomføre ett eksperiment. Dette eksperimentet består av åtte minutter gange på tredemølle, ikledd røykdykkerutstyr. Før og etter testen vil mengde luft leses av. Testen gjennomføres to ganger, med 2-4 ukers mellomrom.

Testen er IKKE en test av din kondisjon eller utholdenhet, men et forsøk på å finne ut om forskjellig røykdykkerbekledning har betydning for forbruk av pusteluft.

Du vil få utdelt et spørreskjema, samt ett deltakernummer i forbindelse med dette prosjektet, deltakernummeret vil være koblingsnøkkelen mellom deg og de dataene du fyller inn i spørreskjemaet.

Dataene fra testen og spørreskjemaene vil oppbevares på en kryptert harddisk ved Høgskolen Stord Haugesund (HSH), og ingen vil ikke få vite noe om din deltakelse i testen.

### **FRIVILLIG DELTAKELSE OG PERSONVERN**

Det er frivillig å delta i denne studien. Du gir ditt samtykke til å delta ved å fylle ut samtykkeskjemaet, og du kan trekke deg ved å ta kontakt med prosjektleder før sommeren 2015. Det er kun lederne av bacheloroppgaven pålagt forskningsetiske retningslinjer tilknyttet Nautikkstudiet ved HSH som har tilgang på data.

Undersøkelsen er innmeldt til Personvernombudet for forskning ved Norsk Samfunnsvitenskaplig Datatjeneste AS (NSD). Prosjektet vil avsluttes innen utgangen av 2015 og datamaterialet vil bli anonymisert. Koblingsnøkkelen som gjør det mulig å koble Eksperimentdeltaker til spørreskjemaene vil også slettes innen utgangen av 2015.

Jeg gir mitt samtykke til min deltakelse i test av røykdykkerutstyr:

---

Navn:

---

Dato:

Har du spørsmål vedrørende undersøkelsen kan du ta kontakt med:

Sjur Kalland Dyregrov på telefon: 48 03 34 58, eller på epost: [sjurdyr@gmail.com](mailto:sjurdyr@gmail.com)

## Vedlegg 2

### Spørreskjema om egenopplysninger.

#### 1. Generelle opplysninger:

Alder: \_\_\_\_\_ Kjønn: \_\_\_\_\_

Vekt: \_\_\_\_\_ [kg] Høyde: \_\_\_\_\_ [cm]

#### 2. Røykevaner:

<b>Røyker du?</b>	<b>Ja</b>	<b>Nei</b>
<b>Sett kryss</b>		

#### 3. Treningsvaner

<b>Trener du oftere enn 2 ganger i uken?</b>	<b>Ja</b>	<b>Nei</b>
<b>Sett kryss</b>		

#### 4. Dykkererfaring

<b>Har du på ett tidspunkt aktivt drevet med dykking/røykdykking?</b>	<b>Ja</b>	<b>Nei</b>
<b>Sett kryss</b>		

5. Alkohol

<b>Har du de siste 48 timene inntatt mer enn 4 enheter alkohol?</b>	<b>Ja</b>	<b>Nei</b>
<b>Sett kryss</b>		

6. Skriv her nummeret du er tildelt. \_\_\_\_\_

# Vedlegg 3

## Norsk samfunnsvitenskapelig datatjeneste AS

NORWEGIAN SOCIAL SCIENCE DATA SERVICES



Harald Hårfages gate 29  
N-5007 Bergen  
Norway  
Tel: +47-55 58 21 17  
Fax: +47-55 58 96 50  
nsd@nsd.uib.no  
www.nsd.uib.no  
Org.nr. 985 321 884

Helle Oltedal

Avdeling for tekniske, økonomiske og maritime fag Høgskolen Stord/Haugesund

Bjørnsonsgt. 45

5528 HAUGESUND

Vår dato: 25.02.2015

Vår ref: 42339 / 3 / AMS

Deres dato:

Deres ref:

### TILBAKEMELDING PÅ MELDING OM BEHANDLING AV PERSONOPPLYSNINGER

Vi viser til melding om behandling av personopplysninger, mottatt 24.02.2015. Meldingen gjelder prosjektet:

<i>42339</i>	<i>Test av røykdykkerflasker.</i>
<i>Behandlingsansvarlig</i>	<i>Høgskolen Stord/Haugesund, ved institusjonens øverste leder</i>
<i>Daglig ansvarlig</i>	<i>Helle Oltedal</i>
<i>Student</i>	<i>Sjur Dyregrov</i>

Personvernombudet har vurdert prosjektet og finner at behandlingen av personopplysninger er meldepliktig i henhold til personopplysningsloven § 31. Behandlingen tilfredsstiller kravene i personopplysningsloven.

Personvernombudets vurdering forutsetter at prosjektet gjennomføres i tråd med opplysningene gitt i meldeskjemaet, korrespondanse med ombudet, ombudets kommentarer samt personopplysningsloven og helseregisterloven med forskrifter. Behandlingen av personopplysninger kan settes i gang.

Det gjøres oppmerksom på at det skal gis ny melding dersom behandlingen endres i forhold til de opplysninger som ligger til grunn for personvernombudets vurdering. Endringsmeldinger gis via et eget skjema, <http://www.nsd.uib.no/personvern/meldeplikt/skjema.html>. Det skal også gis melding etter tre år dersom prosjektet fortsatt pågår. Meldinger skal skje skriftlig til ombudet.

Personvernombudet har lagt ut opplysninger om prosjektet i en offentlig database, <http://pvo.nsd.no/prosjekt>.

Personvernombudet vil ved prosjektets avslutning, 30.06.2015, rette en henvendelse angående status for behandlingen av personopplysninger.

Vennlig hilsen

Katrine Utaaker Segadal

Anne-Mette Somby

Kontaktperson: Anne-Mette Somby tlf: 55 58 24 10

Vedlegg: Prosjektvurdering

*Dokumentet er elektronisk produsert og godkjent ved NSDs rutiner for elektronisk godkjenning.*

*Avdelingskontorer / District Offices*

*OSLO: NSD, Universitetet i Oslo, Postboks 1055 Blindern, 0316 Oslo. Tel: +47-22 85 52 11. nsd@uio.no*  
*TRONDHEIM: NSD, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim. Tel: +47-73 59 19 07. kyrr.svarva@svt.ntnu.no*  
*TROMSØ: NSD, SVF, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø. Tel: +47-77 64 43 36. nsdmaa@sv.uit.no*



## Prosjektvurdering - Kommentar

---

Prosjektnr: 42339

Utvalget informeres skriftlig og muntlig om prosjektet og samtykker til deltakelse. Informasjonsskrivet er godt utformet.

Personvernombudet legger til grunn at forsker/student etterfølger Høgskolen Stord/Haugesund sine interne rutiner for datasikkerhet. Dersom personopplysninger skal lagres på privat pc/mobile enheter, bør opplysningene krypteres tilstrekkelig.

Prosjektet er et eksperiment som innebærer en viss fysisk belastninger for deltakerne. Ombudet kan ikke se at belastningene vil medføre fare for deltakerne, men forutsetter likevel at gjennomføringen av eksperimentet er godkjent av Høgskolen Stord/Haugesund og følges opp av veileder.

Forventet prosjektslutt er 30.06.2015. Ifølge prosjektmeldingen skal innsamlede opplysninger da anonymiseres. Anonymisering innebærer å bearbeide datamaterialet slik at ingen enkeltpersoner kan gjenkjennes. Det gjøres ved å:

- slette direkte personopplysninger (som navn/koblingsnøkkel)
- slette/omskrive indirekte personopplysninger (identifiserende sammenstilling av bakgrunnsopplysninger som f.eks. bosted/arbeidssted, alder og kjønn)