



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# Konstant inert luft vs. inergen



Hovedprosjekt utført ved  
Høgskolen Stord/Haugesund – Avd. Haugesund – ingeniørfag

---

Studieretning: K&HMS

Av:  
Sandra Sofi Haveland  
Iselin Jacobsen  
Miriam Westerlund

Kandidatnr: 13  
Kandidatnr: 9  
Kandidatnr: 11

# HOVEDPROSJEKT

**Studenten(e)s navn:**  
Sandra Sofi Haveland,  
Iselin Jacobsen,  
Miriam Westerlund

---

**Linje & studieretning**    K&HMS

**Oppgavens tittel:**    **Konstant inert luft vs. INERGEN**

**Oppgavetekst:**

Slokkesystemer basert på konstant inert luft og INERGEN installeres nå i langt større grad enn tidligere. Hensikten med denne oppgaven er å gi en objektiv og faglig fremstilling av metodene. Oppgaven søker å få frem fordeler og ulemper rundt konstant inert luft og INERGEN. Parametrene økonomi, standarder, effektivitet og helse vil problematiseres. Disse parametrene har som formål å gi et helhetsbilde av metodene. På bakgrunn av disse parametrene er målet å få frem når og hvor hver av de to metodene egner seg. Kan den ene metoden sies å være bedre enn den andre?

**Endelig oppgave gitt:**            07.03.2013  
**Innleveringsfrist:**            Fredag 10.mai 2013 kl. 12.00

**Intern veileder:**                Alf Reidar Nilsen

**Ekstern veileder:**                Jørn Karlsen Fire1  
**Adresse ekstern veileder:**

**Godkjent av  
studieansvarlig:**  
**Dato:**

Bent Fulbo  
24/4 - 13



Høgskolen Stord/Haugesund  
*Studie for ingeniørfag*  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND  
Tlf. nr. 52 70 26 00  
Faks nr. 52 70 26 01

HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Konstant inert luft vs. inergen		
Utført av Sandra Sofi Haveland, Iselin Jacobsen og Miriam Westerlund		
Linje Sikkerhet		Studieretning K&HMS
Gradering Åpen	Innlevert dato 08.05.2013	Veiledere Alf Reidar Nilsen og Jørn Karlsen

#### Ekstrakt

Oppgaven tar for seg de to metodene konstant inert luft og inergen. Konstant inert luft skal hindre en brann i å oppstå, mens inergen har som formål å slokke en brann som allerede har inntruffet. Oppgaven søker å få frem fordeler og ulemper ved begge metodene. På bakgrunn av dette skal det avgjøres om en av dem kan regnes som bedre enn den andre. Parameterne standarder og retningslinjer, helse, effektivitet og økonomi var utgangspunktet. Inergen viser seg å ha bedre forutsetninger for å ha et sikkert og pålitelig anlegg på bakgrunn av standardene, helse, effektivitet og delvis økonomi. Svaret på det store spørsmålet om den ene metoden kan sies å være bedre enn den andre er derfor ja, inergen.

## Forord

Denne oppgaven er skrevet som et avsluttende arbeid på en treårig K&HMS ingeniørutdanning ved høgskolen Stord/Haugesund. Oppgaven er et gruppearbeid og utgjør 15 studiepoeng.

OFAS, Opplysningskontoret for automatiske slokkeanlegg, hadde et ønske om en sammenligning mellom konstant inert luft og inergen. Problemstillingen ble basert på deres oppgavetekst. Oppgaven gav oss muligheten til å bruke mye av kunnskapen vi har tilegnet oss gjennom de tre siste årene.

Vi ønsker å takke Jørn Karlsen for sin gode veiledning i prosessen. Videre ønsker vi å rette en spesiell takk til Jan Hantho, Tor Eystein Hovda og Torbjørn Laursen for deres entusiasme for oppgaven.

Stor takk til Tore Eide AS, Hypoxic Technologies AS, Zenith Elektro og Fire1, samt Geir Jensen og Stefano Chiti for deres bidrag.

Haugesund, 8. mai 2013

Sandra Sofi Haveland

Iselin Jacobsen

Miriam Westerlund



<b>FORORD</b> .....	<b>I</b>
<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>1</b>
<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>2</b>
1.1. BAKGRUNN .....	2
1.2. TIDLIGERE ARBEID .....	3
1.3. FORMÅL OG PROBLEMSTILLING .....	3
1.4. BEGRENSNINGER .....	3
1.5. ORDFORKLARINGER OG FORKORTELSER.....	3
<b>2. METODE OG TEORI</b> .....	<b>5</b>
2.1. METODE .....	5
2.2. TEORI.....	7
<b>3. RESULTAT</b> .....	<b>8</b>
3.1. INNFORING .....	8
3.2. STANDARDER OG RETNINGSLINJER .....	12
3.2.1. Fakta.....	12
3.2.2. PAS 95:2011 Hypoxic air fire prevention systems – Spesification.....	12
3.2.3. VdS 3527en Inerting and Oxygen Reduction Systems, Planning and Installation.....	13
3.2.4. 550.363 Brannsikringsløsninger for rom med skadefølsomt innhold.....	13
3.2.5. NFPA 2001: Standard on clean agent fire extinguishing systems, 2012 edition.....	13
3.2.6. NS-EN 15004-10:2008 Faste brannsløkkesystemer – Gass-slokkesystemer – Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-slokkesystemer for IG-541-slokkemiddel .....	13
3.2.7. ISO 14520-15:2005 Gaseous fire-extinguishing systems - physical properties and system design: Part 15: IG-541 extinguishant.....	14
3.3. HELSE.....	14
3.3.1. Lufttrykk, lufttetthet og partialtrykk.....	14
3.3.2. Pustefysiologi.....	17
3.3.3. Hypoksi.....	18
3.3.4. Høydehus, høydetrening og høydeakklimatisering.....	19
3.3.5. Inergens virkning på helsen .....	20
3.3.6. Helseeffekt og konsekvenser.....	20
3.3.7. Psykisk helse.....	20
3.3.8. Veiledninger, retningslinjer og standarder .....	21
3.4. EFFEKTIVITET .....	21
3.4.1. Nødvendig med ekstra brannsikringstiltak?.....	21
3.4.2. Behov for flere installasjoner knyttet til anlegget? .....	22
3.4.3. Behov for tetthet.....	24
3.4.7. Oksygenindeks .....	24
3.4.4. Størrelse på område .....	25
3.4.5. Områder hvor anleggene er installert .....	26
3.4.6. . Hvor kan disse anleggene ikke installeres.....	27
3.5. ØKONOMI.....	28
3.5.1. Fakta.....	28
3.5.2. Konstant inert luft.....	29
3.5.3. Inergen.....	30
3.5.4. Beregninger .....	32
<b>4. SAMMENLIGNING</b> .....	<b>39</b>
<b>5. DISKUSJON</b> .....	<b>46</b>
<b>6. KONKLUSJON</b> .....	<b>47</b>



<b>7. KILDER</b> .....	<b>I</b>
<b>8. VEDLEGG</b> .....	<b>IV</b>
VEDLEGG 1 BRANNBESKYTTELSE KONSTANT INERT LUFT .....	IV
VEDLEGG 2 VANLIG SYSTEM FOR INERGEN.....	V
VEDLEGG 3 MEDISINSK HISTORIE.....	VI
VEDLEGG 4 ENHET KONSTANT INERT LUFT.....	VII

## **Figurliste**

Figur 1 Brannfirkant.....	7
Figur 2 Figuren viser sammensetningen til normal luft. ....	8
Figur 3 Figuren viser sammensetningen til inert luft.....	9
Figur 4 Skadeomfang ved forskjellige slokkesystem. ....	10
Figur 5 Figuren viser sammensetningen til inergen.....	11
Figur 6 Havflatenivå: 15 grader celsius og 1 atm .....	16
Figur 7 22 000 fot: minus 29 grader celsius og 0,42 atm.....	16
Figur 8 Gassutveksling.....	17
Figur 9 Oksygenovergang .....	18
Figur 10 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør i område 1.....	33
Figur 11 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 2. ....	34
Figur 12 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 3. ....	35
Figur 13 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 4. ....	36
Figur 14 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 5. ....	37
Figur 15 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 6. ....	38



## Tabelliste

Tabell 1 Søkeord og søkemotorer .....	6
Tabell 2 Normalt lufttrykk ved havflatenivå .....	15
Tabell 3 Standardatmosfæren .....	15
Tabell 4 Huskeregel.....	15
Tabell 5 Hypoksistadier og symptom.....	19
Tabell 6 Ignition thresholds for oxygen reduction in fire protection.....	25
Tabell 7 Oversikt over kostnadene konstant inert luft 1 har beregnet for de forskjellige områdene. ....	29
Tabell 8 Oversikt over kostnadene konstant inert luft 2 har beregnet for de forskjellige områdene. ....	30
Tabell 9 Oversikt over kostnadene Inergen 1 har beregnet for de forskjellige områdene.....	31
Tabell 10 Oversikt over de totale kostnadene Inergen 2 har beregnet for de forskjellige områdene.	32
Tabell 11 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 1.....	32
Tabell 12 Oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 1. ....	33
Tabell 13 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 2.....	33
Tabell 14 Oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 2. ....	34
Tabell 15 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 3.....	34
Tabell 16 Oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 3. ....	35
Tabell 17 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 4.....	35
Tabell 18 Oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 4. ....	36
Tabell 19 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 5.....	36
Tabell 20 Oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 5. ....	37
Tabell 21 Oversikt over kostnadene for hver leverandør i område 6. ....	37
Tabell 22 Oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 6. ....	38
Tabell 23 Sammenligning .....	45

## Sammendrag

Konstant inert luft og inergen er ulike metoder for brannsikring basert på oksygenfattig luft. Hovedforskjellen på anleggene er at et konstant inert luft-anlegg har til hensikt å hindre en brann i å oppstå, mens et inergen-anlegg har som formål å slokke en brann som allerede har inntruffet. Interessen for disse metodene er voksende, men kunnskapene er små og fagfolkene uenige. Dette kan være forvirrende for brukerne som prøver å orientere seg. Denne oppgaven søker å få frem fordeler og ulemper ved disse metodene og vil forsøke å avgjøre om en av dem kan regnes som bedre enn den andre. Oppgaven er basert på litteratursøk, og kritisk vurdering av kildene har vært i fokus.

Følgende parameter ble lagt til grunn for sammenligningen: Standarder og retningslinjer, helse, effektivitet og økonomi. Konklusjonen etter sammenligningen er at inergen viser seg å være en sikrere og mer pålitelig metode. Det kan derfor med rimelig stor grad av sikkerhet sies at inergen er en bedre metode enn konstant inert luft.





## 1. Innledning

Brann er en trussel og kan føre til alvorlige konsekvenser. For å begrense brann regnes automatiske sløkkeanlegg som svært effektivt (OFAS u.å.a). OFAS, *opplysningskontoret for automatiske sløkkeanlegg*, arbeider for å øke antall automatiske sløkkeanlegg, samt øke kvaliteten på allerede eksisterende anlegg.

Sprinkler-, vanntåke-, gass- og inert luft-anlegg er automatiske sløkkeanlegg som OFAS informerer om. Sprinkleranlegg er det mest brukte anlegget, ettersom vann er det mest vanlige sløkkemiddelet. Vanntåkeanlegg bruker vannets gode sløkkeegenskaper på en effektiv måte (SINTEF byggforsk 2009). Forskjellen mellom sprinkler og vanntåke er at vanntåke har mye mindre dråper. Det gir svært god kjøleeffekt, samtidig som det blir mindre vann i omløp. Vanntåke er egnet der brannen er stor i forhold til romvolumet. Når det kommer til gass som sløkkemiddel, er det forskjellige gasser som kan benyttes. Hensikten til alle er å slukke brannen ved at gassen blir sluppet inn i rommet. Det finnes gasser som er svært farlig for mennesker, som CO<sub>2</sub>, og gasser som er egnet for rom med sensitivt innhold, som inergen. Den siste typen sløkkeanlegg er inert luft. Inert luft er luft hvor oksygenmengden er redusert. Det vil si at det er 15-16 prosent oksygen, mens resten består av nitrogen og 1 prosent andre gasser. Inert luft skiller seg fra de andre automatiske sløkkeanleggene, fordi det skal hindre en brann i å oppstå (SINTEF byggforsk 2009).

Denne oppgaven skal i hovedsak omhandle konstant inert luft og inergen. Hovedforskjellen på disse to anleggene er at et konstant inert luft-anlegg har til hensikt å hindre en brann i å oppstå, mens et inergen-anlegg har som formål å slukke en brann som allerede har inntruffet.

Interessen for konstant inert luft og inergen er voksende, men kunnskapene er små og fagfolkene uenige<sup>1</sup>. Dette kan være forvirrende for brukerne som prøver å orientere seg.

### 1.1. Bakgrunn

I 2011 hadde norske forsikringsselskaper skadeutbetalinger på rundt 5,6 milliarder kroner som følge av brann (Brannvernforeningen 2012). Konstant inert luft og inergen er to metoder som vil bidra til redusert skadeomfang, ettersom det ikke forekommer noen sekundærskader. Utgangspunktet til konstant inert luft er at det ikke skal oppstå brann. Det gjør at det heller ikke vil være noen skader som følge av brann. Inergen vil på sin side slukke brannen tidlig i brannforløpet, og dermed redusere skadene fra brannen.

Det er i følge TEK10 pålagt med automatisk sløkkeanlegg i enkelte byggverk. Ved valg av automatisk sløkkeanlegg er det sentralt å tenke på hva som faktisk skal beskyttes. Det er forskjell på rom som inneholder uerstattelige verdier, rom med personopphold og rom med teknisk utstyr. Sløkkesystemet bør vurderes ut i fra om det gir skade på innholdet i rommet

---

<sup>1</sup> Dette er beskrevet i oppgaveteksten gitt av OFAS.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

som beskyttes. Videre er det sentralt å se på om det er miljøvennlig, personsikkert, har god slukkeeffekt og er godt dokumentert.



Konstant inert luft er blant annet installert i de store datahallene til Green Mountain Data Centre i Rogaland. Det har blitt «verdens tryggeste og grønneste datasenter» (COWI 2013). Tine har fått installert inergen-anlegg i sine lokaler på Klepp og Kviamarka.

## 1.2. Tidligere arbeid

Det er tidligere skrevet en hovedoppgave om inergen i verneverdige bygninger. Konklusjonen var her at bruken er god, men at slukkeanlegget må tilpasses lekkasjetallet for bygget. Stefano Chiti er kjent for sin kunnskap om konstant inert luft. Han har blant annet skrevet masteroppgave om inert luft som brannforebyggende system og miljøpåvirkning (RIF 2012).

## 1.3. Formål og problemstilling

Slukkesystemer basert på konstant inert luft og inergen installeres nå i langt større grad enn tidligere. Hensikten med denne oppgaven er å gi en objektiv og faglig fremstilling av metodene. Oppgaven søker å få frem fordeler og ulemper rundt konstant inert luft og inergen. Parametrene standarder, helse, effektivitet og økonomi vil problematiseres. Disse har som formål å gi et helhetsbilde av metodene. På bakgrunn av parametrene er målet å få frem når og hvor hver av de to metodene egner seg. Kan den ene metoden sies å være bedre enn den andre?

## 1.4. Begrensninger

Arbeidet begrenses til de to metodene konstant inert luft og inergen. Det er få som driver med disse metodene i Norge, noe som gjør at det er begrenset dokumentasjon.

Oppgaven bygger på eksisterende forskning. Det vil derfor ikke utføres noen nye forsøk i forbindelse med denne oppgaven. Litteratursøket er begrenset, men flere kilder er tatt i bruk for å sikre dekning for det som skrives.

Flere begrensninger kommer frem i kapittel 2 som omhandler metode.

## 1.5. Ordforklaringer og forkortelser

**Akklimatisering** er fysiologisk tilpasning til høyde.

**CO<sub>2</sub>** står for karbondioksid. Det finnes naturlig i atmosfæren.

**EPO** står for Erythropoietin. Det er kroppens egenproduksjon av røde blodlegemer (hemoglobin). Høye doser av EPO kan forårsake blodpropp.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

**Hemoglobin** finnes i de røde blodlegemene. Det frakter oksygen med blodstrømmen rundt i kroppen.



**Holdetid** er den tid hvor slokkingsdyktig konsentrasjon er til stede.

**Kostnad** er forbruk av ressurser målt i penger.

**Lekkasjerate** er en gitt grense for hvor mye av gassen i et rom som kan sive ut av området.

**NFPA** står for National Fire Protection Association, og er en amerikansk bransjeorganisasjon.

**Oksygenindeks** er den mengden oksygen som må være til stede i luften for at et stoff skal kunne brenne.

**Oksygenmetning** er et mål på hvor mye av hemoglobinet i blodet som er bundet til oksygen.

**O<sub>2</sub>** står for oksygen, og er det vanligste grunnstoffet på jorden. Det er en forutsetning for levende organismers eksistens.

**Omluft** vil si at luften sirkuleres i rommet ved hjelp av ventilasjon.

**Passiv brannbeskyttelse** vil si at ikke er noe som trengs å aktiveres for at det skal fungere.

står for partialtrykk for oksygen, og er definert som *det trykk som en gass i en gassblanding ville hatt om den alene hadde tatt opp hele volumet av gassblandingen*. Avgjør hvor mye oksygen kroppen har tilgjengelig.

**Pyrolyse** spalting av sammensatte stoffer til enklere forbindelser ved bruk av varme.

**TEK 10** står for byggt teknisk forskrift, datert 2010.

**TEK 97** står for byggt teknisk forskrift, datert 1997.

**Trykkabin i fly** gjør at det er et trykkfall med stigende høyde. Det er vanlig på passasjerfly for å redusere kabinhøyden sammenlignet med flyhøyden.

## 2. Metode og teori

Kapittelet gir en beskrivelse av metoden som er brukt i denne oppgaven. Teori om brannfirkanten vil videre bli presentert.

### 2.1. Metode

Et litteratursøk er gjennomført for å skaffe tilveie informasjon om konstant inert luft og inergen. Det vil si at det har foregått en systematisk gjennomgang av litteratur. Målet har vært å skape økt faglig innsikt. Kritisk vurdering har vært en vesentlig del av gjennomgangen.

Litteratursøk gir en oversikt om tilgjengelig informasjon om et aktuelt tema. Temaet blir satt i perspektiv ved å ta i bruk forskjellig litteratur og ulike kilder. Formålet har vært å gi en objektiv fremstilling av konstant inert luft og inergen.

Innledende litteratursøk ga et bilde på hvilken informasjon som fantes om konstant inert luft og inergen. Orienteringen la grunnlag for valg av fokusområder og problemstilling.

Utgangspunktet for valg av litteratur har blant annet hatt grunnlag i henvisninger som bransjene selv har hatt/gjør. Formålet har vært å sjekke gyldigheten til disse kildene. Lover, standarder og retningslinjer har også vært relevante kilder for oppgaven. Disse må regnes som gyldige. Videre har anerkjente institusjoner vært grunnlag for mye av litteraturen som er brukt. Eksempler på dette er Lovdata, SINTEF og COWI. Fokuset har hele tiden vært kritisk vurdering i forhold til de forskjellige kildene. Hvem som står bak og bakgrunn for litteraturen har vært av interesse. Det har vært viktig å velge kilder som regnes som tredjepart. Det vil si kilder som ikke har egen interesse i det som kommer frem. Funn har blitt kontrollert opp mot andre kilder for å sikre gyldighet.

Selv om COWI skal være en uavhengig konsulentvirksomhet, er det tatt i betraktning at minst to ansatte er spesielt interessert i konstant inert luft. Det gjør at deres perspektiv ikke er nøytralt. Dette anses som en begrensning og en svakhet. Likevel regnes deres kunnskap på området som verdifull.

Søkestrategien og vurderingen av treff må regnes som selektiv. Mengden tilgjengelig litteratur gjør det umulig å gjennomgå alt. Valg av litteratur og kilder vil derfor kunne variere fra person til person. Dette anses som en begrensning og en svakhet.

Språk er også et forhold som spiller en viktig rolle. Det er bare brukt materiale som er skandinavisk og engelskspråklig. Dette anses som en begrensning og en svakhet.

Det er god kildehenvisning gjennomgående i hele oppgaven. Det er derfor enkelt å undersøke hvor litteraturen er hentet fra.



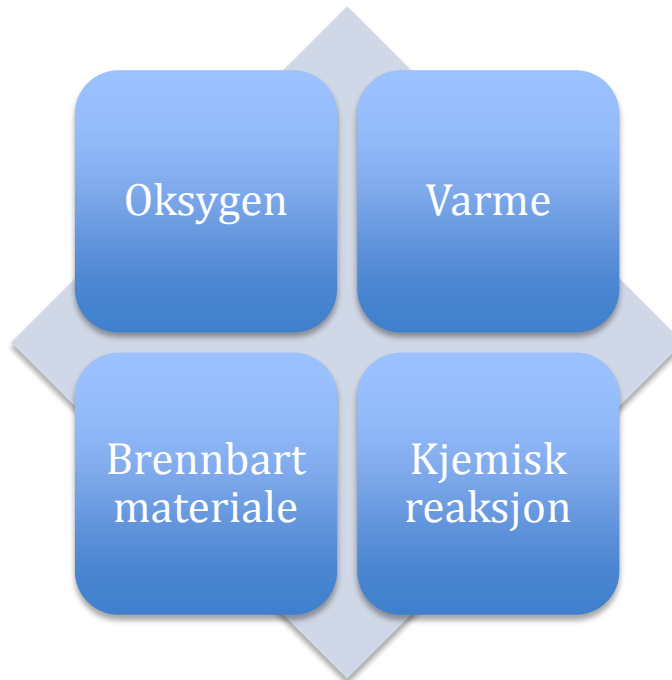
Tabell 1 viser alle søkeord og søkemotorer som er brukt for å få i stand denne oppgaven.

Tabell 1 Søkeord og søkemotorer

Søkeord	Søkemotor
Automatiske slokkeanlegg	Arbeidstilsynet
Brannbeskyttelse	Bibsys
Brannklasser	Brannmannen
Brannslukkesystem	Brannvernforeningen
Byggforskserien 550.363	Cappelen damm
Clean Agent	CEN
Definisjon passiv brannbeskyttelse	COWI
Gassslokkeanlegg	DNV
Gassutveksling	DSB
Geir Jensen	Folkehelseinstituttet
Hemoglobin	Google
Holdetid	Nettdoktor
Hypoksi	NTNU
Hypoxic air	OFAS
Hypoxic air venting	SINTEF byggforsk
Høydeakklimatisering	STAMI
Høydehus	Standard Norge
Høydesyke	Store norske leksikon
Høydetrening	
IG-541	
Inergen	
Inergen ingen farge	
Inergen ren gass	
Inert	
Inert luft	
Inert luft Geir Jensen	
Kostnad	
NFPA 2001	
NS EN 15004:2008 del 10	
Oksygenindeks	
Oksygensensor	
Omluft	
Partialtrykk	
PAS 95:2011	
Passiv brannbeskyttelse	
Passiv brannbeskyttelse definisjon	
Pustefysiologi	
Sprinkleranlegg	
Stefano Chiti	
TEK10	
Type brann ved inergen-anlegg	
Type brann ved inert luft-anlegg	
Vanntåke	
VdS 3527 en	

## 2.2. Teori

For at en brann skal kunne oppstå, er den avhengig av fire faktorer: Oksygen, varme, brennbart materiale og kjemisk reaksjon, se figur 1 (Teknisk industrivern 2010). Disse må i tillegg være i riktig forhold til hverandre. Dersom en av faktorene fjernes eller reduseres, vil det ikke oppstå brann. Både konstant inert luft og inergen gjør nettopp dette, reduserer oksygenivået. Det vil nå komme en innføring i begrepene konstant inert luft og inergen.



**Figur 1 Brannfirkant: En brann trenger fire faktorer for å oppstå: oksygen, varme, brennbart materiale og kjemisk reaksjon.**

### 3. Resultat

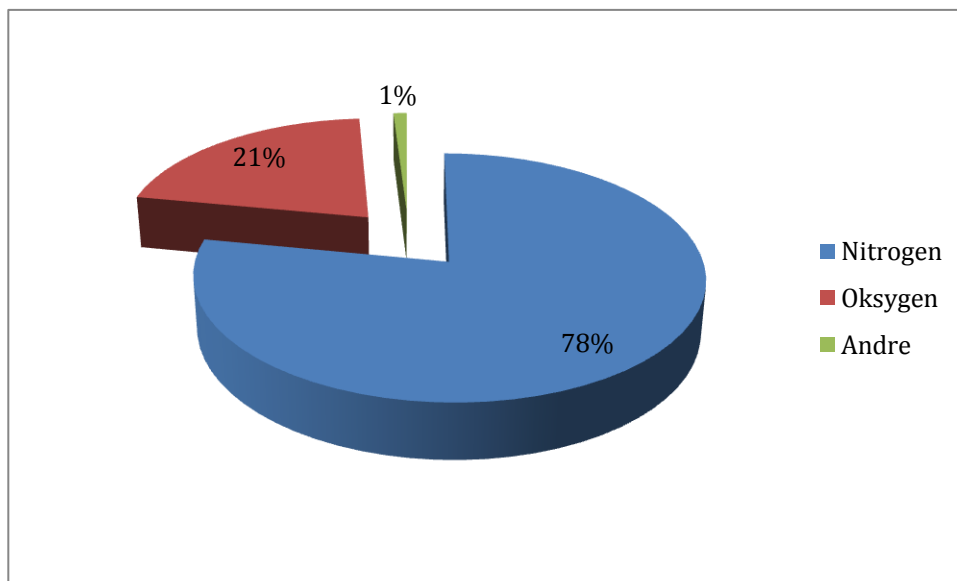
Kapitlet gir en innføring i begrepene konstant inert luft og inergen. De fire parametrene standarder og retningslinjer, helse, effektivitet og økonomi søker å få frem forskjellene mellom anleggene. Ut i fra litteratursøket er disse funnene gjort.

#### 3.1. Innføring

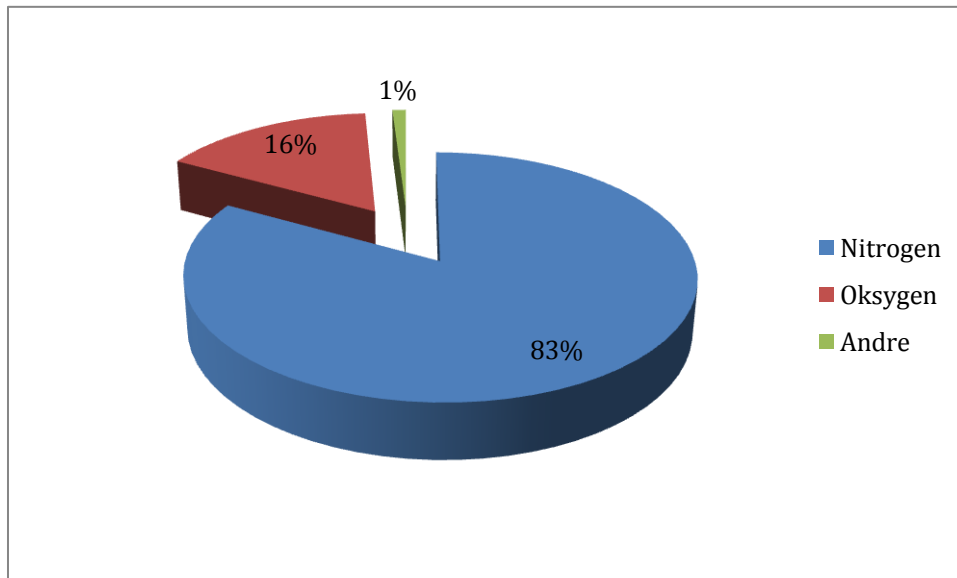
Det vil nå komme en innføring i begrepene konstant inert luft og inergen.

##### Konstant inert luft

Konstant inert luft er luft med redusert oksygenivå. Oksygenkonsentrasjonen er redusert fra ca. 21 prosent til 15-16 prosent (SINTEF byggforsk 2009). Figur 1 og figur 2 viser sammensetningen til normal luft og konstant inert luft. Normal luft består av ca. 78 prosent nitrogen, ca. 21 prosent oksygen og ca. 1 prosent annet. Konstant inert luft består av ca. 83 prosent nitrogen, ca. 16 prosent oksygen og ca. 1 prosent annet.



Figur 2 Figuren viser sammensetningen til normal luft.

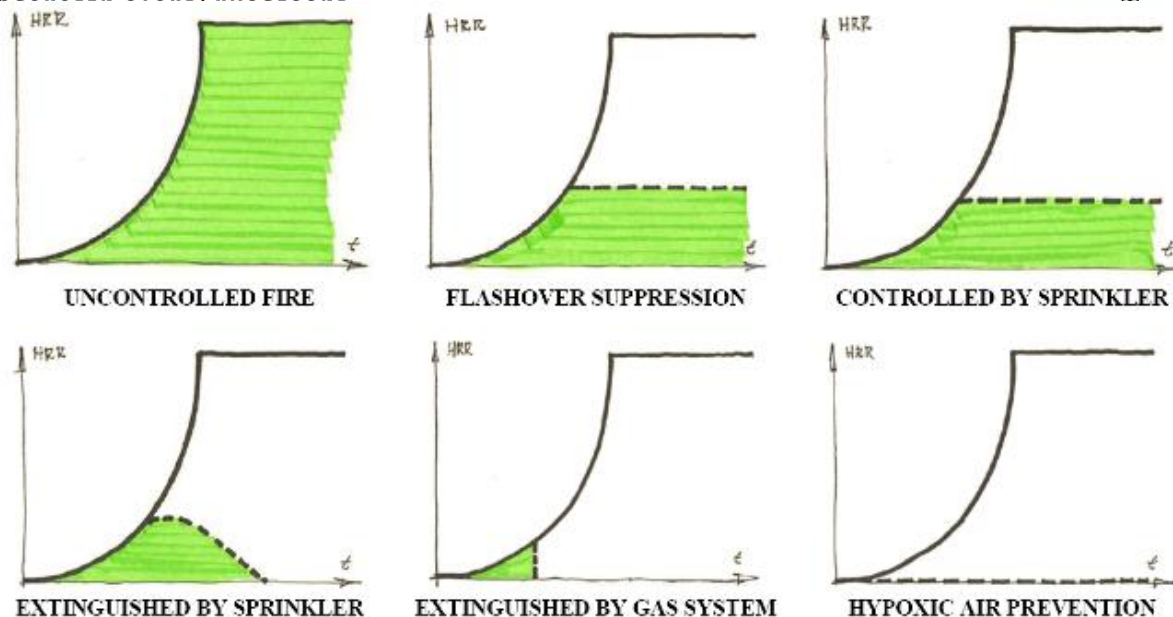


**Figur 3** Figuren viser sammensetningen til inert luft.

Partialtrykket for oksygen ( ) i konstant inert luft er omtrent det samme som i en trykkabin i fly og på høyden 2400 meter over havet (m.o.h.) (SINTEF byggforsk 2009). Luften er dermed trygg å puste i (Jensen 2012b). Likevel bør personer som frarådes å fly unngå å oppholde seg i oksygenfattige omgivelser. I følge OFAS anbefales det ikke å befinne seg i en omgivelse med konstant inert luft over lenger tid, fordi det er usikkerhet knyttet til personrisiko (OFAS u.å.).

Konstant inert luft kategoriseres som passiv brannbeskyttelse, som vil si at ingenting må aktiveres mekanisk, elektrisk eller pneumatisk for at det skal fungere (Jensen 2012a). Oksygenivået på konstant 15-16 prosent hindrer en brann i å inntreffe. Dermed vil det ikke kunne oppstå noen form for brannskade, se figur 4. Metoden baserer seg på at systemet står på hele tiden. Likevel er det bare aktivt 15 – 50 prosent av døgnet. Anlegget kan derav anses å være energikrevende. Dersom systemet skulle svikte eller slås av, vil rommet likevel kunne være brannsikkert i inntil flere timer (Jensen 2012a).





Figur 4 Skadeomfang ved forskjellige sløkkesystem. Hentet fra Geir Jensens presentasjon Brannsikert inneklime i fjellanlegg (2012).

Det lave oksygenivået fører til at nedbrytningen av materialer skjer saktere og bevarer dermed gjenstandene. Konstant inert luft kan derfor egne seg godt i museum, galleri, bibliotek og arkiv (SINTEF byggforsk 2009).

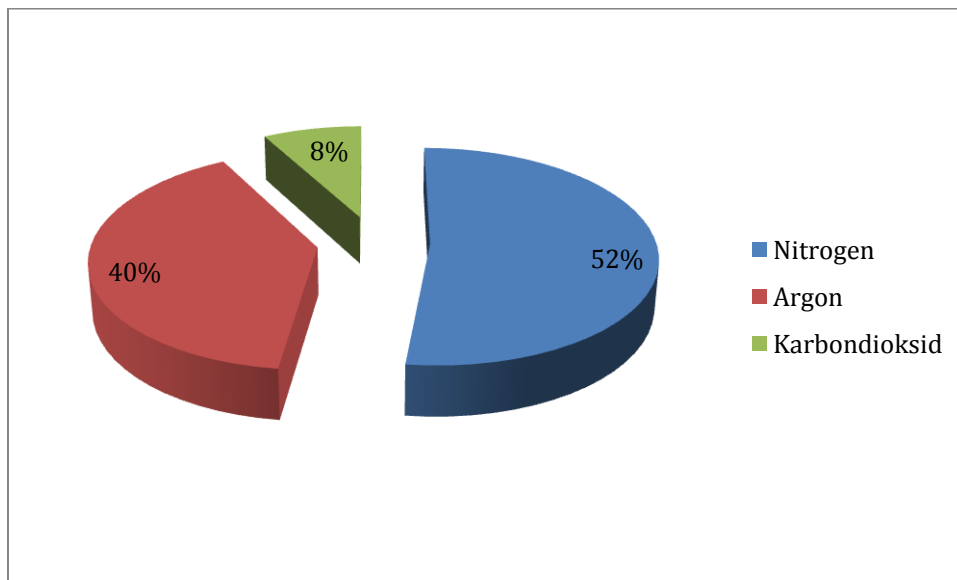
Systemet er kostnadseffektivt ved store volum og fungerer svært godt både i rom med stor takhøyde og i kalde omgivelser (Jensen 2012b). Det tåler også høy varme og mye fuktighet. En viktig faktor er derimot at området som skal beskyttes må være tett. Typiske områder hvor konstant inert luft blir benyttet som brannforebyggende tiltak er i datarom, serverrom, datalager, telecom, elektrotekniske rom, radaranlegg, kraftindustri og tv-master. Dette er rom som ikke har permanent bemanning. Det skyldes blant annet at det kan være et ventilasjonsbehov som ikke tilfredsstilles ved åtte timers arbeidsdag.

Systemets generator kan installeres både utenfor og inne i rommet som skal beskyttes. I vedlegg 1 finnes en skissert oversikt over et system for konstant inert luft. Det anbefales å installere det separat, men det er mulig å bygge det inn i ventilasjonsanlegget. I følge SINTEF byggforskserien (2009) består generatoren av membranfilterenhet, kontrollenhet og kompressor. Dette gjelder for bygg som ikke har trykkluftanlegg. Anlegget tar forholdsvis liten plass og er miljøvennlig (Jensen 2012b).

Systemet for konstant inert luft overvåkes av en sentral, og vil gi melding umiddelbart dersom oksygenivået ikke holder seg innenfor de gitte grenseverdiene (PAS 95 2011). Systemet har ingen feilutløsninger fordi det er på hele tiden. Det er ikke avhengig av spjeld eller andre komponenter som står klare til aktivering.

Inergen består av nitrogen, argon og karbondioksid, se figur 5 (Standard Norge 2008b). Alle disse finnes naturlig i atmosfæren. Inergen påvirker derfor ikke ozonlaget og bidrar heller ikke til drivhuseffekt. Gassen fortrenger oksygen og reduserer oksygenivået ned til 10-12 prosent når en brann detekteres. Det skjer ved at gassen blir utløst i rom hvor det har oppstått brann. Siden det ikke lenger er tilstrekkelig med oksygen, vil brannfirkanten ikke være komplett og brannen vil slukkes.

Inergen består av 40 prosent argon, som er en edelgass. Sammen med 52 prosent nitrogen gjør det at gassen er ikke-aktiv, som vil si at det ikke forekommer noen kjemiske reaksjoner med andre stoffer. Det er også tilført 8 prosent karbondioksid. I luften som mennesker puster ut finnes det 3-4 prosent karbondioksid. Inergen erstatter vanligvis 50-60 prosent av luften i rommet. Det vil da være omtrent 3-4 prosent karbondioksid i rommet. Noe av karbondioksidet vil fortrennes i prosessen.



Figur 5 Figuren viser sammensetningen til inergen

Inergen er en ren gass ettersom den ikke forurenses. Den er ikke korrosiv, leder ikke strøm, lukter ikke og har heller ingen farge (Standard Norge 2008b). Gassen er ikke helsefarlig, og ifølge leverandørene er den personsikker ved rett bruk.

Gassen er stabil og har lang holdetid, som vil si slokkedyktig konsentrasjon i rommet. Grunnet tilnærmet lik vekt vil gassen blande seg homogent med den vanlige luften (Gjessing 2002).



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



Tomme inergen-flasker kan byttes ut med nye, eller fylles opp igjen der de er installert ved hjelp av en pumpe<sup>2</sup>. Inergen har ingen følgeskader ved utløsning dersom korrekt design og installasjon forekommer. Det vil derimot et sprinkler- og vanntåkeanlegg ha.

Gassen er utviklet for å beskytte følsomme enheter som elektrisk, elektronisk og mekanisk utstyr. Gassen er derfor godt egnet for datarom, generatorrom, tavlerom, produksjonslokaler, lagerlokaler, verneverdige bygg og museum. Sløkkemiddelet egner seg også i rom hvor det er høyt under taket (SINTEF byggforsk 2009). I vedlegg 2 vises et anlegg for inergen.

### 3.2. Standarder og retningslinjer

I følge Standard Norge (u.å.) blir standard definert som et *”dokument til felles og gjentatt bruk, fremkommet ved konsensus og vedtatt av et anerkjent organ som gir regler, retningslinjer eller kjennetegn for aktiviteter eller resultatene av dem for å oppnå optimal orden i en gitt sammenheng.”* Denne definisjonen er hentet fra NS-EN 45020:2006.

En standard kan anses som et sett med retningslinjer, hvor etterlevelse som regel er frivillig (Standard Norge u.å.). Den gir forslag til hvordan oppgaver kan løses og håndteres. Prøving, sertifisering og akkreditering er noen av forholdene som reguleres i en standard. Den skal kontrollere og sikre produkt, produksjonsprosesser og tjenester. Det vil nå komme en innføring i hva som regulerer bransjen innen konstant inert luft og inergen i Norge i dag.

#### 3.2.1. Fakta

Det finnes ikke en norsk standard for konstant inert luft. Leverandørene bruker derfor PAS 95:2011 *Hypoxic air fire prevention systems – Specification* (Jensen 2012c). Tyske VdS har publisert retningslinjer for konstant inert luft, VdS 3527en *Inerting and Oxygen Reduction Systems, Planning and Installation*, som også er tilgjengelig for bruk her i landet. Den norske Byggforskserien blir også brukt som et hjelpemiddel for bransjen (Jensen 2012b).

For inergen blir den amerikanske standarden NFPA 2001: *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems* brukt (OFAS u.å.). Den norske og europeiske standarden NS-EN 15004-10:2008 *Faste brannsløkkesystemer – Gass-sløkkesystemer – Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-sløkkesystemer for IG-541-sløkkemiddel* er viktig i Norge. Det samme gjelder for den internasjonale standarden ISO 14520-15:2005 *Gaseous fire-extinguishing systems – physical properties and system design: Part 15: IG-541 extinguishant*.

#### 3.2.2. PAS 95:2011 Hypoxic air fire prevention systems – Specification

PAS står for Publicly Available Specification som vil si en *offentlig tilgjengelig spesifisering*. PAS 95:2011 er ikke en britisk standard, men blir likevel regnet som en. Det er et godt hjelpemiddel for bransjen, ettersom den tar for seg systemdesign, farer/risiko, helse, sikkerhet,

---

<sup>2</sup> Tor Eystein Hovda, Fire Eater AS.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

installering, testing, vedlikehold mm. PAS 95:2011 er et resultat av sponsorene AcecoTI, Colorado Altitude Training, COWI, FirePASS Group, Hypoxic Technologies, LPG Fire, Opsys, Prevenex Europe og Wagner Group. Den ble utgitt 16. november 2011.



### **3.2.3. VdS 3527en Inerting and Oxygen Reduction Systems, Planning and Installation.**

VdS står for Vertrauen durch Sicherheit, som er en tysk uavhengig institusjon og er Tysklands svar på norske SINTEF. *VdS 3527en Inerting and Oxygen Reduction Systems, Planning and Installation* bygger blant annet på CEA, Comité Européen des Assurances, sine retningslinjer for inert gass-slokkesystem. VdS 3527 er en normativ retningslinje som spesifiserer krav ved planlegging, installering og vedlikehold av inert luft system. Den ble offentliggjort januar 2007.

### **3.2.4. 550.363 Brannsikringsløsninger for rom med skadefølsomt innhold**

Byggforskserien er byggenæringens kvalitetsnorm. Den omhandler løsninger for å tilfredsstille funksjonskravene i TEK 97, som er *forskrift om tekniske krav til byggverk*. Byggforskserien er et resultat av erfaring, praksis og forskning (SINTEF Byggforsk u.å.). En anvisning i byggforskserien er *550.363 Brannsikringsløsninger for rom med skadefølsomt innhold*, som inneholder et eget kapittel om brannsikring med konstant inert luft. Kapitlet tar for seg hvordan konstant inert luft skapes, bruksområder, installering mm. Det er i tillegg et kapittel om brannsikring med gasser, hvor inergen blir omtalt. Anvisningen er datert april 2009.

### **3.2.5. NFPA 2001: Standard on clean agent fire extinguishing systems, 2012 edition**

NFPA står for National Fire Protection Association og er en amerikansk bransjeorganisasjon. Standarden inneholder minimumskrav for gass-slokkesystemer. Den er utarbeidet som et hjelpemiddel for de som driver med systemdesign, installering, testing, inspeksjon mm. 2012-utgaven ble godkjent som en amerikansk standard 31. august 2011.

### **3.2.6. NS-EN 15004-10:2008 Faste brannsløkkesystemer – Gass-slokkesystemer – Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-slokkesystemer for IG-541-slokkemiddel**

NS-EN 15004-10:2008 er en norsk og europeisk standard som omfatter gass-slokkesystemet IG-541, også kalt inergen. Standarden tar for seg fysiske egenskaper, spesifikasjoner, bruk, sikkerhet mm. Det er den europeiske komiteen for standardisering, CEN, som står bak standarden. CEN består av 33 medlemsland, og er anerkjent som et europeisk standardiseringsorgan av EU (CEN 2009). I Norge trådte den i kraft oktober 2008.



### **3.2.7. ISO 14520-15:2005 Gaseous fire-extinguishing systems - physical properties and system design: Part 15: IG-541 extinguishant**

ISO står for International Organization for Standardization, og er en internasjonal standardiseringsorganisasjon. ISO 14520 del 15 omhandler IG-541 sløkkemiddelet, også kalt inergen. Standarden inkluderer detaljer for fysiske egenskaper, spesifikasjoner, bruk og sikkerhetsaspekter. Den er datert 15. desember 2005, som er andreutgaven av standarden.

### **3.3. Helse**

Den tradisjonelle definisjonen på helse er fravær av sykdom. Verdens helseorganisasjon definerte i 1948 helse som *"en tilstand av komplett fysisk, psykisk og sosialt velvære og ikke bare fravær av sykdom eller lyte"* (Braut 2009). Denne definisjonen har fått mye kritikk, fordi den blir sett på som uoppnåelig. I dag defineres helse som *"evnen til å kunne leve et økonomisk og sosialt produktivt liv"* (Lærum 2005).

Arbeidsgiver skal i følge arbeidsmiljøloven sørge for et fullt forsvarlig arbeidsmiljø, både fysisk og psykisk. Hensynet til arbeidstakernes sikkerhet, helse og velvære står i fokus. Her kommer også et forsvarlig inneklima frem. Arbeidsgiver skal sørge for at klimaet er forsvarlig i forhold til luftvolum, ventilasjon, fuktighet, trekk, temperatur o.l.

Helse og personsikkerhet er sentrale faktorer når det kommer til konstant inert luft og inergen. Mennesket puster til vanlig inn luft som inneholder ca. 21 prosent oksygen. Hvilken effekt kan oksygenredusert luft ha på menneskekroppen? Tilstanden der kroppen får for lite oksygen til å opprettholde normal funksjon kalles hypoksi. Kroppens forskjellige vev og organ påvirkes ulikt av denne oksygenmangelen. Det vil nå bli redegjort for hvorfor konstant inert luft blir sammenlignet med omgivelsen i fly og høye fjell, og hva omgivelsen gjør med kroppen. Videre vil det komme en utgreiing om hvilke virkninger inergen, med sin sammensetning, kan ha på mennesket.

#### **3.3.1. Luftrykk, lufttetthet og partialtrykk**

Den oksygenfattige omgivelsen som skapes ved konstant inert luft kan sammenlignes med omstendigheten mennesket blir utsatt for i trykkabinen når de flyr og når de bestiger høye fjell. I passasjerfly blir mennesker utsatt for en maks høyde på 2438 meter (8000 fot) i trykkabinen (Owe 1999). Det tilsvarer nesten Galdhøpiggen med sine 2469 meter.

Mennesket reagerer på høyde avhengig av luftrykket. Luftrykk, også kalt barometertrykk, er tyngden som alle luftpartiklene (molekylene) utgjør over det punktet som trykket blir målt (Owe 1999). Det er mange måleenheter på trykk, men kilopascal [kPa] og atmosfæretrykk [atm] vil bli brukt her.

Luftrykket avtar med høyden. Dette henger sammen med at lufttettheten, som er antall gasmolekyl per volumenhet, blir mindre (Owe 1999). Luften blir derav tynnere og lettere i høyden. Ved en høyde på 5486 meter (18 000 fot) er luftrykket redusert til en halv atmosfære

trykk. Det er halvparten av trykket ved havflatenivå, se tabell 2. Tabell 3 og 4 tar for seg standardatmosfæren og gjennomsnittsf forholdene ved 45 grader nordlig bredde (Owe 1999). Tabell 3 viser blant annet at trykket ved 2438 meter (8000 fot) er 75,3 kPa. Dette er en høyde som sammenlignes med omgivelsen som konstant inert luft skaper. Til sammenligning er trykket 101,3 kPa ved havflatenivå, som er ca. der konstant inert luft vil foregå.

**Tabell 2 Normalt lufttrykk ved havflatenivå**

Normalt lufttrykk ved havflatenivå	
1013,25	mb
1013,25	hPa
101,325	kPa
760	mmHg
29,92	inHg
14,7	PSI
1,033	kg/cm <sup>2</sup>
1	atm

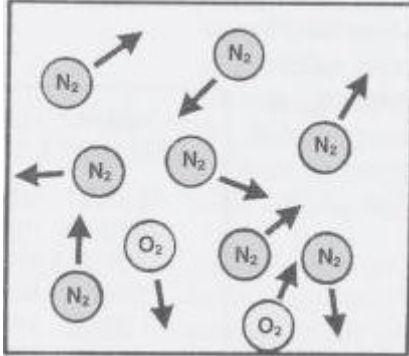
**Tabell 3 Standardatmosfæren. Lufttrykk og temperatur i forskjellige høyder. Tabell er hentet fra Jan Ove Owes bok, Flymedisin**

Høyde		Temperatur Grader celsius	Lufttrykk	
Fot	Meter		kPa	atm
10 000	3048	- 4,8	69,7	0,69
9 000	2743	- 2,8	72,4	0,72
8 000	2438	- 0,8	75,3	0,74
7 000	2134	+ 1,1	78,1	0,77
6 000	1829	+ 3,1	81,2	0,80
5 000	1524	+ 5,1	84,3	0,83
4 000	1219	+ 7,1	87,5	0,86
3 000	914	+ 9,1	90,8	0,90
2 000	610	+ 11	94,1	0,93
1 000	305	+ 13	97,7	0,96
0	0	+ 15	101,3	1,00

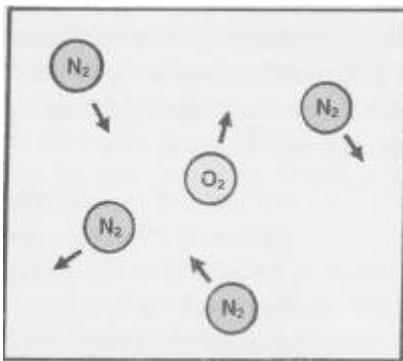
**Tabell 4 Huskeregel: Høyde og trykk. Tabellen er hentet fra Jan Ove Owes bok, Flymedisin**

<b>Høyde i fot</b>	0	8000	18 000	28 000
<b>Trykk i atm</b>	1	3/4	1/2	1/3

Ved redusert lufttetthet er det færre gassmolekyl som støter sammen, se figur 6 og 7. Det gjør at det blir et lavere lufttrykk.



Figur 6 Havflatenivå: 15 grader celsius og 1 atm



Figur 7 22 000 fot: minus 29 grader celsius og 0,42 atm

Som tidligere nevnt, består luft av ca. 21 prosent oksygen og 79 prosent nitrogen. Dette gjelder uansett høyde. Høyden fører derimot til en endring i mengden oksygen og nitrogen. I høyden er det færre gassmolekyl, som vist i figur 6 og 7 (Owe 1999). Dersom lufttrykket er halvert fra en atmosfære trykk til en halv atmosfære trykk, så skjer det også en halvering av gassmolekylene. Det vil si at blant annet mengden oksygen blir halvert. Oksygenet utgjør fremdeles 21 prosent av luften, men siden luften er ”tynnere” utgjør den prosentvise andelen oksygen færre molekyl.

Mengden oksygen som kroppen har tilgjengelig er avhengig av atmosfærens partialtrykk for oksygen ( ). Partialtrykk er ifølge Daltons lov det trykket som en gass (f.eks. oksygen) i en gassblanding (f.eks. luft) ville hatt om den alene hadde tatt opp hele volumet av gassblandingen (Owe 1999). De enkelte gassenes partialtrykk utgjør, summert, totaltrykket i en gassblanding (Moen, del 1, 2003).

For å regne ut partialtrykket kan valgt formel brukes

Partialtrykket er altså avhengig av totaltrykk og prosentvis andel av den aktuelle gassen. Dette er opphavet til at konstant inert luft blir sammenlignet med omgivelsen i fly og høye fjell. De har alle det samme partialtrykket for oksygen. Kroppen har altså samme mengde oksygen

tilgjengelig under de tre omstendighetene. I fly og på høye fjell er trykket den avgjørende faktoren for . Ved konstant inert luft er det prosentvis andel oksygen som er avgjørende.

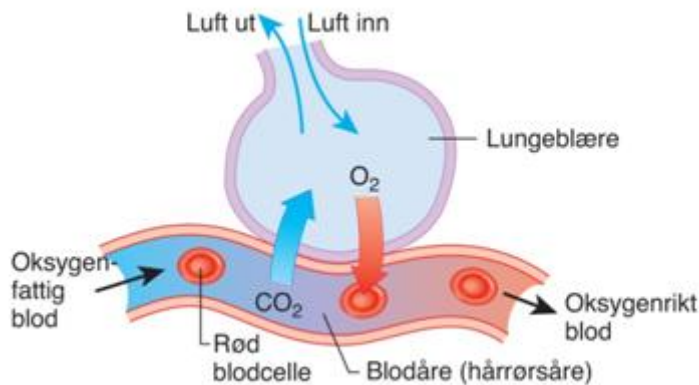
Ved høyden 2438 meter (8000fot) er det et trykk på 75,3 kPa, se tabell 3. Andel oksygen i luften er ca. 21 prosent.

Formelen gir da et partialtrykk for oksygen på 15,8 kPa. Ved konstant inert luft er det et trykk på 101,3 kPa, se tabell 3. Andel oksygen er redusert til ca. 15 prosent.

Partialtrykket for oksygen blir da 15,2 kPa. Svarene er forholdsvis like.

### 3.3.2. Pustefysiologi

Kroppen er avhengig av oksygen, og blir påvirket av mengden oksygen som er tilgjengelig. Blodet tar opp oksygen gjennom luften i lungene. I lungeblærene (alveolene) skjer det en gassutveksling (Cappelen damm u.å.). Det vil i korte trekk si at oksygen pustes inn og karbondioksid ( $\text{CO}_2$ ) pustes ut, se figur 8. Når er lik i alveolluften og i kapillærblodet i lungene, går det oksygenrike blodet til venstre hjertehalvdel. Her fra blir blodet pumpet med høyt trykk til alle deler i kroppen. Blodet føres så tilbake til høyre hjertehalvdel. Videre går det til lungene, der det igjen skjer en gassutveksling, og prosessen starter på ny med at oksygenrikt blod blir pumpet til venstre hjertehalvdel (Owe 1999).



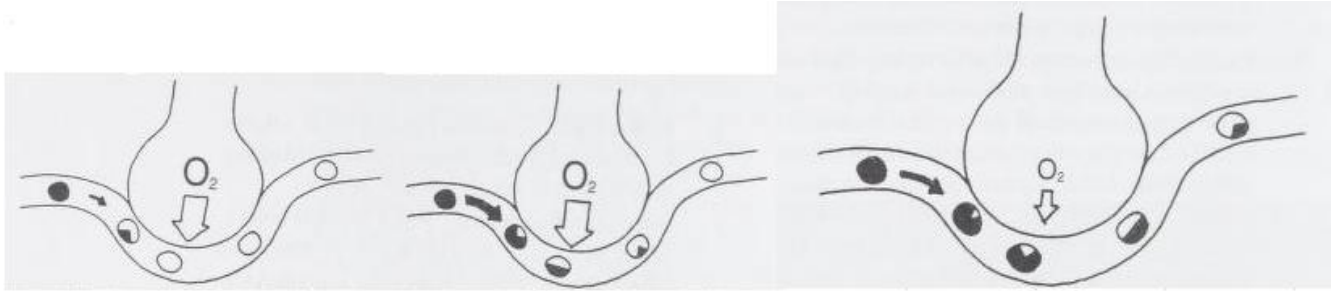
**Figur 8 Gassutveksling.** Figuren viser en lungeblære og en blodåre som ligger rundt. Mellom luften i lungeblæren og blodet foregår det en gassutveksling der oksygen går fra lungeblæren til blodet, mens karbondioksid går fra blodet til lungeblæren.

Luften som mennesket puster inn har et som er 21,3 kPa ved 1 atm. Mennesket puster ut et redusert på 13,7 kPa.

Når partialtrykket for oksygen er lavere ved innånding, går oksygenovergangen fra lungene til blodet saktere (Owe 1999). Det kan føre til at det ikke blir oppnådd likevekt ( ) mellom



alveolluft og blod, se figur 9. Denne virkningen forsterkes ved fysiske anstrengelser ettersom blodsirkulasjonen er raskere. Blodet rekker da ikke å bli rikt på oksygen.



**Figur 9 Oksygenovergang:** Første bilde viser høyt oksygentrykk i lungene ved havflatenivå under hvile. Det er lang kontakttid alveolluft/blodlegemer (0,75 s). Likevekt etter 0,25 sekunder. Andre bilde viser høyt oksygentrykk i lungene ved havflatenivå under hardt muskellarbeid. Kort kontakttid alveolluft/blodlegemer (kanskje 0,25 s) pga. rask blodsirkulasjon. Likevekt etter 0,25 sekunder. Tredje bilde viser lavt oksygentrykk i lungene i høyden. Lavt oksygentrykk og rask sirkulasjon fører til at kontakttiden blod-luft kan bli for kort til at likevekt oppnås. Betydelig forverring ved hardt muskellarbeid. Hentet fra Jan Ove Owes bok, Flymedisin.

Økt partialtrykk for  $\text{CO}_2$  fører til økt pH som reduserer oksygenmetningen til hemoglobinet, se figur 9 (FPA 2006).

$\text{CO}_2$  - innholdet i blodet påvirker åndedrettsentret til mennesket (Owe 1999). Når  $\text{CO}_2$  - innholdet øker, som er tilfelle ved f.eks. trening fordi musklene produserer mer  $\text{CO}_2$ , fører det til at mennesket puster dypere og hurtigere. Det gjør at mennesket klarer å "kvitte seg" med den økte mengden  $\text{CO}_2$ . På denne måten oppnås normalt nivå.

Ved en helsevurdering av mennesker som arbeider i en oksygenfattig atmosfære, bør fokuset ligge på de faktorene som påvirker kroppens prosesser og effektiviteten til å ta opp oksygen og transportere det til organ og vev (FPA 2006).

### 3.3.3. Hypoksi

Hypoksi er, som tidligere nevnt, tilstanden der menneskekroppen får for lite oksygen til å opprettholde normal funksjon. Det er flere årsaker til dette. Luften kan være for tynn, og i lungene for lavt til å presse nok oksygen over i blodet (Owe 1999). Ved en høyde på ca. 3000 meter (10 000 fot) blir oksygenopptaket i blodet kraftig redusert. Det er da fare for hypoksi fordi i lungene er lavere enn 8 kPa. Sammenlignet med normalt lufttrykk ved havflatenivå er i lungene 13,7 kPa.

En annen årsak til hypoksi er at blodet inneholder for lite hemoglobin, så transportkapasiteten for oksygen er nedsatt. Det gjør at kroppens vev og organer ikke får den oksygenmengden de trenger for å opprettholde sine funksjoner.

Et tredje forhold som kan føre til hypoksi er treg blodsirkulasjon. Det gjør at kroppen bruker for lang tid på å sende oksygenet rundt i kroppen. Noen områder kan da ende opp med å ikke få oksygenrikt blod (Owe 1999).

Når det kommer til hypoksi og høyde, regnes området under 3048 meter (10 000 fot) som ”symptomfattig”, se tabell 5 (Owe 1999). Det vil si at det er få og reversible symptom. Test av unge, friske, ikke-røykende personer som sitter i ro og plutselig blir utsatt for en høyde mellom 1524 m – 3048 m (5000-10 000 fot) viser en svekket mental kapasitet. Nye situasjoner kan da oppleves kritiske, og være vanskeligere å håndtere. Dette må det tas høyde for ved arbeid i oksygenfattig atmosfære.

**Tabell 5 Hypoksistadier og symptom. Figur er hentet fra Jan Ove Owes bok Flymedisin.**

3000 m – 4500 m (15 000 fot)	Kompensatorisk stadium	Rusfølelse Likegladhet Nedsatt konsentrasjonsevne Svekket hukommelse Uklar tankegang Lengre reaksjonstid Manglende selvkritikk Nedsatt dømmekraft Hodepine Tretthet
1500 m – 3000 m (10 000 fot)	Symptomfattig stadium	Lett mental reduksjon Nedsatt mørkesyn
0 – 1500 m (5000 fot)		Ingen symptom

### 3.3.4. Høydehus, høydetrening og høydeakklimatisering

Det kan trekkes paralleller mellom høydehus, høydetrening og høydeakklimatisering, og konstant inert luft. Sentralt står oksygenfattig luft, og kroppens behov for å tilpasses omgivelsen. Akklimatisering, altså fysiologisk tilpasning til høyde, er nødvendig for at idrettsutøvere skal lykkes i konkurranser som holdes i høyden (Karlsen 2011). Noen anbefales å både bo og trene i høyden for å forberede seg, i inntil to uker eller mer. Dette for å øke mengden røde blodceller (hemoglobin). Det skjer ved at hormonet EPO stimulerer til produksjon av flere røde blodceller. Nivået øker med 100 til 200 prosent de første 24 timene i høyden, sammenlignet med lavlandet. Dette vil jevne seg ut. Tre til fire ukers opphold i en høyde på 2000-2500 meter vil gi en økning av røde blodceller på ca. 8 prosent. Oksygenopptaket vil samtidig øke med 5 prosent. Dette gjelder friske, unge mennesker med tilstrekkelig jernlager (Karlsen 2011).

Høydehus og rom med konstant inert luft kan betraktes som det samme. Førstnevnte er forbudt i Norge, ettersom det anses som en gråsoner i forhold til doping. Det blir ikke betraktet som etisk riktig å ”fremprovosere” produksjonen av røde blodceller for å øke oksygenopptaket. Helsefare ved høydehus er høydesyke, dehydrering og blodpropp (Hauge 2009).

CO<sub>2</sub> har gjennom forskning vist seg å ha en effekt på mennesker med akutt høydesyke (Harvey m.fl. 1988). Ved å tilsette tre prosent CO<sub>2</sub> til luften økte menneskets ventilasjon, som



### 3.3.5. Inergens virkning på helsen

Ved bruk av inergen som slokkemiddel dannes det en atmosfære som inneholder 10-12 prosent oksygen. 10 prosent oksygenkonsentrasjon (havflatenivå) er for lite oksygen til at den delen av hjernen som kontrollerer pusten fungerer (FPA 2006). Inergen er derfor tilsatt en liten mengde CO<sub>2</sub>. Som tidligere nevnt påvirker CO<sub>2</sub> åndedrettsentret til mennesket. En CO<sub>2</sub>-konsentrasjon mellom to og fire prosent stimulerer pustefrekvensen og inhaleringen (SINTEF u.å.). Følgelig puster mennesket fortere og dypere, som gjør at menneskets oksygenopptak øker. CO<sub>2</sub> – innholdet kompenserer for den oksygenreduserte luften. Dette kalles kompensert hypoksi, som kan anses som en godtgjørelse. Kombinasjonen karbondioksid og lavt oksygennivå har vist seg å opprettholde et tilstrekkelig oksygentrykk i lungene, blod og vev (Consolazione m.fl. 1947).

Forskning viser at karbondioksid også fører til økt oksygentilførsel til hjernen (Gibbs m.fl. 1943). Det er dokumentert ved at det skjer en økning i oksygenmetningen, som er hemoglobin bundet til oksygen, i blodåren mellom hjerne og hjerte. Ved å tilsette CO<sub>2</sub> til den oksygenfattige luften legges det til rette for maksimal utnyttelse av det tilgjengelige oksygenet. Årsaken er at det skjer en økt lungeventilasjon, med påfølgende økt oksygenopptak. Det sikrer at hjernen får en maksimal andel av det oksygenrike blodet.

Det er tilfellet at et for lavt CO<sub>2</sub> -nivå gjør at hjernearteriene trekker seg sammen (Owe 1999). Ved å øke CO<sub>2</sub> -nivået (4 prosent) utvider hjernearteriene seg, som øker blodgjennomstrømmingen, og der igjen oksygentilførselen.

### 3.3.6. Helseeffekt og konsekvenser

Mennesker med kroniske hjerte-/lungesykdommer, blodmangel og lignende bør absolutt ikke utsettes for høydeklimate. Mennesker med velbehandlede hjerte-/lungesykdommer, alvorlig sukkersyke, høyt blodtrykk, gravide, barn, og overvektige bør være spesielt forsiktige med høydeklimate (Sæthre 2007).

FPA har laget en liste med spørsmål i forhold til medisinsk historie, se vedlegg 3. Dersom en av disse besvares med ”ja”, bør en videre undersøkelse gjennomføres av lege før opphold i oksygenfattige omgivelser.

### 3.3.7. Psykisk helse

Det er påbudt med skilting av rom som har redusert oksygennivå, jf PAS 95:2011.

Advarselsskilt om oksygenfattig atmosfære kan oppleves som en stressfaktor. Mennesker kan bli redde, og føle en psykisk belastning.



Det er viktig at mennesker som utsettes for konstant inert luft og inergen får tilstrekkelig innføring i hva oksygenfattig luft vil si. De må få mulighet til å bli vant til omgivelsen. Det vil oppstå turbulens og støy når inergen frigjøres og alarmen utløses, noe som kan oppleves som skremmende. Det er viktig at de det gjelder får oppleve atmosfæren og bli trygg på situasjonen. Ansatte skal ikke føle at de blir ”gasset” når systemet aktiveres.

Det har mye å si for den psykiske helsen at muligheten til å forlate det oksygenfattige området er til stede. Mennesker føler mindre stress dersom de vet at de på egenhånd raskt kan ta seg ut. Her har leverandørene en viktig jobb å gjøre i forhold til informasjon.

### **3.3.8. Veiledninger, retningslinjer og standarder**

Når det kommer til veiledninger, retningslinjer og standarder tar de alle for seg helseaspektet. Essensen er at dersom ubehag oppstår som følge av den oksygenfattige luften, skal rommet forlattes umiddelbart. Helsesjekk av lege kan være aktuelt før arbeid i en slik atmosfære.

### **3.4. Effektivitet**

En viktig faktor ved et brannsløkkesystem er at det er effektivt. Det vil si at det slukker brannen på et tidlig tidspunkt for å hindre spredning og redusere skadeomfanget. Det er også viktig at sløkkemiddelet ikke forårsaker mer skade enn nødvendig. For eksempel kan et sprinkleranlegg føre til store vannskader, og utløsning av et CO<sub>2</sub>-anlegg vil kunne medføre død for mennesker som er til stede. Alvorlige hendelser må unngås. Det er derfor utviklet konstant inert luft og inergen. Disse to typene anlegg vil ikke medføre skade på verken mennesker, miljø eller andre verdier, med forbehold om at det blir anvendt på riktig måte og har korrekt design. Det bør også være utført i henhold til gitte standarder.

Effektiviteten til de to anleggene vil nå vurderes. Det blir tatt utgangspunkt i om det er behov for ekstra brannsikringstiltak, om det er behov for flere installasjoner knyttet til anlegget, behov for tetthet, oksygenindeks, størrelse på anleggene, hvor anleggene er installert, og hvor anleggene ikke er egnet.

#### **3.4.1. Nødvendig med ekstra brannsikringstiltak?**

I teknisk forskrift står det:

Byggverk skal ha utstyr for tidlig oppdagelse av brann slik at nødvendig rømningstid reduseres. Følgende skal minst være oppfylt:

- a) Byggverk beregnet for virksomhet i risikoklasse 2 til 6 skal ha brannalarmanlegg.
- b) I byggverk beregnet for få personer og byggverk av mindre størrelse, kan det brukes røykvarslere dersom rømningsforholdene er særlig enkle og oversiktlige. Røykvarslere skal være tilknyttet strømforsyningen og ha batteribackup. I branncelle med behov for flere røykvarslere, skal varslerne



være seriekoblet. I byggverk uten strømforsyning kan det benyttes batteridrevne røykvarslere.

Med grunnlag i denne forskriften vil det derfor ikke være krav til brannalarmanlegg i alle bygg som er beskyttet av konstant inert luft og inergen. Eksempler på byggverk i risikoklasse 1, som ikke blir dekket av forskriften, vil f. eks. være fryselagre. Fryselagre er et typisk eksempel på rom som blir beskyttet av de to anleggene. Andre eksempler vil være skur, carport og garasje. De sistnevnte er derimot områder der det heller ikke vil være nødvendig å installere konstant inert luft-anlegg eller inergen-anlegg. Både PAS 95:2011 og VdS 3527en stiller krav til brannalarmanlegg.

### **Konstant inert luft-anlegg**

Konstant inert luft hindrer ikke røykutvikling fra el-branner som følge av overheting, varmgang i lagre eller lysbuer (SINTEF Byggforsk 2009). I tillegg kan det kun i begrenset grad hemme ulmebranner. Inert luft reagerer heller ikke på pyrolyse eller røyk av andre årsaker enn forbrenning (Chiti og Jensen 2011). I følge PAS 95:2011 er det likevel ikke krav til at et konstant inert luft-anlegg skal ha detektorer og alarmanlegg. I følge VdS 3527en skal derimot områder som er beskyttet av oksygenreducerende systemer være utstyrt med deteksjonsanlegg og alarmanlegg i henhold til VdS 2095.

### **Inergen-anlegg**

Heller ikke inergen hindrer røykutvikling fra el-branner, om kan kun i begrenset grad hemme ulmebranner (SINTEF Byggforsk 2009).

I følge NS-EN 15004-1 (Standard Norge 2008a) skal det være installert deteksjons- og alarmanlegg, samt kontrollpanel. Disse skal testes og vedlikeholdes i henhold til nasjonale standarder.

### **3.4.2. Behov for flere installasjoner knyttet til anlegget?**

Her vil i hovedsak sikkerhet generelt bli omtalt, og ikke brannsikkerheten, som ble beskrevet i kapittel 3.4.1.

### **Konstant inert luft anlegg**

I PAS 95:2011 og den tyske standarden VdS 3527en kommer det frem at områder som er dekket av konstant inert luft skal ha oksygensensorer. Oksygensensorene skal være plassert på forskjellige steder i rommet og gi informasjon om oksygenkonsentrasjonen i hele vernesonen. I følge VdS 3527en skal det brukes VdS-godkjente oksygenmålere, som skal være godkjent for hver enkelt anvendelse. Sensorene må være plassert slik at de ikke kommer i kontakt med injeksjonen av inert luft eller nitrogen. Avlesningene fra sensorene skal gjenspeile et homogent inert luft-miljø. I PAS 95:2011 kommer det også frem at prestasjonsindikatoren skal, som et minimum for det beskyttede området, vise nivået på oksygenkonsentrasjonen i rommet/område. Oksygensensorene skal gi alarm både ved for høy og for lav konsentrasjon av oksygen.

I følge VdS 3527en skal plassering, antall og type målepunkter fastsettes med hensyn til helsefare og inert gass. Dette betyr at følgende skal tas hensyn til

- Ventilasjonsforhold, strømmer og avtrekksluft
- Romforhold (store romvolum, inventar)
- Ugunstige områder (eksempel sluser)
- Alle forhold som kan svekke en kontinuerlig homogen blanding med tilstrekkelig konsentrasjon

I PAS 95:2011 er det krav til at hvert område som dekkes av konstant inert luft, skal ha minimum to uavhengige oksygensensorer.

Både PAS 95:2011 og VdS 3527en stiller krav til at installering av systemet skal bli foretatt av kompetent personell. Det skal stå i samsvar med systemdesignets spesifikasjoner og inkludere følgende komponenter (PAS 95 2011)

- Luftseparasjonssystem
- Kontrollpanel
- Ledninger og strømforsyning
- Oksygenovervåkningssystem
- Kompressor
- Eventuelt tørker, lydtemper og rørnett

I følge PAS 95:2011 skal denne typen anlegg måle oksygenkonsentrasjonsnivået hvert 10. minutt. Oksygenkonsentrasjonsnivået, alarmer, driftssyklus og feil skal registreres og lagres i minimum 12 måneder.

I følge VdS 3527en skal det alltid være skilting ved områder som er beskyttet av konstant inert luft. Mennesker skal være klar over hva de utsettes for, og dersom de føler ubehag i form av kvalme eller svimmelhet er det nødvendig å forlate området.

Det er viktig å sirkulere luften i et område som er dekket med hypoxic air venting (HAV), for at det skal være jevnt innhold av O<sub>2</sub> i rommet til enhver tid. I store områder/lokaler gjelder prinsippet *omluft*.

### **Inergen-anlegg**

I et område som er beskyttet av inergen vil det være installert detektorer som skal detektere brann, samt alarmanlegg (Standard Norge 2008a). Detektorene må være til stede for å detektere brannen slik at sløkegassen blir sprøytet ut i området.



Det vil også være behov for rørledninger og rørdeler. Disse skal samsvare med nasjonale standarder og skal ikke være brennbare. Før endelig montering skal både rørledninger og rørdeler inspiseres. Dette for å sikre at delene er rene, fri for rust og at det ikke finnes noe inne i rørene som kan komme i veien for gjennomløpet. Etter montering skal systemet bli grundig gjennomblåst med tørr luft eller annen komprimert gass (NFPA 2012).

### 3.4.3. Behov for tetthet

Er det nødvendig at områdene der de to anleggene installeres skal være tette, eller er det ikke behov for dette?

#### **Konstant inert luft-anlegg**

I rom med konstant inert luft må det være forholdsvis tett for at det skal være både økonomisk og effektivt (Jensen 2012). I store volum vil det forekomme betydelig større driftskostnader dersom området ikke er tilstrekkelig tett. Vanligvis er anlegget aktivt 15-50 prosent av døgnet. Dersom det er for mye lekkasje vil anlegget være aktivt i mer enn 50 prosent av døgnet. Det vil derfor ikke være kostnadseffektivt å installere i slike områder.

#### **Inergen-anlegg**

Et område som er beskyttet med inergen-anlegg har lavere behov for tetthet enn et område som er beskyttet med konstant inert luft. Årsaken til dette er blant annet at gassen blir sprøytet ut i løpet av få minutter. I tillegg er holdetiden god ettersom gassen blander seg homogent med luften i rommet. Likevel kan det være nødvendig med noen tiltak dersom området er mindre tett (Thommasen 2012). Tiltak kan være å tilføre mer slokkegass eller eventuelt supplere anlegget med flasker med forsinket utløsning eller utvidet tømmeid.

### 3.4.7. Oksygenindeks

Oksygenindeks er betegnelsen på den mengden oksygen som må være til stede i luften for at et stoff skal kunne brenne (Gjessing 2011). Denne indeksen vil være forskjellig fra stoff til stoff. For eksempel er oksygenindeksen til metanol 11,0 prosent. Tilsvarende er oksygenindeksen til papir 14,1 prosent. I tabell 6 finnes et utdrag fra VdS 3527en. Denne viser en oversikt over forskjellige materialer og tilhørende oksygenindeks.



Material	Ignition threshold Vol.% O <sub>2</sub> (temperature of medium in °C)	Design concentration Vol.% O <sub>2</sub>
PVC (cable)	16,9	15,9
PE-LD (packaging foil)	15,9	14,9
Paper (writing paper, 80g/m <sup>2</sup> , white, untreated)	14,1	13,1
Fir wood (pallet wood, untreated)	17,0	16,0
Cardboard palletised (packaging, brown, untreated, plain)	15,0	14,0
Methanol	11,0	10,0
Ethanol	12,8	11,8
Acetone	13,0	12,0

### 3.4.4. Størrelse på område

Det er av interesse å se på hvor mye plass hvert enkelt anlegg tar. Det er tatt utgangspunkt de seks romstørrelsene 60m<sup>3</sup>, 150m<sup>3</sup>, 300m<sup>3</sup>, 2500m<sup>3</sup> og 15000m<sup>3</sup> og 15000m<sup>3</sup> fordelt på seks soner.

#### Konstant inert luft-anlegg

Nedenfor blir det regnet ut arealet av konstant inert luft-anlegg. I tillegg til generatorer, vil det også være behov for et kontrollskap. To forskjellige anlegg blir brukt. Det første har kapasitet opp til 300 m<sup>3</sup>, mens det andre blir installert i områder som er større enn 300 m<sup>3</sup>.

=====

Romstørrelse 60m<sup>3</sup> har behov for to enheter som vist i vedlegg 4 og et kontrollskap

=====

Romstørrelse 150m<sup>3</sup> har behov for tre enheter som er vist i vedlegg 4 og et kontrollskap

=====

Her vil det også være mulig å plassere enhetene over hverandre og arealet kan derfor bli mindre. Det vil da være som for 60m<sup>3</sup>, \_\_\_\_\_.

Romstørrelse 300 m<sup>3</sup> har behov for fire enheter som er vist i vedlegg 4 og et kontrollskap

=====





Her vil det også være mulig å plassere enhetene over hverandre og arealet kan derfor bli mindre. Det vil da være som for  $150\text{m}^3$ , \_\_\_\_\_.

Romstørrelsen  $2500\text{ m}^3$  har et oppgitt areal på  $4,5\text{ m}^2$  og romstørrelsen  $15\ 000\text{ m}^3$  har et oppgitt areal på  $12\text{m}^2$ , uansett om anlegget er delt inn i soner eller ikke<sup>3</sup>.

### Inergen-anlegg

Nedenfor blir det regnet ut arealet av inergen- anlegg<sup>4</sup>. Det er bare tatt utgangspunkt i flaskebanken som er nødvendig.

$60\text{ m}^3$

=====

$150\text{ m}^3$

=====

$300\text{ m}^3$

=====

$2500\text{ m}^3$

=====

$15\ 000\text{ m}^3$  (inndelt i soner)

=====

$15\ 000\text{ m}^3$

=====

### 3.4.5. Områder hvor anleggene er installert

Anleggene er installert på omtrent de samme stedene. Er det noen tydelige forskjeller?

### Konstant inert luft-anlegg

Konstant inert luft er best egnet i tette rom. Eksempler på rom som kan være godt egnet vil være IKT, kunstmagasiner, lagre, fjell-haller, industri, kjernekraft (Jensen 2012a). Det er også godt egnet for museum, galleri, bibliotek og arkiv. Dette fordi systemet ikke bare hindrer brann i å oppstå, men det lave oksygenivået vil redusere oksideringen. Med dette menes det at nedbrytningsprosessen av det materiale som blir lagret vil gå senere (SINTEF bygforsk

---

<sup>3</sup> Atle Nordrehag, Tore Eide AS

<sup>4</sup> Jørn Karlsen, Fire 1



2009). Konstant inert luft er også egnet til bruk i store fryselager, automatiserte høytlagre og tørrlagre. Det er godt egnet for store volum, driftskritiske rom og for rom med sårbart eller kostbart inventar. (Jensen 2012a)

### **Inergen-anlegg**

Inergen-anlegg er godt egnet til bruk i datarom, generatorrom, tavlerom, produksjonslokaler, lagerlokaler, kontrollrom, museum, arkiv og verneverdige bygg (SINTEF byggforsk 2009). Det er godt egnet til å beskytte områder hvor store verdier skal vernes, samtidig som slokkemiddelet heller ikke skal medføre skade på mennesker, inventar eller utstyr. Gassen er utviklet for å beskytte følsomme enheter som elektrisk, elektronisk og mekanisk utstyr. I tillegg egner slokkemiddelet seg til bruk i rom hvor det er høyt under taket (SINTEF byggforsk 2009).

Det er svært få stoffer som har lavere oksygenindeks enn 10 prosent. Et inergen-anlegg vil dermed kunne brukes som brannbeskyttelse de fleste steder.

### **3.4.6. Hvor kan disse anleggene ikke installeres**

Hvilke områder er konstant inert luft-anlegg og inergen-anlegg ikke egnet i?

#### **Konstant inert luft-anlegg**

For at det skal være hensiktsmessig å installere et konstant inert luft-anlegg, må rommet/området være tilstrekkelig tett. Dersom det forekommer luftlekkasjer, og det er vanskelig å tette, vil ikke konstant inert luft-anlegg være egnet (Jensen 2011 a). Det kan derfor bli lite kostnadseffektivt. I tillegg vil det heller ikke være hensiktsmessig å installere denne typen anlegg i områder hvor det lagres stoffer som har en oksygenindeks under 15-16 prosent. Dette fordi anlegget ikke vil kunne slokke denne typen branner. I VdS 3527en er det i tillegg en sikkerhetsmargin på en prosent.

I følge PAS 95:2011 skal ikke konstant inert luft-anlegg installeres i rom/områder der

- tilstrekkelig infiltrasjonskontroll ikke kan oppnås
- en alternativ oksygenkilde er til stede
- oksidasjonsmidler eksisterer og har potensial til å redusere oksygenkonsentrasjonen ved at en kjemisk reaksjon oppstår
- stoffer eller prosesser eksisterer som kan utvikle gasser som er i stand til å modifisere atmosfæren slik at oksygenkonsentrasjonen blir redusert
- hvor fare- og risikovurdering identifiserer en annen kontraindikasjon til deres bruk

I PAS 95:2011 kommer det også frem at konstant inert luft ikke bør brukes i forbindelse med røykkontroll. Systemet kan heller ikke, som tidligere nevnt, hindre ikke-oksiderende ulmebrann eller pyrolyse (PAS 95 2011).



- Der eksplosive gasser (eller eksplosive blandinger av gasser), partikler eller væsker er til stede, eller der eksplosiv atmosfære kan forekomme i nærheten av et område regulert av konstant inert luft-anlegg
- Hvor det lagres eller håndteres reaktive metaller, krutt, metallhydrid, hydrazin og andre kjemikalier som kan forårsake autotermisk nedbryting
- Hvor kjemikalier som inneholder oksygen som er tilgjengelig for forbrenning, f.eks. cellulose nitrat, er til stede

### **Inergen-anlegg**

Det må være svært lite tett for at det ikke skal være hensiktsmessig å installere et inergen-anlegg. I tillegg vil et inergen-anlegg kunne redusere oksygenivået helt ned til 10 prosent dersom det er nødvendig med tanke på innholdet i rommet som skal beskyttes.

### **3.5. Økonomi**

Ved sammenligning av to metoder vil det være sentralt å se på de økonomiske aspektene. Det kan være av interesse å finne det alternativet som kommer best ut økonomisk.

For å hindre og/eller begrense brann er investering i et automatisk slokkeanlegg et av de mest effektive og tekniske tiltakene som kan gjøres (OFAS, u.å.). Ved å investere i et konstant inert luft-anlegg eller et inergen-anlegg vil kostnadene som en eventuell brann medfører unngås. Tap av verdi som følge av brann og skade på verdi som følge av valgt slokkesmetode, settes opp mot investeringskostnadene. Anleggene er derfor godt egnet til rom med verdifullt innhold (SINTEF byggforsk 2009).

I det følgende blir kostnadene som investering i konstant inert luft-anlegg og inergen-anlegg vil medføre presentert. Det fokuseres på innkjøpskostnaden, og kostnader etter 5 år, 15 år og 25 år. Det er valgt å se på kostnadene ved seks forskjellige romstørrelser; 60 m<sup>3</sup>, 150 m<sup>3</sup>, 300 m<sup>3</sup>, 2 500 m<sup>3</sup>, 15 000 m<sup>3</sup> fordelt på 6 soner og 15 000 m<sup>3</sup>. Hensikten er å gi et så korrekt bilde som mulig av den totale kostnaden ved begge metodene.

Strømprisen er satt av Norges Energi til 41,85 øre/kWh, og er utgangspunktet for strømutfgiftene.

#### **3.5.1. Fakta**

Det er tatt utgangspunkt i tall fra to leverandører ved hver metode. Hypoxic Technologies AS og Tore Eide AS leverer konstant inert luft-anlegg. Zenith Elektro AS og Fire1 leverer inergen-anlegg. Videre i oppgaven vil ingen av leverandørene bli navngitt, men vil refereres



til som Inergen 1, Inergen 2, Konstant inert luft 1 og Konstant inert luft 2. Rekkefølgen er tilfeldig for å ha fokus på tallene og ikke på leverandørene.

### 3.5.2. Konstant inert luft

Den første kostnaden i forbindelse med investering i et konstant inert luft-anlegg vil være innkjøpskostnaden. Her vil alle nødvendige komponenter inngå. Det viktigste vil være generatoren som består av kompressor, membranfilter og kontrollpanel (OFAS u.å.). I tillegg kommer blant annet deteksjon av O<sub>2</sub> og styring av oksyngeneratoren.

De videre kostnadene er drifts- og servicekostnader. Disse kostnadene vil variere og kan være vanskelige å fastsette. De årlige ekstra strømutgiftene vil avhenge av strømpris og driftstid. Driftstiden vil igjen avhenge av rommets tetthet og ferdsel av folk inn/ut. Forbruket av reservedeler vil også avhenge av driftstiden. Anlegget er aktivt alt fra 15 prosent til 50 prosent av døgnet. Kostnadene vil derfor variere fra rom til rom og avhenger blant annet av rommets lekkasjerate (Jensen 2012a).

#### Konstant inert luft 1

Tabell 7 viser en oversikt over konstant inert luft 1 sine kostnader for de forskjellige områdene. Ved hjelp av effektbehovet er strømforbruket per år og strømkostnader per år beregnet. Det er her antatt at anlegget går 50 prosent av døgnet.

Tabell 7 Oversikt over kostnadene konstant inert luft 1 har beregnet for de forskjellige områdene.

Område	Innkjøpspris	Effektbehov	Anslått strømforbruk per år	Anslått Strømkostnad per år	Årlige Servicekostnader
1 – 63 m <sup>3</sup>	150 000 kr	1,1 kW	4 818 kWh/år	2016 kr/år	4000 kr
2 – 150 m <sup>3</sup>	200 000 kr	1,7 kW	7 446 kWh/år	3116 kr/år	4000 kr
3 – 294 m <sup>3</sup>	250 000 kr	2,5 kW	10 950 kWh/år	4583 kr/år	6000 kr
4 – 2 511 m <sup>3</sup>	800 000 kr	7 kW	30 660 kWh/år	12 831 kr/år	8000 kr
5 – 15 000 m <sup>3</sup> (delt i 6 soner)	4 800 000 kr	42 kW	183 960 kWh/år	76 987 kr/år	48 000 kr
6 – 15 000 m <sup>3</sup>	3 500 000 kr	30 kW	131 400 kWh/år	54 991 kr/år	11 000 kr

Noen avgrensninger og antydninger er gjort:

- Frakt- og reisekostnader er ikke tatt med i beregningen
- Inkluderer deteksjon av O<sub>2</sub> og styring av oksyngeneratorer
- Annen deteksjon er ikke inkludert
- Lekkasjeraten er 1 prosent



## Konstant inert luft 2

Tabell 8 viser en oversikt over konstant inert luft 2 sine kostnader for de forskjellige områdene. Her har leverandøren selv oppgitt anslått strømforbruk per år, driftstiden er derfor ikke oppgitt. For videre beregninger er gjennomsnittlig årlig servicekostnad på 25 000 kr brukt.

Tabell 8 Oversikt over kostnadene konstant inert luft 2 har beregnet for de forskjellige områdene.

Område	Innkjøpspris	Anslått strømforbruk per år	Anslått strømkostnader per år	Årlige Servicekostnader
1 – 60 m <sup>3</sup>	-	-	-	
2 – 150 m <sup>3</sup>	-	-	-	
3 – 300 m <sup>3</sup>	300 000 kr	3000 kWh/år	1255,5 kr/år	20-30 000 kr
4 – 2 500 m <sup>3</sup>	850 000 kr	17 000 kWh/år	7114,5 kr/år	20 – 30 000 kr
5 – 15 000 m <sup>3</sup> (delt i 6 soner)	1 800 000 kr	105 000 kWh/år	43 942,5 kr/år	20 – 30 000 kr
6 – 15 000 m <sup>3</sup>	1 600 000 kr	100 000 kWh/år	41 850 kr/år	20 – 30 000 kr

Noen avgrensninger og antydninger er gjort:

- Ikke beregnet for de to minste volumene, ettersom de ikke har teknologi/løsninger som er egnet for så små volum
- Lekkasjeraten er 1 prosent
- Ikke regnet med kostnader knyttet til fremføring av EL, ventilasjon og rørføring, fordi dette som regel ligger utenfor deres entrepriser
- Oppgitte årlige servicekostnader er knyttet til filterbytting/oljeskift på kompressor etc.

### 3.5.3. Inergen

Innkjøpskostnaden er den første kostnaden som kommer ved investering i et inergen-anlegg. Innkjøpsprisen vil innebære alle komponenter anlegget trenger, samt prosjektering, montering og idriftsettelse. Aktuelle komponenter er blant annet slokkegass, drivgass, beholdere, rør, dyser, aktivatorer, overvåkning og styring, alarmsystem, evakueringsalarm, dørstyring og styrte spjeld for trykkutlikning (OFAS u.å.b). Deteksjonssystem vil også inngå i disse kostnadene, men denne kostnaden vil avhenge av byggets eksisterende brannalarmanlegg. Bruker de det eksisterende vil kostnadene synke, mens et nytt og komplett brannalarmanlegg vil øke kostnadene.

Videre er det krav til at alle inergen-anlegg har årlig service (NFPA 2011). En langt mer omfattende service vil komme hvert tiende år og innebærer blant annet resertifisering av flaskene. For et inergen-anlegg er det enklere å se på de fremtidige kostnadene, siden anlegget ikke gir noen ekstra utgifter i form av strømutfgifter og lignende. En annen kostnad som er



aktuell for inergen-anlegg, er kostnaden ved å fylle flaskene igjen etter en eventuell utløsning. Gjennom informasjon fra forskjellige forsikringsselskap<sup>5</sup> viser det seg at det varierer fra selskap til selskap hvorvidt denne kostnaden dekkes.

## Inergen 1

Tabell 9 viser en oversikt over Inergen 1 sine kostnader for de forskjellige områdene.

Tabell 9 Oversikt over kostnadene Inergen 1 har beregnet for de forskjellige områdene.

Område	Innkjøpspris	Kostnader etter 5 år	Kostnader etter 15 år	Kostnader etter 25 år	Kostn. Etter ev. utløsning
1 – 60 m <sup>3</sup>	46 500 kr	19 500 kr	64 000 kr	112 000 kr	9000 kr
2 – 150 m <sup>3</sup>	67 500 kr	22 000 kr	78 500 kr	140 000 kr	15 000 kr
3 – 300 m <sup>3</sup>	126 000 kr	24 500 kr	101 000 kr	182 500 kr	24 500 kr
4 – 2500 m <sup>3</sup>	600 000 kr	59 500 kr	407 500 kr	767 500 kr	165 500 kr
5 – 15 000 m <sup>3</sup> (delt i 6 soner)	1 045 000 kr	84 500 kr	472 500 kr	877 500 kr	165 500 kr
6 - 15 000 m <sup>3</sup>	3 820 000 kr	145 000 kr	1 802 700 kr	3 489 400 kr	-

Noen avgrensninger og antydninger er gjort:

- Basert på at bygget har brannalarmanlegg
- Elektrokomponenter som trengs utover et standard brannalarmanlegg (slokkesentral, ekstra detektorer, varsling lyd/lys, skilting) er tatt med i prisene inkl. montering
- Reise- og fraktkostnader er ikke tatt med

---

<sup>5</sup> Hildegunn Bjerke fra forsikringsselskapenes godkjennelsesnemd (FG) har hatt kontakt med flere forsikringsselskap om hvorvidt kostnaden ved en eventuell utløsning dekkes. Svarene hun fikk har hun videreformidlet til oss.



Tabell 10 viser en oversikt over Inergen 2 sine kostnader for de forskjellige områdene.

Tabell 10 Oversikt over de kostnadene Inergen 2 har beregnet for de forskjellige områdene.

Område	Innkjøpspris	Kostnader etter 5 år	Kostnader etter 15 år	Kostnader etter 25 år
1. 63 m <sup>3</sup>	53 000 kr	16 500 kr	72 336 kr	128 172 kr
2. 150 m <sup>3</sup>	78 000 kr	17 500 kr	98 172 kr	178 844 kr
3 – 294 m <sup>3</sup>	117 000 kr	18 500 kr	135 426 kr	252 352 kr
4 – 2511 m <sup>3</sup>	720 000 kr	32 500 kr	714 072 kr	1 395 644 kr
5 – 15 000 m <sup>3</sup> (delt i 6 soner)	991 500 kr	40 250 kr	787 322 kr	1 534 394 kr
6 – 15 000 m <sup>3</sup>	4 090 000 kr	106 750 kr	3 985 428 kr	7 864 106 kr

Noen avgrensninger og antydninger er gjort:

- Priser eksklusiv rør
- Ikke antatt at det er brannalarmanlegg i bygget

### 3.5.4. Beregninger

Oversikt over beregninger gjort rundt kostnadene til inergen-anlegg og konstant inert luft-anlegg vil bli presentert. Kapittelet vil deles inn i de forskjellige områdene; 60 m<sup>3</sup>, 150 m<sup>3</sup>, 300 m<sup>3</sup>, 2500 m<sup>3</sup>, 15 000 m<sup>3</sup> delt i 6 soner og 15 000 m<sup>3</sup>. De første tabellene vil vise kostnader ved innkjøp og etter 5 år, 15 år og 25 år (eksklusiv innkjøpskostnaden), mens de andre tabellene vil vise kostnader totalt etter 5 år, 15 år og 25 år (inkludert innkjøpskostnaden). Grafene vil vise en oversikt over innkjøpspris og kostnader totalt etter 5 år, 15 år og 25 år.

#### Område 1 – 60 m<sup>3</sup>

Tabell 11 viser en oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 1. Her inngår innkjøpspris og kostnader etter 5 år, 15 år og 25 år.

Tabell 11 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 1.

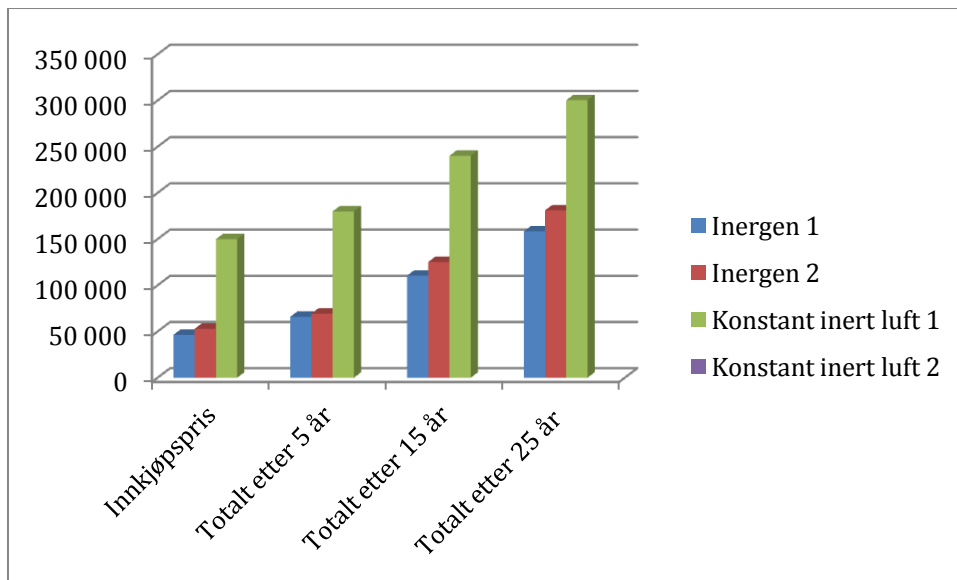
	Innkjøpspris	Kostnader etter 5 år	Kostnader etter 15 år	Kostnader etter 25 år
Konstant inert luft 1	150 000 kr	30 080 kr	90 240 kr	150 400 kr
Konstant inert luft 2	-	-	-	-
Inergen 1	46 500 kr	19 500 kr	64 000 kr	112 000 kr
Inergen 2	53 000 kr	16 500 kr	72 336 kr	128 172 kr

Tabell 12 viser en oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 1. Tallene er inklusiv innkjøpsprisen.

Tabell 12 Oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 1.

	Totale kostnader etter 5 år	Totale kostnader etter 15 år	Totale kostnader etter 25 år
Konstant inert luft 1	180 080 kr	240 240 kr	300 400 kr
Konstant inert luft 2	-	-	-
Inergen 1	66 000 kr	110 500 kr	158 500 kr
Inergen 2	69 500 kr	125 336 kr	181 172 kr

Figur 10 viser en grafisk oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 1. Her inngår innkjøpspris og kostnader totalt etter 5 år, 15 år og 25 år.



Figur 10 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør i område 1.

### Område 2 – 150 m<sup>3</sup>

Tabell 13 viser en oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 2. Her inngår innkjøpspris og kostnader etter 5 år, 15 år og 25 år.

Tabell 13 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 2.

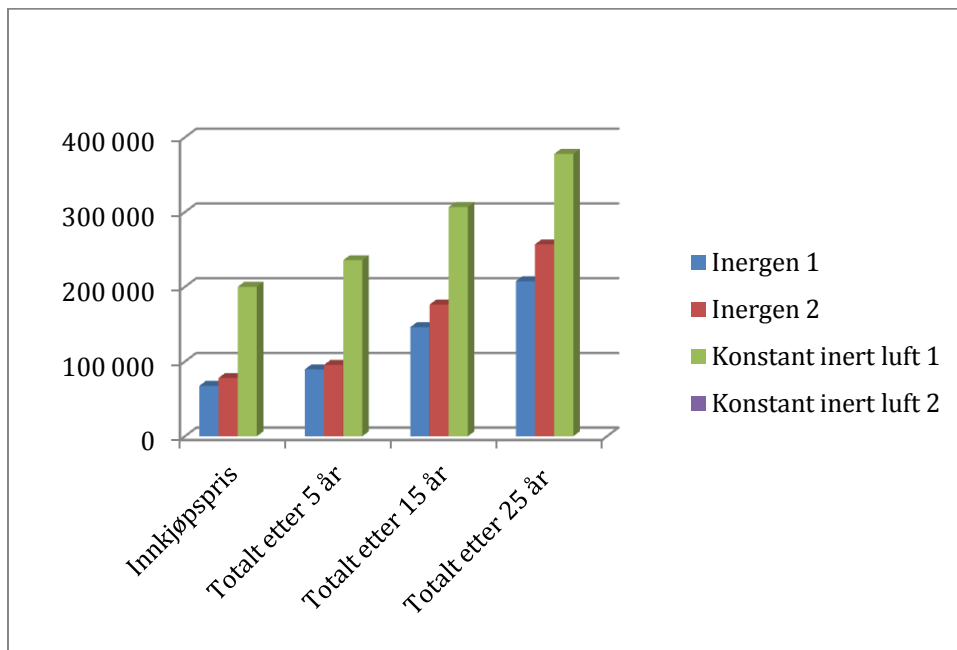
	Innkjøpspris	Kostnader etter 5 år	Kostnader etter 15 år	Kostnader etter 25 år
Konstant inert luft 1	200 000 kr	35 580 kr	106 740 kr	177 900 kr
Konstant inert luft 2	-	-	-	-
Inergen 1	67 500 kr	22 000 kr	78 500 kr	140 000 kr
Inergen 2	78 000 kr	17 500 kr	98 172 kr	178 844 kr

Tabell 14 viser en oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 2. Tallene er inklusiv innkjøpsprisen.



	<b>Totale kostnader etter 5 år</b>	<b>Totale kostnader etter 15 år</b>	<b>Totale kostnader etter 25 år</b>
Konstant inert luft 1	235 580 kr	306 740 kr	377 900 kr
Konstant inert luft 2	-	-	-
Inergen 1	89 500 kr	146 000 kr	207 500 kr
Inergen 2	95 500 kr	176 172 kr	256 844 kr

Figur 11 viser en grafisk oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 2. Her inngår innkjøpspris og kostnader totalt etter 5 år, 15 år og 25 år.



**Figur 11 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 2.**

### Område 3 – 300 m<sup>3</sup>

Tabell 15 viser en oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 3. Her inngår innkjøpspris og kostnader etter 5 år, 15 år og 25 år.

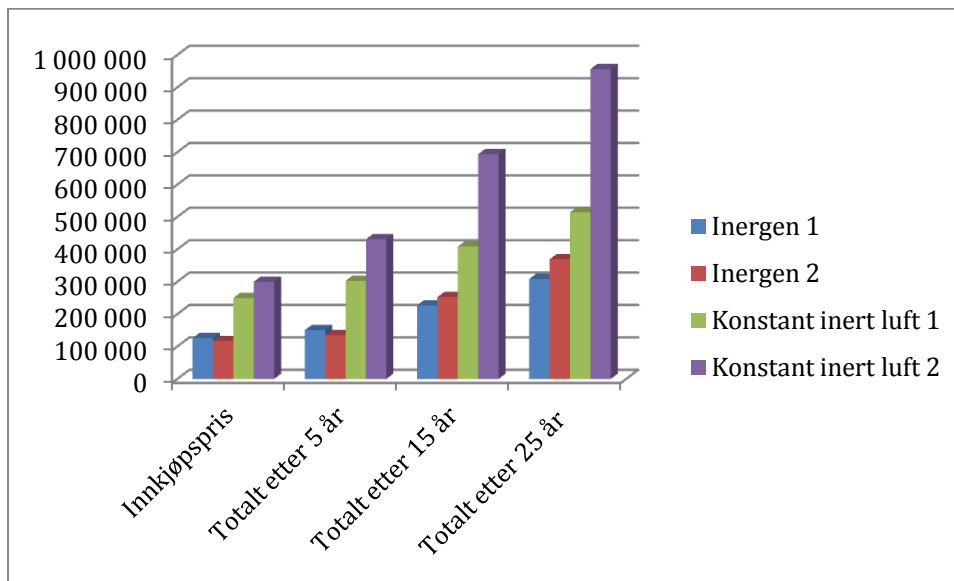
**Tabell 15 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 3.**

	<b>Innkjøpspris</b>	<b>Kostnader etter 5 år</b>	<b>Kostnader etter 15 år</b>	<b>Kostnader etter 25 år</b>
Konstant inert luft 1	250 000 kr	52 915 kr	158 745 kr	264 575 kr
Konstant inert luft 2	300 000 kr	131 278 kr	393 833 kr	656 388 kr
Inergen 1	126 000 kr	24 500 kr	101 000 kr	182 500 kr
Inergen 2	117 000 kr	18 500 kr	135 426 kr	252 352 kr

Tabell 16 viser en oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 3. Tallene er inklusiv innkjøpsprisen.

	Totale kostnader etter 5 år	Totale kostnader etter 15 år	Totale kostnader etter 25 år
Konstant inert luft 1	302 915 kr	408 745 kr	514 575 kr
Konstant inert luft 2	431 278 kr	693 833 kr	956 388 kr
Inergen 1	150 500 kr	227 000 kr	308 500 kr
Inergen 2	135 500 kr	252 426 kr	369 352 kr

Figur 12 viser en grafisk oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 3. Her inngår innkjøpspris og kostnader totalt etter 5 år, 15 år og 25 år.



Figur 12 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 3.

#### Område 4 – 2500 m<sup>3</sup>

Tabell 17 viser en oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 4. Her inngår innkjøpspris og kostnader etter 5 år, 15 år og 25 år.

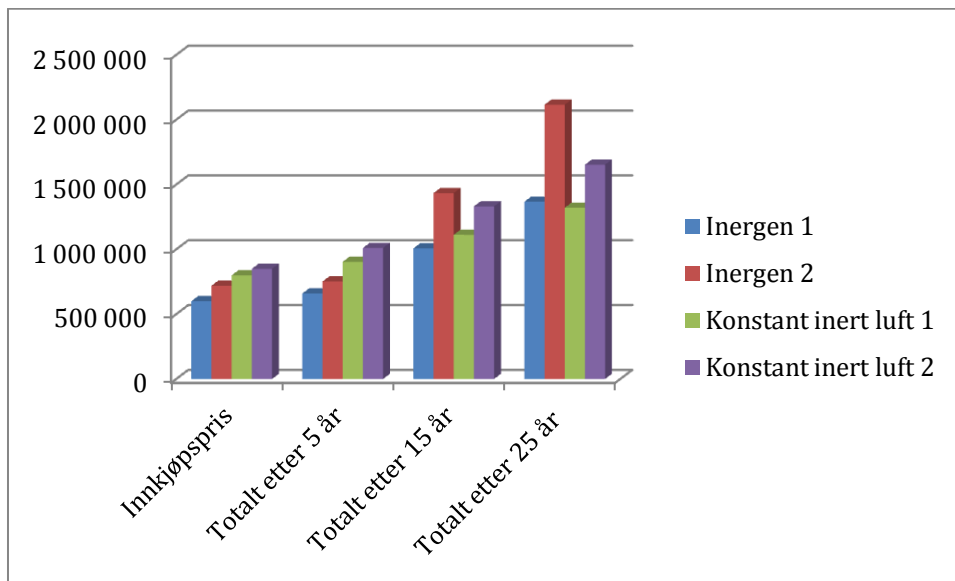
Tabell 17 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 4.

	Innkjøpspris	Kostnader etter 5 år	Kostnader etter 15 år	Kostnader etter 25 år
Konstant inert luft 1	800 000 kr	104 155 kr	312 465 kr	520 775 kr
Konstant inert luft 2	850 000 kr	160 573 kr	481 718 kr	802 863 kr
Inergen 1	600 000 kr	59 500 kr	407 500 kr	767 500 kr
Inergen 2	720 000 kr	32 500 kr	714 072 kr	1 395 644 kr

Tabell 18 viser en oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 4. Tallene er inklusiv innkjøpsprisen.

	<b>Totale kostnader etter 5 år</b>	<b>Totale kostnader etter 15 år</b>	<b>Totale kostnader etter 25 år</b>
Konstant inert luft 1	904 155 kr	1 112 465 kr	1 320 775 kr
Konstant inert luft 2	1 010 573 kr	1 331 718 kr	1 652 863 kr
Inergen 1	659 500 kr	1 007 500 kr	1 367 500 kr
Inergen 2	752 500 kr	1 434 072 kr	2 115 644 kr

Figur 13 viser en grafisk oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 4. Her inngår innkjøpspris og kostnader totalt etter 5 år, 15 år og 25 år.



Figur 13 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 4.

### Område 5 – 15 000 m<sup>3</sup> delt inn i 6 soner

Tabell 19 viser en oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 5. Her inngår innkjøpspris og kostnader etter 5 år, 15 år og 25 år.

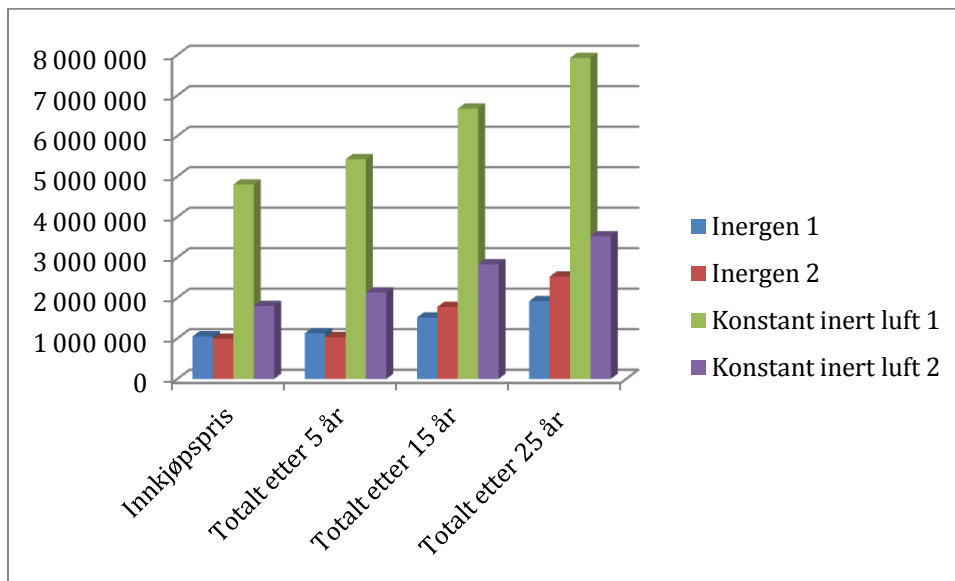
Tabell 19 Oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 5.

	<b>Innkjøpspris</b>	<b>Kostnader etter 5 år</b>	<b>Kostnader etter 15 år</b>	<b>Kostnader etter 25 år</b>
Konstant inert luft 1	4 800 000 kr	624 935 kr	1 874 805 kr	3 124 675 kr
Konstant inert luft 2	1 800 000 kr	334 715 kr	1 034 145 kr	1 723 145 kr
Inergen 1	1 045 000 kr	84 500 kr	472 500 kr	877 500 kr
Inergen 2	991 500 kr	40 250 kr	787 322 kr	1 534 394 kr

Tabell 20 viser en oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 5. Tallene er inklusiv innkjøpsprisen.

	<b>Totale kostnader etter 5 år</b>	<b>Totale kostnader etter 15 år</b>	<b>Totale kostnader etter 25 år</b>
Konstant inert luft 1	5 424 935 kr	6 674 805 kr	7 924 675 kr
Konstant inert luft 2	2 134 715 kr	2 834 145 kr	3 523 145 kr
Inergen 1	1 129 500 kr	1 517 500 kr	1 922 500 kr
Inergen 2	1 031 750 kr	1 778 822 kr	2 525 894 kr

Figur 14 viser en grafisk oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 5. Her inngår innkjøpspris og kostnader totalt etter 5 år, 15 år og 25 år.



Figur 14 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 5.

### Område 6 – 15 000 m<sup>3</sup>

Tabell 21 viser en oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 6. Her inngår innkjøpspris og kostnader etter 5 år, 15 år og 25 år.

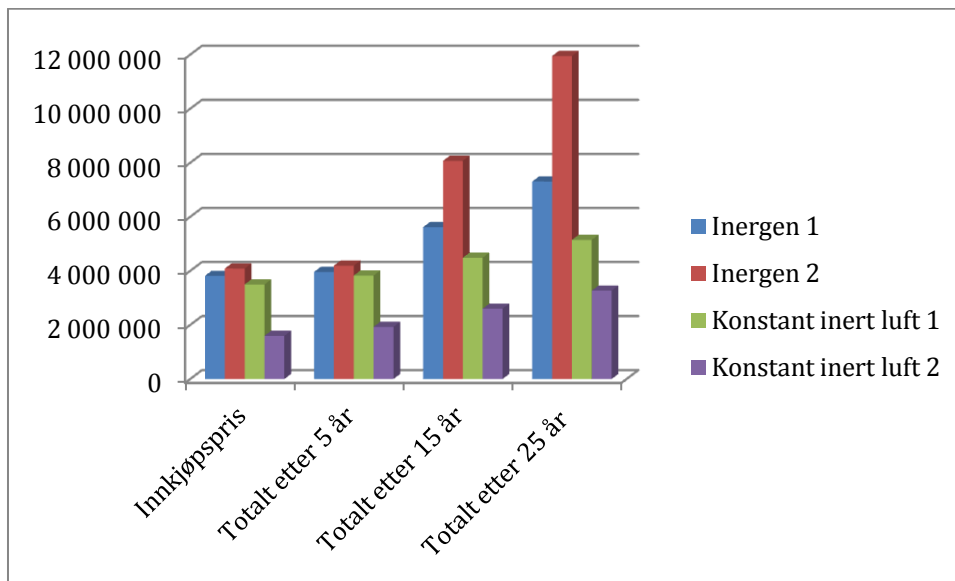
Tabell 21 Oversikt over kostnadene for hver leverandør i område 6.

	<b>Innkjøpspris</b>	<b>Kostnader etter 5 år</b>	<b>Kostnader etter 15 år</b>	<b>Kostnader etter 25 år</b>
Konstant inert luft 1	3 500 000 kr	329 955 kr	989 865 kr	1 649 775 kr
Konstant inert luft 2	1 600 000 kr	331 250 kr	1002 750 kr	1 671 250 kr
Inergen 1	3 820 000 kr	145 000 kr	1 802 700 kr	3 489 400 kr
Inergen 2	4 090 000 kr	106 750 kr	3 985 428 kr	7 864 106 kr

Tabell 22 viser en oversikt over de totale kostnadene for hver leverandør for område 6. Tallene er inklusiv innkjøpsprisen.

	Totale kostnader etter 5 år	Totale kostnader etter 15 år	Totale kostnader etter 25 år
Konstant inert luft 1	3 829 955 kr	4 489 865 kr	5 149 775 kr
Konstant inert luft 2	1 931 250 kr	2 602 750 kr	3 271 250 kr
Inergen 1	3 965 000 kr	5 622 700 kr	7 309 400 kr
Inergen 2	4 196 750 kr	8 075 428 kr	11 954 106 kr

Figur 15 viser en grafisk oversikt over kostnadene for hver leverandør for område 6. Her inngår innkjøpspris og kostnader totalt etter 5 år, 15 år og 25 år.



Figur 15 Grafisk fremstilling av kostnadene for hver leverandør for område 6.

## 4. Sammenligning

Det vil nå komme en sammenligning mellom de to metodene konstant inert luft og inergen.

Det er viktig å se på hvem som står bak en standard, retningslinje og lignende. Det er i denne oppgaven tatt utgangspunkt i seks standarder og retningslinjer for konstant inert luft og inergen. Det er bransjen selv og anerkjente organer som står bak disse. Det kan derfor være hensiktsmessig å se på hvem som står bak og om de har egeninteresser. Uavhengighet er en sentral faktor.

PAS 95:2011 er et produkt av en rekke leverandører som alle har kommersiell interesse på en eller annen måte. Det er problematisk at det ikke er noen nøytrale og utenforstående involvert i prosessen med å lage PAS 95:2011. Det kan tenkes at leverandørene har prøvd å lage et regelverk til fordel for seg selv, og derav fokusert på kostnadene fremfor strenge krav og sikkerhet. Fordi konstant inert luft er ny teknologi, blir publikasjonen introdusert trinnvis. Det vil si at en standard om ny teknologi ikke kan tres i kraft uten en «prøveperiode». Etter to år skal den opp til revisjon og da eventuelt endre status til standard.

VdS er på sin side et anerkjent organ som kan regnes som 3. part og dermed uavhengig. VdS 3527en bygger på CEA sine retningslinjer for inert gass-slokkesystem. CEA er også et anerkjent europeisk organ som har autoritet, noe som styrker VdS 3527en. VdS regnes som uavhengig, og den normative retningslinjen deres kan derfor sies å være mer pålitelig enn PAS 95:2011. De har ingen egeninteresse i det som kommer frem.

SINTEF er en anerkjent institusjon i Norge. De regnes som 3. part og uavhengig. Resultatene deres er basert på forsøk og vil derfor være forholdsvis troverdig. Anvisningen 550.363 bygger på erfaring, praksis og forskning. Det som kommer frem kan derfor anses som pålitelig.

NFPA er en amerikansk bransjeorganisasjon, og kan derfor tenkes å stå overfor samme problemstilling som sponsorene bak PAS 95:2011. Det kan stilles spørsmål ved standarden *Standard on clean agent fire extinguishing systems* om den kan regnes som pålitelig, ettersom interesser som kostnader og lignende kan stå i veien for sikkerheten. Standarden har blitt revidert regelmessig, noe som tyder på at NFPA ønsker å holde den oppdatert. Det kan dersom se ut som at de tar oppgaven med å regulere bransjen seriøst.

NS-EN 15004-10:2008 omhandler inergen og er godkjent som standard av Standard Norge. Den kan derav regnes som pålitelig da Standard Norge er et anerkjent standardiseringsorgan her i landet.

ISO er et internasjonalt standardiseringsorgan. ISO 14520-15:2005 kan derfor regnes som en anerkjent standard. Innholdet i standarden kan regnes som korrekt og pålitelig.



Som det nå har kommet frem, er det stort sprik mellom hvem som står bak de forskjellige standardene og retningslinjene. Det kan sies at teknikkene fremdeles er under utvikling. Det gjør at enighet og aksept for en felles standard er utfordrende. Til nå har praksisen vært tilnærmet uregulert, ettersom de forskjellige partene har hatt relativt fritt spillerom. Det er derfor viktig å stramme opp den faglige utøvelsen og få kontroll over høyrisikomoment i bransjen. Det finnes noen veiledninger og retningslinjer når det kommer til spesifikasjoner og testmetoder. Bransjen selv gir uttrykk for å følge disse. Pr dags dato er CEN TC191 WG6 TG3 under utvikling. Det er en europeisk standard som tar for seg tekniske spesifikasjoner for design og installering av system for oksygenreduksjon. Denne vil være ”strengere” og dermed mer tilfredsstillende. Når denne innføres vil konstant inert luft faktisk ha en standard til grunn.

Når det kommer til standarder og retningslinjer, har inergen best grunnlag for installering, sikkerhet m.m. fordi anerkjente organ står bak reguleringen.

Helse er definert som *evne til å kunne leve et økonomisk og sosialt produktivt liv*. Helse må derav kunne tolkes dithen, i arbeidssammenheng, at mennesket er friskt nok til å være i arbeid og tjene penger. Samtidig skal det fungere sosialt. Det betyr at mèn som følge av arbeid, der menneskets evne til å arbeide er redusert, er å anse som en negativ helseeffekt. Det er viktig at verken konstant inert luft eller inergen forårsaker negativ helseeffekt. Dette gjenspeiles i arbeidsgivers ansvar for et forsvarlig arbeidsklima. Metodene må ikke stå i fare for å skape risikable arbeidsforhold.

Konstant inert luft og inergen står ikke overfor samme problemstilling når det kommer til arbeidsklima. Konstant inert luft baserer seg på at mennesker skal kunne oppholde seg og arbeide i den oksygenreduserte luften over tid. Inergen er på sin side bare aktuell med sin oksygenfattige luft dersom en brann oppstår. Det vil si at dersom det ikke oppstår brann, blir heller ikke mennesker utsatt for gassen. Atmosfæren er derfor kortvarig, og skal slokke brannen mens personer evakuerer. Opphold i den oksygenfattige luften vil som regel ikke vare i mer enn noen minutter. I mange tilfeller er det i tillegg mulig å evakuere før gassen blir sprøytet inn, siden alarmen er satt til å varsle før selve gassutløsningen.

Konstant inert luft blir sammenlignet med atmosfæren som er i trykkabin i fly og på høye fjell. Årsaken til dette er partialtrykk for oksygen. Omstendighetene har samme mengde oksygen tilgjengelig som kroppen kan bruke. Sammenligningen må kunne sies å være gyldig etter innføringen som ble gitt i kapittel 3.3.1. *Luftrykk, lufttetthet og partialtrykk*. Det må kunne anses som en legitim fremgangsmåte og pålitelig kilde å ta utgangspunkt i flymedisin. Fly og helse har vært diskutert og forsket på i lang tid. Likevel er det viktig å få frem at effekten som oksygenfattig luft har på menneskekroppen er individuell. Kroppen er avhengig av oksygen. Dersom kroppen ikke får nok oksygen, slutter den å fungere som normalt. Det er derfor avgjørende at kroppen utnytter det oksygenet som faktisk er tilgjengelig i en oksygenfattig atmosfære på en god måte. Spørsmålet er om dette lar seg gjøre ved konstant inert luft. Forskning i forbindelse med flymedisin viser at hypoksi, som er tilstanden der mennesket får for lite oksygen, ikke er vanlig i høyde under 3048 meter (10 000 fot). Dette



området regnes som ”symptomfattig”, med tendens til nedsatt mørkesyn og lett mental reduksjon. Alle bivirkninger må derimot anses som uheldige og uønsket. På kort sikt må likevel disse virkningene kunne betraktes som kortvarige, og ikke som varige mèn. Like fullt er det viktig å understreke at mennesker reagerer individuelt på den oksygenfattige luften. Noen merker ingen forskjell, mens andre føler ubehag. Det avhenger blant annet av hemoglobininnholdet i blodet. Det skal gå an å venne kroppen til den oksygenfattige luften. Idrettsutøvere har gjort dette i lang tid gjennom høydehus, høydetrening og høydeakklimatisering. Dette er omgivelser som sammenlignes med konstant inert luft. En prosess settes i gang i kroppen hvor det produseres mer hemoglobin, som videre vil frakte en større mengde oksygen mer effektivt rundt i kroppen. Men hvem kan bestemme at enkelte arbeidstakere må tilpasse sin kropp til den oksygenfattige luften? Det er veldokumentert at helsefare ved høydehus er høydesyke, dehydrering og blodpropp. Det samme må da gjelde konstant inert luft, siden det betraktes som det samme. Dette må ikke undervurderes. Ved konstant inert luft blir ikke mennesket akklimatisert. De går direkte inn og ut av den oksygenreduserte atmosfæren, uten kompensering. Dette er en kritisk faktor. CO<sub>2</sub> har gjennom forskning vist seg å ha en positiv effekt på mennesker med høydesyke. Dette trekker paralleller til inergen som faktisk inneholder CO<sub>2</sub>.

Inergen er, som tidligere nevnt, tilsatt en liten mengde CO<sub>2</sub> for å stimulere pustefrekvensen og inhaleringen. Det kan sies at kroppen blir ”lurt” til å puste i en atmosfære som den egentlig ikke er bygd for å håndtere. Den delen av hjernen som kontrollerer pusten får for lite oksygen når konsentrasjonen er 10-12 prosent. CO<sub>2</sub>-tilførselen gjør at mennesket puster fortere og dypere, og løser oksygenproblematikken med et økt oksygenopptak. CO<sub>2</sub>-tilsetningen fører dermed til maksimal utnyttning av det tilgjengelige oksygenet. Dette kalles kompensert hypoksi. Det er viktig å sette inergen inn i riktig kontekst, som er slokkegass. Gassen når hele rommets volum, samtidig som mennesket faktisk kan puste i det uten negativ helseeffekt. På denne måten kan en detektert brann slukkes uten forhåndsregler, ettersom den ikke har sekundærskader. Denne korttidseksposeringen betraktes i følge Gibbs m.fl. som sikker.

Både konstant inert luft og inergen skaper en atmosfære som mennesker kan puste i, samtidig som brann hindres/slukkes. Det er derimot noen forhåndsregler som må tas. Mennesker med kroniske hjerte-/lungesykdommer, blodmangel og lignende anbefales ikke å bli utsatt for høydeklimate. Dette må det kunne tolkes dithen at det samme gjelder for mennesker som oppholder seg i konstant inert luft når omgivelsene sammenlignes. Legesjekk før opphold og arbeid i oksygenfattig atmosfære anbefales.

Den fysiske formen blir betydelig svekket når oksygenkonsentrasjonen er redusert ned til 15 og 10 prosent. Mennesket puster automatisk tyngre, dypere og hurtigere av å oppholde seg i omgivelsen. Dette er som regel en bivirkning av fysisk aktivitet, der kroppen trenger mer oksygen og prøver å skaffe det. Det er derfor ”for lite” oksygen til overs til at tungt arbeid kan gjennomføres i denne atmosfæren. Belastning er derfor en faktor som er nødvendig å ta hensyn til. Det er sentralt å få frem at egen prestasjon kan svekkes i oksygenfattig luft, uten at





mennesket selv legger merke til det. Dette utgjør en trussel for arbeidstakere som jobber i rom med redusert oksygennivå.

Det kan oppleves som skummelt å skulle oppholde seg i et rom med oksygenfattig luft. Det kan være at noen ikke våger å si at de ikke føler seg trygg i den kunstige atmosfæren. Terskelen for å gå inn i rom som er merket ”oksygenfattig” kan da bli svært høy. Det kan hindre en effektiv arbeidsdag. I tillegg kan terskelen for å sykmelde seg på grunn av ubehag av typen hodeverk og svimmelhet bli mindre. Dette kan bli en stor utgift for arbeidsgiver. Psykisk helse er derfor en annen faktor som bør omtales. Utløsning av et inergen-anlegg kan forårsake panikk. Det kan føles som ”gassing”, og oppgaven med å evakuere blir vanskelig. Det er derfor svært viktig at mennesker som blir utsatt, ev. kan bli utsatt, for den kunstige atmosfæren, får nok informasjon og ”kjenne” det på kroppen på egne premisser. Stress er en faktor som ikke er til fordel for mennesker som oppholder seg i oksygenfattig luft. Som tidligere nevnt, er det fare for lett mental reduksjon i høydeatmosfæren 1500 – 3000 meter (10 000 fot) ved opphold i konstant inert luft. Dersom det likevel skulle oppstå en brann, er det viktig å ta hensyn til at oppgaver kan bli vanskeligere å løse. Det å evakuere på lettes mulig måte er en slik oppgave. Evakuering er derfor et forhold som er nødvendig å trene på for å slippe unna stresspotensialet. Innøving av prosedyrer på dette området er derfor uunnværlig. Målet bør være at mennesket handler automatisk og ikke trenger å stoppe opp for å vurdere situasjonen.

Summert kan det konstateres at konstant inert luft og inergen ikke står overfor samme problemstilling når det kommer til helse. Konstant inert luft baserer seg på at mennesker skal kunne oppholde seg og arbeide i den oksygenfattige atmosfæren over tid. Inergen er på sin side bare aktuell med sin oksygenfattige atmosfære dersom en brann detekteres. Om det ikke oppstår brann, så blir heller ikke mennesker utsatt for gassen.

Oksygenkonsentrasjon og helsefare er heller ikke lineær. En oksygenkonsentrasjon på 10-12 prosent er betydelig mer farlig enn en oksygenkonsentrasjon på 15 prosent. Inergen har løst det problematiske forholdet ved å tilsette CO<sub>2</sub> til gassblandingen. Dette har vist seg å påvirke mennesket positivt.

Kontekst er stikkordet. Skadelig effekt som følge av opphold i oksygenfattig atmosfære avhenger av type aktivitet og eksponeringstid. Risikoen for negativ helseeffekt er svært liten ved en kort eksponering, som er tilfelle ved inergen. Risikoen øker betraktelig med eksponeringen, som er tilfelle ved konstant inert luft. Grundig vurdering er nødvendig før beslutning om metodevalg tas. Kroppen takler derimot oksygenmangelen som konstant inert luft og inergen medfører. Dette gjelder unge og friske mennesker. Kroppen deres klarer i teorien å frakte nok oksygen rundt i kroppen. Sykdom og lidelser reduserer denne evnen. Det er derfor viktig å ha kontroll over hvem som (kan) utsettes for den oksygenfattige atmosfæren. Det er sentralt at områdene som eksponeres/kan bli eksponert ikke er tilgjengelig for mennesker som ikke er skikket.



Med hensyn til helse og personsikkerhet, ser det ut til at inergen er det anlegget som er å anbefale.

Når det kommer til effektivitet er det i følge PAS 95:2011 krav til minimum to uavhengige oksygensensorer. Dette kan regnes som redundans. Det er derimot ingen regulering i forhold til størrelse på området. Det kan derfor bli lite med bare to oksygensensorer i et stort volum. Kravet til oksygensensorer vil, ifølge kilder, være vesentlig skjerpet i den nye EU-standarden, CEN TC191 WG6, som er under utarbeidelse.

Det kan se ut som de to retningslinjene, VdS 3527en og PAS 95:2011, er noe uenige når det kommer til krav om alarmanlegg. VdS 3527en er noe strengere enn PAS 95:2011. Den sistnevnte er skrevet av bransjen selv, og det er muligens grunnen til at den er mindre streng.

Når det kommer til behov for tetthet, vil et inergen-anlegg egne seg bedre enn et konstant inert luft-anlegg.

I tabell 6 vurderes forskjellige typer cellulose som blir brukt ved pakking av materiale. Det er også sett på forskjellige typer plast som blir brukt til samme formål. I tillegg er det sett på noen løsemidler. Som det kommer frem i tabellen, kan produkter begynne å brenne med oksygenkonsentrasjon under 15 prosent, som er oksygenkonsentrasjonen i et område beskyttet av konstant inert luft. I følge tabell 6 har metanol, etanol og aceton, samt papir en oksygenindeks som er lavere enn 15 prosent. Det vil da ikke være hensiktsmessig å installere et konstant inert luft-anlegg i områder som inneholder disse materialene. Et inergen-anlegg kan redusere oksygenivået ned til ca. 10 prosent dersom innholdet i det aktuelle rommet tilsier at det må ha lavest mulig oksygenindeks. Systemet kan derfor anses som svært pålitelig. I et lager for forskjellige løsemidler, f.eks. metanol, etanol og aceton kan det ofte være hensiktsmessig å bruke et oksygenreducerende slokkemiddel som inergen. Årsaken er at det vil være svært farlig dersom det bryter ut stor brann her. Det er også verdt å legge merke til at papir har en oksygenindeks på 14,1 prosent. Et konstant inert luft-anlegg vil dermed ikke hindre brann i papir. Det kan tyde på at det ikke er hensiktsmessig å beskytte arkiv og bibliotek med konstant inert luft.

Størrelsen på anleggene vil variere etter hvor stort rom som skal beskyttes. Det kommer frem av beregninger at inergen-anlegg vil ta minst plass ved romstørrelsen 60 m<sup>3</sup>. For romstørrelsen 150 m<sup>3</sup> vil det være lik størrelse på anleggene dersom inert luft stables enhetene i høyden. Inert luft-anlegget vil være større dersom enhetene ikke stables i høyden. For romstørrelsene 300 m<sup>3</sup>, 2500 m<sup>3</sup> og 15 000 m<sup>3</sup> vil inergen-anlegget ta størst plass. Deles derimot romstørrelsen 15 000 m<sup>3</sup> opp i soner, vil inergen ta minst plass.

Det kan nevnes at anleggene installeres på omtrent de samme områdene. Eneste unntaket er at et inergen-anlegg har behov for trykkavlastning, noe som et konstant inert luft-anlegg ikke har. Likevel ser det ut til at inergen-anlegg er mest effektivt.



Det økonomiske aspektet er også er sentral faktor ved valg av sløkkeanlegg. Ved valg av sløkkeanlegg vil det alltid være aktuelt å tenke på det økonomiske aspektet. Enhver arbeidsgiver vil ønske det sløkkeanlegget som er mest effektivt og sikkert, men som likevel kommer godt ut økonomisk. Etter beregningene som er blitt gjort i denne oppgaven, er det ingen klar vinner.

For små volum kommer inergen-anlegg best ut. Dette gjelder både for 60 m<sup>3</sup>, 150 m<sup>3</sup>, og 300 m<sup>3</sup>. Ved disse størrelsene vil både innkjøpsprisen og de fremtidige kostnadene ligge en god del lavere enn for konstant inert luft-anlegg. Videre kan det sies at for inergen-anlegg vil både innkjøpsprisen og de fremtidige kostnadene øke med anleggets størrelse. Spesielt vil servicekostnadene for et slikt anlegg stige ved øking i romvolum.

Soneinndeling viser seg å være en stor fordel for inergen-anlegg. En flaskebank er prosjektert til å dekke den største sonen. Den vil da automatisk kunne dekke hver enkelt sone. Sannsynligheten for at det vil begynne å brenne i flere soner samtidig er svært liten. Konstant inert luft-anlegg kommer dårligere ut der det er soneinndeling. Både konstant inert luft 1 og konstant inert luft 2 ligger en del høyere enn både Inergen 1 og Inergen 2. Det er også forholdsvis stor forskjell i pris og kostnader for konstant inert luft 1 og konstant inert luft 2. Dette skyldes at den ene leverandøren opplyser at de vil ha et teknisk rom der generatoren står og et rørnett som vil dekke samtlige soner. Det er samme prinsipp som inergen praktiserer. Den andre leverandøren sier på sin side at en soneinndeling vil falle langt dyrere enn en stor sone, noe som tilsier at denne leverandøren ikke praktiserer denne løsningen.

For større volum er det konstant inert luft-anlegg som kommer ut som vinneren. Store soner er en fordel for denne typen anlegg, mens det kan se ut som om det blir en ulempe for inergen-anlegg. Ved store volum kreves en langt større flaskebank, noe som kan bli kostbart.

For konstant inert luft-anlegg er det de ekstra strømkostnadene som utgjør den største fremtidige kostnaden. Dette er i tillegg en kostnad som kan variere. Strømprisene vil alltid variere både i forhold til årstidene, og fra år til år. Kostnaden er derfor vanskelig å anslå nøyaktig. Samtidig kan det være mulig å gjenvinne det avgitte energiforbruket som varme. Det er f.eks. mulig ved hjelp av en varmeveksler å gjenvinne store deler av energien til varmt vann. Dette kan igjen benyttes til oppvarming av bygget som vannbåren varme. Det er derfor mulig å redusere kostnadene. Likevel vil det koste penger å installere denne typen tiltak.

For et inergen-anlegg er det den 10-årige servicen som viser seg å være mest kostbar. Denne servicen faller langt dyrere enn de årlige servicene, og dette skyldes resertifisering av flaskene. Dette er et krav fra myndighetene når det gjelder gassflasker. Spørsmålet er om denne resertifiseringen virkelig er nødvendig for inergen-flasker, og om kravet en gang i fremtiden vil falle bort. Dersom det skulle skje, vil de fremtidige kostnadene for et inergen-anlegg synke drastisk.



Når det gjelder inergen-anlegg, er det også aktuelt å se på kostnadene rundt en refylling av flaskene etter en eventuell utløsning. Det store spørsmålet her er om forsikringsselskapene vil dekke denne utgiften. Ut i fra informasjonen som kom fra de forskjellige forsikringsselskapene viser det seg at det er stor variasjon i om dette dekkes. Noen selskap dekker denne type kostnad ved deteksjon av brann, men ikke ved feilutløsninger. Andre selskap dekker ikke denne utgiften. Det vil derfor være aktuelt å ta kontakt med sitt forsikringsselskap for å høre hva de praktiserer på dette området.

I helsedelen anbefales det en helsesjekk av alle ansatte som skal oppholde seg (spora disk) i konstant inert luft. Dette er også en ekstra kostnad som vil tilkomme for denne type anlegg. Det bør derfor også tas i betraktning. Denne type kostnader er ikke tatt med i beregningene i oppgaven.

Økonomisk sett kan det se ut som at inergen kommer best ut i små volum, og konstant inert luft i store volum. Soneinndeling av store områder er igjen en fordel for inergen.

Etter gjennomgang av parameterne standarder og retningslinjer, helse, effektivitet og økonomi ser det ut som inergen-anlegg i det store og hele kommer best ut, se tabell 23.

Tabell 23 Sammenligning

	Konstant inert luft		Inergen	
	<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>	<i>Fordeler</i>	<i>Ulemper</i>
<b>Standarder og retningslinjer</b>		- Ingen standarder	- 2 standarder fra anerkjente organ	
<b>Helse</b>		- Ingen kompensasjon for oksygenreduksjonen - Utsatt for atmosfæren over tid	- Inneholder CO <sub>2</sub> som har positiv effekt i sammenheng med lavt oksygennivå - Bare utsatt for atmosfæren ved deteksjon av brann	
<b>Effektivitet</b>	- Trenger ikke trykkavlastning	- Krav til tetthet - Ikke lav nok oksygenkonsentrasjon	- Tetthet ikke så stor begrensing - Lavere oksygenkonsentrasjon	- Trenger trykkavlastning
<b>Økonomi</b>	- Kostnads-effektivt i store rom	- Ikke kostnadseffektivt i små rom	- Kostnadseffektivt i små rom - Kostnadseffektivt i store rom med soneinndeling	- Ikke kostnadseffektivt i store rom uten soneinndeling

## 5. Diskusjon

Det er flere forhold som belyser kvaliteten og påliteligheten til oppgaven.

Valg av romstørrelsene har i ettertid blitt vurdert som mindre gjennomtenkt. Om oppgaven skulle gjennomføres på nytt, ville det blitt tatt utgangspunkt i faktiske rom. Det hadde gjort det lettere for leverandørene å ta stilling til effektivitet, økonomi osv.

Det kom hele tiden frem ny informasjon som endret helhetsbildet. Det hadde vært en fordel med en skikkelig innføring i metodene på et tidligere tidspunkt. Helst fra andre kilder enn selve leverandørene.

Det er flere variabler som påvirker resultatet. På effektivitet er det variabelen størrelse på anlegg som er av særlig betydning. Her vil anleggets størrelse variere med leverandørens valg av komponenter og design. Etersom tallene i denne oppgaven bare er basert på to leverandører, kan beregningene anses som noe upålitelig. Når det kommer til økonomi er flere variabler sentrale. Innkjøpspris vil variere fra leverandør til leverandør. De forskjellige forutsetningene til leverandørene påvirker i stor grad kostnadene. Strømforbruk og strømutfgifter vil variere. Strømforbruk er avhengig av driftstid, som igjen er avhengig av blant annet tettheten til rommet. Strømutfgiftene er satt til dagens strømpriser, som naturligvis vil variere. Det er derfor stor usikkerhet omkring beregningene i denne oppgaven.

Det er første gang gruppen har gjennomført en ren litteraturstudie, noe som opplevdes som utfordrende. Tidsmessig hadde det ikke vært mulig å gjøre flere søk. Dersom tid ikke hadde vært en begrensning, kunne flere søk blitt gjort, men det er usikkert om dette ville gitt et annet resultat. Gruppen tror likevel at flere søk ikke ville påvirket resultatet.

## 6. Konklusjon

Det har vært utfordrende å hente inn pålitelig informasjon fra uavhengige kilder. Vi har vært kritiske til kildene og mener på bakgrunn av det at oppgaven gir en faglig fremstilling av brannsikringsmetodene. Det har vist seg å være både fordeler og ulemper med konstant inert luft og inergen. Det er en fordel for inergen at standardene er produsert av uavhengige organ. Konstant inert luft har derimot ingen standard, men en publikasjon fra bransjen selv og en normativ retningslinje fra VdS. Når det kommer til helse, er det problematisk at mennesker blir utsatt for den oksygenfattige atmosfæren over tid. Inergen er på sin side bare aktuell med oksygenfattig luft dersom det oppstår en brann. Inergen er i tillegg tilsatt CO<sub>2</sub> som har positiv effekt på menneskekroppen i sammenheng med redusert oksygennivå. Konstant inert luft har ingen kompensasjon for det reduserte oksygenivået. Det gjør at det er begrenset hvem som faktisk kan oppholde seg i denne atmosfæren uten å få negativ helseeffekt. Helsesjekk er å anbefale for de som skal oppholde seg i oksygenredusert atmosfære. Inergen har en fordel med at det kan redusere oksygenivået helt ned til 10 prosent og dermed slokke flere branner med hensyn til oksygenindeksen. Konstant inert luft skal hindre en brann i å oppstå, men oksygenivået er ikke lavt nok til å hindre alle branner. Oksygenindeksen til metanol er for eksempel nede i 11 prosent. Inergen har en fordel med at tetthet ikke er en like stor begrensning som for konstant inert luft. For små volum er inergen den mest kostnadseffektive metoden. Store volum er en økonomisk fordel for konstant inert luft. Derimot kan store volum deles inn i soner, som igjen er en fordel for inergen. Konklusjonen etter sammenligningen er at inergen viser seg å være en sikrere og mer pålitelig metode. Det kan derfor med rimelig stor grad av sikkerhet sies at inergen er en bedre metode enn konstant inert luft.

Når den nye europeiske standarden CEN-TC191-WG6-TG3 er ferdig, blir det interessant å se om konstant inert luft kan komme bedre ut med tanke på sikkerhet og pålitelighet.

## 7. Kilder

Brannvernforeningen (2012). *Skadeutbetalinger etter branner.*

<http://www.brannvernforeningen.no/Brannstatistikk/Skadeutbetalinger-etter-branner>

[19.02.13 09:10]

Braut, Geir Sverre (2009). *Helse.* [http://snl.no/.sml\\_artikkel/helse](http://snl.no/.sml_artikkel/helse) [15.02.13 8:50]

Cappelen damm (u.å): *Respirasjonssystemet.*

[http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CDcQFjAB&url=http%3A%2F%2Fhelseogsosialfag.cappelendam.no%2Fbinfil%2Fdownload.php%3Fdid%3D63083&ei=MFo4UZzqNauO4gT\\_t4CYAw&usg=AFQjCNGKe0TtLomTo0AGVZOszjzktE2I3w&sig2=cRWTcL4Pgb9fpYLeZQIS4A&bvm=bv.43287494,d.bGE](http://www.google.no/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm=1&source=web&cd=2&ved=0CDcQFjAB&url=http%3A%2F%2Fhelseogsosialfag.cappelendam.no%2Fbinfil%2Fdownload.php%3Fdid%3D63083&ei=MFo4UZzqNauO4gT_t4CYAw&usg=AFQjCNGKe0TtLomTo0AGVZOszjzktE2I3w&sig2=cRWTcL4Pgb9fpYLeZQIS4A&bvm=bv.43287494,d.bGE)

[07.03.2013 10:29]

CEN (2009). *Members.* <http://www.cen.eu/cen/Members/Pages/default.aspx> [14.02.13 10:49]

Chiti, S. og Jensen, G. (2011): *Inert luft. Brannsikkert inneklime COWI AS*

[http://www.bfobrann.no/fileadmin/1130164/Jensen-Chiti\\_BFO\\_dagene\\_2011.pdf](http://www.bfobrann.no/fileadmin/1130164/Jensen-Chiti_BFO_dagene_2011.pdf) [08.03.13 22:39]

Consolazio, W. V. Fisher. M. B. Pace, N. Pecora, L.J. Pitts, G. C. Behnke, A. R. (1947): *Effects on man of high concentrations of carbon dioxide in relation to various oxygen pressures during exposures as long as 72 hours.* The Naval Medical Research Institute, Maryland.

COWI (2013). *Verdens tryggeste og grønneste datasenter.*

[http://www.cowi.no/menu/newsandmedia/newsarchive/2012/Pages/Green\\_mountain.aspx](http://www.cowi.no/menu/newsandmedia/newsarchive/2012/Pages/Green_mountain.aspx)

[29.04.13 11:14]

Fire1 (u.å.). *Brannsikring virksomhetskritiske IT-løsninger.*

FPA (2006): *Low oxygen atmospheres and the risk control of associated health hazards.* Guidance note

Gibbs, F. A., Gibbs, E. L., Lennox, W. G., Nims, L. F. (1943). *The Value of Carbon Dioxide in Counteracting the Effects of Low Oxygen.* Med. 14, 250-261

Gjessing, E. K. (2002) *Inergen.*

<http://www.brannmannen.no/arkiv.aspx?M=NewsV2&PID=17&NewsID=1102> [15.02.13 10:10]

Gjessing, E. (2011). *Okxygen.*

<http://www.brannmannen.no/arkiv.aspx?M=NewsV2&PID=17&NewsID=161> [11.04.13 14:49]

Harvey, T. C. Raichle, M. E. Winterborn, M. H. Jensen, J. Lassen, N. A. Richardson, N.V. Bradwell, A. R. (1988): *Effect of carbon dioxide in acute mountain sickness: A rediscovery.* Birmingham Medical Research Expeditionary Society



- Hauge, A. (2009). *Høydesyke*. Store Norske Leksikon. <http://snl.no/h%C3%B8ydesyke> [07.05.13 10:13]
- Hovda, Tor Eystein (u.å.). *Brannslukking med INERGEN*. Fire Eater AS.
- Jensen, G. (2012a). Brannsikkert inneklime – Norge leder. VVS aktuelt nr. 7, 2012.
- Jensen, G. (2012b). *Brannsikkert inneklime i fjellanlegg*. COWI  
[http://faggruppeba.no/ikbViewer/Content/837671/\(5\)%20Geir%20Jensen.pdf](http://faggruppeba.no/ikbViewer/Content/837671/(5)%20Geir%20Jensen.pdf) [11.02.13 10:00]
- Jensen, G. (2012c). *Fire prevention by oxygen reduction: European Standardisation*. VdS Conference Fire Extinguishing Systems 2012.
- Karlsen, Trine (05.12.2007). *Høydetrening – Hvor høyt, hvor lenge og hvor effektivt i utholdenhetsidrett?* NTNU: <http://cergntnu.wordpress.com/2011/12/05/julekalender-5/> [26.02.2013 12:09]
- Lærum, E. (2005). *Frisk syk eller bare plaget? Innføring i medisinsk nøkkeltkunnskap*. Bergen: Fagbokforlaget
- NFPA 2001. (2011). *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*. 2012 edition.
- OFAS (u.å.). *Inert luft – generelt*. <http://www.slokkeanlegg.no/Slokkeanlegg/Inert-luft/Generelt> [11.02.13 14:00]
- OFAS (u.å.a). *Om OFAS*. <http://www.slokkeanlegg.no/Om-OFAS> [02.05.13 11:22]
- OFAS (u.å.b). *Gass*. <http://www.slokkeanlegg.no/Slokkeanlegg/Gass> [03.03.13 00:29]
- Owe, Jan Ove (1999). *Flymedisin*. Oslo: Norsk Aero Forlag.  
<http://www.nb.no/nbsok/nb/a6a4c090e65d0b22053ccea414e4225e.nbdigital;jsessionid=80711CAAAD088C8C8D573D0DA13DCC79.nbdigital3?lang=no#3> [01.03.13 18:32]
- PAS 95:2011. (2011). *Hypoxic air fire prevention systems – specification: krav* (PAS 95: 2011). United kingdom: British Standards Institution (BSI)
- RIF (2012): *Hederlig omtale til ung, norsk rådgiver*. <http://rif.no/nyhetsarkiv/2746-hederlig-omtale-til-ung-norsk-radgiver.html> [02.05.13 11:39]
- SINTEF (u.å.): *5. Slukking av branner*. <http://nbl.sintef.no/handbook/kap5.htm> [05.03.2013 09:30]
- SINTEF byggforsk (04.2009). *Brannsikringsløsninger for rom med skadefølsomt innhold*. Byggforskserien 550.363.  
<http://bks.byggforsk.no/DocumentView.aspx?sectionId=2&documentId=511#i2> [11.02.13 10:18].





HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

SINTEF byggforsk (u.å.) *Om byggforskserien.*

<http://bks.byggforsk.no/PortalPage.aspx?pageid=44> [14.02.13 11:50]



Standard Norge (u.å.). *Standardisering.* <http://www.standard.no/standardisering/> [13.02.2013 09:33]

Standard Norge (2008a): *Faste brannsløkkesystemer. Gass-sløkkesystemer. Del 1: Planlegging, installasjon og vedlikeholdbrann: Krav (NS-EN 15004-1:2008).*

Standard Norge (2008b): *Faste brannsløkkesystemer. Gass-sløkkesystemer. Del 10: Fysiske egenskaper og systemutforming av gass-sløkkesystemer for IG-541-slokkemiddel: Krav (NS-EN 15004-10:2008).*

Sæthre, Kristian (02.04.2007). *Høydesyke.* NettDoktor:

<http://www.nettdoktor.no/reisemedisin/sykdommer/hoeydesyke.php> [26.02.2013 08:40]

Teknisk industrivern (2010): *Grunnleggende brannteori.* <http://www.teknisk-industrivern.no/documents/57.html> [09.04.2013 09:21]

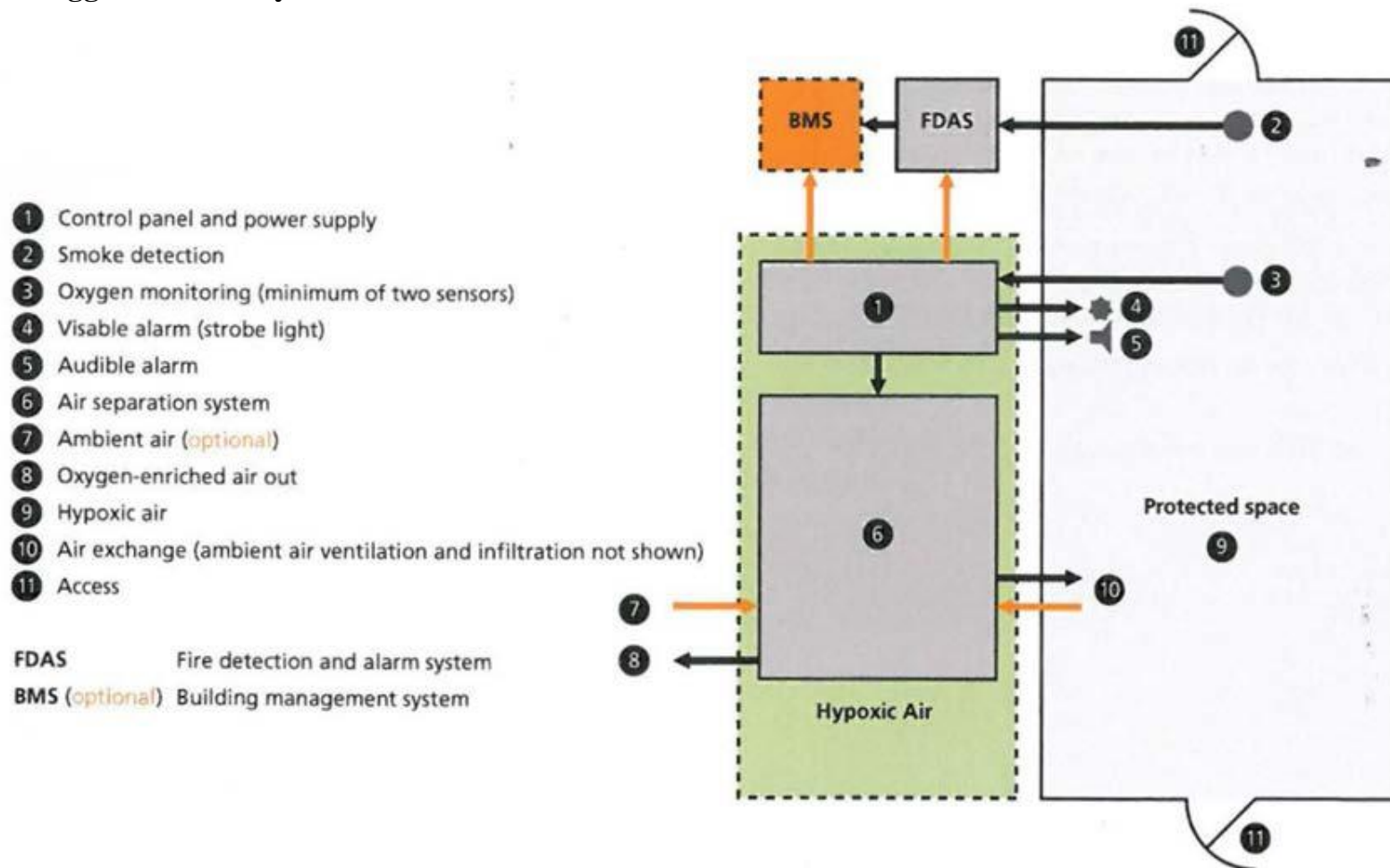
Tore Eide AS (2010). *Inert luft – det nye brannsikrings systemet.*

<http://www.toreeide.no/Inertluft.html> [11.02.13 11:00]

Thomassen, M. (2012). *Tror på INERGEN-fremtid.* Brann & sikkerhet.

## 8. Vedlegg

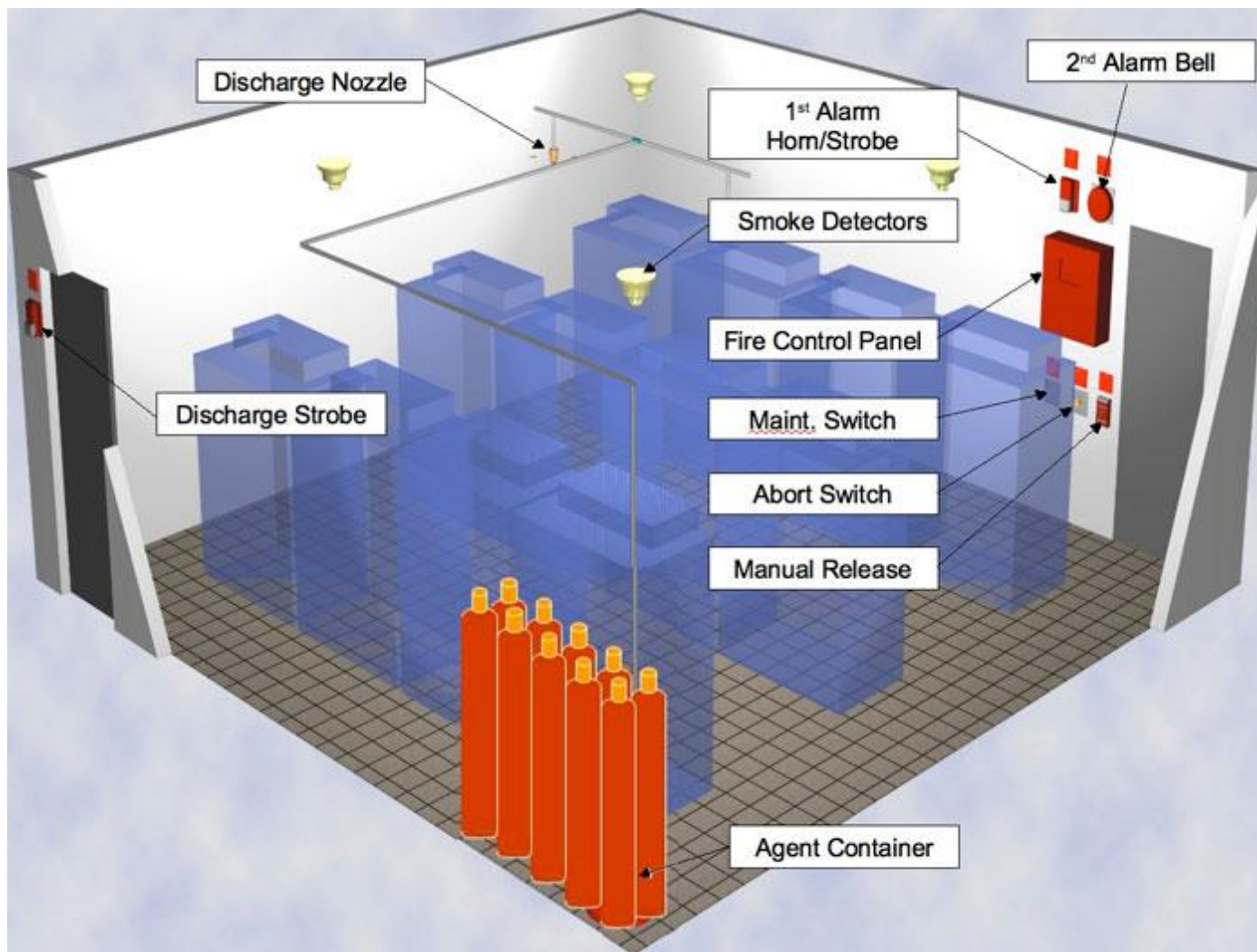
### Vedlegg 1 Brannbeskyttelse konstant inert luft



Hentet fra PAS 95:2011 Hypoxic air fire prevention system – Specification.



## Vedlegg 2 Vanlig system for inergen



Hentet fra Diversified Protection Systems, Inc sin hjemmeside.

<http://www.bigpictureimaging.com/dpsi/IsInergentl.html>

[08.05.13 09:58]



## Vedlegg 3 Medisinsk historie

### Guidance note

#### Low oxygen atmospheres and the risk control of associated health hazards



#### *Medical history*

If one of the questions below is answered with a “yes” then a physician should perform a further investigation, together with a more comprehensive medical examination.

#### *Questions*

Do you smoke?

Have you ever suffered a stroke?

Are you suffering from any heart condition?

Have you any lung disease?

Do you suffer from asthma?

Are you anaemic?

Have you sickle-cell disease?

Do you have diabetes?

Would you pause to catch your breath while climbing a flight of stairs?

Have you experienced chest pains within the last year while at rest?

Have you experienced chest pains within the past year while under physical or mental stress?

Have you experienced dizziness in the last few months which has prevented you from pursuing your normal daily activities?

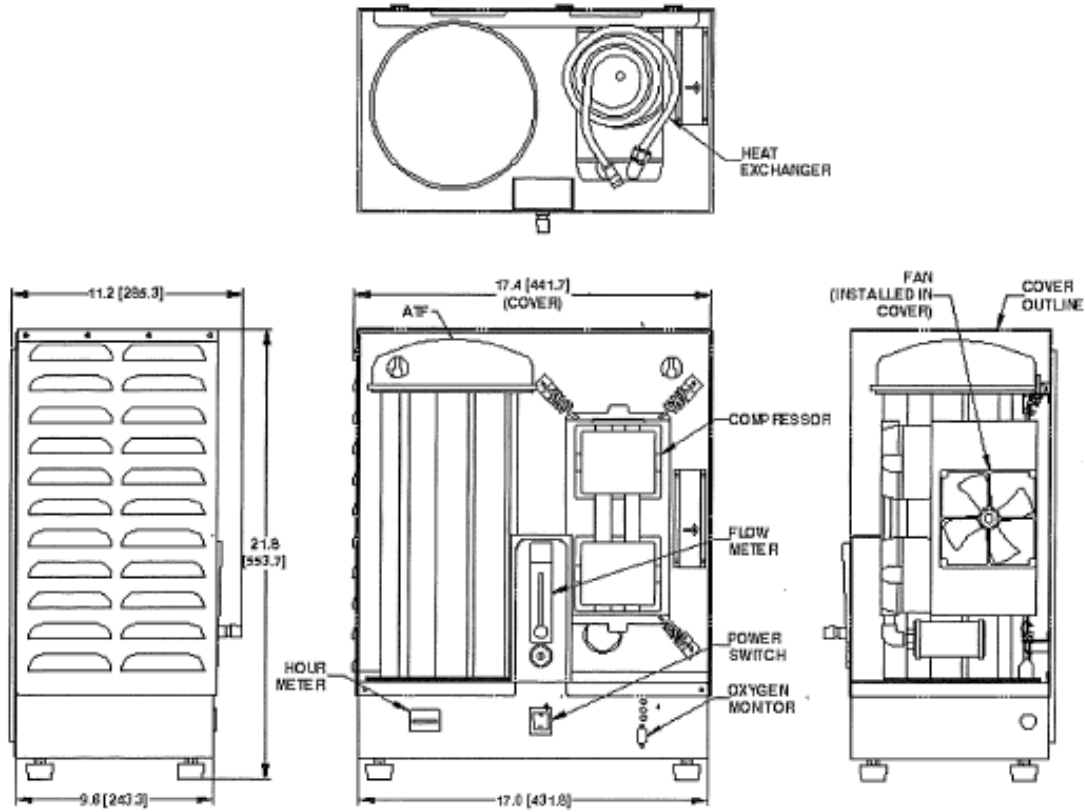
Have you been unconscious during the last year?

Hentet fra FPA (2006): Low oxygen atmospheres and the risk control of associated health hazards.



## Vedlegg 4 Enhet konstant inert luft

### Envelope Dimensions inches (mm)



Hentet fra brosjyre Workhorse, Tore Eide AS.