

Brannsikkerhetstiltak i boliger særlig tilrettelagt for beboere med ROP-lidelse

Av førstelektor Arjen Kraaijeveld



© Arjen Kraaijeveld

Fakultet for teknologi, miljø- og samfunnsvitskap

Institutt for sikkerheit, kjemi- og bioingeniørfag

Høgskulen på Vestlandet

2025

Alle bilder: Arjen Kraaijeveld, arjen.kraaijeveld@hvl.no

Kvalitetskontroll: MML, RDS

HVL-rapport fra Høgskulen på Vestlandet nr. 2025-8

ISSN 2535-8103

ISBN 978-82-8461-235-5



Utgjevingar i serien vert publiserte under Creative Commons 4.0. og kan fritt distribuerast, remixast osv. så sant opphavspersonane vert krediterte etter opphavsrettslege reglar.
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Sammendrag

I Karmøy kommune er det bygget 3 pilot-boliger for beboere med Rus og Psykiatrilidelser (ROP-beboere), en «rød» gruppe i det kommunale brukerverktøyet Bruker Plan. Konseptet for boligene ble utviklet i perioden 2021 til 2023, og boligene sto ferdige i desember 2024. Prosjektet er del av Norges Forskningsråds prosjekt «Utvikling av nye boligtilbud tilpasset ROP-beboere med lav boevne med vekt på brukarmedvirkning» (prosjektnummer 2527771), ledet av NORCE. Alternative tekniske løsninger innen brannsikkerhet ble testet og kvalitetssikret gjennom flere Bachelor og Masteroppgaver utført ved Høgskolen på Vestlandet sine laboratorier i Haugesund, i hovedsak som del av det NFR-støttede prosjektet «BUILDER», prosjekt nummer 301569. Denne rapporten beskriver de innovative branntekniske tiltakene som er installert i boligene og erfaringer fra driftsfasen så langt. Formålet med pilotboligprosjektet er å finne løsninger for at beboere kan bo trygt og selvstendig, på tross av deres risikofylte adferd og å redusere bo-kostnader på lang sikt. Boligene har likhetstrekk, men materialbruk og noen tekniske løsninger er forskjellig.

EMNEORD: ROP, brannsikkerhet, forskning, Karmøy, Inergen, vanntåke

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
Definisjoner.....	6
Innledning	7
Bakgrunn for prosjektet.....	8
Planlegging av boligene	9
Byggefase.....	11
Deteksjonsanlegg.....	12
Krav til innovative slokkeanlegg	13
Lavtrykksvanntåke Pilehagen.....	14
CO ₂ kompensert Inert gass-slokkeanlegg Bøheiveien	15
FoU arbeid utført ved HVL i forbindelsene med anbefalingene til løsningene ...	19
Beskrivelse Inergen anlegg Bøheiveien.....	21
Erfaringer fra driftsperioden	26
Pilehagen	26
Bøheiveien	26
Drøfting	27
Konklusjon	28
Bachelor- og masterrapportene samt andre publikasjoner	29
Formidling av ROP prosjektet utført av HVL	30
Referanser	31

Forord

Denne rapporten oppsummerer arbeidet utført under delprosjektet “Implementering av teknologi” i innovasjonsprosjektet “Utvikling av nye boligtilbud bedre tilpasset ROP-beboere med lav boevne med vekt på brukermedvirkning” [1].

Å hjelpe vanskeligstilte å få egnet bolig er en lovpålagt oppgave for kommunene. Brannsikkerheten kan være en stor utfordring når mennesker med ROP-lidelser skal bo selvstendig. Hovedaktiviteten i prosjektet har vært å bidra med innovative branntekniske løsninger i forbindelse med bygging av tre nye boliger for denne gruppen. Målgruppen for rapporten er kommunale ansatte i alle landets kommuner som skal prøve å finne robuste løsninger for sine innbyggere.



bilde 1 De nye boligene i Bøheiveien i bakgrunnen. I forgrunnen rester av boligen der beboeren bodde før innflytting til den nye boligen. Denne boligen som sto tomt etter at beboeren flyttet ut, brant ned i mai 2025.

Definisjoner

Begrep	Definisjon
Arnested	Sted er brann har startet
Beboere med alvorlig rus- og psykiske lidelser	Kombinasjonen ruslidelse og psykisk sykdom har fått kortnavnet ROP-lidelser Beboere med rus og psykiske lidelser (ROP) som er kategorisert i rød gruppe i det kommunale kartleggingsverktøyet BrukerPlan gis ofte betegnelsen alvorlig ROP. Beboerkategorien utgjør en liten andel innbyggere i norske kommuner, men er en beboerkategori som kommunene generelt sett mangler egnede boliger til (Røe m.fl. 2020, Vågø m.fl. 2021), og som kommunalt ansatte ofte opplever at er krevende å arbeide med (Molden & Røe, 2018).
Boligsprinklerranlegg	Forenklet sprinkleranlegg tilpasset boliger.
Branncelle	Hel eller avgrenset del av byggverk, hvor en brann fritt kan utvikle seg uten å spre seg til andre bygninger eller deler av byggverket i løpet av en fastsatt tid
Brannbelastning	Den varmemengde som frigjøres ved forbrenning av brennbart materiale, både det som inngår i bygningens deler, fast innredning og det som oppbevares i bygningen
CO₂ kompensert Inert gass-slokkeanlegg	Et slokkeanlegg som reduserer O ₂ nivå ved hjelp av tilsetning av inerte gasser, til under et nivå der forbrenning kan fortsette (ca. 13 %). Samtidig økes mengden CO ₂ noe, for å kompensere for hypoksi.
Falsk alarm	Alarm i ond hensikt uten at brann har oppstått.
Hjemmeboende personer	Med hjemmeboende menes personer som bor i egen bolig, omsorgsbolig eller annen kommunal bolig, som er avgrenset mot personer som bor i institusjon. Definisjonen er hentet fra veilederen «Samarbeid mellom kommunale tjenesteytere om brannssikkerhet for risikoutsatte grupper».
IG-541	En benevnelse av en inert gassblanding bestående av 5 deler nitrogen, 4 deler argon og 1 del CO ₂ . Blandingen anses for å være sikker for personer fordi kombinasjonen av redusert oksygennivå kombinert med øking av CO ₂ -nivået, sørger for at mennesker opprettholder oksygenopptaket.
Inergen	Et varemerke og et handelsnavn for blandingen IG-541.
Inergen gasslokkeanlegg	Et gass-slokkeanlegg som benytter IG-541 som slokkegass. Inergen er et handelsnavn, ikke en generisk betegnelse. Informantene nevnte Inergen gasslokkeanlegg i intervjuene. Derfor er denne type slokkeanlegg omtalt som Inergen gasslokkeanlegg i rapporten.
Lavtrykksvanntåkeanlegg	Vanntåkeanlegg som opererer med vanntrykk opp til 16 bar, normalt 5–12 bar
Risikoutsatte/sårbare grupper	Sårbare grupper er grupper av mennesker som av ulike årsaker har større sannsynlighet for å starte en brann, eller som har begrenset evne til å forebygge, oppdage, varsle og slokke brann.
Startbrannrom	Det rommet i et byggverk der brannens arnested er.
Unødig alarm	Alarm i god tro, alarm som skyldes feil i utløsning, teknisk feil, osv. (uten at brann har oppstått).
Holdetid	Tiden slokkemiddelkonsentrasjonen innenfor et område eller rom opprettholdes på et nivå som er høyere enn minimumskonsentrasjonen som er nødvendig for å slokke brannen og unngå reantennelse.
TEK17	Byggteknisk forskrift
VTEK	Veiledning til teknisk forskrift, forklarer forskriftens krav og gir preaksepterte ytelser som vil oppfylle kravene.
Sekundærskader	Skade som oppstår som følge av en bergings- eller redningsinnsats.

Innledning

Brannsikkerhet er et sentral anliggende i “Utvikling av nye boligtilbud tilpasset ROP-beboere med lav boevne med vekt på brukermedvirkning” (2020-2024). Forskningsprosjektet ble støttet fra Norges Forskningsråd, prosjektnummer 2527771, innenfor HELSEVEL programmet.

Prosjektet er eid av Karmøy kommune, og NORCE Research, Stavanger kommune, Høgskolen på Vestlandet (HVL), Universitetet i Stavanger, Husbanken, Snøhetta og A-larm (brukerorganisasjon) er samarbeidspartnere. HVL har bidratt med å finne innovative løsninger for å øke brannsikkerheten i boligene. Denne rapporten omhandler i hovedsak de aktive brannsikkerhetstiltak som er installert i boligen og i mindre grad de passive tiltakene. Passive tiltak er blant annet valg av byggematerialer etc. Hovedformålet med prosjektet var å finne løsninger som kan trygge beboere og begrense konsekvenser av branntilløp slik at de totale bo-kostnader på sikt blir lavere.

Den mest innovative og ukjente løsningen som er installert i 2 av boligene er et CO₂ kompensert inert gass-slokkeanlegg. Bruken av slike anlegg i boliger er omdiskutert i bransjen i Norge og utlandet. HVL har i mange år utført eksperimentelt arbeid med slike anlegg gjennom bachelor- og masteroppgaver og har dermed ervervet mye kunnskap om slike anlegg. Derfor er det naturlig at en relativ stor del av denne rapporten omhandler en beskrivelse av det anlegget som er installert.

Bakgrunn for prosjektet

Rapporten 'Boligpiloter tilpasset beboere med alvorlig rus- og psykisk (ROP) lidelse- Funksjons- og ytelsesbeskrivelser for tre beboerprofiler [2] beskrev blant annet forslag til branntekniske løsninger for tre pilotboliger som skulle bli bygd i Karmøy kommune. Boligene ble ferdigstilt desember 2024. Beboerne flyttet inn januar 2025. De anbefalte løsninger ble tatt til følge av byggherren, Karmøy kommune. Denne rapporten beskriver:

- en oversikt over FoU arbeid utført ved HVL i forbindelsene med anbefalingene til løsningene,
- framgangsmåten og ansvarsfordelingen i byggeprosjektet
- de installerte løsninger
- erfaringer fra driftsfasen



bilde 2 Fra byggeplassen Bøheiveien

Planlegging av boligene

Arkitektfirmaet for boligene er Snøhetta AS. Det ble utarbeidet en brannteknisk analyse for boligene av bedriften Q rådgivning. (rapport 2022032-01, rev 2 dato 16.08.2022 Bøheiveien og rapport 2022032-02, rev. 2 dato 17.08.2022 Pilehagen)

I denne analysen ble samtlige boliger satt til risikoklasse 4 og brannklasse 1. Det er samme risikoklasse og brannklasse som for en vanlig enebolig. Dette betyr at man kunne bruke pre-aksepterte løsninger og enkelt kunne beskrive ytelseskrav i henhold til VTEK. I Norge finnes det ingen egen risikoklasse for boliger der beboere til tider ikke er i stand til å bringe seg selv ut i sikkerhet. Pre-aksepterte ytelser i VTEK for byggverk der mennesker overnatter er beskrevet for enten risikoklasse 4 (boliger), eller risikoklasse 6 (institusjoner / hotell). Byggherren står fritt til å øke ytelsene om det er behov for det. I samråd med oppdragsgiveren ble ytelsene økt med blant annet:

- Automatisk slokkeanlegg
- Brannalarmanlegg
- Bærequav R30
- Økte branntekniske krav til overflater og kledninger

Denne analysen dannet grunnlaget for utarbeidelse av en detaljert funksjonsbeskrivelse for blant annet de branntekniske installasjoner. Denne funksjonsbeskrivelsen var del av anbudsdokumentasjonen til en åpen anbudskonkurranse, som oppdragsgiveren, Karmøy kommune, organiserte for å få inn tilbud for byggingen. Kontrakten var av type totalentreprise bestående av 1 kontrakt for bygging av følgende:

- 1 stk bolig, Pilehagen gnr./bnr. 66/14
- 2 stk boliger, Bøheiveien gnr./bnr 146/135
(boligene er koblet sammen via teknisk rom)

Oppdragsgiveren hadde tatt hensyn til forslag til løsninger som var blitt utarbeidet av HVL i en tidligere fase av prosjektet. Disse forslagene var beskrevet i rapporten: "Funksjonsbeskrivelser for tre småhus boligkonsepter tilpasset beboere med alvorlig ROP" av Meland, Fresvik Næss, Nødland, Kraaijeveld,

Oosterkamp, Gjerstad og Bø-Rygg (konfidensiell). Her var følgende løsninger foreslått:

- Aspirasjonsanlegg som deteksjon i samtlige boliger.
- Lavtrykkvanntåke med 'pre-action' (både røyk og varme før vannet kommer ut) for Pilehagen
- Inergen anlegg i boligene i Bøheiveien.

I anbudsdokumentasjonen for Bøheiveien ble det presisert at deteksjonsanlegg (aspirasjon) og slokkeanlegg (Inergen) ble tatt ut som en egen leveranse, direkte avtalt med byggherren. Det var også beskrevet i anbudsdokumentasjonen at et rørsystem for boligsprinkleranlegg måtte installeres. Dette for at man kunne installere et boligsprinkleranlegg med skjulte dyser i tilfelle erfaringene med Inergen anlegget ville tilsa at dette systemet ikke var egnet for bruken. For Pilehagen inngikk leveranse av deteksjonsanlegget og slokkeanlegget i totalentreprisen.

For alle bygningene var det også et krav for at rør skulle trekkes for installasjon av et tradisjonelt brannalarmanlegg med punktdetektorer i tilfelle det skulle vise seg at aspirasjon ikke fungerer.

Bedriften Saga Bygg AS fikk kontrakten som totalentreprenør. Vedavågen rør AS fikk kontrakten i forbindelse med lavtrykksvanntåkeanlegg til boligen i Pilehagen og boligsprinklerrør til boligen i Bøheiveien. HH Fire Eater AS fikk kontrakten i forbindelse med branndeteksjon og Inergen slokkeanlegg til Bøheiveien.



bilde 3 Entreprenører involvert i byggeprosessen

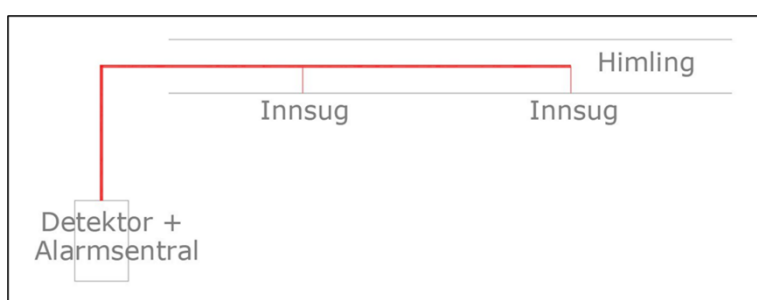
Byggefasen

Boligen i Pilehagen ble bygd i massiv tre (CLT), den ene boligen i Bøheiveien ble bygd i murstein, den andre i betong. På grunn av utformingen av taket, med mange vinkler, var det krevende å installere rør til vannbaserte slokkeanlegg i boligene. I boligene ble det installert mye utstyr til både ventilasjon, varmtvann, elektro og brannsikkerhetsløsninger. Dette utstyret ble hovedsakelig plassert i et teknisk rom. I forhold til brannsikkerheten ble det installert følgende anlegg i boligene:

Hva	Pilehagen	Bøheiveien (2x)
Deteksjon	Aspirasjon (Elotec)	Aspirasjon (Vesda)
Brannalarmsentral med direkte alarmering til 110	Elotec	Fire Eater
Automatisk slokkeanlegg	Lavtrykksvanntåkeanlegg, pre-action (Prevent systems)	IG-541 (Inergen®) med 'extended discharge & ContinuOxy®', (HH Fire Eater AS)

Deteksjonsanlegg

I Bøheiveien var leveranse av aspirasjonsanlegget koblet sammen med leveransen til et Inergen anlegg. I Pilehagen ble aspirasjonsanlegget levert av elektro-entreprenøren. Da det var 2 forskjellige entreprenører som hadde ansvar for deteksjon ble det installert 2 forskjellige typer aspirasjonsanlegg. Prinsippet til et aspirasjonsanlegg er lik en sentralstøvsuger. Små mengder med luft blir sugd ut fra beskyttet området til en sentral som står plassert i teknisk rom. Sentralen inneholder en følsom optisk branndetektor og detekterer et branntillop raskt. Følsomheten til anlegget kan enkelt justeres. Slike anlegg blir ofte brukt i industri og landbruk.



bilde 4 prinsippskisse aspirasjon

De aspirasjonsanleggene som ble installert er:

Pilehagen: Elotec Aspect



bilde 5 Elotec aspirasjonssentral

Bøheiveien: Vesda (Xtralis). En sentral for hver bolig ble installert.



bilde 6 Vesda aspirasjonssentral

Krav til innovative slokkeanlegg

Hverken lavtrykksvanntåke-anlegg eller Inergen-anlegg er en pre-akseptert løsning i henhold til VTEK. Når et slokkeanlegg installeres, skal det installeres etter gjeldene regler og standarder. Formålet med dette byggeprosjektet var å installere innovative løsninger. Dette byr på utfordringer for sikkerhetstekniske løsninger da innovative løsninger eller bruksområder ofte ikke er dekket av regelverk og standarder. VTEK åpner opp for at alternativer til (bolig)sprinkleranlegg benyttes: *“Nye teknikker eller løsninger for spesielle situasjoner kan aksepteres når de er dokumentert å ha minst tilsvarende funksjon og pålitelighet som et automatisk sprinkleranlegg. Et eksempel er etablering av ”brannsikkert inneklima” ved inert luft som hindrer at brann kan oppstå. En slik løsning er bare aktuell i rom eller byggverk der dette er dokumentert å være forsvarlig for luftkvaliteten til eksponerte personer.*

Dokumentasjonen skal foreligge i byggesaken og inngår i den dokumentasjonen som skal overleveres til og oppbevares av eier av byggverket som underlag for driftsfasen, jf. kapittel 4.” (VTEK §11-12-1c).

Dette betyr at leverandøren til slokkeanlegget har et ansvar for å dokumentere at det valgte systemet har minst tilsvarende funksjon og pålitelighet som et automatisk sprinkleranlegg. Dette skaper en utfordring fordi det finnes ikke en klar definisjon av funksjon og pålitelighet av et automatisk sprinkleranlegg. Dermed er det opp til leverandøren av det alternativet slokkeanlegget å definere både funksjonen og påliteligheten av et automatisk sprinkleranlegg og sammenligne den valgte løsningen med disse parameterne. I tillegg skal det dokumenteres at løsningen er forsvarlig for luftkvaliteten til eksponerte personer.

Som en del av sluttbefaringen ble det utført full-skala tester av Inergen anlegget i Bøheivegen. Lavtrykksvanntåke-anlegget i Pilehagen ble testet, men uten vann ut dysene. Det ble utført tester med aspirasjonsanleggene for å stille dem inn på et nivå slik at man unngår uønsket aktivisering av slokkeanlegg. Dokumentasjon ble levert til byggherren, Karmøy kommune, ved overtagelse i desember 2024.

Lavtrykksvanntåke Pilehagen

Formålet med pilotprosjektet var blant annet å installere innovative løsninger for å ivareta brannsikkerheten til beboeren. Vanntåke er en innovativ løsning. Den er sammenlignbart med et boligsprinkleranlegg da begge systemene er vannbaserte punktslokkesystemer. Vanntåke blir stadig mer benyttet. I tillegg er en ny standard for vanntåke, som også omfavner bruk i boliger publisert:

NS-EN 14972-1:2020+A1:2025 Fixed firefighting systems – Water mist systems – Part 1: Design, installation, inspection and maintenance

På norsk heter denne standarden: NS-EN 14972-1 Faste brannslukkesystemer - Vanntåkesystemer - Del 1: Dimensjonering, installasjon, inspeksjon og vedlikehold, spesifiserer krav og gir anbefalinger for prosjektering, installasjon, kontroll og vedlikehold av alle typer faste landbaserte vanntåkesystemer. NS-EN 14972-1 henviser til de andre delene i serien som utgjør 16 branntest-protokoller. De fleste av disse branntest-protokoller er publisert, men

Del 17: Prøvingsprotokoll for automatiske dysesystemer for boligformål

er ikke publisert ennå i Norge. Den britiske versjonen av denne protokollen, standarden BS EN 14972-17:2025 – TC ble publisert 31 juli 2025. Med andre ord, den norske versjonen er forventet publisert snart.

I desember 2024 kom en veileder "Vanntåke som automatisk brannslukkeanlegg i bygninger, veileder for valg, dokumentasjon og prosjektering ISBN 978-82-536-1864-7 (pdf)" [3] publisert av SINTEF akademisk forlag. Denne veilederen inneholder informasjon om automatiske brannslukkesystemer med vanntåke: Hva de består av og hvordan de fungerer, krav til dokumentasjon av egenskapene til vanntåkeanlegg i bygninger, hvordan brannsikkerheten for bygninger med vanntåkeanlegg kan vurderes og dokumenteres og hvordan det tekniske anlegget bør prosjekteres.

Denne veilederen gir utfyllende informasjon om bruk av vanntåkesystemer i bygninger.

Det foreligger mye informasjon om lavtrykksvanntåke, blant annet på websiden til leverandøren av komponentene som er blitt installert i boligen i Pilehagen.

<https://www.prevent-systems.com/>

CO₂ kompensert Inert gass-slokkeanlegg Bøheiveien

Et CO₂ kompensert Inert gass-slokkeanlegg er en svært innovativ løsning som kan ha et stort potensial for beskyttelse av denne målgruppen. Slike anlegg blir levert under handelsnavnet Inergen.

Inergen anlegg blir brukt til mange typer bygninger. Datarom, fryselager, verneverdige bygninger og bygninger der mennesker bor og sover. Sistnevnte type bygninger har omfattet asylmottak, institusjoner for psykisk syke og institusjoner for eldre. I tillegg er det installert en del mobile Inergen slokkeanlegg i boliger. I brannsikkerhetsbransjen er det stor uenighet om slike anlegg er egnet til å beskytte mennesker som bor og sover i en bygning.

En rapport 'IG-541 og personsikkerhet – behov for dokumentasjon for byggverk i risikoklasse 4 og 6' utgitt av RISE-rapport 2019:07 [4] konkluderer med:

"Ut ifra de gjeldende standardene som er gjennomgått i denne rapporten er det ikke grunnlag for å benytte IG-541 i byggverk beregnet for overnatting uten at evakueringskrav som generelt gjelder for gass-slokkesystemer er oppfylt. For designkonsentrasjon for IG-541 vil dette si at rom skal kunne evakueres innen 5 minutter etter at systemet er utløst. IG-541 behandles ikke annerledes enn andre inertgasser i standardene. Begrepet «personell» som benyttes i NS-EN 15004-1 gir også en klar indikasjon på at standarden ikke er beregnet for bygg beregnet for overnatting.

Videre anbefaler denne rapporten følgende:

Det anbefales å iverksette et arbeid for å undersøke om det er mulig å forlenge oppholdstiden for personer eksponert for IG-541 basert på medisinske forhold. Det må også dokumenteres at kravene til tette rom og bygninger er oppfylt, samtidig med at krav om trykkavlastning ved utløsning av gass-slokkeanlegg kan oppfylles i de anvendelsesområder som omfatter permanent opphold. Dersom oppholdstiden i slokkegassen kan økes, kan det eventuelt føre til økt påføringstid for IG-541. Dermed kan trykkoppbyggingen skje langsommere enn påkrevet i standarder, og risiko for at personer blir utsatt for høye overtrykk reduseres. Dersom det er mulig å dokumentere at lengre opphold i designkonsentrasjon av IG-541 ikke medfører økt helserisiko, må det også dokumenteres at slokkevirkningen av IG-541 er ekvivalent med sprinkleranlegg. Dette kan gjøres ved enten å utvikle en egen teststandard, eller ved å endre den allerede eksisterende standarden NS-EN 15004-10.”

Det er en rekke grunner for at HVL, ved førstelektor Arjen Kraaijeveld, likevel anbefaler denne løsningen, (IG-541), for de boligene der sannsynligheten for branttilløp er svært høy. Hvis innovative løsninger skal brukes må man tørre og tenkte nytt, så lenge løsningen ikke medfører økt risiko for beboeren.

Boligene i Bøheiveien er utformet slik at de kan evakueres innen 5 min. Før aktivering av slokkeanlegget vil beboeren, en kommunal vaktmester og brannvesenet bli alarmert. Om beboeren ikke er i stand til å evakuere, er det svært sannsynlig at sjansen for å overleve øker betraktelig på grunn av gass-slokkesystemet fordi branttilløpet slokkes.

Det medfører riktighet at den eksisterende standarden NS-EN 15004-1 ikke omfatter anvendelsesområder som omfatter permanent opphold. Når mandatet for boligprosjektet er å finne egnede innovative løsninger må man ta utradisjonelle løsninger i betraktning. En utfordring med standardiseringsarbeid er at det er basert på konsensus. Det vil si at det skal være generell enighet blant standardiseringskomiteets medlemmer når standarder skal endres. Tilsetning av CO₂ i inerte gassblandinger har en dokumentert positiv effekt på oppholdstid. Bedriften Fire Eater som leverer slokkeanlegg med Inergen er den eneste

leverandøren som tilbyr demonstrasjoner der mennesker kan oppleve å være utsatt for et inneklime som inneholder 12% oksygen.



bilde 7 Fra demonstrasjonsanlegget under Nordic Fire and Safety days, Lund 2022

Ansatte og studenter ved HVL har i en årrekke utført forsøk og studier av inerte gass-slokkeanlegg kompensert med CO₂. Dette arbeid har medført at man har en annen oppfatning av eventuelle utfordringer i forhold til trykkoppbygning, tetthet av beskyttet området og trykkavlastning. Det er utviklet løsninger som gjør at et slikt gass-slokkeanlegg kan fungere selv om dører og vinduer kan være åpne. En slik løsning er valgt for Bøheiveien.

Fysiologien i forhold til opphold i rom med redusert oksygeninnhold kompensert for med CO₂ er beskrevet i et notat skrevet av overlege Skraastad. Dette notatet: *Personsikkerhet ved opphold i atmosfære med redusert oksygeninnhold kompensert med økt karbondioksidnivå. En medisinsk gjennomgang av allmenn tilgjengelig publisert vitenskapelig litteratur om emnet opp mot brannslukkingssystem.*

er å finne som vedlegg 1 til denne rapporten.

Notatet konkluderer med at personsikkerheten vurderes å være godt ivaretatt i CO₂-kompensert hypoksisk atmosfære, gitt de oksyngengrenser som er gjeldende for brannslukkingsanlegg (12,7-10% O₂), ved eksponering opp til 30 minutter.

Bakgrunnen for å anbefale installasjon av et fastmontert Inergen slokkeanlegg i Bøheiveien var:

- Småhus, 1 branncelle, rømningsvei rett ut i det fri.
- Stor sannsynlighet for branntilløp.
- Beboer er samler, høy brannbelastning i boligen.
- Stor sannsynlighet for hærverk.
- Stor sannsynlighet for vannskader ved installasjon av vannbasert slokkeanlegg.
- Vanskelig å finne alternativ overnattingsplass for beboer etter et branntilløp som fører til skader i boligen.
- Utfordringer for innsattpersonell fra brannvesenet pga. mulig aggressiv adferd fra beboeren. Innsattpersonell er underlagt arbeidsmiljøloven og skal tenke egen sikkerhet først. Det er ikke sikkert at de kan gå i innsats.

Å investere i et innovativt automatisk slokkeanlegg er trolig et riktig tiltak for å redusere driftskostnader over tid. Sannsynligheten for branntilløp er svært høy i disse boligene. Det har vært flere alvorlige hendelser i Bøheiveien i tiden før og etter at de nye boligene er bygd. Noen presseoppslag fra slike hendelser er å finne i vedlegg 2.

FoU arbeid utført ved HVL i forbindelsene med anbefalingene til løsningene

Det er utført en rekke bachelor- og masteroppgaver ved HVL i forbindelse med forskingsprosjektet Builder (Building design for at-risk groups) samt ROP prosjektet. En leilighet ble bygd i HVL sin 'hall of flame'. Et ventilasjonsanlegg, aspirasjonsanlegg samt et Inergen slokkeanlegg ble montert.



bilde 8 Fra tester i fullskala 'dummy' bolig i Hall of flame HVL

Mange tester ble utført. Disse bachelor- og master prosjektene dokumenterer at:

- Trykkoppbygning i rommet nesten ikke er målbar hvis trykkavlastning er installert i henhold til prosjekteringen. Vanligvis fungerer avtrekk fra ventilasjonen som trykkavlastning.
- Konsentrasjonen av CO som følge av en brann er svært lav etter at slokkeanlegget blir aktivert fordi forbrenningen avtar umiddelbar etter at oksygenivået i beskyttet området synker.
- Den nødvendige holdetiden kan oppnås ved hjelp av enkle tekniske løsninger selv om dører og vinduer kan være åpne.
- Støy fra dysene ble målt til omtrent samme nivå som lydnivå fra brannalarmen (ca. 78 dBA).



bilde 9 Fra forsøk med gass-slokkeanlegg i leiligheten i 'Hall of flame'



bilde 10 Fra branntester i leiligheten i Hall of flame HVL



bilde 12 Fra bachelorprosjekt i 'Hall of flame'



bilde 11 (fremme) Cristina Sanfeliu Meliá, Jishan Mahmud Rumi, Sebastian Dimmen, (bak) Hågen Solbakken, Eirik Ruud Nordstrand, Arjen Kraaijeveld

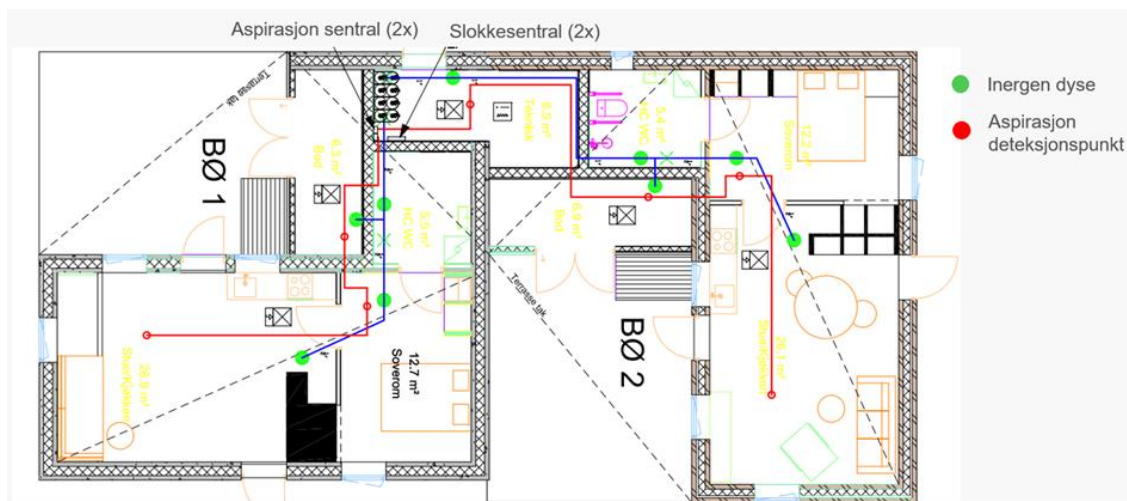
Beskrivelse Inergen anlegg Bøheiveien

Det installerte anlegget i Bøheiveien er et IG-541 (Inergen®) anlegg med 'extended discharge & ContinuOxy®', levert av bedriften HH Fire Eater AS. Anlegget sikrer 2 boliger som har et felles teknisk rom.



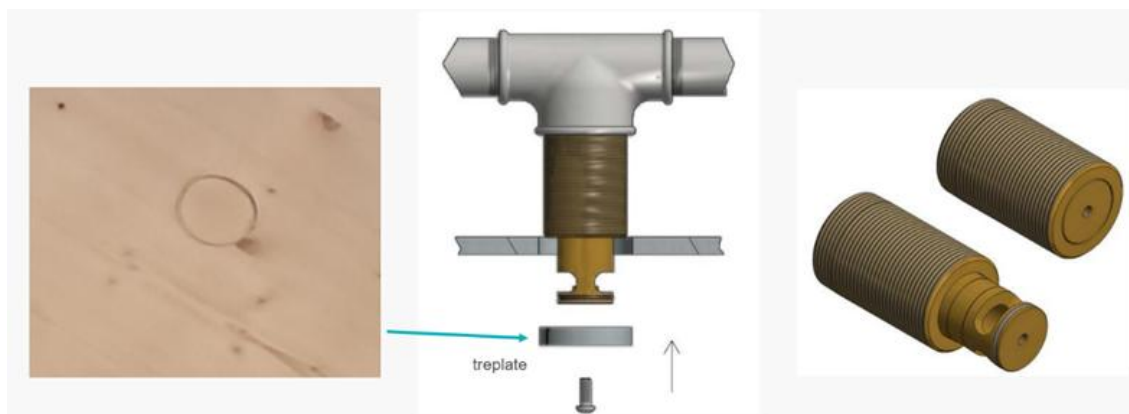
bilde 13 Flaskebanken Bøheiveien

Anlegget består av en felles flaskebank. 4 Inergen gassflasker 80 liter, 300 bar er koblet via høytrykkslanger direkte til et grenrør (manifold). Fra manifold er det installert et høytrykksrør til 2 soneventiler som vanligvis er stengt. Ved aktivering åpnes en av disse ventilene og gassen sendes enten til bolig 1 eller bolig 2. I hver bolig er det installert et rørsystem med 4 skjulte dyser. I tillegg er en dyse installert i teknisk rom.



bilde 14 Plantegning Bøheiveien, 2 hus koblet sammen via teknisk rom med felles flaskebank

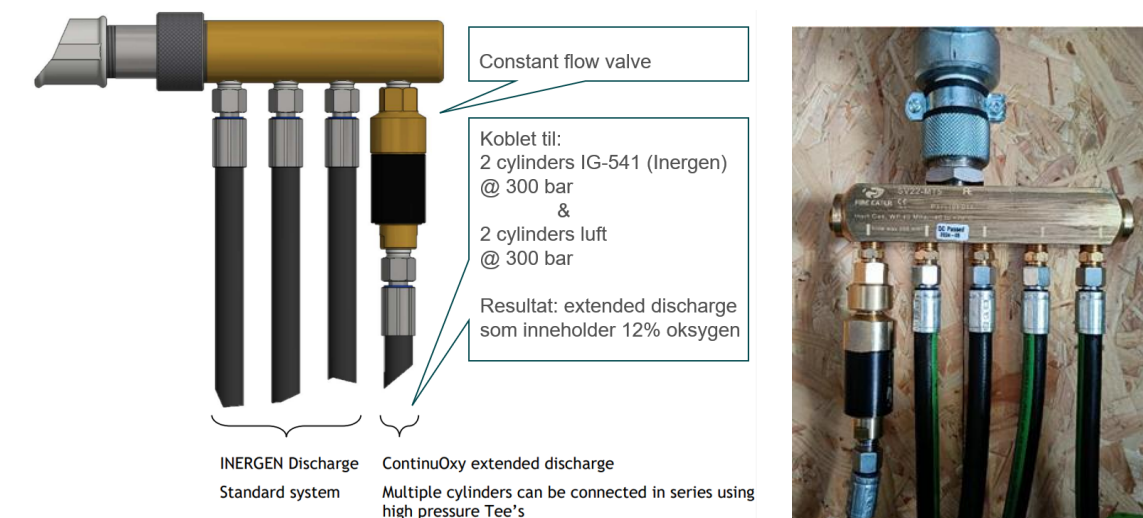
Ved hjelp av et dataprogram IMT (Inergen Management Tool) beregnes nødvendig mengde gass og hvor fort gassen må strømme ut av gassflaskene for å oppnå 12% oksygennivå i beskyttet området. Gass-strømmen begrenses ved å montere en skive med hull rett etter manifolden. Størrelsen av hullet beregner man ved hjelp av IMT programmet etter at rørsystemet er installert. Fordelingen av gassen til de forskjellige rom justeres ved boring av et hull i hver av dysene. Dysene er av type pop-up, de er forblendet med samme materialet som himlingen og nesten usynlig.



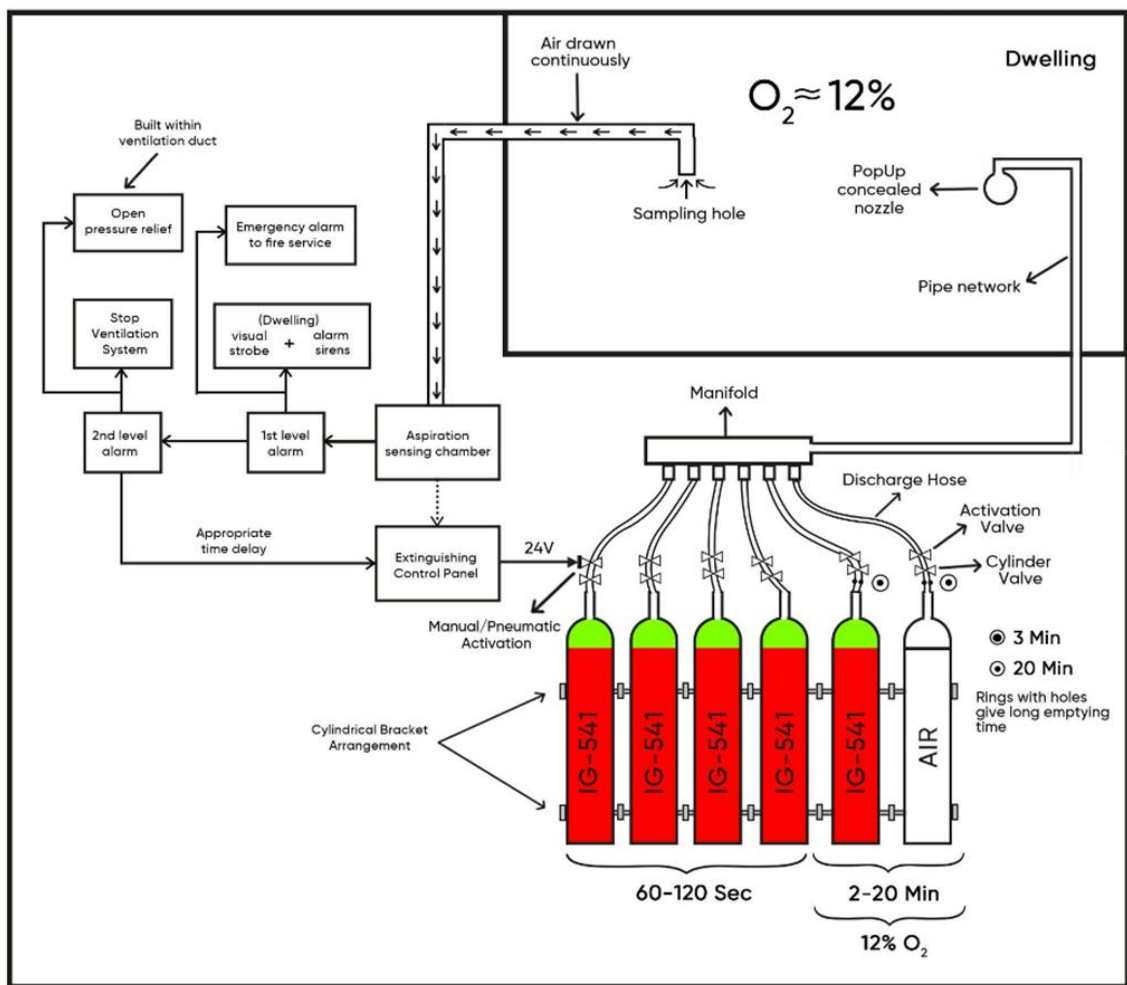
bilde 15 Pop-up dysen Inergen

Beskyttet området har en dør og vinduer som kan åpnes. For å kompensere for dette er anlegget utvidet med en løsning som kalles 'extended discharge & ContinuOxy®'. I tillegg til de 4 Inergen flasker som er koblet direkte til manifolden er det koblet 2 flasker Inergen og 2 flasker med vanlig luft under trykk via en

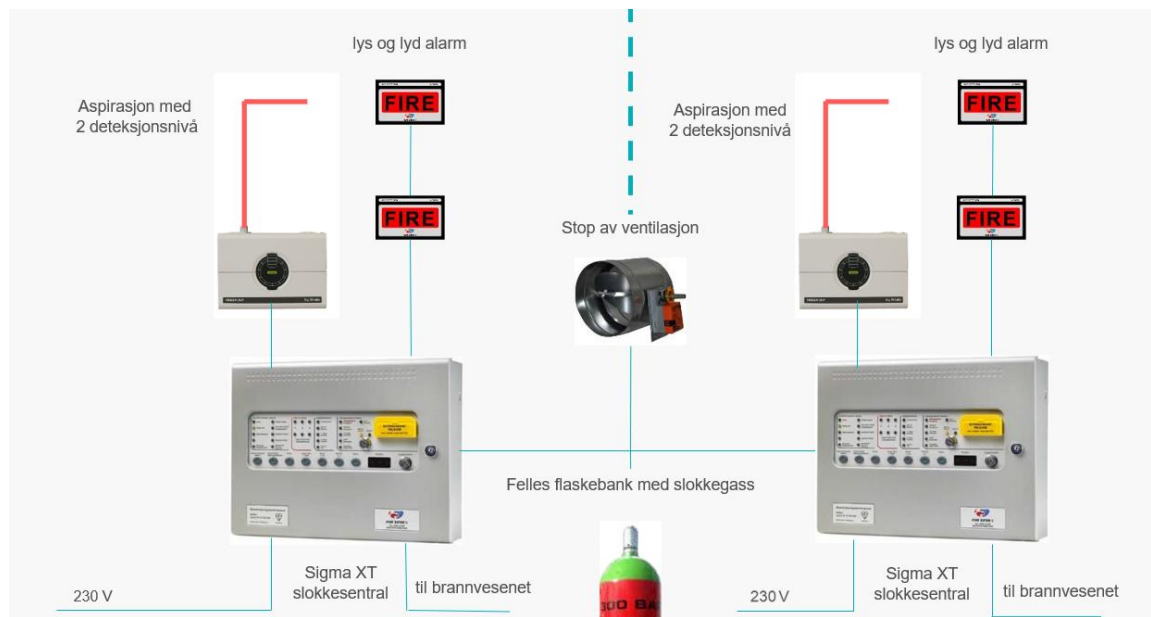
reduksjonsventil til manifolden. Dette betyr at når anlegget blir aktivert, vil de 4 Inergen flaskene som er direkte koblet til manifolden tømmes i løpet av 2 min og senke oksygenivået i boligen til 12%. Samtidig aktiveres de 4 andre flaskene. Gassen fra disse inneholder ca. 12% oksygen (summen av Inergen 0% oksygen + luft 21%, gir en gassblanding med ca. 12% oksygen). Da disse er koblet til manifolden via en trykkreduksjonsventil tømmes disse flaskene etter ca. 15 min. På denne måten forblir oksygenivået i beskyttet sone ca. 12% selv med en høy lekkasjerate på grunn av et åpent vindu eller en åpen dør. Om rommet er tett vil overflødig gass bli ventilert bort gjennom ventilasjonsavtrekket. Oksygenivået vil ikke synke under 12%.



bilde 16 Kobling av ekstra gassflasker via reduksjonsventil for å oppnå holdetid ved høy lekkasjerate



bilde 17 Prinsippskisse Inergen anlegget I



bilde 18 Prinsippskisse Inergen anlegget II

Ved første brannalarm blir vaktmester i kommunen samt brannvesenet alarmert. I tillegg er det lyd og lys alarm i boligen. Ved andre alarm stopper ventilasjonen. Inergen anlegget blir aktivert etter en tidsforsinkelse på 30 sekunder. Da strømmes gassen ut i beskyttet området.

Erfaringer fra driftsperioden

Beboerne flyttet inn i boligene i midten av januar 2025. Så langt (medio desember 2025) har de bodd ca. et år i boligene. Dette kapitlet gir en oversikt over driftserfaringer så langt. På grunn av personvernet er det ikke mulig å beskrive hendelser i detalj.

Pilehagen

Det har ikke vært noen brannalarmer og utrykninger til boligen i Pilehagen. Dermed er det vanskelig å konkludere om løsningene fungerer.

Bøheiveien

Det har vært flere brannalarmer, branntilløp og utrykninger til boligene i Bøheiveien. Inergenanlegget har blitt aktivert 2 ganger i det første driftsåret. Første gangen ble alle 8 gassflaskene (4 Inergen gassflasker + 2 Inergen + 2 luft) aktivert.

Andre gangen, få dager etter det første branntilløpet, var ikke de 4 ekstra gassflaskene (2 Inergen + 2 luft) byttet. Dermed ble kun de 4 hovedflaskene med Inergen aktivert.

Begge gangene var det et reelt branntilløp som ble slokket av Inergen anlegget før brannvesenet var fremme. Etter utlufting kunne beboeren gå tilbake til boligen. Det var ingen sekundærskader. Kommunen er fornøyd med løsningen. Virksomhetsleder Rus- og psykisk helsetjeneste i Karmøy kommune ga følgende tilbakemelding:

”Det å vite at bustadane er så godt brannsikra er heilt fantastisk. Då veit me at samfunnet har gjort så godt me kan for å sikra desse husværa, bebuarar og nabolag. Og me vil truleg sleppa at folk døyr i brann eller at husa blir kondemnerte av brann. At det vil bli ein del utrykkingar til slike husvære må ein rekna med. Men det er jo med på å sikra at ingen brenn inne og at husa står.”

Drøfting

Å finne egnet bolig til mennesker som har alvorlige ROP lidelser er ikke enkelt. Kommunen er forpliktet til å finne bolig til disse menneskene, å bo på institusjon er ikke noe alternativ fordi denne løsningen krever samtykke av beboeren. Noen av disse menneskene sliter ut boliger raskt, i tillegg oppstår det regelmessig branttilløp. Dette prosjektet har som mål å skaffe egnede boliger der beboere kan bo over lang tid.

Det er umulig å løse utfordringene alene med teknologi. Beboerne har begrenset boevne. Men håpet er at boligene kan være en trygg bopel over lang tid og at driftsutgiftene blir lavere over tid selv med en betydelig investering i tekniske løsninger.

En utfordring er at det er ikke enkelt å få oversikt over kostnadene. Når brannvesenet rykker ut til en bolig der det er et branttilløp faktureres ikke kommunen. Viser det seg at det er unødig eller falsk alarm faktureres kommunen. Brenner boligen ned, betaler kommunen et fast (lavt) beløp i egen andel, resten betaler forsikringsselskapet. De indirekte kostnader som oppfølging av midlertidig bopel, etc. betaler kommunen. Det er svært kostbart å bosette de mest krevende innbyggere. Håpet er at de valgte løsningene vil redusere de samlede kostnadene over en 10 års periode.

Vann som slokkemiddel er svært billig, men vann kan forårsake store kostnader. Gass som slokkemiddel er dyrt, men forårsaker ikke noen skader. Kontroll og vedlikeholdskostnader til vannbaserte og det gass-baserte slokkeanlegget ligger omtrent på samme nivå.

I et av områdene, Bøheiveien, har det vært flere branner og flere boliger har brent ned. Kanskje kan et innovativt system som gass-slokkeanlegg avverge slike hendelser og dermed spare store direkte og indirekte kostnader. For å kunne konkludere må fremtidige hendelser i og rundt boligene kartlegges slik at de totale kostnader kan bli dokumentert.

Konklusjon

Samfunnsutvikling er slik at mennesker med alvorlige rus og psykiske lidelser skal bo selvstendig i frittstående bolig uten daglig tilsyn i økt grad. Det er svært vanskelig å løse de branntekniske utfordringer dette medfører med tekniske installasjoner. Installasjon av brannalarmanlegg og slokkeanlegg i små eneboliger er relativt kostbart og medføre årlige kostnader til kontroll og vedlikehold.

Det er utfordrende å kompensere for manglende bo-egne med tekniske tiltak. I dette prosjektet er det blitt installert innovative løsninger. I Pilehagen har det ikke vært branntilløp. I Bøheiveien har det vært flere branntilløp i det første driftsåret. Så langt ser det ut at systemene fungerer. Formålet med å trygge beboere og redusere bo-kostnadene på lengre sikt er trolig mulig å oppnå. For å dokumentere dette må hendelser i boligene følges opp over flere år.

Bachelor- og masterrapportene samt andre publikasjoner

- Hansen, Nicolai Vølkers Kønskov; Fosnes, Sindre; Sylte, Christian Jelle (Bachelor thesis 2018) Brannbekjempelse i hulrom med bruk av INERGEN <https://nva.sikt.no/registration/01990e63a46f-c5e36994-9f9c-43cc-82f2-d7057e174071>
- Helland, Martin Eikrem; Martens, Aleksander (Bachelor thesis 2019) Personsikkerhet i omsorgssenter: IG-541-gasslukkeanlegg som alternativ til sprinkler <https://nva.sikt.no/registration/01990e61ab08-e8f48a1d-ad3f-4859-8daa-59a593025b25>
- Lindøe, Haakon; Åmodt, Kenneth Fagerheim; Lervik, Tommy (Bachelor thesis 2019) Inergen i avdeling beregnet for tvungent psykisk helsevern <https://nva.sikt.no/registration/01990e652924-3f5d25fa-bd61-4b96-bf13-e089f24cc29d>
- Hu, X., Kraaijeveld, A., & Log, T. (2020). Numerical investigation of the required quantity of inert gas agents in fire suppression systems. *Energies*, 13(10), 2536.
- Hu, Xiaoqin; Kraaijeveld, Arjen. (2022). Experimental and Numerical Investigation of Extinguishing Effectiveness of Inert-Gas Agents in a Leaky Enclosure *Energies*. 2022, 15 (12), 1-14.
- Nordstrand, Eirik Ruud; Solbakken, Hågen; Dimmen, Sebastian (Bachelor thesis 2022) IG-541 in housing for residents with substance abuse and mental disorders. <https://nva.sikt.no/registration/01990e63fa94-9ee39cb4-2a3f-45a1-95bc-59794bf5098d>
- Atukpawu, Ikenna Eugene (Master thesis, 2022) Investigation of Effects of Enclosure Opening on Inert Gas Suppression System <https://nva.sikt.no/registration/01990e659b66-86fae67a-5123-40f2-8fa3-b0442cef1637>
- Rumi, Jishan Mahmud (Master thesis, 2022) Reliable Fire Detection Systems for Residents with Drug and Psychiatric Disorders <https://nva.sikt.no/registration/01990e60dd53-1349e348-ed38-41bc-a73e-bf5ac13efe95>

Formidling av ROP prosjektet utført av HVL

Arbeid utført i forbindelse med ROP prosjektet er blitt presentert på konferanser både nasjonalt og internasjonalt.

- Branntekniske løsningen pilotboliger for beboere med ROP med fokus på driftsfasen. 'State of the art' IG-541 (Inergen®) slokkeanlegg & pre-action lavtrykks-vanntåke. Arjen Kraaijeveld
Konferanse praktisk brannsikring BFO, Haugesund. 5 juni 2025
- Detached houses, for residents with substance abuse and mental disorders, with installed 'state of the art' IG-541 (Inergen®) extinguishing system. Arjen Kraaijeveld
Conference SUPDET / AUBE 2024 Duisburg (DE) 25 september 2024
- Reliable fire detection systems for residents with drug and psychiatric disorders. Arjen Kraaijeveld
Presentation master project Jishan Mahmud Rumi,
Conference SUPDET 2022, Atlanta (USA), torsdag 15 september 2022
- Reliable fire detection systems for the at-risk groups Jishan Mahmud Rumi
Conference Nordic Fire and Safety days Lund 22 juni 2022
- Full scale tests IG-541 (Inergen) for at-risk groups, Nordstrand, Solbakken, Dimmen
Conference Nordic Fire and Safety days Lund 22 juni 2022

I tillegg er arbeidet flere ganger presentert i undervisningssammenheng og ved besøk av eksterne gjester / grupper på HVL.

Referanser

- [1] Utvikling av nye boligtilbud tilpasset ROP-beboere med lav boevne med vekt på brukermedvirkning
<https://nva.sikt.no/projects/2527771>
- [2] Meland, K. V.; Gjerstad, B., Kraaijeveld, A., Gjerstad-Sørensen, R., Thorbjørnsen, N., Fresvik, A., Vatn, E. (2023)
«Boligpiloter tilpasset beboere med alvorlig rus- og psykisk (ROP) lidelse. Funksjons- og ytelsesbeskrivelser for tre beboerprofiler», Norce, Haugesund
<https://nva.sikt.no/registration/0198cc6e9c04-85366499-1e9d-4ee3-a05d-5d81b2f588c5>
- [3] SINTEF akademisk forlag 2025. 'Vanntåke som automatisk brannsløkkeanlegg i bygninger, veileder for valg, dokumentasjon og prosjektering ISBN 978-82-536-1864-7 (pdf)
<https://nva.sikt.no/registration/0198cc7bb6b4-08335fb4-2aa5-4e0a-8529-c81629dd26a4>
- [4] RISE FR 2019, IG-541 og personsikkerhet –behov for dokumentasjon for byggverk i risikoklasse 4 og 6
<https://risefr.com/media/publikasjoner/upload/2019/2019-07-rise-rapport-ig-541-og-personsikkerhet.pdf>

Vedlegg 1

Personsikkerhet ved opphold i atmosfære med redusert oksygennivå kompensert med økt karbondioksidnivå. En medisinsk gjennomgang av allmenn tilgjengelig publisert vitenskapelig litteratur om emnet opp mot brannslukkingssystem.

Forfatter: Overlege anesthesiavdeling, St Olavs Hospital HF Trondheim, Erlend Johan Skraastad, dato 13 september 2017

Vedlegg 2

Utvalg presseutklipp hendelser Bøheiveien

PERSONSIKKERHET VED OPPHOLD I ATMOSFÆRE MED REDUSERT OKSYGENNIVÅ KOMPENSERT MED ØKT KARBONDIOKSIDNIVÅ.

En medisinsk gjennomgang av allmenn tilgjengelig publisert vitenskapelig litteratur om emnet opp mot brannslukkingssystem.

INNLEDNING

Menneskets fysiologi er i utgangspunktet tilpasset å leve ved havnivå, hvor vekten av luften over oss gir et trykk angitt som 1 atmosfære og hvor denne luften har en fast fordeling av gasser: Nitrogen 78,08%, oksygen 20,95%, argon 0,93%, karbondioksid 0,04% samt spor av andre edelgasser som neon og helium. Men vi mennesker har i årtusener utfordret vår fysiologi ved å forflytte oss opp i høyden, først ved opphold og bosetting i høytliggende fjellområder, og senere ved å benytte ulike flygende innretninger. Nå utnyttes også egenskaper til luft med lavere oksygenkonsentrasjon både for treningsoptimalisering for idrett, i medisinsk behandling og for brannsikring/-slukking. Hver dag er et stort antall mennesker eksponert for situasjoner med lavere oksygentilbud gjennom flyreiser, brannbeskyttelsessystemer, høydetreningskamre eller opphold i høytliggende områder både i arbeid og fritid.

Oksygen er nødvendig for energiproduksjonen i mitokondriene i kroppens celler. Under et gitt kritisk nivå av oksygentilførsel vil denne prosessen stoppe. Oksygenering av kroppens vev er et resultat av flere faktorer: Blodets oksygennivå, blodets hemoglobinnivå, hjertets pumpeevne, vevsgjennomblødning og vevets oksygenforbruk. Den lavest akseptable grense for lavt oksygennivå kan da ikke bestemmes alene ut fra blodets oksygennivå eller tilbudet av oksygen i atmosfæren.

Reduserer man oksygenkonsentrasjonen i pusteluft ved 1 atmosfæres trykk, kalles dette isobar hypoksi. Hypobar hypoksi får vi når det atmosfæriske trykket reduseres ved for eksempel flyreiser. Det er noen mindre fysiologiske forskjeller mellom simulert isobar hypoksi og ekte hypobar hypoksi, men som i denne sammenhengen ikke er relevant for personsikkerhet og helse. Derfor er isobar hypoksi og hypobar hypoksi betraktet som like situasjoner i denne gjennomgangen [1, 2].

HYPOKSI

Hypoksi er en tilstand med for lav oksygentilførsel til kroppens vev. Det er viktig å understreke at mild hypoksi normalt ikke er å betrakte som en helserisiko. Faktorer som atmosfærens oksygennivå, varighet av eksponering, arbeidsbelastning, mulighet for akklimatisering/tilpasning, mulighet for rask evakuering, genetisk seleksjon (native høylandsfolk) sammen med høyde på bosted, vil virke inn på risikoprofilen ved eksponering for hypoksi. Individuelle risikoforhold og kroniske sykdommer spiller i tillegg inn, og vil bli diskutert senere.

Menneskekroppens vanlige reaksjon på brå nedgang i oksygentilbudet til under 14,5%, tilsvarende en høyde over 3000 meter, er økende hvilepuls og pustefrekvens for å kompensere for det reduserte oksygentilbudet. Blodtrykket holder seg vanligvis uendret. Opp mot 5% av befolkningen vil reagere på akutt hypoksi med fall i blodtrykk, langsom puls og besvimelse, såkalt vasovagal synkope. Før dette vil symptomer som kvalme og uvelhet, blekhet og muligens kaldsvette inntre. Hos disse kan besvimelse inntre raskere enn hos andre ved O₂-konsentrasjoner i området 14,5-9,7%. Ved besvimelse reduseres imidlertid hjernens behov for oksygen, og vil slik sett være beskyttende ved en hypoksisituasjon [3].

EKSTREM KORT EKSPONERING

Denne gjennomgangen begrenser seg til situasjoner med hypoksi definert som *ekstrem kort eksponering* av den medisinske kommisjonen til Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA), en paraplyorganisasjon for virksomhet i omgivelser med lavt oksygennivå.

Begrepet ekstrem kort eksponering for hypoksi dekker situasjoner som sivil luftfart, bil-/togferdsel i høye fjellområder, skikjøring, taubaner, høydetreningskamre og brannbegrensning/-slukking. Disse aktivitetene foregår hyppigst i ekvivalente høyder 1800-2600 meter over havet, tilsvarende 17,4%-15 % isobar oksygenkonsentrasjon for utendørsaktivitetene, og ned mot 9-13% isobar oksygenkonsentrasjon for treningskamre og brannslukkeanlegg. Tiden for hypoksieksponering til disse situasjonene er begrenset; fra få minutter opp til noen timer. Den internasjonale organisasjonen for sivil luftfart, International Civil Aviation Organization (ICAO), har satt en høyeste grense på ekvivalent høyde 2400 moh, tilsvarende isobart 15,2% O₂, for kabintrykk i passasjerfly. Men det er data som underbygger at flyselskap opererer med lavere trykk enn dette, særlig med moderne fly [4].

I rom utstyrt med hypoksisk brannhemmende system, med et kontinuerlig oksygennivå vanligvis mellom 17,0-14,8% (+/-0,2), eksponeres personer som oppholder seg der over nivået for når kroppen viser tilpasning til hypoksi: Økt pulsfrekvens i hvile og økt produksjon av hormonet erythropoietin i blodet. Nivået for når kroppen starter tilpasning varierer fra 17,4-15,5 % O₂, ekvivalent til 1500-2400moh) [5, 6]. Konklusjoner trukket i sammenfattet forskning er at yrkeseksponering for oksygenkonsentrasjoner ned til 13% ikke utgjør en helserisiko gitt korte eksponeringstider og at definerte forhåndsregler følges [7, 8].

I forbindelse med akutt hypoksi er uttrykket «tid med brukbar bevissthet» benyttet for å angi hvor lang tid man kan forventes å handle rasjonelt ved en gitt høyde eller oksygenkonsentrasjon [9]. For personer som yrkesmessig utsettes for akutt hypoksi er det satt noen funksjonelle grenser for eksponeringstid og oksygenkonsentrasjon. Det er ikke relevant med hensyn på tid med brukbar bevissthet for ekstrem kort eksponering for ekvivalente høyder/oksygenkonsentrasjon opp til 5000 moh, tilsvarende 11,1% O₂. Et viktig moment er at de hypoksiske omgivelsene kan forlates i slik simulert hypoksi. På 5500 moh, tilsvarende 10,4% O₂, er det satt en funksjonell begrensning i tid med brukbar bevissthet på rundt 30 minutter[10]. Personer med medisinske tilstander vil kunne oppleve ubehag og problemer ved slike oksygenkonsentrasjoner/høyder, mens friske individer burde tolerere

eksponeringen godt: Varighet av eksponeringen er for kort til å utvikle akutt høydesyke, og det er godt under grensen for når signifikant nevrologisk risiko inntreffer [10]. Det er fra flymedisinsk litteratur satt et skille ved omtrent 6000 moh, tilsvarende 9,7% O₂, hvor man vil beholde bevisstheten. Dette gjelder for friske, unge personer sittende i ro og som brått utsettes for høyde [3]. Ved 8,5% O₂, tilsvarende 7000 moh, er tid med brukbar bevissthet anslått til 3-5 minutter [10]. Hos normale individer vil toleransen for akutt hypoksi forbedres med samtidig tilførsel av CO₂ til innåndingsluften, innenfor de verdiene (12,7-10% O₂) benyttet for brannslukkeanlegg [11, 12].

FYSISK ARBEIDSEVNE UNDER HYPOKSI

Muskelarbeid øker oksygenbehovet, og oksygentoleransen blir da nedsatt. I tillegg blir gassutvekslingen mindre effektiv ved fysisk aktivitet i en hypoksitilstand. I hvile bruker hvert blodlegeme omtrent 0,75 sekund på å passere lungekarene der gassutvekslingen kan foregå. Denne tiden reduseres til omtrent 0,25 sekund når blodomløpet økes ved fysisk aktivitet. For å fullmette blodet med oksygen ved O₂-konsentrasjon 11,9%, er om lag 0,50 sekund passeringstid nødvendig som et minimum [3]. Med økende høyde/fallende oksygenkonsentrasjon faller maksimal fysisk ytelsesevne med 10-15% per 1000m (starter på 1500 m), og er kjappest fallende for godt trente individer. Friske personer er vist å kunne utføre tungt fysisk arbeid (>200W) over flere minutter ved isobar 11% oksygenkonsentrasjon [2]. Siden det meste av aktivitet som foregår i situasjoner med ekstrem kort eksponering er av svært begrenset omfang (estimert til 0,5-1,0 W/kg kroppsvekt), vil ikke denne effekten virke begrensende i de situasjoner som er beskrevet (flykabin, skikjøring, taubane, bil-/togtransport, brannslukking)[13-15].

HYPOKSIRESPONS HOS PERSONER MED KRONISK SYKDOM

Høyt blodtrykk

Tilgjengelig litteratur antyder en moderat blodtrykksstigning hos personer med ikke-alvorlig høyt blodtrykk ved eksponering til hypoksi (FiO₂>14.5%) [16, 17]. Det synes ikke å være noen risiko forbundet med denne blodtrykksstigningen [18, 19]. Andre konkluderer med at passende eksponering for hypoksi kan føre til en varig reduksjon hos pasienter med høyt blodtrykk [20].

Hjertesykdom

Det må understrekes at i kontrast til hva mange involverte tror, er det ikke hjertet som er organet som bærer størst risiko ved eksponering for hypoksiske situasjoner. Mens hjertemuskelceller håndterer høy grad av hypoksi, er det lungene som kan bli begrensende faktor ved en samtidig sykdom [10].

En marginal redusert fysisk yteevne og en noe tidligere debut av symptomer opptrer hos pasienter med kjente brystsmerte-plager (angina pectoris) under akutt hypoksieksponering. Studier på hjertesyrke pasienter har konkludert med at eksponering for, og fysisk aktivitet i,

høyder mellom 3000-3500 moh (O_2 -konsentrasjon 14,5-13,6%) generelt er trygt for pasienter med stabil hjertesykdom og ellers tilstrekkelig fysisk form [21].

Lungesykdom

Personer med en lungesykdom som utsettes for en hypoksi er godt kjent fra både høydeopphold og sivil flytransport, og gjenstand for betydelig vitenskapelig og kommersiell interesse [22-31].

Mild lungesykdom synes ikke å begrense mulighet for fjellsport, selv ikke for eldre personer, opp til høyder 2500 moh, tilsvarende 15,4% O_2 [31]. Pasienter med alvorlig grad av KOLS er vist å ha økt hyppighet av dyspné og lufthunger ved flyreiser enn friske personer [30, 32]. Imidlertid stabiliserer KOLS-pasientene seg og er velfungerende i hvile under flyreiser etter et initialt fall i O_2 -metning [26]. Det er gitt anbefaling om at KOLS-pasienter med oksygenmetning $<92\%$ i hvile ved havnivå, og som faller til under $\leq 84\%$ etter seks minutters gangtest, kan benytte O_2 -tilførsel ved flyreiser hvor oksygennivået i kabin blir redusert til tilsvarende 15,4% [33]. Vitenskapelige forsøk fra reelle flyreiser bekrefter at pasienter med alvorlig KOLS vil kunne oppleve fall i O_2 -metning som er uakseptable ut fra disse gjeldende retningslinjene. Imidlertid viser det seg at pasientene er i stand til å tolerere dette nivået av hypoksemi med minimal helserisiko [34].

Blodmangel (Anemi)

Nedsatt transportkapasitet av oksygen i blodet kan skyldes blodtap, lavere konsentrasjon av hemoglobin og/eller karbonmonoksid (CO) som binder seg til hemoglobinet på bekostning av oksygen. For ekstrem kort eksponering uten uttalt fysisk aktivitet er det satt en anbefaling på hemoglobinnivå $>10\text{g/dl}$ (normalverdi omtrent $14,7\text{g/dl}$) [10]. Dette er en relativ kontraindikasjon da en kronisk anemipasient kan være fullkompensert, og tilpasse seg hypoksisituasjonen. Røykere har konstant opptil 4-10% av sitt hemoglobin bundet opp av karbonmonoksid, noe som vil være en forverrende faktor ved akutt hypoksi [3].

CO_2 - KOMPENSASJON

I normaltilstand er det CO_2 -nivået som via multiple virkemåter regulerer kroppens ventilasjon. Sentrale kjemoreseptorer, følsomme for endring i nivået av H^+ -ioner i kroppens vev, reagerer på produktene av vår forbrenning og regulerer respirasjonssenteret i hjernen. Oksygeneringen ved havnivå følger i hovedregel passivt disse effektene diktert av CO_2 [35].

Ved akutt hypobar hypoksi vil de perifere oksygensensitive kjemoreseptorene stimulere respirasjonssenteret til økt aktivitet, men dette forringes delvis av det senkede nivå av CO_2 i blodet [36-40].

Den viktigste betydningen av CO_2 på hjernen er på dets påvirkning av hjernearteriene: Ved lavere CO_2 -nivåer enn normalt, såkalt hypokapni, reduseres blodstrømmen gjennom en vasokonstriksjon [41-44].

Ved akutt eksponering til en hypoksisk situasjon, kan det reduserte oksygentilbudet til hjernen føre til nedsatt mental og fysisk funksjon, eller tap av bevissthet. Graden av funksjonsnedsettelse er bare delvis relatert til arteriell hypoksemi. Det er også relatert til graden av arteriell hypokapni som følger økt stimulering av respirasjonssenteret [41, 45].

Denne hypoksiske hyperventilasjonen og de fordeler dette har på alveolenivået av O₂, utligner delvis det lavere tilbudet på lunge og arterienivå [35, 40, 46]. Likevel er den hypoksi-induserte økte blodgjennomstrømmingen til hjernen delvis begrenset, og i noen tilfeller overkjørt, av den hypokapniske vasokonstriksjonen av hjernens kar [41, 45]. Det senkede nivået av CO₂ i arterieblod under akutt hypoksi kan derfor begrense sentralnervesystemets toleranse for hypoksi. Av denne grunn er det vist at å tilføre CO₂ i pustegass med lavt O₂-nivå, gir et bedre oksygentilbud til hjernen og dermed bedret funksjon [35, 42].

OPPSUMMERING

Akutt, kortvarig eksponering for en hypoksisk atmosfære tolereres godt av de fleste personer når det ikke samtidig er store fysiske påkjenninger. Individuelle forskjeller i respons på akutt hypoksi må forventes, særlig hos pasienter med samtidig sykdommer av alvorlig art. Ved samtidig opprettholdelse av et gitt nivå av karbondioksid vil hjernens tilførsel av oksygen bedres grunnet opprettholdt blodgjennomstrømning, og sette personen i bedre stand til å håndtere koordinerende oppgaver. Det vitenskapelige grunnlaget for dette er godt og etterprøvd. Ut fra dette vurderes personsikkerheten å være godt ivaretatt i CO₂-kompensert hypoksisk atmosfære, gitt de oksyngengrenser som er gjeldende for brannslukningsanlegg (12,7-10% O₂), ved eksponering opp til 30 minutter.

Trondheim, 13.09.17

Erlend Johan Skraastad



Erlend Johan Skraastad
Overlege anestesib
Hjort. 7119992

Overlege anesthesiavd., St Olavs Hospital HF. Mob: 92695992

E-post: Erlend.Johan.Skraastad@stolav.no

REFERANSER

1. Savourey, G., et al., *Normo- and hypobaric hypoxia: are there any physiological differences?* European Journal of Applied Physiology, 2003. **89**(2): p. 122-126.
2. Hammond, M.D., et al., *Pulmonary gas exchange in humans during exercise at sea level.* J Appl Physiol (1985), 1986. **60**(5): p. 1590-8.
3. Owe, J.O., *Flymedisin*. 2006, Oslo: Pilotforlaget. 180 s. ill.
4. Cottrell, J.J., *Altitude Exposures during Aircraft Flight*. Chest, 1988. **93**(1): p. 81-84.
5. Gunga, H.C., et al., *Time course of erythropoietin, triiodothyronine, thyroxine, and thyroid-stimulating hormone at 2,315 m.* Journal of Applied Physiology, 1994. **76**(3): p. 1068-1072.
6. Sakata, S., et al., *Correlation between Erythropoietin and Lactate in Humans during Altitude Exposure*. The Japanese Journal of Physiology, 2000. **50**(2): p. 285-288.
7. Milledge J.S., K.T., *People with Pre-Existing Conditions Going to the Mountains*, in *Consensus Statement of the UIAA Medical Commission*. 2008, Union Internationale Des Associations D'Alpinisme: www.theuiaa.org/medical_advice.html.
8. Angerer, P. and D. Nowak, *Working in permanent hypoxia for fire protection—impact on health*. International Archives of Occupational and Environmental Health, 2003. **76**(2): p. 87-102.
9. *Fundamentals of Aerospace Medicine*. 3rd ed. 2002: Lippincott.
10. Küpper, T., et al., *Work in Hypoxic Conditions-Consensus Statement of the Medical Commission of the Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA MedCom)*. The Annals of Occupational Hygiene, 2011. **55**(4): p. 369-386.
11. Gibbs, F.A., E.L. Gibbs, W.G. Lennox, and L.F. Nims., *The value of Carbon Dioxide in Counteracting the Effects of Low Oxygen*. J. Aviat. Med., 1943. **14**: p. 250-261.
12. Harvey, T.C., et al., *Effect of carbon dioxide in acute mountain sickness: a rediscovery*. Lancet, 1988. **2**(8612): p. 639-41.
13. West, J.B., *Limiting factors for exercise at extreme altitudes*. Clinical Physiology, 1990. **10**(3): p. 265-272.
14. Jackson, C.G. and B.J. Sharkey, *Altitude, training and human performance*. Sports Med, 1988. **6**(5): p. 279-84.
15. Buskirk, E.R., et al., *Maximal Performance at Altitude and on Return from Altitude in Conditioned Runners*. Journal of Applied Physiology, 1967. **23**(2): p. 259-&.
16. D'Este, D., et al., *[The behavior of the arterial pressure at rest and under exertion in normotensive and hypertensive subjects exposed to acute hypoxia at a median altitude]*. G Ital Cardiol, 1991. **21**(6): p. 643-9.
17. Luks, A.M., *Should Travelers with Hypertension Adjust Their Medications When Traveling to High Altitude?* High Altitude Medicine & Biology, 2009. **10**(1): p. 11-15.
18. Rimoldi, S.F., et al., *High-Altitude Exposure in Patients with Cardiovascular Disease: Risk Assessment and Practical Recommendations*. Progress in Cardiovascular Diseases, 2010. **52**(6): p. 512-524.
19. Hultgren, H.N., *Effects of altitude upon cardiovascular diseases*. Journal of Wilderness Medicine. **3**(3): p. 301-308.
20. Serebrovskaya, T.V., et al., *Intermittent Hypoxia: Cause of or Therapy for Systemic Hypertension?* Experimental Biology and Medicine, 2008. **233**(6): p. 627-650.
21. Dehnert, C. and P. Bärtsch, *Can Patients with Coronary Heart Disease Go to High Altitude?* High Altitude Medicine & Biology, 2010. **11**(3): p. 183-188.
22. Ahmedzai, S., et al., *Managing passengers with stable respiratory disease planning air travel: British Thoracic Society recommendations*. Thorax, 2011. **66**(Suppl 1): p. i1-i30.
23. *Medical Guidelines for Airline Travel, 2nd ed*. Aviat Space Environ Med, 2003. **74**(5 Suppl): p. A1-19.
24. Silverman, D. and M. Gendreau, *Medical issues associated with commercial flights*. The Lancet, 2009. **373**(9680): p. 2067-2077.

25. Christensen, C.C., et al., *Development of severe hypoxaemia in chronic obstructive pulmonary disease patients at 2,438 m (8,000 ft) altitude*. Eur Respir J, 2000. **15**(4): p. 635-9.
26. Akerø, A., et al., *Hypoxaemia in chronic obstructive pulmonary disease patients during a commercial flight*. European Respiratory Journal, 2005. **25**(4): p. 725-730.
27. Henry Gong, J., et al., *Hypoxia-Altitude Simulation Test*. American Review of Respiratory Disease, 1984. **130**(6): p. 980-986.
28. Dillard, T.A., W.A. Beninati, and B.W. Berg, *Air travel in patients with chronic obstructive pulmonary disease*. Arch Intern Med, 1991. **151**(9): p. 1793-5.
29. Coker, R.K., R.J. Shiner, and M.R. Partridge, *Is air travel safe for those with lung disease?* Eur Respir J, 2007. **30**(6): p. 1057-63.
30. Edvardsen, A., et al., *High prevalence of respiratory symptoms during air travel in patients with COPD*. Respir Med, 2011. **105**(1): p. 50-6.
31. Burtscher, M., *Endurance performance of the elderly mountaineer: Requirements, limitations, testing, and training*. Wiener klinische Wochenschrift, 2004. **116**(21): p. 703-714.
32. Rodway, G.W., L.A. Hoffman, and M.H. Sanders, *High-altitude-related disorders--Part II: prevention, special populations, and chronic medical conditions*. Heart Lung, 2004. **33**(1): p. 3-12.
33. Edvardsen, A., et al., *Air travel and chronic obstructive pulmonary disease: a new algorithm for pre-flight evaluation*. Thorax, 2012. **67**(11): p. 964-969.
34. Kelly, P.T., et al., *Air Travel Hypoxemia vs the Hypoxia Inhalation Test in Passengers With COPD*. Chest, 2008. **133**(4): p. 920-926.
35. Lambertsen, C.J., *Chemical control of respiration at rest*, in *Medical Physiology*, V.B. Mountcastle, Editor. 1980, Mosby: St. Louis, MO. p. 1774-1827.
36. Lahiri, S., *Physiological responses and adaptations to high altitude*. Int Rev Physiol, 1977. **15**: p. 217-51.
37. Vacher, J.M. and A.T. Miller, *Altitude-acclimatization: Its effect on hypoxia-induced performance decrements*. Psychopharmacologia, 1968. **12**(3): p. 250-257.
38. Ward, M.P., J. S. Milledge, and J. B. West., *High Altitude Medicine and Physiology*. 1989, Philadelphia, PA: University of Pennsylvania Press.
39. Weil, J.V., et al., *Acquired attenuation of chemoreceptor function in chronically hypoxic man at high altitude*. Journal of Clinical Investigation, 1971. **50**(1): p. 186-195.
40. West, J.B., et al., *Maximal exercise at extreme altitudes on Mount Everest*. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol, 1983. **55**(3): p. 688-98.
41. Lambertsen, C.J., *Effects of hyperoxia on organs and their tissues.*, in *Lung Biology in Health and Disease*, C. Lenfant, Editor. 1978, Marcel Dekker: New York. p. 239-303.
42. Pierce, E.C., et al., *Blood Pco₂ and brain oxygenation at reduced ambient pressure*. Journal of Applied Physiology, 1962. **17**(6): p. 899-908.
43. Siesjo BK, J.H., Norberg K, Salford L. *Brain function, metabolism and blood flow in moderate and severe arterial hypoxia*. in *Alfred Benzon Symposium VIII: Brain Work: The Coupling of Function, Metabolism, and Blood Flow in the Brain*. 1975. Copenhagen: Munksgaard.
44. Thomas, S.N., et al., *Cerebral blood flow during submaximal and maximal dynamic exercise in humans*. Journal of Applied Physiology, 1989. **67**(2): p. 744-748.
45. Lennox, W.G. and E.L. Gibbs, *The Blood Flow in the Brain and the Leg of Man, and the Changes Induced by Alteration of Blood Gases*. J Clin Invest, 1932. **11**(6): p. 1155-77.
46. Sorensen, S.C. and J.W. Severinghaus, *Respiratory sensitivity to acute hypoxia in man born at sea level living at high altitude*. J Appl Physiol, 1968. **25**(3): p. 211-6.

Vedlegg 2 Utvalg presseutklipp hendelser Bøheiveien

Kathinka Skott Hansen
JOURNALIST

PUBLISERT 13.08.2019 - 08:15 SIST OPPDATERT 20.02.2021 - 21:09

Nyheter

Brann i bolig

Beboeren i boligen ble pågrepet på bakgrunn av informasjon som fremkom på åstedet.

Politiet i Sør-Vest fikk i natt melding om røykutvikling i bolig i Bøheivegen på Karmøy.

Nødetatene dro til stedet, og det ble meldt om kraftig røykutvikling. Flammene skal ha slått gjennom taket.

– Personen som bor på stedet er gjort rede for, og det var ingen andre personer i boligen, skriver politiet på Twitter.

Brannvesenet jobbet så med slukking av brannen, og det var ingen fare for spredning.

Klipp fra Dagsavisen:

<https://www.dagsavisen.no/nyheter/brann-i-bolig/8671722>

● 21. juni 2024 kl. 09:40

NYHETER FRA ROGALAND

Brann på Avaldsnes

Brannvesenet har kontroll på en boligbrann i Bøheivegen på Avaldsnes. Det var åpne flammer inne i huset da brannvesenet kom til stedet. Det var ikke folk i huset. Ifølge politiet skal muligens tørrkoking ha vært årsaken til brannen.



FOTO: JOSTEIN VIESTAD / PRESS PHOTOGRAPHY

Klipp fra NRK Rogaland: <https://www.nrk.no/rogaland/brann-pa-avaldsnes-1.16934622>

● 10. mai 2025 kl. 08:07

NYHETER FRA ROGALAND

Brann i kommunal bolig på Avaldsnes

Klokka 01.20 fikk politiet melding om brann i en kommunal bolig i Bøheivegen på Avaldsnes. Boligen skal være ubebodd. Det var full overtenning når politiet og brann vesenet kom til stedet. Huset skal være totalskadd.



FOTO: JOSTEIN VIESTAD/PRESS PHOTOGRAPHY / JOSTEIN VIESTAD/PRESS PHOTOGRAPHY

Klipp fra NRK Rogaland:

<https://www.nrk.no/rogaland/brann-i-kommunal-bolig-pa-avaldsnes-1.17412253>