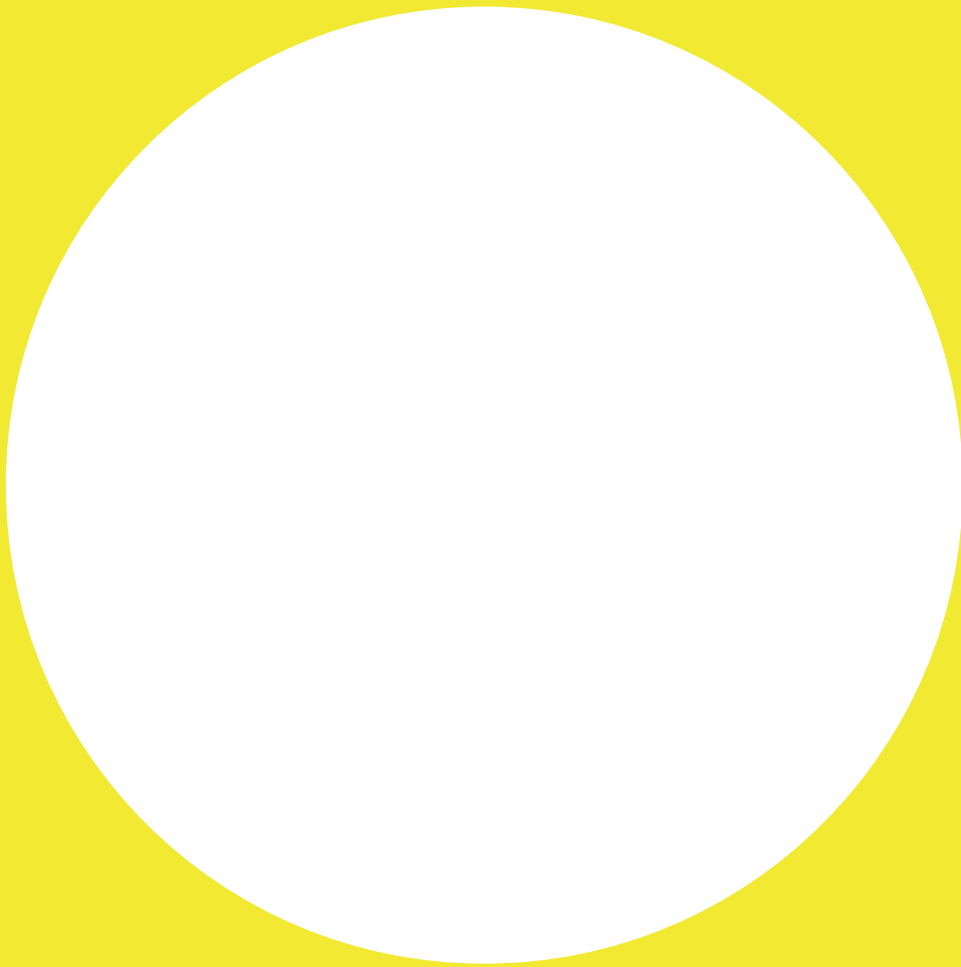


Analyse av brann i kommunalt boligbygg i Bergen 7. august 2021





FRIC Rapport D1.2-2023.01

Forfattere: Edvard Aamodt, RISE Fire Research, Anne Steen-Hansen, RISE Fire Research og NTNU, Ole Anders Holmvaag, RISE Fire Research, Vegard Ervik Olsen, Multiconsult, Anna-Karin Hermansen, TBRT, Arild Hermansen, TBRT, Torgrim Log, Gassco, Kristen K. Opstad, NTNU, Bjarne Christian Hagen, HVL

Kvalitetssikring: Anne Steen-Hansen, RISE Fire Research og NTNU

Tittel: Analyse av brann i kommunalt boligbygg i Bergen 7. august 2021

Forsidefoto: RISE Fire Research/FRIC

Utgiver: FRIC Fire Research and Innovation Centre
Trondheim, mars 2023

ISBN 978-91-89757-18-9

Abstract

On the night of 7th of August 2021, a fire occurred in a municipal residential building that was used as housing for substance abusers in Bergen, Norway. The fire was described as violent and with a rapid fire spread. However, all residents evacuated on their own, coming from the incident without physical injuries. It is unreasonable that such a fire development should be considered acceptable in Norway. An interdisciplinary project group in FRIC has investigated this fire with the aim of identifying key learning points that may be useful in the work to improve fire safety for similar buildings and users in the future. This may provide a basis for development of available tools for relevant authorities, e.g., means for communication and information and possible amendments of regulations.

We have focused on the following two issues:

1. Why did the fire develop so quickly?
2. Why were there no injuries or fatalities in the fire?

Consideration has also been given to what could have happened if important circumstances had been different, such as conditions related to the start of the fire and the alarm.

Various methods were used to collect relevant information. An inspection of the fire site was carried out on 8th of September 2021 together with Bergen Fire Department and Vest Police District. Emergency responders from the police and fire departments were interviewed. Documentation from the building case, documents from the police investigation and the Bergen Fire Department's evaluation report of the incident have been reviewed, in addition to relevant literature on various topics. Fire properties of undamaged cladding material from the building were investigated by small scale fire testing (the cone calorimeter) in a master's thesis at NTNU that was associated with the project.

Learning outcomes regarding fire spread

- The main reason why the fire development in the residential building became so rapid and intense was an unfortunate combination of material use and geometry in the balconies on the southwest side of the building.
- The fact that the fire probably started on the outside was crucial for the fire development. This activated the automatic extinguishing system and fire alarm system inside the flats relatively late in the fire development.
- Storing a lot of personal belongings on the balconies contributed to increased fire load, and thus probably also to a rapid spread of fire.
- An automatic extinguishing system on the balconies could have reduced the spread of fire externally and this would also have given an earlier alarm to the fire department. This would have provided valuable time for the extinguishing efforts.

- The fire started most probably on one of the balconies. If it had started in one of the access balconies, which were mainly clad with wood materials, this could have caused major problems for the evacuation of the residents on the upper floors. These residents had the access balconies as the only escape route, which is regarded as a violation of the building regulations in force.

Learning outcomes regarding fire safety design

When performing fire safety design fires of similar buildings, a holistic and comprehensive assessment of fire safety must be made, including the following factors:

- Significance of combustible materials in cladding, balcony construction and railings
- The importance of the geometry of balconies
- The importance of change in reaction to fire properties of the exterior cladding over time and because of weather exposure
- Various options for external fire start
- Possibilities for external fire spread between balconies, both horizontally and vertically
- Need for sprinkler system on balcony
- Possibilities that sprinkler systems inside the flats will detect and limit an external fire

Assessment of derogations from pre-accepted solutions in regulations must be holistic, and all relevant derogations must be assessed in the context of the intended use of the building. The derogations must be documented in accordance with applicable requirements for the level of documentation.

In buildings where sprinkler systems are required, the sprinkler system cannot be regarded as a compensatory measure when processing derogations from pre-accepted solutions. This will reduce the fire safety to an unacceptable level.

Proposed amendments to the guidelines for the Norwegian building regulations

The guidelines to the relevant Norwegian building regulations described below were not significantly amended during the transition from the 2010-regulations TEK10 to the 2017-regulations TEK17. These recommendations are therefore also valid for the guidelines to TEK17.

- Clearer guidance should be given on design of façades and balconies to prevent external fire spread.
- Consideration should be given to whether materials in balconies and railings, as well as materials in lightweight partitions between balconies, should be regarded as "external surfaces" or "surfaces on external cladding", as specified in both TEK10 and TEK17.
- It should be emphasized that balconies should act as cooling zones, even in sprinklered buildings when the balconies are not sprinklered.

- Consideration should be given to requiring systems on balconies with wooden load-bearing systems, regardless of the openness of the balcony. Assessment of derogations regarding the percentage of openness of balconies should be discouraged, until the risk has been further investigated.

Learning outcomes regarding the residents

- There was a strong social network between the residents of the building which made them, who are otherwise considered vulnerable in a fire situation, more robust.
- Many of the residents were awake when the fire department received an alarm at 2:17 a.m., allowing them to save themselves and alert other residents.
- The residents escaped via the access balconies and stairwells that were shielded from the fire at an early stage.

These points are considered essential to the fact that all residents survived the fire, and that no one suffered serious physical injuries.

Recommendations on the training of residents

In the event of a fire in an apartment building, it can be crucial that the residents know how to act, and that they know the others who live in the same building. The Norwegian regulations on fire prevention require routines that ensure that all occupants in a building receive sufficient information about how to prevent fire and how to behave in a fire situation. Residents can play a crucial role in alerting others about a fire and assisting each other in the evacuation.

In cases where a social network exists, as in the fire at Lone, it can be exploited and strengthened through joint or individual training in fire protection; for example, the use of extinguishing equipment, how to prevent fire, and by conducting fire drills. Such training must be adapted to the user group.

Recommendations for further work

- The effect of automatic extinguishing systems on balconies should be studied in more detail. What effect do different types of extinguishing systems have on fire development, and what factors influence this?
- The importance of openness of balconies and access balconies with regard to fire development should be investigated further.
- The amount of fire load that can be linked to stored material on the balconies is also a topic that should be the subject of further work. This can include both furniture and equipment for barbecue, such as gas cylinders.

- Social networks in apartment buildings and neighbourhoods should be investigated further in similar types of housing situations. Knowledge from this can be used as a basis for development of further fire safety work for vulnerable groups, and for apartment buildings with more "ordinary" living situations where such networks do not exist.
- Modelling the fire development in the Lone fire by a suitable computer program can provide a lot of learning about the spread of fire, and the significance of various factors.

Innhold

| | |
|---|-------------|
| Abstract | i |
| Innhold | v |
| Forord | viii |
| Sammendrag | ix |
| Definisjoner og forkortelser | xiii |
| 1 Innledning..... | 1 |
| 1.1 Bakgrunn | 1 |
| 1.2 Målsetting | 2 |
| 1.3 Metode..... | 3 |
| 1.3.1 Feltstudie..... | 3 |
| 1.3.2 Litteraturstudie | 3 |
| 1.3.3 Intervjuer..... | 3 |
| 1.3.4 Dokumentgjennomgang..... | 3 |
| 1.3.5 Sosiogramanalyse..... | 4 |
| 1.3.6 Brannteknisk prøving | 4 |
| 1.4 Begrensninger | 4 |
| 2 Beskrivelse av brannen..... | 6 |
| 2.1 Generelt om bygget | 6 |
| 2.2 Kort beskrivelse av hendelsen..... | 7 |
| 2.3 Været før og under brannen | 7 |
| 3 Brannprosjektering av bygget | 8 |
| 3.1 Byggesaken..... | 8 |
| 3.1.1 Prosessen | 8 |
| 3.1.2 Prosjekteringen | 10 |
| 3.2 Brannkonseptet..... | 10 |
| 3.2.1 Kort beskrivelse av gjennomgangen av brannkonseptet | 10 |
| 3.2.2 Beskrivelse av byggverket | 11 |
| 3.2.3 Valg av risikoklasse og brannklasse..... | 11 |
| 3.2.4 Bæreevne og stabilitet | 12 |
| 3.2.5 Brannteknisk inndeling..... | 13 |
| 3.2.6 Materialbruk..... | 13 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.2.7 | Balkongkonstruksjonen..... | 15 |
| 3.2.8 | Aktive brannsikringstiltak..... | 15 |
| 3.2.9 | Rømning og redning..... | 18 |
| 3.2.10 | Tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap..... | 19 |
| 3.3 | Brannsikkerhetstiltak utover brannprosjekteringen..... | 20 |
| 3.3.1 | Bemannet personalbase i bygget med tilgang til videoovervåkning..... | 21 |
| 3.3.2 | Befaring med informasjon og pålegg til beboere..... | 22 |
| 3.3.3 | Brannslange på badet..... | 22 |
| 4 | Balkonger og svalganger: Materialer og geometri..... | 23 |
| 4.1 | Trekledningen..... | 23 |
| 4.2 | Bruken av kledningsmaterialet..... | 24 |
| 4.3 | Kledningsmaterialets branntekniske egenskaper..... | 25 |
| 4.3.1 | Kritisk varmeflukt for antennelse - teori..... | 25 |
| 4.3.2 | Bestemmelse av kritisk varmeflukt for antennelse..... | 26 |
| 4.3.3 | Bestemmelse av varmeavgivelse..... | 29 |
| 4.3.4 | Vurdering av de branntekniske egenskapene..... | 31 |
| 4.4 | Geometri..... | 33 |
| 4.5 | Betydning av værforholdene før brannen..... | 33 |
| 5 | Beboerne..... | 35 |
| 5.1 | Risikofaktorer med hensyn til brann..... | 35 |
| 5.2 | Lagring av brennbart materiale på balkongene..... | 35 |
| 5.3 | Hvordan ble beboerne varslet om brannen?..... | 36 |
| 5.4 | Det sosiale nettverket..... | 36 |
| 6 | Diskusjon..... | 38 |
| 6.1 | Diskusjon av valg av metode..... | 38 |
| 6.2 | Byggesaken og saksbehandlingen..... | 38 |
| 6.3 | Brannprosjekteringen..... | 39 |
| 6.3.1 | Valg av risikoklasse..... | 39 |
| 6.3.2 | Materialbruk og brannenergi på balkonger og svalganger..... | 39 |
| 6.3.3 | Manglende sprinkleranlegg på balkonger og i svalganger..... | 41 |
| 6.3.4 | Vurderinger av fravik..... | 42 |
| 6.4 | Hvorfor utviklet brannen seg så raskt?..... | 43 |
| 6.4.1 | Brannstarten..... | 43 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.4.2 | Deteksjon, slokkeanlegg og brannalarm | 44 |
| 6.4.3 | Brannutviklingen | 44 |
| 6.5 | Hvorfor var det ingen skadde eller omkomne i brannen? | 45 |
| 6.6 | Hva kunne ha skjedd? | 45 |
| 7 | Konklusjoner | 47 |
| 7.1 | Hvorfor utviklet brannen seg så raskt? | 47 |
| 7.2 | Hvorfor var det ingen skadde eller omkomne i brannen? | 47 |
| 8 | Anbefalinger | 48 |
| 8.1 | Helhetlig brannprosjektering | 48 |
| 8.2 | Forslag til endringer i VTEK | 48 |
| 8.3 | Tiltak rettet mot beboere | 49 |
| 8.4 | Forslag til videre arbeid | 49 |
| | Referanser | 50 |

Vedlegg A: Forslag til modellering av brannforløpet

Vedlegg B: Intervjuguide

Vedlegg C: Værdata registrert ved målestasjonen på Florida, Bergen

Forord

Denne rapporten er et resultat av et prosjekt gjennomført i Fire Research and Innovation Centre (FRIC) i løpet av 2021 - 2023.

Vi ønsker å takke alle som stilte opp i intervjuer, var tilgjengelig under feltstudier, og som gjorde materiell tilgjengelig for dette prosjektet.

Forskningssenteret Fire Research and Innovation Centre (FRIC) startet opp våren 2019. Målet er å øke den brannfaglige kunnskapen for å kunne ta optimale valg og utvikle bedre løsninger som gir økt brannsikkerhet i bygninger. FRIC ledes av RISE Fire Research i Trondheim, med NTNU og SINTEF som forskningspartnere. FRIC har partnere fra offentlig virksomhet, brannrådgivere, produsenter og leverandører av byggevarer og bygningsinstallasjoner og eiendomsutvikling og -forvaltning. Forskningssenteret er finansiert av alle partnerne, i tillegg til finansiering fra Norges forskningsråd, program BRANNSIKKERHET, prosjektnummer 294649. (www.fric.no)

Trondheim, 28-02-2023

Edvard Aamodt
Prosjektleder
RISE Fire Research

Sammendrag

Natt til 7. august 2021 oppsto det en brann i et kommunalt boligbygg som ble anvendt som botrening for rusmisbrukere i Bergen. Brannen ble beskrevet som voldsom og med en rask brannspredning, men alle beboerne evakuerte på egen hånd, og kom fra hendelsen uten fysiske skader. Det er urimelig at en slik brannutvikling skal kunne anses som akseptabel i Norge. En tverrfaglig prosjektgruppe i FRIC har undersøkt denne brannen med en målsetting om å identifisere viktige læringspunkter som kan komme til nytte i arbeidet med å forbedre brannsikkerheten for tilsvarende bygninger og brukere i fremtiden. Dette kan gi grunnlag for å utvikle de virkemidlene som relevante myndigheter har til rådighet, for eksempel kommunikasjons- og informasjonstiltak, og utvikling av regelverk.

Vi har fokusert på følgende to problemstillinger:

1. Hvorfor utviklet brannen seg så raskt?
2. Hvorfor var det ingen skadde eller omkomne i brannen?

Det er også vurdert hva som kunne skjedd dersom viktige forhold hadde vært annerledes, eksempelvis forhold knyttet til brannstart og alarm.

Det ble anvendt ulike metoder for å samle inn relevant informasjon. Det ble foretatt en befaringsavbranntomten 8. september, 2021 sammen med Bergen brannvesen og Vest politidistrikt. Innsatspersonell fra politi og brannvesen ble intervjuet. Dokumentasjon fra byggesak, dokumenter fra politiets etterforskning og Bergen brannvesens evalueringsrapport av hendelsen er gjennomgått, i tillegg til relevant faglitteratur innenfor ulike tema. Brannegenskaper til uskadet kledningsmateriale fra bygningen ble undersøkt ved brannteknisk prøving i liten skala (konkalorimeteret) i en masteroppgave ved NTNU som var tilknyttet prosjektet.

Læringspunkter angående brannspredning

- Hovedårsaken til at brannutviklingen i boligbygget ble så rask og intens, var en uheldig kombinasjon av materialbruk og geometri på balkongene på sørvestsiden av bygget.
- Utvendig brannstart var avgjørende for brannutviklingen. Dette gjorde at det automatiske slokkeanlegget og brannalarmanlegget inne i boligene ble aktivert relativt sent i brannutviklingen.
- Lagring av mye personlige eiendeler på balkongene bidro til økt brannenergi, og dermed trolig også til en rask brannspredning.
- Automatisk slokkeanlegg på balkongene kunne ha redusert den utvendige brannspredningen, og gitt tidligere alarm til brannvesenet. Dette ville gitt verdifull tid til slokkeinnsatsen.

- Brannen startet etter all sannsynlighet på en av balkongene. Hadde den startet i svalgangen, som hovedsakelig var kledd med trematerialer, kunne dette gitt store problemer for evakueringen av beboerne i de øverste etasjene. Disse beboerne hadde svalgangen som eneste rømningsvei, hvilket anses som et brudd på gjeldende byggtekniske forskrift.

Læringspunkter med hensyn til brannprosjektering

Ved brannprosjektering av tilsvarende bygninger må man gjøre en helhetlig vurdering av brannsikkerheten der følgende faktorer inngår:

- Betydning av brennbare materialer i kledning, balkongkonstruksjon og rekkverk
- Betydningen av balkongenes geometri
- Betydningen av endring av kledningens brannegenskaper over tid og som følge av værpåkjenning
- Ulike muligheter for utvendig brannstart
- Muligheter for utvendig brannspredning fra balkong til balkong, både horisontalt og vertikalt
- Behov for sprinkleranlegg på balkong
- Muligheter for at innvendig sprinkleranlegg vil detektere og begrense en utvendig brann

Fraviksvurderinger må være helhetlige, og se alle relevante fravik i sammenheng med den tiltenkte bruken av bygget. Fravikene må dokumenteres i tråd med gjeldende krav til nivå på dokumentasjon.

I bygninger der det er krav om sprinkleranlegg kan ikke sprinkleranlegget anvendes som kompensierende tiltak ved behandling av fravik fra preaksepterte ytelser. Dette vil redusere sikkerheten til et uakseptabelt nivå.

Forslag til endringer i veiledning til byggteknisk forskrift

Veiledningen til byggteknisk forskrift er ikke vesentlig endret med hensyn til forholdene beskrevet nedenfor ved overgangen fra TEK10 til TEK17. Disse anbefalingene er derfor også gyldige for veiledningen til TEK17.

- Det bør gis tydeligere veiledning på hvordan fasader og balkonger kan utformes for å forhindre utvendig brannspredning.
- Det bør vurderes om materialer i rekkverk på balkonger og svalganger, i tillegg til materialer i lette skillevegger mellom balkonger, bør regnes som «utvendige overflater» eller «overflater på ytterkledning», slik dette angis både i TEK10 og TEK17.
- Det bør presiseres at balkonger skal fungere som kjølesoner, også i sprinklede bygg når balkongene ikke sprinkles.

- Det bør vurderes å kreve sprinkleranlegg på balkonger som er utført med bæresystem i tre, uansett åpenhet av balkong. Fraviksvurdering med hensyn til åpenhet av balkonger bør frarådes, inntil risikoen er nærmere undersøkt.

Læringspunkter angående beboerne

- Det var et sterkt sosialt nettverk mellom beboerne i bygningen som gjorde dem, som ellers anses som sårbare i en brannsituasjon, mer robuste.
- Mange av beboerne var våkne da brannvesenet mottok alarm klokken 02:17, og kunne dermed redde seg selv og varsle andre beboere.
- Beboerne rømte gjennom svalgang og trappehus som i tidlig fase var skjermet fra brannen.

Disse punktene anses som vesentlige for at alle beboerne overlevde brannen, og at ingen fikk alvorlige fysiske skader.

Anbefalinger om opplæring av beboere

Ved brann i en boligblokk kan det være avgjørende at beboerne vet hvordan de skal handle, og Forskrift om brannforebygging stiller krav om rutiner som sikrer at alle som oppholder seg i byggverket får tilstrekkelig informasjon om hvordan de skal unngå brann og opptre ved brann. Beboerne kan ha en avgjørende rolle ved å varsle andre om brannene, og bistå hverandre i evakueringen.

I tilfeller der det eksisterer et sosialt nettverk, som i brannen på Lone, kan det utnyttes og styrkes gjennom felles eller individuell opplæring i brannvern; eksempelvis bruk av slukkeutstyr, hvordan forebygge brann og brannøvelser. Slik opplæring må naturlig nok tilpasses brukergruppen.

Anbefalinger om videre arbeid

- Effekten av automatiske slukkeanlegg på balkonger bør studeres nærmere. Hvilken effekt har ulike typer av slukkesystemer på brannutviklingen, og hvilke faktorer påvirker dette?
- Betydningen av åpenhet av balkonger og svalganger med hensyn til brannutvikling bør utredes nærmere.
- Hvor stor brannenergi som kan knyttes til lagret materiale på balkongene er også et tema som bør være gjenstand for videre arbeid. Dette kan omfatte både møbler og utstyr til grill, for eksempel gassflasker.
- Sosiale nettverk i boligblokker og nabolag burde undersøkes videre i lignende typer bosituasjoner. Kunnskap fra dette kan legges til grunn for videre brannsikkerhetsarbeid for sårbare grupper, og mot boligblokker med mer «vanlige» bosituasjoner hvor slike nettverk ikke eksisterer.
- Modellering av det aktuelle brannforløpet ved egnet dataprogram kan gi mye læring om brannspredningen, og betydningen av ulike faktorer.

Definisjoner og forkortelser

| Begrep | Beskrivelse |
|--|--|
| balkong | Her brukt som fellesbetegnelse på uteoppholdsarealer som balkong, veranda, altan etc. |
| 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 [1] |
| branncellebegrensende bygningsdel | Bygningsdeler med brannmotstand som omslutter en branncelle |
| brannklasse - byggverk | Klasse for byggverk ut fra den konsekvens en brann kan innebære for skade på liv, helse, samfunnsmessige interesser og miljø [1] |
| brannkonsept | Sammenstilling av krav og ytelse som er grunnlaget for detaljprosjektering [1] |
| BKL | Brannklasse - byggverk |
| effektiv forbrenningsvarme | Varmemengde per masseenheter [MJ/kg] som frigjøres ved forbrenning av et materiale under angitte prøvebetingelser [1]. |
| FG | Forsikringsselskapenes Godkjennelsesnevnd (nå FG Skadeteknikk, der FG står for forsikringsgodkjent) [2] |
| forbrenningsvarme, brutto | Forbrenningsvarme til et stoff når forbrenningen er fullstendig, og alt produsert vann er fullstendig kondensert ved spesifiserte betingelser [1]. |
| forbrenningsvarme, netto | Varmemengde som avgis ved fullstendig forbrenning av en masseenheter av et materiale med dannet vann i dampfasen under angitte prøvingsbetingelser [1]. |
| fravik | Mangel på oppfyllelse av en preakseptert ytelse [1] |
| fraviksvurdering | Analyse av konsekvensen av et fravik |
| HRR | Heat release rate, hastighet for varmeavgivelse |
| kritisk varmefluks for antennelse (CHF) | Den laveste varmefluksen som er nødvendig for å oppå vedvarende forbrenning |
| preakseptert ytelse | Ytelse angitt av myndighet i veiledning til byggt teknisk forskrift, og som vil oppfylle, eller bidra til å oppfylle, ett eller flere funksjonskrav i forskriften MERKNAD: Preaksepterte ytelser angir minimum som er nødvendig for å oppfylle forskriftens krav [3, p. 10] |
| risikoklasse – byggt teknisk forskrift | Kategori av byggverk, eller ulike bruksområder i et byggverk, ut fra den trussel en brann kan innebære for skade på liv og helse [1] |
| RKL | risikoklasse |
| TEK10 | Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggt teknisk forskrift), ikrafttredelse 01.07.2010 [3, p. 10] |
| TEK17 | Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggt teknisk forskrift), ikrafttredelse 01.07.2017 [4, p. 17] |

| Begrep | Beskrivelse |
|--------------------|--|
| tiltakhaver | Fellesbetegnelse på den enkeltpersonen, institusjonen, organisasjonen eller foretaket som arbeid etter plan- og bygningsloven utføres på vegne av (byggherre), eller som står for gjennomføringen av et bygge- eller anleggstiltak [5] |
| VTEK10 | Veiledning til TEK10 [6] |
| VTEK17 | Veiledning til TEK17 [7] |
| ytelse | teknisk, bruks- eller miljømessig kvalitet, kapasitet eller egenskap ved byggverk, bygningsdel, installasjon eller utearealer. En ytelse er en tolking og konkretisering av funksjonskrav og er angitt kvantitativt eller kvalitativt [7]. |

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Natt til 7. august klokken 02:17 mottok 110-sentralen Vest varsel om brann i boligblokken i Hardangervegen 669 på Lone i Bergen. Blokken fungerte som bolig for personer med rusmiddelavhengighet. Alarmen var koblet til det innvendige sprinkleranlegget i bygget og direkte til 110-sentralen. Personer på stedet har beskrevet brannen som voldsom. Brannvesenet ankom elleve minutter etter at de mottok alarmen, og observerte en balkongfasade i full fyr. Brannen to timer etter alarm er vist i Figur 1-1.



Figur 1-1: Fasaden mot sør om lag to timer etter at brannen ble varslet. Foto: Bergen brannvesen, brukt med tillatelse.

Som Figur 1-2 viser, gjensto ingenting av balkongene etter brannen. Taket og alle leilighetene var også helt utbrent.



Figur 1-2: Boligbygget i Hardangevegen 669 på Lone i Bergen etter brannen. Bildet er tatt 8. september 2021. Foto: RISE Fire Research/FRIC.

Men selv med denne raske og dramatiske brannutviklingen, ble alle beboere i bygningen evakuert, og ingen kom til skade. Dette var bemerkelsesverdig, ettersom beboerne er antatt å tilhøre en risikoutsatt gruppe med hensyn til å omkomme i brann [8]. Derfor besluttet partnerne i FRIC å gjennomføre en uavhengig analyse av brannen for å identifisere læringspunkter.

FRIC-partnerne som har deltatt i prosjektet er RISE Fire Research, Norges teknisk-naturvitenskapelige Universitet (NTNU), Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Direktoratet for byggkvalitet (DiBK), Multiconsult, Trøndelag brann- og redningstjeneste (TBRT) og Gassco. I tillegg har eksterne aktører fra Høgskulen på Vestlandet (HVL), politiet i Bergen, Bergen brannvesen og Kripos bidratt i arbeidet.

1.2 Målsetting

Vi har fokusert på følgende to problemstillinger:

1. Hvorfor utviklet brannen seg så raskt?
2. Hvorfor var det ingen skade eller omkomne i brannen?

I tillegg har vi ønsket å undersøke hva som kunne ha skjedd dersom viktige faktorer hadde vært annerledes, eksempelvis forhold knyttet til brannstart og alarm.

Målsettingen har vært å identifisere viktige læringspunkter som kan komme til nytte i arbeidet med å forbedre brannsikkerheten for tilsvarende bygninger og brukere i fremtiden. Dette kan gi grunnlag for eventuelle endringer i relevant regelverk for å forhindre lignende branner.

1.3 Metode

Dette kapitlet beskriver de vitenskapelige metodene som er benyttet. Studien er gjennomført av en tverrfaglig gruppe, og det ble brukt flere ulike metoder for å belyse saken.

1.3.1 Feltstudie

Befaringen på brannstedet og møte med aktører ble gjennomført 8. september 2021. Fra RISE Fire Research deltok Edvard Aamodt og Ole Anders Holmvaag. De ble møtt på brannstedet av en representant fra avsnitt for kriminalteknikk i Vest politidistrikt og en person fra brannforebyggende avdeling i Bergen brannvesen. Etter befaring ble det holdt et møte med Bergen brannvesen for å bli enige om mandat, slik at arbeidet i denne analysen overlappet med evalueringsarbeidet til Bergen brannvesen [9].

1.3.2 Litteraturstudie

Det ble gjort begrensede søk etter relevant litteratur og informasjon i forbindelse med flere ulike tema i rapporten, eksempelvis med hensyn til brennbarhet av trematerialer og i tilknytning til utfordringer for personer i risikogrupper.

1.3.3 Intervjuer

Det ble gjennomført tre intervjuer av innsatspersonell knyttet til Bergen brannvesen og politiet som var involvert i hendelsen. Intervjuene ble gjennomført i videomøter og via telefon, og alle intervjuene ble tatt opp og delvis transkribert i ettertid etter samtykke fra informantene. Informasjon fra disse intervjuene er gjengitt i rapporten. Intervjuguide er vedlagt som Vedlegg B.

Funn fra intervjuene er i størst mulig grad sammenlignet med de tilgjengelige dokumentene (som nevnt ovenfor), for å gi et riktig bilde av hendelsen. Noen steder er det gjengitt sitater fra informantene; disse er markert med kursiv og anførselstegn.

1.3.4 Dokumentgjennomgang

Relevant regelverk er gjennomgått som underlag for analysen av brannprosjekteringen av bygget.

Politiets midlertidige rapport ble gjort tilgjengelig for oss etter godkjenning fra politidistrikt Vest. Denne inneholdt avhør av beboerne i Hardangerveien 669, og var spesielt interessant med

hensyn til å analysere evakueringsforløpet. Vi undersøkte også om det fantes opplysninger som kunne si noe om brannstarten og brannspredningen. Dataverktøyet Nvivo [10] ble benyttet for å systematisere de viktigste opplysningene og visualisere informasjonen.

En rekke dokumenter fra byggesaken er gjennomgått, inkludert brannkonseptet. Dokumentene ble gjort tilgjengelige for prosjektet av Bergen kommune, som står som eier av bygget. Dokumentene inkluderer informasjon om bl.a. materialbruk, detaljer i forbindelse med utforming og konstruksjon, aktive og passive brannsikringstiltak, og dokumenter knyttet til godkjenningprosessen av bygget. Informasjon fra dokumentene ble sammenholdt med daværende krav gitt i byggteknisk forskrift TEK10 [6, p. 10].

Evalueringsrapporten av hendelsen fra Bergen brannvesen [9] ble gjort tilgjengelig i november 2021. Denne er lagt til grunn for beskrivelsen av brannforløpet med tanke på alarmering, utrykning, organisering av slokkeinnsats, evakuering og etterarbeid på brannstedet.

1.3.5 Sosiogramanalyse

På bakgrunn av informasjon i politirapportene fra avhør av beboerne, ble det gjort en kartlegging av det sosiale nettverket i bygningen. Nettverket er presentert som et sosiogram i avsnitt 5.3.

1.3.6 Brannteknisk prøving

Det ble utført branntekniske forsøk i henhold til ISO 5660-1 (konkalorimetertest) [11] på uskadet tremateriale (Kebony) hentet fra rekkverket i svalgangene i bygningen. Hensikten var å kartlegge materialets kritiske varmefluks for antennelse, effektiv forbrenningsvarme og hastighet for varmeavgivelse. Bergen brannvesen tok ut prøver av materialet, som stammet fra byggets oppføring og nyere reparasjonsarbeid på svalgangene, og var henholdsvis 10 år og 2 år gammelt. Forsøkene ble utført i laboratoriet til RISE Fire Research i forbindelse med en masteroppgave utført ved NTNU våren 2022 [12].

1.4 Begrensninger

Vi har ikke hatt som målsetting å vurdere brannvesenets og politiets innsats. Brannvesenets vurdering er gitt i Bergen brannvesens evalueringsrapport [9].

Vi tar ikke stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar i denne saken.

Vi har ikke hatt tilgang til byggetegninger som viser hvordan detaljer skulle utføres. Vi har heller ikke tilgang til dokumentasjon som viser hvordan detaljer ble utført i praksis, for eksempel i forbindelse med bygging av balkongene.

Vi har fokusert på forhold ved brannprosjekteringen som vi mener var av betydning for denne hendelsen. Alle detaljer i brannkonseptet er derfor ikke behandlet like grundig i denne rapporten.

2 Beskrivelse av brannen

2.1 Generelt om bygget

Boligblokken med adresse Hardangervegen 669 hadde fire etasjer, og til sammen 24 leiligheter. Av disse 24 leilighetene var 22 for utleie og de to siste til bruk av ansatte eller vaktelskap.

Bygget lå i tettstedet Lone i Arna bydel i Bergen. Som en kan se på bildet i Figur 2-1, lå bygget rett ved fylkesvei 587, som går mellom Indre Arna og Nesttun bydel. Nord for bygget ligger det en bensinstasjon, og Lone campingplass ligger øst for bygget.



Figur 2-1: Satellittbilde av boligbygget sammen med fylkesvei 587 (vest), Lone campingplass (øst) og Shell bensinstasjon (nord). Foto: Google earth, utklipp.

I 2011 tok Etat for boligforvaltning (EBF) i Bergen kommune over bygget. Sommeren 2013 ble bygget tatt i bruk, og har siden vært brukt som bolig for personer med rusmiddelavhengighet. Tilbudet ble driftet av enhet for sosiale botjenester i Bergen kommune. Mer detaljer om byggets konstruksjon og brannsikringstiltak blir beskrevet i kapittel 3.

2.2 Kort beskrivelse av hendelsen

Alarm i tilknytning til boligsprinkleranlegget var direkte oppkoblet til 110-sentralen Vest, og ble utløst natt til lørdag 7. august 2021 klokken 02:17. Da første brannbil var på stedet elleve minutter etter alarmutløsning, var balkongfasadesiden overtent og det ble observert flammer som rakk over taket på bygget. Den første utrykningsbil kom fra Arna brannstasjon, og ankom brannstedet fra nord på fylkesvei 587. Slokkemannskapene så ikke den brennende fasaden mot sør-vest før de hadde parkert og gått rundt bygget.

Det ble meldt om at mange beboere hadde kommet seg ut allerede før brannvesenet ankom, og det ble ikke evakuert noen beboere med hjelp fra brannvesenet. Røykdykkere gikk systematisk gjennom alle leilighetene i 4. etasje. Det var ikke mulig å gjøre søk i mer enn området rett innenfor ytterdørene til leilighetene (gang og bad), før de måtte trekke seg ut. Neste ressurs på stedet var utrykningsbil fra Fana brannstasjon som ankom fra Sør på fylkesvei 587, 16 minutter etter alarmen. Mannskapene fra Fana begynte da å søke gjennom leilighetene i 1. etasje og jobbe seg oppover.

Etter at noen personer ble meldt savnet, og søk i leilighetene deres endte opp uten funn, ble det meldt klokken 03:15 til 110-sentralen at alle personer var gjort rede for. En vekter fra Securitas var også på stedet, men var ikke i posisjon til å se skjermen fra kameraovervåkingen før brannen var blitt relativt stor. Vekteren bisto da ved evakueringen av beboere.

Etter dette ble fokuset endret fra livreddende innsats til utvendig slokking. Det ble også utført innsats for å hindre spredning av brann til vegetasjon og andre bygninger. Vindretningen endret seg ofte under slokkeinnsatsen. Et bygg ca. 50 meter unna i sørvestlig retning sto på et tidlig tidspunkt i fare for å bli antent, ettersom malingen begynte å boble. Brannmannskapene prøvde da å forhindre antennelse ved å påføre vann.

Slokking av branner enkelte steder i bygget var fortsatt nødvendig klokken 10:18 lørdag morgen, og etterslokking pågikk til klokken 11:45 søndag formiddag 8. august.

2.3 Været før og under brannen

Det var pent og tørt vær i Bergen i perioden fram til brannen natt til 7. august, med stigende maksimumstemperatur opp mot 25 °C, og tørr luft (ned mot 35 % relativ luftfuktighet). Værdata registrert ved målestasjonen på Florida, Bergen, er presentert i Vedlegg C. Like før brannen ble oppdaget, ble det registrert en temperatur på 17 °C, 40 % relativ luftfuktighet, og gjennomsnittlig vindhastighet på 6 m/s med vindkast på 10 m/s. Topografien rundt bygget på Lone kan imidlertid ha medført vindforhold som avvek fra dette, blant annet med endring av vindretning og kraftige vindkast. Evalueringsrapporten fra Bergen brannvesen beskriver vindforholdene slik: «*Mannskapene forteller at det var vind med dels kraftige vindkast. De opplevde at vinden endret retning flere ganger*» [9]. Det var ingen nedbør denne natten.

3 Brannprosjektering av bygget

3.1 Byggesaken

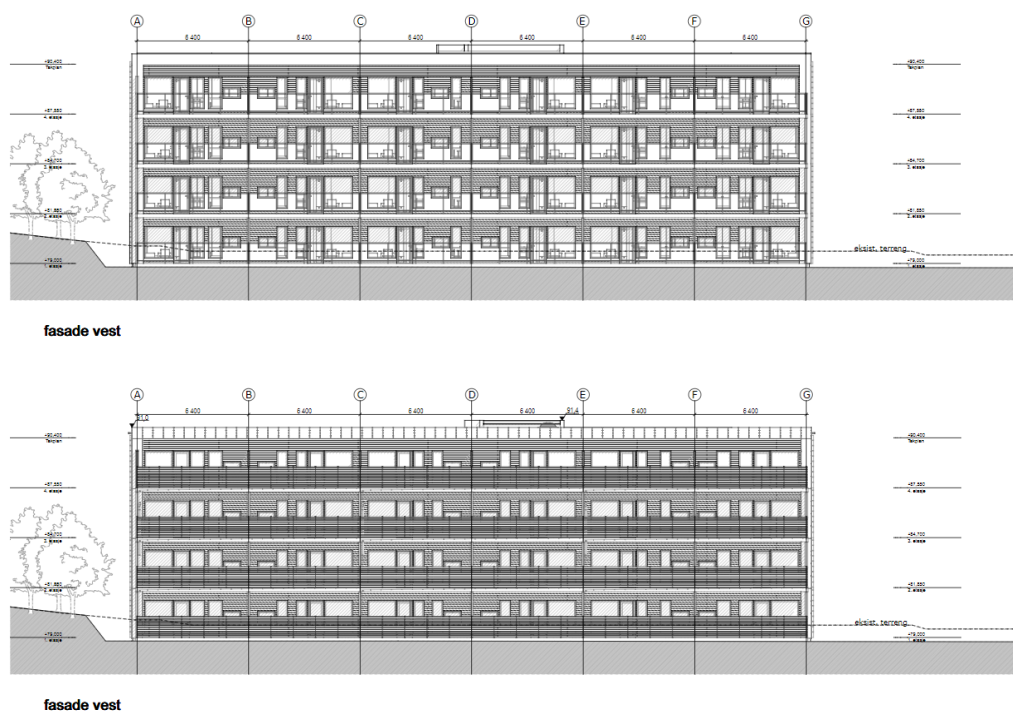
3.1.1 Prosessen

Byggesøknaden

Søknaden om oppføring av ny boligblokk i Lonemarka ble sendt inn i april 2011. Søknaden ble komplettert i februar 2012, og 12. april 2012 ga Bergen kommune tillatelse til byggetrinn 1.

Tilsyn i byggesaken

I juni 2013 ble det utført tilsyn i byggesaken, i forbindelse med at det ble søkt om midlertidig brukstillatelse. Bergen kommune gjennomførte befaring, og avdekket blant annet at fasadene var vesentlig endret i forhold til det som var godkjent. Balkongene viste seg å være utført med tett rekkverk i tre, og ikke i glass som prosjektert. I tilsynsrapporten stilte kommunen spørsmål ved om tiltaket var detaljprosjektert og utført i tråd med det branntekniske prosjekteringsgrunnlaget. Opprinnelige og reviderte tegninger av fasaden med balkonger er vist i Figur 3-1.



Figur 3-1 Opprinnelige tegninger av fasaden med balkonger fra januar 2011 øverst, og reviderte tegninger datert august 2013 nederst.

Utsnitt av tegning av opprinnelig balkongfasade og bilde av ferdig bygg er vist i Figur 3-2.



Figur 3-2 Utsnitt av tegning av opprinnelig planlagt fasade med balkonger til venstre, og bilde av ferdigstilt bygg til høyre (foto: Bergen kommune).

Etter tilsynet ble det sendt inn søknad om fasadeendring til kommunen. Revidert brannkonsept, datert 2. juli 2012, tok for seg den nye situasjonen med trekonstruksjoner i fasaden og balkongene. Foretakene som hadde ansvar for brannteknisk prosjektering og kontroll av prosjektering, konkluderte med at fraviket var akseptabelt, og at det ikke var nødvendig med sprinkling av balkongene.

Søknad om fasadeendring

8. juli 2013 ga Bergen kommune midlertidig brukstillatelse for boligblokken. Tiltakshaver søkte også om å få godkjent fasadeendringen, men fikk avslag på søknaden om å endre fasaden til trekonstruksjoner på bakgrunn av at «endringen utgjør en vesentlig endring av det visuelle og arkitektoniske uttrykket», og at endringen «ikke tilfredsstillende standarden som er ønsket i området ut fra reguleringsplanen og kommuneplanens arealdel». Tiltakshaver klaget på avslaget, og klagen ble behandlet av byråden for byutvikling, klima og miljø i juni 2015. Utfallet ble at klager fikk medhold i saken, og at balkongene kunne oppføres i tre under forutsetning av at det ble gjennomført uavhengig kontroll av at dagslys og utsyn i leilighetene er i tråd med krav i TEK10. I begrunnelsen for dette vedtaket oppgis det også at hensikten med fasadeendringen var å skjerme beboerne for innsyn fra omgivelsene. Ifølge en artikkel på nrk.no ble endringen fra glass til trekledning i balkongrekkverkene gjort av selskapet som tegnet prosjektet og av utbygger, og ble akseptert av eiendomsavdelingen i Bergen kommune [13].

3.1.2 Prosjekteringen

Grunnlag for prosjekteringen

Ifølge ansvarlig for uavhengig kontroll av prosjekteringen, er bygningen prosjektert etter byggteknisk forskrift 2010 (TEK 10), og «utført iht. VTEK10 med mindre fravik».

Behandling av fravik fra preaksepterte ytelser

I henhold til TEK10 skal oppfyllelse av forskriftens funksjonskrav verifiseres ved en av følgende metoder:

1. Byggverket prosjekteres i samsvar med preaksepterte ytelser (forenklet prosjektering), eller
2. Analyse som viser at forskriftens krav er oppfylt (analytisk prosjektering)

I dette prosjektet har prosjekterende identifisert fem fravik fra preaksepterte ytelser, og det er oppgitt at det er gjort en komparativ analyse av disse fravikene. En komparativ analyse skal påvise at den alternative utformingen gir minst samme brannsikkerhet som om byggverket var fullt ut prosjektert med preaksepterte ytelser.

3.2 Brannkonseptet

3.2.1 Kort beskrivelse av gjennomgangen av brannkonseptet

Brannkonseptet som ble utarbeidet i forbindelse med byggesaken er gjennomgått. Vi har hatt tilgang til brannkonseptet datert 16. februar 2011, med revisjon 01 datert 21. februar 2011, og revisjon 04 datert 2. juli 2012. I gjennomgangen er brannkonseptet i sin helhet vurdert opp mot daværende krav i TEK10 [3] og tilhørende veiledning, datert november 2010 [14] (her kalt VTEK10). Forhold som er vurdert til å være relevant knyttet til den aktuelle brannen er gjengitt i denne rapporten. Forskriftskrav og ytelser i veiledning til forskriften er sammenlignet med løsningene som er angitt i byggverkets brannkonsept, og dokumentasjonen som er lagt til grunn for å dokumentere samsvar med forskriftens krav til brannsikkerhet.

Hensikten med denne gjennomgangen har vært å avdekke hvilke valg som er gjort i forbindelse med utarbeidelse av brannkonseptet. I tillegg er det et mål å avdekke hvorvidt det som er bygget er i samsvar med det som er lagt til grunn som krav eller forutsetninger i brannkonseptet. Eventuelle svakheter knyttet til dokumentasjonen og samsvar med byggteknisk forskrift er også undersøkt.

I avsnittene under er innhold fra brannkonseptet beskrevet. Vår vurdering av samsvar med forskriftskravene er presentert her, og videre diskutert i avsnitt 6.1.

3.2.2 Beskrivelse av byggverket

Bygget besto hovedsakelig av boenheter, og hadde fire etasjer. Hver etasje rommet seks leiligheter. I første etasje var det også sportsboder.

Det var etablert én rømningstrapp i byggverket der adkomst til trapp var via svalgang i plan 2-4, og via korridor i plan 1. Leiligheter på plan 1 hadde også rømning direkte til det fri. Fra plan 3 og 4 skulle det tilrettelegges for redning via brannvesenets høyderedskap (bil utstyrt med maskinstige eller snorkel [1]).

Bæresystemet i byggverket er i brannkonseptet angitt til å være betong og stål. Bilder fra branntomta bekrefter at hovedbæresystem har vært i stål og betong. Takkonstruksjonen har vært utført i lette materialer, og balkongkonstruksjonen i trevirke.

3.2.3 Valg av risikoklasse og brannklasse

Byggverk plasseres i ulike *risikoklasser* på grunnlag av bruken av byggverket. Risikoklassen sier noe om hvilken trussel brann kan utgjøre for liv og helse til brukere av bygget, og legges til grunn for prosjektering og utførelse for å sikre rømning og redning ved brann. Det er seks risikoklasser (RKL), der risikoklasse 6 utløser de strengeste kravene.

Byggverkets *brannklasse* blir bestemt etter en vurdering av hvilke konsekvenser en brann i byggverket kan innebære for skade på liv, helse, samfunnsmessige interesser og miljø. Brannklassen fastsettes som regel ut fra byggverkets etasjetall og risikoklasse. Brannklassen legges til grunn for prosjektering og utførelse for blant annet å sikre byggverkets bæreevne ved brann. Det er fire brannklasser (BKL), der brannklasse 1 medfører byggverk der konsekvensene av brann vil være små, mens brannklasse 4 omfatter byggverk der en brann vil medføre særlig store konsekvenser.

Risikoklasse og brannklasse gir til sammen føringer for en rekke ytelseskrav som gjelder for brannprosjekteringen.

I brannkonseptet er byggverkets virksomhet satt i risikoklasse 4. Det er angitt følgende merknad/kommentar for valget av risikoklasse: «Leilighetsbygg for utleie. Disse kan ikke benyttes til omsorgsboliger». Det er ikke nevnt at byggverket skulle benyttes som botrening for rusavhengige.

I § 11-2 Tabell 1 angir VTEK10 preaksepterte risikoklasser for ulike virksomheter, men angir også følgende:

Virksomheter som ikke er angitt i tabell 1 plasseres i risikoklasse etter en vurdering av Tabell: Risikoklasser i forskriften. Vurderingen må gjøres av ansvarlig prosjekterende og må være begrunnet og dokumentert.

I brannkonseptet er det angitt en kommentar som må leses som en forutsetning, og denne angir at boligene ikke skal brukes som omsorgsboliger. Risikoklassen er fastsatt på bakgrunn av preakseptert ytelse for bolig. Når man ser på Tabell 1 i VTEK10 over preakseptert risikoklasse for ulike virksomheter, så er det nok mest nærliggende å plassere virksomheten i risikoklasse 4. Den beskrevne bruken samsvarer ikke i særlig stor grad med risikoklasse 6, selv om utleieboligene er leid ut til en sårbar gruppe..

Ved at risikoklasse 4 er valgt, er brannkonseptet tydelig på at det er lagt til grunn forutsetninger som vil tilsi at bygget skal regnes som bolig, og at personer i byggverket "kjenner rømningsforhold, herunder rømningsveier, og kan bringe seg selv i sikkerhet", jf. TEK10 § 11-2.

Med bakgrunn i risikoklasse 4 og fire tellende etasjer, er bygget plassert i brannklasse 2.

3.2.4 Bæreevne og stabilitet

Brannkonseptet angir i all hovedsak at preaksepterte ytelser for brannklasse 2 skal følges. Det er gjort unntak for svalgang, der kravet til bæreevne er redusert fra 60 minutter (R 60) til 30 minutter (R 30) ved fraviksvurdering.

Takkonstruksjonene er prosjektert og utført uten brannmotstand, i henhold til gjennomført fraviksbehandling i brannkonseptet.

Det er presisert at det ikke er nødvendig at balkongene har funksjon som kjølesone, da byggverket er sprinklet. Dette forholdet ser ikke ut til å være vurdert i sammenheng med vurderingen knyttet til å utelate sprinkling av balkonger.

Det er korrekt, som brannkonseptet angir, at det ikke er angitt preakseptert ytelse til brannmotstand med hensyn til bæreevne på balkonger eller utkragede bygningsdeler. Det er heller ikke krav til kjølesoner i fasaden som følge av at byggverket er beskyttet med automatisk sløkkeanlegg når balkongene er sprinklet. Unntaket vil gjelde for bæring av utkragede bygningsdeler som benyttes til rømning. Her er det angitt at bygningsdelene skal ha en bæreevne på minst 30 minutter under brann (R 30), noe som er fraviksbehandlet. Vi vurderer fraviksanalysen som er utført med hensyn til dette, til å ikke være i tråd med krav til analyser som er angitt i TEK10 §2-1 *Verifikasjon av funksjonskrav*. Analysen samsvarer ikke med de standardene som det refereres til i TEK10. Dokumentasjonen fremstår mer som en ren beskrivelse av fraviket og tiltaket. Det er blant annet ikke gjort noen beskrivelse av aktuelle brannscenarier og hvordan disse vil påvirke det aktuelle fraviket.

I tillegg er krav til brannmotstand for balkonger, kjølesone og manglende sprinkling av balkonger ikke sett i sammenheng ved fraviksvurdering av de preaksepterte ytelsene til balkongene.

Snitt-tegningene viser ikke brannskille mot tak, men et prosjekteringsnotat angir krav til brannskille, samtidig som det er angitt fravik knyttet til bæring av taket. Det foreligger ikke dokumentasjon på hvorvidt brannskille til tak ble implementert, eller om det ble

fraviksbehandlet. Det må derfor antas at bygget ble prosjektert og bygget uten brannmotstand til tak.

3.2.5 Brannteknisk inndeling

Bygget er i stor grad oppdelt i tråd med det som anses som preakseptert inndeling.

Bygget er utformet med en utvendig rømningsvei i etasjene 2-4, dette omtales vanligvis som svalgang. Svalgangene leder til én enkelt trapp. I preakseptert ytelse for svalgang (veiledningen til § 11-14 *Rømningsvei* i TEK10), angis det at svalgang må ha to trapper, en i hver ende. Løsningen i brannkonseptet følger dermed ikke preakseptert ytelse for svalgang. Det er skissert en utvendig «åpen korridor» med branncellebegrensende konstruksjon mot boenhetene. Korridoren er åpen mot rømningsstrappen, og er utformet med åpenhet tilsvarende en svalgang.

Det er prosjektert med en redusert ytelse på dekket på utvendig rømningsvei. Preakseptert ytelse gitt i VTEK10 er 60 minutters brannmotstand (EI 60), mens valgt løsning er 30 minutters brannmotstand (EI 30). Begrunnelsen for dette fraviket er at svalgangen er skjermet i hele lengden med EI 60 fasader og EI 30-dører. Det vurderes ikke hva som kunne vært konsekvensen av en brann som startet utvendig i svalgang. Dette burde vært gjort, spesielt med bakgrunn i at ytelsen for kledningen på veggen med hensyn til egenskaper ved brannpåvirkning er redusert fra B-s1,d0 til D-s3,d0, og det at rekkverket er oppført i trevirke.

3.2.6 Materialbruk

Byggverket er angitt i brannklasse 2. Det vil si at bæresystemet kan utføres i konstruksjoner som er brennbare. Eksempelvis kan bæresystemet utføres i tre med minst 60 minutters brannmotstand med hensyn til bæreevne.

Den generelle preaksepterte ytelsen for materialer til varmeisolasjon, er at de skal oppfylle brannteknisk klassifisering A2-s1,d0. Denne klassen beskriver materialer med svært lav brennbarhet, for eksempel mineralull. Det er noen tillatte unntak fra denne ytelsen, disse er angitt i VTEK10 som veiledningstekst til § 11-9 *Materialer og produkters egenskaper ved brann*. I tillegg er det flere veiledere som viser blant annet bruk av brennbar isolasjon på tak [15], [16].

Den generelle ytelsen for innvendige overflater er at klassifisering D-s2,d0 skal være oppfylt, og dette gjelder for eksempel i boenhetene. Denne klassen omfatter brennbare materialer som tilfredsstillende et gitt nivå av branntekniske egenskaper knyttet til antenlighet, varmeavgivelse, flammespredning, røykproduksjon og dannelse av brennende dråper når de eksponeres for en brann. Eksempelvis vil ubehandlet trevirke tilfredsstillende klasse D-s2,d0.

I rømningsveier er kravet til overflater B-s1,d0. Denne klassifiseringen omfatter byggevarer med relativt gode brannegenskaper. Dette kan eksempelvis være trevirke behandlet med flammehemmende kjemikalier, tynt tapet eller maling på underlag av gips eller liknende.

Dersom det er nødvendig med brannbeskyttende kledning, så skal kledningen i rømningsvei tilfredsstillende K₂10 A2-s1,d0.

Preakseptert ytelse for utvendige overflater er klassifisering B-s3,d0, der betegnelsen s3 angir at det ikke stilles krav til røykproduksjon for produktet. Men veiledningsteksten til TEK10 § 11-9 annet ledd åpner for at byggverk inntil fire etasjer i risikoklasse 4 kan utføres med overflater tilsvarende D-s3,d0:

Yttervegg i byggverk i brannklasse 2 og 3 kan ha utvendig overflate som tilfredsstiller klasse D-s3,d0 [Ut 2], når enten

- a. yttervegg er utformet slik at den hindrer brannspredning i fasaden, eller*
- b. byggverket er i risikoklasse 1, 2 og 4 og har inntil fire etasjer, og det er liten fare for brannspredning til og fra nabobyggverk.*

I dette tilfellet er avstanden til andre byggverk stor, faren for brannspredning er dermed liten, og klasse D-s3,d0 er relevant for dette prosjektet. Det er valgt behandlet tremateriale som utvendig overflate både på fasade, i rekkverk på balkonger, og på skilleveggene mellom balkongene i hver etasje.

I den opprinnelige planen for bygget var det beskrevet at de vertikale skilleveggene mellom balkongene skulle være lydabsorberende, og bestå av åpent spaltepanel (30 %) med 50 mm rockwool, begge sider. Spaltepanel er normalt utført i trevirke. Av bilder tatt før brannen, ser det ut til at skilleveggene er utført i tett trekledning, og at det er en åpning over skilleveggene mellom balkongene, se Figur 4-1. Vi har ingen opplysninger om det var anvendt isolasjon i skilleveggene.

Så lenge det ikke er gitt annen veiledning om materialbruk i slike bygningsdeler, så vurderer vi materialvalget til å tilfredsstillende preakseptert ytelse i VTEK10.

Taktekking skal oppfylle B_{roof}(t2).

Krav som er angitt følger hovedsakelig preaksepterte ytelser, men det er identifisert et fravik. Dette er knyttet til overflatekrav i rømningsvei, der preakseptert ytelse er klasse B-s3,d0. I henhold til brannkonseptet kan imidlertid den utvendige rømningsveien (angitt som svalgang) utføres med kledning som oppfyller K₂10 D-s2,d0 eller overflate D-s3,d0. Det stilles også strengere krav til himling på utvendig rømningsvei, som skal være ubrennbar og utført i materialer som oppfyller klasse A2-s1,d0. Dette fraviket burde vurderes i sammenheng med redusert brannmostand for dekket i svalgangene, se punkt 3.2.5 over. Fraviksdokumentasjonen vurderes til å ikke være overensstemmelse med dokumentasjonskravet i TEK § 2-1 Verifikasjon av funksjonskrav. Analysen samsvarer ikke med de standardene som det refereres til i TEK10. Dokumentasjon fremstår mer som en ren beskrivelse av fraviket og tiltaket. Det er blant annet ikke gjort noen beskrivelse av aktuelle brannscenarier og hvordan disse vil påvirke det aktuelle fraviket. I denne sammenheng, så skal det legges til at det på tiden da prosjektet ble prosjektert, forelå en anvisning i Byggforskserien, 520.310 Brannspredning via fasader [17], som angir at det

aksepteres brennbare fasader i trematerialer dersom hele bygningen beskyttes med sprinkleranlegg.

Fraviket som er gjort på svalgang, var tidligere et fravik som ble anbefalt i anvisning i Byggforskserien 526.301 *Svalganger og altanganger i boligbygninger* [18], som nå er utgått. Anvisning 323.111 *Svalganger i boligbygninger* fra 2019 (oppdatert i 2021) som erstatter dette, har ikke med at trekledning klasse D-s3,d0 kan benyttes på svalgang i sprinklet bygg i brannklasse 2 [19].

I tillegg angir brannkonseptet noen betingelser knyttet til eventuell bruk av brennbar isolasjon på rør- og kanaler, i yttertak og eventuelle andre bruksområder. Disse tolkes til å være i tråd med preaksepterte ytelser.

3.2.7 Balkongkonstruksjonen

Balkongkonstruksjonen er identifisert som særskilt interessant, fordi mye tyder på at brannen startet i tilknytning til en av balkongene.

I det reviderte brannkonseptet fra 2. juli 2012 behandles balkongkonstruksjonen som et fravik fra preakseptert ytelse. Det blir konkludert med at det ikke var behov for å sprinkle balkongene, fordi balkongene var ansett for å være åpne, og fordi risiko for vertikal og horisontal brannspredning ble vurdert som akseptabel. Overtenning på balkongene ble ansett som usannsynlig, og det var heller ikke ansett som sannsynlig at det ville være sovende personer på balkongene. Dersom det likevel skulle oppstå brann på balkong, og denne spredte seg inn i en leilighet, blir det vurdert at brannalarm- og sprinkleranlegget ville varsle brannen. Videre blir det vurdert at det ville ikke være usannsynlig at det innvendige sprinkleranlegget ville klare å kontrollere et slikt brannforløp.

Det er verdt å merke seg at vurderingen er begrenset til spørsmålet om balkongen kunne regnes som åpen. Materialvalget er ansett som akseptabelt i brannkonseptet, og i henhold til preakseptert ytelse.

3.2.8 Aktive brannsikringstiltak

Automatisk slokkeanlegg

TEK10 § 11-12 første ledd, bokstav a) krever automatisk slokkeanlegg. Veiledningsteksten angir at det skal installeres automatisk sprinkleranlegg som minimum samsvarer med type 2 anlegg i henhold til *NS-INSTA 900 Boligsprinkler - Del 1: Dimensjonering, installering og vedlikehold* [20].

For sprinkling av utvendige arealer anga veiledningsteksten til dette punktet i VTEK10 (1. utgave, november 2010) som følger:

«Innebygde utvendige bruksarealer tilknyttet en boenhet skal medtas som en del av boligarealet når den totale brannsikkerheten skal vurderes. Det betyr at dersom boenheten har krav om automatisk slokkeanlegg gjelder dette kravet også for det innebygde utvendige bruksarealet. Med innebygget utvendig bruksareal menes balkonger og andre gulvarealer i eller utenfor bygningskroppen som er helt eller delvis innebygget med en eller flere vegger samt et tak.»

Det er ikke definert hva «delvis innebygget» betyr. Men under punkt 5.1.2 i NS-INSTA 900 var «utvendige, åpne balkonger» et tillatt unntak for slokkeanlegg av type 2, men da etter en nøye vurdering av brannenergien. NS-INSTA 900 definerer ikke hva som menes med «åpen balkong». I § 11-12 i revidert versjon av VTEK10 fra oktober 2013, angis det hva som kan regnes som en åpen balkong:

«Sprinkling kan sløyfes på åpne balkonger om den åpne delen er minst 50 % av den totale tenkte «veggflaten» rundt balkongen.»

NS-INSTA 900 er i dag erstattet med den europeiske boligsprinklerstandarden NS-EN 16925 [21]. Balkonger er ikke nevnt i denne standarden, og følgelig heller ikke angitt som et akseptabelt unntak for slokkeanlegg.

I brannkonseptet er det gjort fravik på sprinkling av balkonger, men fraviket er i liten grad redegjort for. Fraviksvurderingen er svært overordnet, og vurderes å ikke samsvare med krav i *TEK10 § 2-1 Verifikasjon av funksjonskrav*. Dette ut fra at det for eksempel ikke er angitt grad av åpenhet, og den «nøye vurderingen av brannenergi» som sprinklerstandarden NS-INSTA 900 krever, er ikke redegjort for. Det faktum at balkongene er utført i trevirke burde vært tillagt vekt. Det kan også diskuteres hvorvidt balkongen, som følge av at sprinkler er utelatt, burde ha brannmotstand på dekkekonstruksjonen for å kunne ha funksjon som kjølesone. Krav til kjølesone kan sløyfes når et byggverk er fullsprinklet, men hvordan påvirkes dette forholdet når man sløyfer sprinkling av balkonger? Balkonger i usprinklede byggverk har funksjon som kjølesoner. Dette er ikke gjort rede for eller begrunnet i brannkonseptet.

Ifølge evalueringsrapporten til Bergen brannvesen var det installert sprinkleranlegg med dyser av type «quick response» [9]. Aktivering av sprinkleranlegg i en av leilighetene skulle gi direktealarm til 110-sentralen.

Brannalarmanlegg

TEK10 §11-12 annet ledd bokstav a) stiller krav om brannalarmanlegg i byggverk i risikoklasse 2 til 6. For brannalarmanlegg viser VTEK10 til *Melding HO-2/98 Brannalarm. Temaveiledning* [22, p. 98] og NS-EN 54-serien om brannalarmanlegg [23].

Videre angir VTEK10:

Detektorer i leiligheter i boligbygninger må dekke områdene kjøkken, stue og sone utenfor soverom. Dessuten må følgende være oppfylt:

- a) Det må være minst én detektor pr. etasje. Akustiske signalgivere må plasseres slik at alarmstyrken er minst 60 dB i oppholdsrom og soverom når mellomliggende dører er lukket. Optiske signalgivere må plasseres slik at de til enhver tid er synlig fra kjøkken og stue.*
- b) Detektorer må installeres i trapperom, kjeller og loft. Akustiske signalgivere skal monteres i disse områdene.*
- c) Alarm utløst i leilighet varsler kun i leiligheten. Alarm utløst i fellesarealer varsler alle.*
- d) Ved utløst slokkeanlegg skal alle varsles.*

Alarm skal også ha overføring til alarmmottak. I første utgave av VTEK10 angis det:

I byggverk som har vaktordning må brannalarmanlegget gi signal til plass bemannet med personell med ansvar for å iverksette aksjon i henhold til alarmorganisering.

Her gir VTEK10 enkelte valg, men normalt for bolig er overføring til brannvesen etter en gitt tid, men det åpnes også for overføring til vaktelskap.

Under anbefalinger til forskriftsteksten angir VTEK10:

For boligbygninger, jf. nr. 2, anbefales det at alarm utløst i leilighet, som ikke er kvittert ut i løpet av 10 minutter, varsler alle. Manuell melder anbefales installert i trapperom ved hovedinngang. Denne utløser alarm som varsler alle.

Brannkonseptet følger de preaksepterte ytelser med tilleggskrav på at alarm i leilighet som ikke er avstilt innen 10 minutter gir varsel til hele byggverket. I tillegg er det stilt krav om å følge FGs regler for brannalarmanlegg (FG = Forsikringssselskapenes Godkjennelsesnevnd). I mars 2012 ble VTEK10 endret til at anbefalt tid før utløst alarm varsler alle er 2 minutter. Ifølge kommunikasjon med Bergen kommune var tidsforsinkelsen i brannalarmanlegget på 2 minutter i henhold til den reviderte anbefalingen.

Ledesystem

Brannkonseptet angir at det er krav om ledesystem, og henviser til *NS 3926 Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk. Del 1, 2 og 3* [24]–[26] (kravspesifikasjonen er gitt under overskriften «§ 11-12 Nøddlysanlegg»).

Tilrettelegging for manuell slukking

Brannkonseptet angir at det som et minimum stilles krav om håndslukkeapparat i hver boenhet. Dette er i henhold til preakseptert ytelse angitt i veiledningen til TEK10 § 11-16 Tilrettelegging for manuell slukking.

3.2.9 Rømning og redning

TEK10 §11-13 *Utgang fra branncelle* angir:

(1) Fra branncelle skal det minst være én utgang til sikkert sted, eller utganger til to uavhengige rømningsveier eller én utgang til rømningsvei som har to alternative rømningsretninger som fører videre til uavhengige rømningsveier eller sikre steder.

(2) Brannceller i byggverk i risikoklasse 4 med inntil 8 etasjer kan ha utgang til ett trapperom utført som rømningsvei. For boenheter forutsettes at minst ett vindu eller balkong er tilgjengelig for rednings- og slukkeinnsats.

Ledd 1 beskriver hvilke rømningsmuligheter som gir tilstrekkelig sikkerhet. Ledd 2 angir unntak som var gjeldende for dette bygget, og må tolkes som at hver boenhet skal kunne nå av brannvesenet. Tilrettelegging for rømning og redning var prosjektert med utgangspunkt i preakseptert ytelse for byggverk i risikoklasse 4 for kravet i ledd 2. Leilighetene i første og andre etasje skulle kunne rømme via balkongene, forutsatt at avstand til terreng var mindre enn 5 meter.

Rømning fra tredje og fjerde etasje ses i sammenheng med at bygningen hadde stasjonært slukkeanlegg, tilgang til ett trapperom, i kombinasjon med redning via brannvesenets høyderedskap (bil utstyrt med maskinstige eller snorkel [1]). Det var imidlertid ikke tilrettelagt for redning med høyderedskap direkte fra boenhetenes vinduer eller balkonger. Redning er angitt til å skulle foregå via svalgang for de to øverste etasjene. Det er ikke kjørbare adkomst og oppstillingsplasser for brannvesenet på baksiden av bygningen, hvilket innebærer at maskinstige eller lift ikke ville ha tilgang til balkongene. Rømning via brannvesenets høyderedskap fra svalgang er ikke i tråd med intensjonene i regelverket, siden svalgangen allerede er del av rømningsveien, og rømning via vindu eller balkong er ment for å sikre uavhengighet fra ordinær rømningsvei.

I vurderingen av fraviket som dreier seg om kledning og overflater på vegger i svalgangene, er følgende angitt: "Videre nevner vi, som en sårbarhetsbetraktning, at det vil være mulig for brannvesenet å hente ned personer fra balkonger i motsatt fasade av svalgangene med sitt bærbare stigemateriell hvis det mot formodning skulle være behov for det". I den sammenhengen kan det nevnes at redning via vanlig stige har store begrensninger, og ikke kan likestilles med redning via maskinstige eller lift.

Prosjekteringen angir videre at svalgang utføres med én trapp i stedet for to trapper, sistnevnte er angitt av preakseptert ytelse. Dette er altså et fravik. Det er også argumentert med at selve svalgangen regnes som del av trapperommet, og dermed tillater at avstand fra enkelte leiligheter er 20 meter (og ikke 15 meter, som vurderes som preakseptert).

Kravet i TEK10 §11-13 ledd 1 er ikke nevnt i prosjekteringsgrunnlaget, og dette er heller ikke oppfylt i det ferdige bygget. Det finnes ikke to uavhengige rømningsveier, og det er heller ikke etablert rømningsvei med to uavhengige rømningsretninger (kun svalgangen som leder til ett trapperom). Ledd 2 gir imidlertid unntak for bygg av denne typen, og dersom denne bestemmelsen hadde vært oppfylt, ville forskriftskravet vært tilfredsstillt. Som nevnt over, er ikke dette tilfellet for leilighetene i tredje og fjerde etasje. Rømningsforholdene må derfor vurderes som å være et brudd på gjeldende byggt teknisk forskrift.

3.2.10 Tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap

§11-17 i TEK10 stiller krav om at alle byggverk skal plasseres og utformes slik at rednings- og slokkemannskap, med nødvendig utstyr, har brukbar tilgjengelighet til og i byggverket for rednings- og slokkeinnsats. Byggverket skal også tilrettelegges slik at en brann lett kan lokaliseres og bekjempes.

I boligblokker der leilighetene kun har tilgang til ett trapperom, må minst ett vindu eller balkong være tilgjengelig for rednings- og slokkeinnsats. Den aktuelle blokken i Lonemarka ble ikke tilrettelagt med tilgjengelighet for brannvesenets høyderedskap på baksiden av bygget, kun på fremsiden. Løsningen gir dermed brannvesenets høyderedskap tilgang til svalgangene utenfor boenhetene, men ikke til boenhetenes vinduer eller balkonger.

Vannforsyningen var ikke i henhold til preaksepterte ytelser. I det branntekniske prosjekteringsunderlaget står det at slokkevannsforsyningen «skal utføres i tråd med kommunens VA-norm eller VTEK», men reell situasjon viser at det er betraktelig lengre avstand mellom bygningen og brannkummene enn preakseptert. De to kummene som ble benyttet i brannslokkingen ligger henholdsvis ca. 170 meter og ca. 260 meter fra bygningen. Ifølge VTEK10 må brannkum plasseres innenfor 25-50 meter fra inngangen til hovedangrepsvei. Det finnes en tredje kum i området, men også den ligger mer enn 100 meter unna bygningen og er ugunstig plassert på motsatt side av jernbanelinjen.

I prosjekteringen vises det til dialog med Bergen brannvesen om tilgjengeligheten for høyderedskap. Det har ikke vært dialog vedrørende vannforsyning. Den skriftlige korrespondansen mellom ansvarlig prosjekterende og brannvesenet gir ikke et entydig svar på

hva som er resultatet av dialogen, men dette er uansett ikke avgjørende. I VTEK10 presiseres det at brannmyndigheten ikke skal gi aksept eller samtykke i byggesaker. Ansvaret for at løsningen totalt sett har et tilfredsstillende sikkerhetsnivå ligger hos foretakene.

3.3 Brannsikkerhetstiltak utover brannprosjekteringen

I paragraf 6 i lov om brann- og eksplosjonsvern stilles det krav til eier av bygninger [27]:

Eier av byggverk, område, transportmiddel, produksjonsutstyr, annen innretning eller produkt plikter å sørge for nødvendige sikringstiltak for å forebygge og begrense brann, eksplosjon eller annen ulykke.

Som huseier har kommunen en betydelig rolle i arbeidet med å ivareta brannsikkerheten gjennom å etablere hensiktsmessige sikringstiltak. Det er lagt opp til at eier og bruker skal samarbeide om brannsikkerheten, men paragraf 12 i forskrift om brannforebygging angir brukers ansvar slik [28]:

§ 12. Brukerens systematiske sikkerhetsarbeid

En virksomhet som har rett til å bruke et byggverk skal fastsette mål og iverksette planer og tiltak for å redusere risikoen for brann i byggverket. Virksomheten skal iverksette:

- a. rutiner som sikrer at byggverket brukes i samsvar med kravene til brannsikkerhet som gjelder for byggverket*
- b. rutiner for evakuering og redning ved brann i byggverket*
- c. rutiner som sikrer at personer med arbeidsplass i byggverket har tilstrekkelige kunnskaper og ferdigheter i å forebygge og bekjempe brann*
- d. rutiner som sikrer at alle som oppholder seg i byggverket får tilstrekkelig informasjon om hvordan de skal unngå brann og opptre ved brann*
- e. rutiner for å avdekke, rette opp og forebygge mangler ved det systematiske sikkerhetsarbeidet.*

Det systematiske sikkerhetsarbeidet skal være tilpasset risikoen for brann som følge av virksomhetens bruk av byggverket.

Et minimum av aktive og passive brannsikringstiltak er beskrevet i brannprosjekteringen, men veiledningen til forskrift om brannforebygging [29] påpeker at bruker har ansvar for følgende:

Ved unormal eller sterkt varierende risiko må det tas forholdsregler for å gjøre risikoen akseptabel.

I tilfellet Hardangerveien var både eier og bruker Bergen kommune, men de var representert ved forskjellige enheter i kommunen. Både eier og bruker bør vurdere ekstra brannsikringstiltak hvis bruken av bygget er av en karakter som øker sannsynligheten for brann, eller konsekvensene en brann kan føre til. Dette kan være omstendigheter som er et resultat av både teknisk og organisatorisk art, men beskrives slik at kompenserende tiltak for omstendigheter som øker risiko skal identifiseres og iverksettes all den tid risikoen er forhøyet. Bestemmelsene er i utgangspunktet tiltenkt midlertidige forhold, og bestemmelsen kan forstås til at bruk av bygget skal være i henhold til prosjekteringen. Den åpenbare risikofaktoren i Hardangerveien, var forhold knyttet til rusmisbruk og psykiske problemer hos beboerne. Bergen kommune hadde etablert flere brannsikkerhetstiltak og gode rutiner for å forebygge brann og begrense konsekvensene av en brann. Tiltakene var av både teknisk og organisatorisk art, og en blanding av disse. Samarbeidet mellom eierskapsdelen i Bergen kommune, (Etat for boligforvaltning) og brukerdelen av kommunen (Enhet for sosiale botjenester) virker til å ha fungert godt, med god kommunikasjon mellom de to delene av kommunen (eier og bruker). Bergen kommune hadde etablert brannsikringstiltak utover tiltakene som er beskrevet i brannprosjekteringen. Tre av disse tiltakene beskrives nedenfor.

3.3.1 Bemannet personalbase i bygget med tilgang til videoovervåkning

I første etasje var den ene hjørneleiligheten omgjort til personalbase. Ifølge kommunen var denne bemannet døgnet rundt av en våken person som hadde tilgang til skjermer med bilder fra overvåkningskameraer på begge langsidene av bygget. På dagtid, innenfor normal arbeidstid, var personalbasen bemannet med ansatte fra enhet for sosiale botjenester. På natten, også i helgene, var personalbasen bemannet av en vokter fra Securitas. Tjenesten fungerte ikke utelukkende som brannvakt, men var etablert med tanke på sikkerhet og trygghet i bygget.

Tilstedeværende brannvakt er regnet for å være en meget effektiv barriere mot at brann oppstår, og også som en barriere som demper konsekvensene av brann (gjennom for eksempel bistand til evakuering og varsling). Påliteligheten til denne barrieren kan imidlertid ha svakheter, fordi et menneske ikke vil ha et like forutsigbart handlingsmønster som en teknisk barriere. Vekteren i Hardangerveien påvirket ikke tidlig varsling eller andre tiltak i den tidlige fasen etter at brannen var oppdaget. Dette var fordi vekteren ikke befant seg foran skjermene som viste video fra utsiden av bygget da brannen begynte å spre seg mellom balkongene. Det er uklart i

hvilken grad vekteren bidro til evakuering av bygget, eller til andre konsekvensreducerende tiltak.

3.3.2 Befaring med informasjon og pålegg til beboere

Etat for boligforvaltning og Enhet for sosiale botjenester hadde et godt samarbeid, og gode rutiner for jevnlig brannvernopplæring og brannverninformasjon til beboerne. I tillegg fikk nye beboere informasjon om rømningsveier og tilgjengelig slukkeutstyr i leilighetene. Mange av beboerne har beskrevet i politiavhør at de kjente til at det var forskjellige typer slukkeutstyr i leilighetene, som brannslange, håndslukker og sprinkleranlegg. I tillegg var også eier og bruker på jevnlig befaringer i leilighetene. Beboere som hadde mye eiendeler lagret i leiligheten eller på balkongen, fikk pålegg om å fjerne rot og kaste søppel, siden dette både kunne hindre rømning, samt øke brannenergien.

Dette arbeidet ser ut til å oppfylle forskriftskravene som er gjengitt i begynnelsen av avsnitt 3.3.

3.3.3 Brannslange på badet

Ifølge politiavhørene var minst fem av beboerne kjent med at det var montert brannslange på badet, og flere beboere prøvde å bruke brannslangen. Dette var et tiltak som var installert i tillegg til brannkonseptets krav om håndslukker, se avsnitt 3.2.8. Brannslange på badet må derfor ansees for å være et tiltak som er i tillegg til brannprosjekteringen.

Dette er normalt sett en effektiv barriere, men siden brannen først spredte seg på utsiden av bygningen, hadde dette tiltaket ingen påviselig effekt med hensyn til å begrense brannen.

4 Balkonger og svalganger: Materialer og geometri

4.1 Trekledningen

Det var brukt trekledning av typen Kebony¹ på balkonger, fasader og i svalganger. Det er stilt spørsmål ved hvordan denne kledningen bidro til brannutviklingen, og i tillegg er det av interesse å vite hva fuktinnholdet i materialet kan ha vært på tidspunktet for brannen. Et tørt materiale vil bidra til en hurtigere brannutvikling enn et mer fuktig materiale.

Kebony er et varemerke for trevirke som er impregnert med en blanding av furfurylalkohol og katalysator, og som deretter herdes ved oppvarming og tørking. Denne prosessen endrer cellestrukturen i trevirket, og hensikten er å forbedre motstanden mot fukt og biologisk nedbrytning [31]. Ifølge *Trefokus* kan Kebony vurderes til å ha god holdbarhet mot råteangrep [32]. I henhold til en artikkel på nettsiden *Byggmesteren.no*, tilfredsstiller produktene Kebony Character (furu) og Kebony Clear (kvistfri Radiata-furu) brannklasse D-s2,d0 [33].

Materialegenskaper til furfurylert trevirke er beskrevet i masteroppgaven *Trefasader og brannsikkerhet* som ble utført i samarbeid med dette FRIC-prosjektet våren 2022 [12]. Teksten under er basert på denne masteroppgaven.

Fuktinnholdet i materialet vil kunne påvirke hvor mye varme materialet avgir ved forbrenning, den såkalte *effektive forbrenningsvarmen* [34]. Jo høyere fuktinnhold, jo lavere er den effektive forbrenningsvarmen, fordi varme fra forbrenningen vil bli brukt til å fordampe vannet i trevirket.

Vitenskapelige undersøkelser har vist at furfurylering av tre reduserte treets fuktopptak [35]. Den vanligste måten å oppgi absolutt fuktinnhold i materialer på, er i masse vann per masse tørt materiale [36, p. 44]. Likevektsfuktighet er definert som fuktigheten et trevirke etter hvert vil innstille seg på i et gitt klima, altså med gitt luftfuktighet og temperatur². Likevektsfuktigheten avhenger av treslag. For et typisk norsk treslag vil den ved 20 °C og 65 % relativ luftfuktighet (RF) omtrent være 12 %. I forsøk ble det vist at likevektsfuktigheten til furfurylert furu ble lavere enn likevektsfuktigheten til ubehandlet tre [37]. Ved 35 % relativ luftfuktighet hadde ubehandlet tre en likevektsfuktighet på 8,9 %, mens den var 5,1 % for furfurylert furu. Forskjellen i likevektsfuktigheten mellom ubehandlet og furfurylert tre økte jo høyere relativ luftfuktighet var, og ved 85 % relativ luftfuktighet hadde ubehandlet tre en likevektsfuktighet på 17,3 %, mens furfurylert furu hadde en likevektsfuktighet på kun 9 %.

¹ I prosjekteringsgrunnlaget er det angitt «Wisorwood» som utvendig kledning. Ifølge opplysninger i en masteroppgave fra NTNU [30] er dette trolig det samme som «Kebony furu».

² <https://snl.no/likevektsfuktighet>

4.2 Bruken av kledningsmaterialet

Hver leilighet hadde en balkong på sør-vestsiden av bygget, og alle balkongene hadde tett rekkverk av Kebony. I tillegg var skillevegger mellom balkongene og kledningen på fasadeveggen utført i Kebony. Det var en åpning over skilleveggene mellom balkongene i samme etasje, se Figur 4-1 [36].



Figur 4-1: Foto av sør-vestfasaden med balkonger. Bildet er tatt av Bergen kommune i forbindelse med befaring i 2012, brukt med tillatelse.

Det var også brukt Kebony i svalgangene på nord-østsiden av bygget, både på fasadeveggen og i det tette rekkverket, se Figur 4-2.



Figur 4-2: Foto av nord-østfasaden med trapperom og svalganger. Bak dørene på grunnplanet er det boder. Bildet er tatt av Bergen kommune i forbindelse med befaring i 2012, brukt med tillatelse.

FRIC fikk tilgang til kledningsbord av uskadet Kebony fra branntomten. Dette materialet var hentet fra svalgangene på nord-østsiden av bygget, og det var biter av både original kledning

som var ti år gammel (her kalt *Kebony 10 år*), og kledning som var skiftet ut for to år siden (her kalt *Kebony 2 år*), se Figur 4-3.



Figur 4-3: Nord-østsiden av bygget med svalganger etter brannen. Området kledningsmaterialet til testing ble hentet fra er markert med gult. Foto: RISE Fire Research/FRIC.

4.3 Kledningsmaterialets branntekniske egenskaper

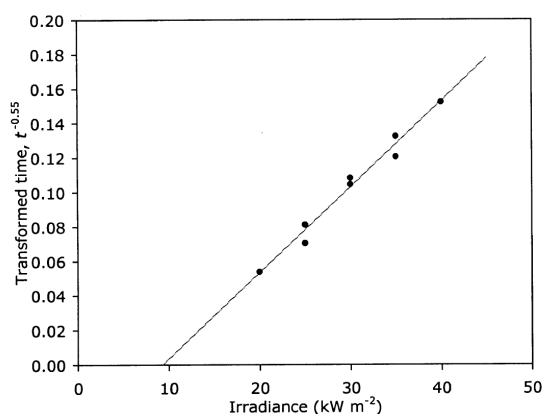
4.3.1 Kritisk varmefluks for antennelse - teori

Kritisk varmefluks for antennelse gir en indikasjon på hvor lett antennelig et materiale er, og er det teoretiske varmestrålingsnivået hvor materialet ikke vil antenne, selv etter en svært lang tid med varmeeksponering. *Minimum varmefluksnivå for antennelse* er den minste verdien hvor antennelse kan finne sted, og dette kan i noen tilfeller være betydelig høyere enn kritisk varmefluksnivå. Begge disse verdiene kan estimeres gjennom branntekniske forsøk, men vil generelt kun gi en empirisk indikasjon på hvor lett et materiale antennes, og angir ikke en eksakt materialegenskap.

Vi skiller mellom *spontanantennelse* og *pilotantennelse*. Spontanantennelse er antennelse av et stoff med tilførsel av varme utenfra, men uten antennelseskilde. Pilotantennelse er antennelse med en tennkilde, gjerne i kombinasjon med varmestråling, og tennkilden kan for eksempel være en gnist eller en liten flamme [1]. Den kritiske varmefluksen for antennelse vil være avhengig av om det er tennkilde til stede, og i så fall type tennkilde (gnist, glo, flamme) og størrelse på tennkilden (eksempelvis en liten eller stor flamme). I tillegg vil andre faktorer som geometri, ventilasjon og overflatestrukturen til materialet være avgjørende. Den laveste

varmestrålingsfluksen som er rapportert for pilotantennelse av ubehandlet trevirke er $4,3 \text{ kW/m}^2$, mens andre undersøkelser angir mellom $9,0$ og $12,2 \text{ kW/m}^2$ [38].

Gjennom brannteknisk prøving finner man den laveste varmefluksen der materialet antennes, og den høyeste varmefluksen der materialet ikke antennes [11]. Den kritiske varmefluksen til materialet vil da ligge mellom disse verdiene. Ved å observere tid til antennelse, t_{ig} , ved ulike nivåer av varmestråling, og deretter plote $t_{ig}^{-0,55}$ mot varmestrålingsnivået angitt i kW/m^2 , vil verdiene ligge på en tilnærmet rett linje [38, pp. 260–263]. Kritisk fluks for antennelse estimeres som verdien for varmefluksen der $t_{ig}^{-0,55}$ krysser x-aksen. Et eksempel på bruk av denne prosedyren (kalt Janssens prosedyre) er vist i Figur 4-4.



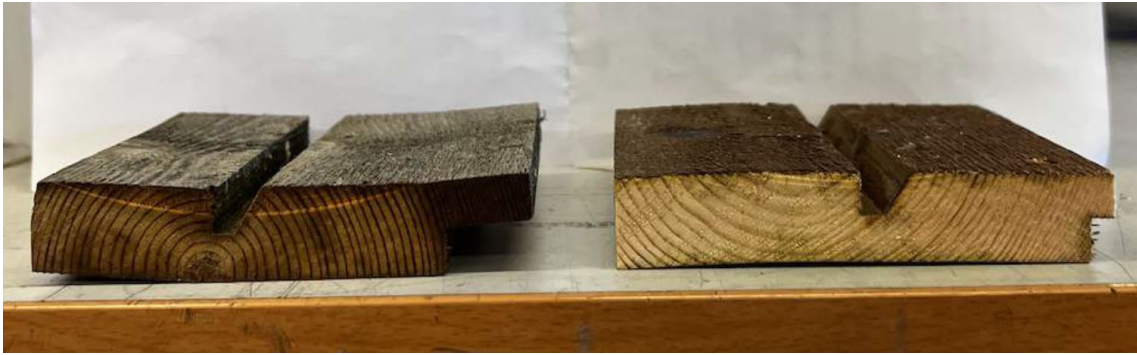
Figur 4-4: Eksempel på bestemmelse av kritisk varmefluks for antennelse for trevirke av Eucalyptus pilularis (blackbutt) ved bruk av Janssens prosedyre. I dette tilfellet ble kritisk fluks for antennelse estimert til $9,3 \text{ kW/m}^2$ [39].

4.3.2 Bestemmelse av kritisk varmefluks for antennelse

Bestemmelse av kritisk varmefluks for antennelse ble utført som en del av masteroppgaven *Trefasader og brannsikkerhet* nevnt tidligere [12], og beskrivelse av materialer, metode og resultater er hentet fra denne masteroppgaven. Forsøkene ble gjennomført i laboratoriet til RISE Fire Research, og ulike typer trekledning ved ulike fuktighetsnivåer ble testet.

4.3.2.1 Prøvemateriale

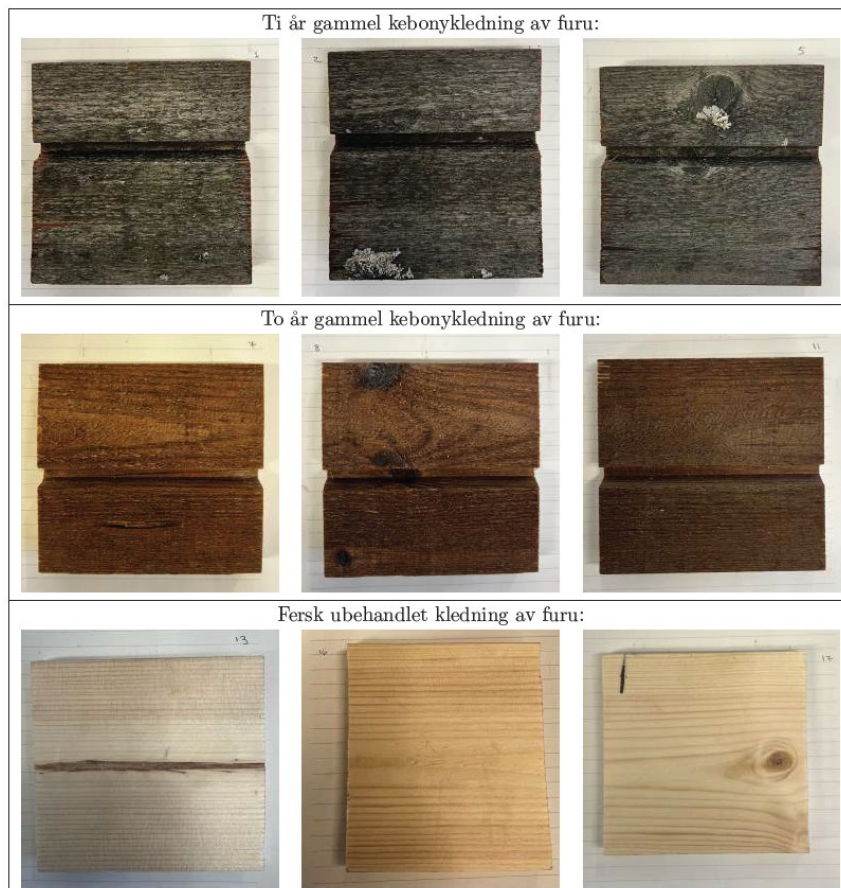
Prøvematerialet er furukledning av typen Kebony Character D-fals glatt med spor, med målt tykkelse 18-19 mm. Dette er et kledningsbord med dobbeltfals med skråkant og spor med skrå vinkel, overflaten er ru. Kebony Character-produkter inneholder kvister og ubehandlet kjerneved, men andelen kjerneved varierer fra bord til bord. Kledningen er vist i Figur 4-5.



Figur 4-5: Kebonykledningen som ble testet. Ti år gammel kledning til venstre, og to år gammel kledning til høyre [12].

Som referanse ble det testet fersk ubehandlet furukledning med tykkelse 12-13 mm. Denne kledningen hadde en glatt overflate.

Det var store variasjoner i utseende mellom de ulike prøvestykkene, selv mellom prøvestykker av samme materiale. Antall kvister, mengde mose, skruehull og skrapemerker varierte. Eksempler på variasjonen er vist i Figur 4-5.



Figur 4-6: Eksempler på variasjon i utseende for prøvestykker av ti år gammel Kebony-kledning øverst, to år gammel Kebony-kledning i midten, og fersk furukledning nederst [12].

4.3.2.2 Metode

Kritisk varmefluks for antennelse ble bestemt basert på metoden som er beskrevet i Annex H i standarden ISO-5660-1 2015 (konkolorimetertest) [11]. Av praktiske grunner ble det testet to enkeltprøver av hvert produkt på hvert varmefluksnivå, og ikke tre som angitt i standarden.

Varmeavgivelse for de tre ulike typene trekledning ble også bestemt ved testing i henhold til ISO 5660 -1, ved varmefluksnivå 35 kW/m².

Prøvestykkene hadde areal 100 mm x 100 mm. Kebony-kledningen hadde en tykkelse på 18-19 mm, mens den ubehandlede furukledningen hadde en tykkelse på 12-13 mm.

Alle materialene ble testet i konkolorimeteret ved varmestralingsfluks på henholdsvis 10, 15, 25 og 35 kW/m².

Materialene ble kondisjonert ved tre ulike fuktnivåer, og fuktinnholdet ble bestemt ved å tørke prøvestykker inntil vekten stabiliserte seg.

4.3.2.3 Resultater - kritisk varmefluks for antennelse

Estimert kritisk fluks for antennelse for de ulike materialene er vist i Tabell 4-2*.

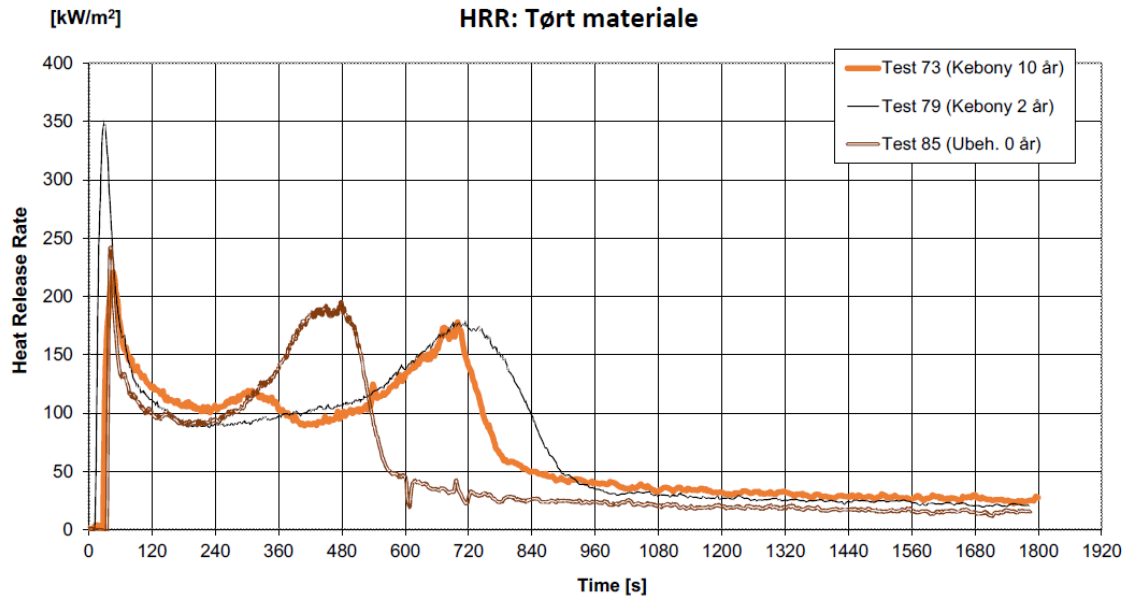
Tabell 4-1: Estimert kritisk fluks for antennelse

| Testmateriale | Fuktinnhold | Kritisk varmefluks for antennelse |
|------------------------|-------------|-----------------------------------|
| Kebony 10 år | 2,5 % | 6,3 kW/m ² |
| | 9,5 % | 8,8 kW/m ² |
| | 10,0 % | 9,6 kW/m ² |
| Kebony 2 år | 3,3 % | 8,5 kW/m ² |
| | 10,9 % | 12,6 kW/m ² |
| | 12,4 % | 11,8 kW/m ² |
| Ubehandlet furu | 3,2 % | 12,1 kW/m ² |
| | 10,0 % | 12,5 kW/m ² |
| | 14,1 % | 11,8 kW/m ² |

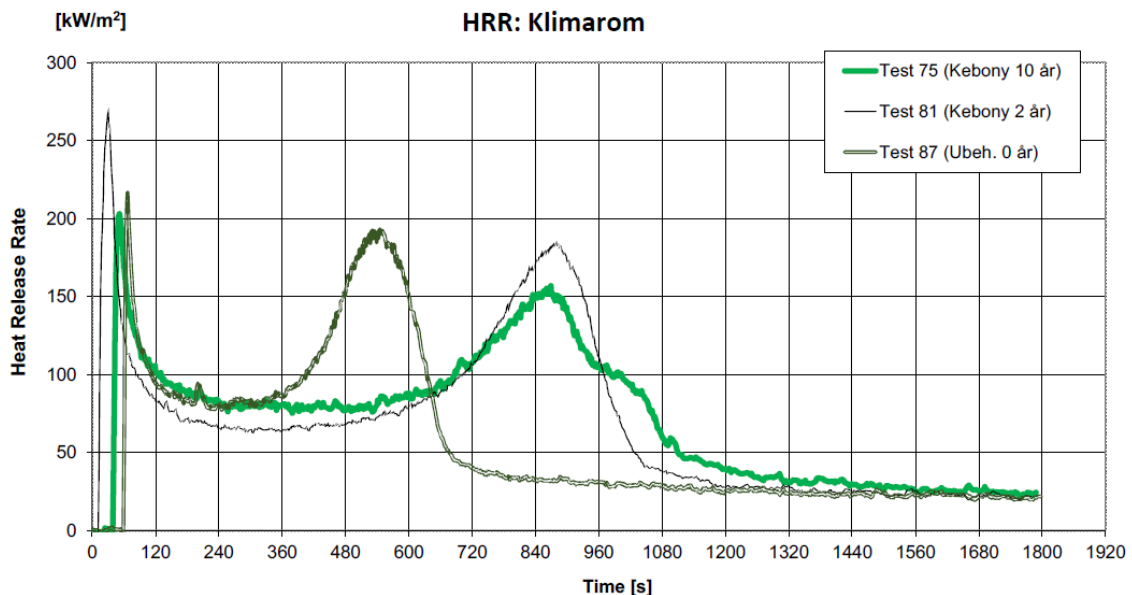
*Verdiene i tabellen avviker noe fra verdiene i masteroppgaven [12], fordi vi her har utelatt å estimere tid til antennelse for fluksnivåene der produktene ikke antente.

4.3.3 Bestemmelse av varmeavgivelse

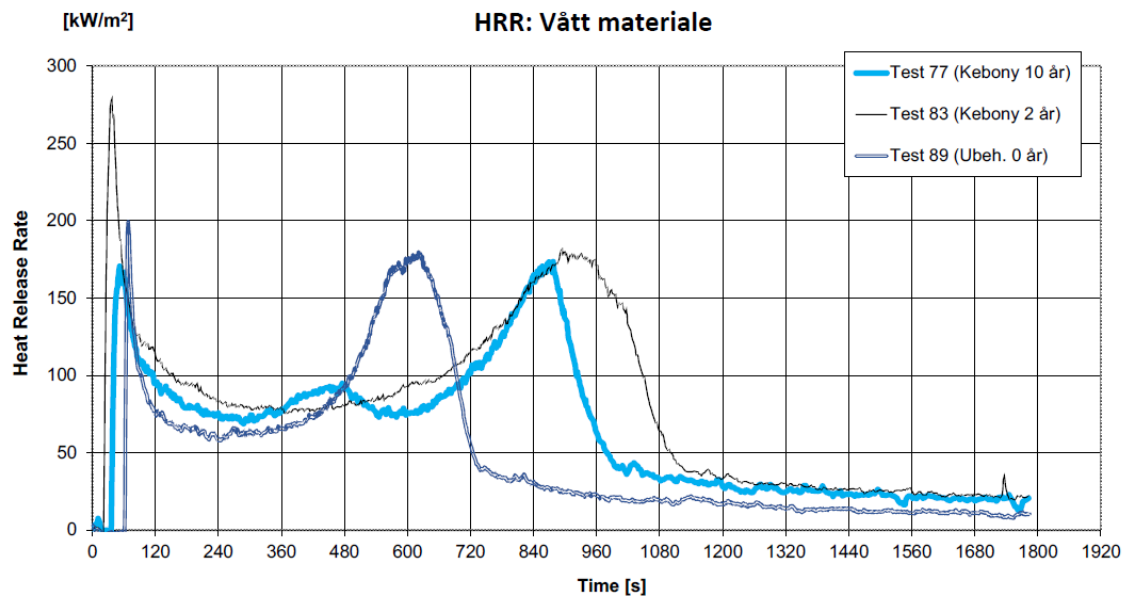
Hastigheten for varmeavgivelse (heat release rate, HRR) ved test ved eksponering for 35 kW/m^2 i henhold til ISO 5660-1 (konkalmeteret) er vist i figurene Figur 4-7, Figur 4-8 og Figur 4-9.



Figur 4-7: Hastighet for varmeavgivelse (HRR) for tørr kledning ved eksponering for 35 kW/m^2 i konkalmeteret: Kebony 10 år med 2,5 % fuktinnhold (test 73), Kebony 2 år med 3,3 % fuktinnhold (test 79), og ubehandlet tre med fuktinnhold 3,2 % (test 85) [12].



Figur 4-8: Hastighet for varmeavgivelse (HRR) for kledning kondisjonert ved 50 % relativ luftfuktighet i klimarom ved eksponering for 35 kW/m^2 i konkalmeteret: Kebony 10 år med 9,5 % fuktinnhold (test 75), Kebony 2 år med 10,9 % fuktinnhold (test 81), og ubehandlet tre med fuktinnhold 10,0 % (test 87) [12].



Figur 4-9: Hastighet for varmeavgivelse (HRR) for «fuktig» kledning ved eksponering for 35 kW/m² i konkalorimeteret: Kebony 10 år med 9,5 % fuktinnhold (test 75), Kebony 2 år med 10,9 % fuktinnhold (test 81), og ubehandlet tre med fuktinnhold 10,0 % (test 87) [12].

Gjennomsnittlig totalt massetap for de ulike materialene i disse testene var som følger:

- Kebony 10 år: 83 %
- Kebony 2 år: 87 %
- Ubehandlet furu: 91 %

Det var liten variasjon i massetapet mellom de ulike nivåene av fuktinnhold i prøvematerialene.

På grunnlag av total varmeavgivelse og totalt massetap, kunne den effektive forbrenningsvarmen for de tre typene kledning beregnes, resultatene er vist i Tabell 4-2.

Tabell 4-2: Estimert effektiv forbrenningsvarme for de tre ulike kledningene [12].

| Testmateriale | Fukttinnhold | Effektiv forbrenningsvarme |
|-----------------|--------------|----------------------------|
| Kebony 10 år | 2,5 % | 16,1 MJ/kg |
| | 9,5 % | 14,7 MJ/kg |
| | 10,0 % | 14,3 MJ/kg |
| Kebony 2 år | 3,3 % | 16,3 MJ/kg |
| | 10,9 % | 14,4 MJ/kg |
| | 12,4 % | 14,9 MJ/kg |
| Ubehandlet furu | 3,2 % | 15,0 MJ/kg |
| | 10,0 % | 15,2 MJ/kg |
| | 14,1 % | 15,6 MJ/kg |

4.3.4 Vurdering av de branntekniske egenskapene

Antennelighet

Tid til antennelse i konkalorimeteret ble observert for alle prøvematerialene ved eksponering for varmekraftnivåene 15, 25 og 35 kW/m², og med gnist som antennelseskilde. Det var en del variasjoner i resultater mellom enkeltprøver av samme produkt og samme fuktnivå, men grovt sett hadde ubehandlet trevirke lengst tid til antennelse, mens 2-årig Kebony antente raskest.

Kritisk varmekraft for antennelse for prøvene av Kebony ble bestemt til å ligge mellom 6,3 kW/m² (10 år gammelt tørt materiale), og 12,6 kW/m² (2 år gammelt materiale, kondisjonert i klimarom ved 50 % relativ luftfuktighet og temperatur 23 °C). Til sammenligning så ble kritisk varmekraft for antennelse for ubehandlet furu bestemt til å ligge mellom 11,8 kW/m² (fuktig materiale) og 12,5 kW/m² (kondisjonert i klimarom ved 50 % relativ luftfuktighet og temperatur 23 °C). Verdiene må anses som veiledende, siden resultatene er basert på et svært begrenset antall enkelttester. Resultatene for fersk trekledning er i overensstemmelse med verdier rapportert i litteraturen [38].

Ut fra disse resultatene ser det ut til at 10 år gammel Kebony er lettere antennelig enn 2 år gammel Kebony og fersk, ubehandlet furu. 2 år gammel Kebony og fersk ubehandlet furu har kritisk fluks til antennelse på omtrent samme nivå, bortsett fra tørr Kebony, der verdiene er vesentlig lavere. Dette kan skyldes usikkerheter i forbindelse med testingen, begrenset antall enkelttester, og variasjoner i de enkelte prøvestykkene. Det er imidlertid sannsynlig at brannegenskapene til Kebony endrer seg over tid når materialet blir utsatt for værpåkjønning, og blir uttørket av sol og vind. Det testete materialet var hentet fra den uskadde siden av bygget, som vendte mot nord-øst, og har dermed trolig vært utsatt for mindre sol enn materialet på balkongsiden. Det er derfor sannsynlig at materialet på balkongsiden kan ha hatt minst like lav kritisk fluks til antennelse som materialet i svalgangene på nord-østsiden.

Vi har ikke testet aldret ubehandlet furukledning, men det er grunn til å tro at den kritiske varmefluksen for antennelse vil bli lavere etter som materialet aldres, tørker ut og sprekker opp.

Effektiv forbrenningsvarme

Effektiv forbrenningsvarme målt i konkalorimeteret for prøvene av Kebony varierte mellom 14,3 MJ/kg (fuktig Kebony, 10 år gammel) og 16,3 MJ/kg (tørr Kebony, 2 år gammel). For ubehandlet furu varierte verdiene mellom 15,0 MJ/kg og 15,6 MJ/kg. Ut fra disse resultatene er det ikke grunn til å si at effektiv forbrenningsvarme for den testete Kebony-kledningen avviker vesentlig fra resultatene for ubehandlet furu.

Begge vurderingene over understøttes av opplysningen om at Kebony tilfredsstillende klassifisering D-s2,d0 ved brannteknisk prøving. Generelt er det nye byggevarer som testes og brannklassifiseres, og ikke aldrete materialer.

Hastighet for varmeavgivelse (HRR)

I alle kurvene som er gjengitt i Figur 4-7, Figur 4-8 og Figur 4-9, ser vi at den første toppen i varmeavgivelsen er vesentlig høyere for 2 år gammel Kebony enn for ubehandlet trevirke. For 10 år gammel Kebony er denne første toppen på samme nivå som for ubehandlet trevirke. For både 2- og 10-årig Kebony er utviklingen av varme forsinket («treger») i forhold til varmeutviklingen for ubehandlet trevirke. Denne forsinkelsen skyldes sannsynligvis at Kebonykledningen var tykkere enn den ubehandlede furukledningen.

Resultatene gir en indikasjon på at den testete 10 år gamle Kebony-kledningen ikke har brannegenskaper som er veldig annerledes - eller verre - enn prøvematerialet av ubehandlet furu. Betydningen av den høye tidlige toppen i varmeavgivelse for 2-årig Kebony kan være en indikasjon på at materialet kan bidra med mer varme i en tidlig fase av en brann enn 10-årig Kebony og ubehandlet trevirke, men dette er noe som eventuelt bør undersøkes nærmere.

4.4 Geometri

Balkongkonstruksjonen og svalgangen er omtalt i avsnitt 3.2.6 og 3.2.7, og bilder er vist i avsnitt 4.2. Brannutviklingen i et område av en bygning er avhengig av geometrien, som har betydning for tilgang på luft og brensel til forbrenningen, og dermed brannutvikling og brannspredning til andre deler av bygningen. Balkongene var kledd innvendig med Kebony, både på fasadevegg, i skillevegger og i rekkverk.

Skilleveggene mellom nabobalkongene hadde en åpning øverst, som kan skimtes på Figur 4-1. Denne åpningen har trolig ført til en rask horisontal brannspredning mellom balkongene. I tillegg tyder byggetegningene på at det kan ha vært en smal åpning mellom balkongdekke og fasadeliv, noe som kan ha medvirket til å forsterke den vertikale brannspredningen.

Rekkverket var bygget av enkeltbord, og ved en brann vil dette raskt føre til at begge sider av materialet blir eksponert for flammer. De vertikale skilleveggene mellom balkongene var utført i tett trekledning, og det var en åpning i overkant av skilleveggene. Sammen med god tilgang på luft fra utsiden og via alle åpningene, ga dette en svært rask forbrenning og brannspredning i balkongene, både vertikalt og horisontalt.

4.5 Betydning av værforholdene før brannen

Tre er et hygroskopisk materiale. Avhengig av tidligere eksponering vil derfor trevirke kunne oppta eller avgi fuktighet til omgivelsene. Kledningsmaterialer på yttervegger og balkonger vil hele tiden utveksle fuktighet med luft i kontakt med trevirkets overflate.

Fasaden med balkongene var vendt mot sør-vest, se Figur 4-10.



Figur 4-10: Fasaden med balkongene var vendt mot sør-vest (foto fra Google maps).

Dersom ikke noe skygget for solen, var balkongsiden av bygget eksponert for sollys store deler av dagen. Den siste uken før brannen var det ikke registrert nedbør ved Florida målestasjon i Bergen, og det var pent sommervær, med maksimumstemperaturer mellom 18 og 26 °C³. Solen varmer opp trevirke og fører til uttørking, og fuktinnholdet i overflaten på trevirket på balkonger og fasade på byggets sørvestre side var sannsynligvis lavere enn om det hadde vært fuktigere vær. Et estimat gir at ubehandlet tre eksponert for denne værpåvirkningen ville hatt et fuktinnhold på om lag 7,9 %. Hvordan modifiseringen av trevirket i Kebony-kledningen har hatt betydning for fuktinnholdet i materialet har vi lite informasjon om. Fra masteroppgaven som er referert til i 4.3, ser det ut til at Kebony også tørker ut ved oppvarming, men det er usikkert hvor raskt denne uttørkingen foregår i forhold til uttørking av ubehandlet trevirke.

Tørr trekledning antenner lettere og brenner mer intenst enn fuktigere kledning, og dette fører til raskere vertikal brannspredning [40]. Balkonger i trevirke montert som på Lone la forholdene til rette for lokal overtenning. Det er tidligere vist i at fuktinnholdet har mye å si for tid til overtenning i et rom [41]. Jo tørrere trevirke, jo raskere overtenning. Det at kledningen var tørr da brannen startet, har derfor trolig vært av betydning for brannutviklingen. Brannspredning i tørr ytterkledning og trevirke i balkonger er antakelig en underkommunisert risikofaktor.

³ <https://www.yr.no/nb/historikk/tabell/5-50540/Norge/Vestland/Bergen/Bergen?q=2021-08>

5 Beboerne

Dette kapittelet er i hovedsak basert på gjennomgang av politidokumenter fra saken.

5.1 Risikofaktorer med hensyn til brann

Risikoutsatte personer har større sannsynlighet for å starte brann, og vil ha større vansker med å rømme på egenhånd i en brannsituasjon. Flere av beboerne hadde en eller flere utfordringer knyttet til psykiatri, rus og alkohol. Personer som kan kjennetegnes med slike risikofaktorer topper dødsbrannstatistikken i Norge [8], men også i mange andre land [42]–[45]. I Norge er de mest fremtredende risikofaktorene for at personer under 67 år skal omkomme i brann som følger:

- rusmisbruk
- psykiske lidelser
- påvirkning av alkohol
- røyking

Det er også knyttet risiko til det å være alene. Sannsynligheten for at brannen oppdages i tide er redusert, og det er vanskeligere å rømme dersom man er alene. Personer som bor alene, vil sannsynligvis være oftere alene i boenheten enn personer som bor sammen med andre. Aleneboere har derfor sannsynligvis en indirekte forhøyet risiko.

I analysen av dødsbranner kunne et offer kjennetegnes ved enten én enkelt faktor, eller ofte ved en kombinasjon av to eller flere faktorer. Dette er også i tråd med internasjonale funn [46].

I perioden 2014-2018 var det utrykning til ti branner i denne bygningen, hvorav tre startet utvendig [9]. For flere av hendelsene er det angitt at brannen ble slokket av sprinkleranlegget.

5.2 Lagring av brennbart materiale på balkongene

Arnestedet er ikke fastsatt, men muligheten for utvendig brannstart er et svært sannsynlig alternativ. Vi må derfor se på sammenhengen mellom rask brannspredning mellom balkongene og tilgang på brennbart materiale. Det tilgjengelige brennbare materialet vil være både materialene i balkongkonstruksjonen, som beskrevet i kapittel 4, i tillegg til brennbart materiale lagret på balkongene. Under politiavhørene ble beboerne bedt om å beskrive eiendelene de hadde lagret på balkongen.

80 % av beboerne svarte at de hadde brukt balkongene som lager for ulike eiendeler. Oppbevaring på hver balkong ble gitt en karakter fra 1 til 5, der 1 betydde ingenting lagret og 5 at balkongen var helt fylt med eiendeler av ulike slag. Gjennomsnittlig poengsum var 3,5. Dette betyr at balkongene var mer enn 50 % fylt opp med beboernes eiendeler. I og med at mye av

dette var gjenstander av brennbare materialer, kan brannenergien på balkongene anses som betydelig. Dette understøttes også av private bilder politiet sikret seg fra noen av balkongene.

5.3 Hvordan ble beboerne varslet om brannen?

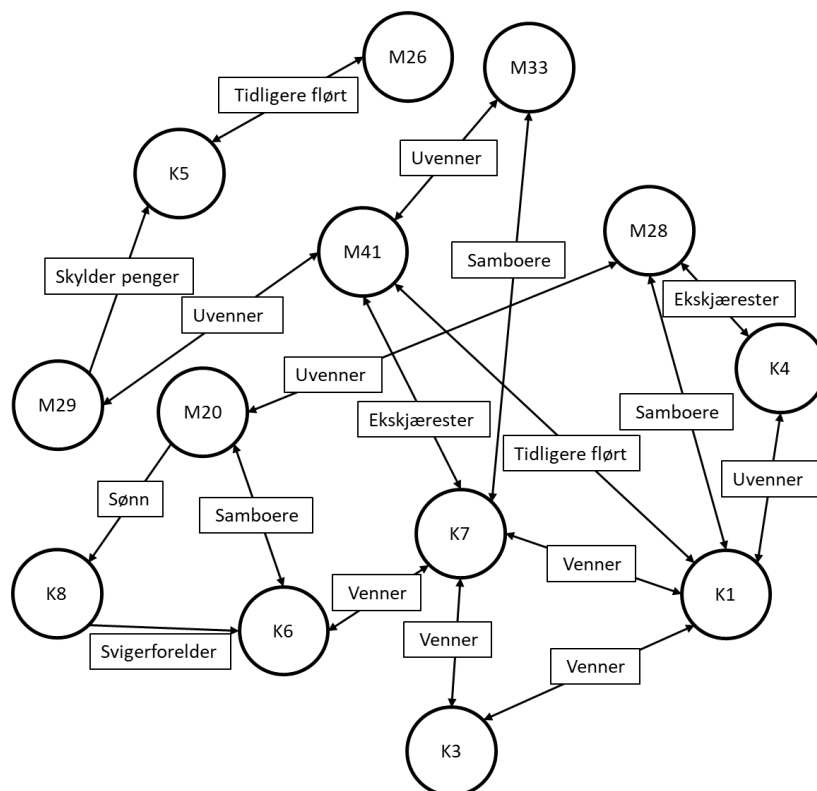
Det er stilt spørsmål ved hvordan beboerne ble varslet, og om brannalarmanlegget fungerte etter hensikten. Brannalarmloggen gikk dessverre tapt i brannen, ettersom lagringen av denne ble gjort lokalt i vaktsselskapets leilighet i 1. etasje, som også ble totalskadd. I henhold til brannkonseptet var det røykdetektorer i hver leilighet. Alarm som ikke var avstilt innen to minutter etter aktivering i en av leilighetene ville gi varsel til hele bygget.

Ifølge politiintervjuene rapporterte 74 % av beboerne at de verken hørte brannalarm, eller registrerte at sprinkleranlegget var aktivert etter at brannen brøt ut, mens 26 % sa at de hadde hørt brannalarmen. 80 % av disse var klar over at det brant før alarmen ble aktivert, mens de resterende 20 % ble varslet av brannalarmen.

Alle beboerne rømte ikke samtidig, og det var flere minutter mellom første og siste evakuerte. Noen av beboerne kom tilbake til bygget, enten fordi de hadde glemt noe, eller fordi de hadde til hensikt å hjelpe andre beboere med å rømme fra brannen.

5.4 Det sosiale nettverket

Det sosiale nettverket i denne bygningen var sterkt, alle beboerne kjente hverandre godt. Det var både konflikter og gode forhold mellom flere av beboerne. Det ser ut til at alle hadde full oversikt over de andre beboernes private status, hvor de befant seg, og om noen beboere hadde besøk. Nettverket med relasjonene er illustrert i Figur 5-1.



Figur 5-1: Sosiogrammet viser nettverket i bygget ved et representativt utvalg av beboerne. Selv om relasjonen mellom noen av beboerne til dels var dårlig, var det et etablert nettverk der alle kjente alle. Tallet på de sirkelformete markørene angir id-kode, mens bokstavene angir kjønn: K = kvinne, og M = mann.

Figuren viser at beboerne hadde relasjoner, både på godt og vondt, som skapte et felleskap i bygget. Dette gjorde at de fleste beboerne som var våkne da brannen oppsto, gjorde en innsats for å varsle og hjelpe andre beboere da de ble oppmerksomme på brannen.

Politiet opplyste i sin rapport at rømningstiden var uvanlig kort med tanke på at denne brannen oppsto midt på natten. Da politiet kom til brannstedet, var de sikre på at dette ville være en ulykke med mange omkomne.

Både politiets leder på stedet og en av beboerne hevder at alle beboerne var fullt påkledd etter evakuering. De så ikke ut som de kom rett fra sengen. Politiintervjuene gir støtte for at mange av beboerne var våkne på tidspunktet da brannen ble oppdaget.

De fleste beboerne hadde evakuert gjennom hovedinngangen på nordvestsiden av bygget hvor det var svalganger. Det brant ikke på denne siden av bygget, og derfor kunne evakueringen foregå relativt trygt, selv om det brant kraftig på andre siden av bygget.

6 Diskusjon

6.1 Diskusjon av valg av metode

Vi har benyttet flere metoder i denne analysen. Hovedmetoden er dokumentgjennomgang av byggesak, brannkonsept, politirapporter og brannvesenets evalueringsrapport. Prosjektet er utført av en tverrfaglig gruppe i FRIC, noe som vi vurderer som svært nyttig for prosjektet. Ulike innfallsvinkler og ulik kompetanse har ført til gode diskusjoner og grundige vurderinger i prosjektet.

Befaring på branntomten ga et godt inntrykk av omfanget av brannen, og var nødvendig for den helhetlige forståelsen.

God dialog med Bergen brannvesen og politiet har vært viktig for analysen. Dette har gitt forutsetninger for ikke å gjøre dobbeltarbeid, og for å få innsyn i viktige dokumenter. Det har også vært lagt til rette for intervjuer av innsatspersonell. Bergen brannvesen skaffet tilveie tremateriale fra svalganger på bygget som ikke var berørt av brannen. Dette gjorde det mulig å utføre småskala branntester i konkalorimeteret, noe som ga indikasjoner på brannegenskapene til materialet som også var anvendt i balkongene.

Det ble vurdert om vi burde gjøre egne intervjuer med beboerne. Ettersom dette ville ha ført til ekstra belastning for de berørte beboerne, valgte vi å hente informasjon fra avhørene i politirapporten.

Det ble også vurdert om en modellering av brannforløpet skulle inngå i denne analysen. Men siden dette arbeidet er tid- og kostnadskrevende, er det derfor foreslått for videre arbeid, se Vedlegg A.

6.2 Byggesaken og saksbehandlingen

Vi har ikke avdekket feil i bygningsmyndighetens saksbehandling. Det er positivt at kommunen har utført tilsyn i byggesaken, og at de har stilt spørsmål ved om tiltaket er detaljprosjektert og utført i tråd med det branntekniske prosjekteringsgrunnlaget.

Kommunen har ikke tatt stilling til om brannprosjekteringen oppfyller kravene i TEK10, men det er heller ikke kommunens ansvar. Kommunen skal sørge for at det blir tatt ansvar for brannprosjekteringen, og at brannprosjekteringen blir kontrollert. Dette har kommunen påsett. Det er foretakene som har ansvar overfor bygningsmyndighetene for at plan- og bygningslovgivningens krav er oppfylt (jf. plan- og bygningsloven §23-3, [47]).

Kommunen har videre forsikret seg om at de brannsikkerhetsmessige konsekvensene av fasadeendringen ble vurdert av foretakene som hadde kompetanse på området og ansvar i byggesaken.

6.3 Brannprosjekteringen

6.3.1 Valg av risikoklasse

Brannkonseptet har en relativt overordnet karakter. Byggverket er i brannkonseptet forutsatt benyttet som vanlige utleieboliger, noe som plasserer bygget i risikoklasse 4. Dersom bruken som bo-treningstilbud for en risikoutsatt gruppe var kjent på tidspunktet for prosjekteringen av brannkonseptet, burde det inngå en vurdering om det var behov for særskilte brannsikringstiltak. Risikoklassen måtte da ikke nødvendigvis endres, men brukergruppen burde vært vektlagt for eksempel i forbindelse med de fravikene som er gjort. Denne brukergruppen er ansett for å ha høyere risiko både med hensyn til å starte brann, og med hensyn til å ikke kunne redde seg selv i en brannsituasjon. Det at bygget i utgangspunktet er prosjektert med risikoklasse 4 og brannklasse 2, reflekterer trolig det sikkerhetsnivået som er forventet i denne type bygg. Utfordringen kan derfor ligge i de fravikene som er gjennomført. Fravikene er diskutert i avsnitt 6.3.6.

Erfaringene fra brannen viste at beboerne var i stand til å evakuere seg selv, dog med litt hjelp fra naboene. Om beboerne hadde hatt problemer med å evakuere, kunne utfallet av brannen blitt et helt annet.

6.3.2 Materialbruk og brannenergi på balkonger og svalganger

Brannegenskapene til materialene som var anvendt på balkongene og svalgangene, sammen med geometrien til disse konstruksjonene, er faktorer som ser ut til å ha hatt avgjørende betydning for den raske brannutviklingen. Det var også lagret en betydelig mengde eiendeler på balkongene. I brannkonseptet er det ikke gjort en grundig og helhetlig vurdering av brannenergien, hvor både den stasjonære og den mobile brannenergien inngår. Det ville være relevant å vurdere samlet brannenergi opp mot mulighet for overtenning og brannspredning. Overtenning kan også forekomme i relativt åpne strukturer, der det i hovedsak er taket som utgjør innbyggingen. Dette var tilfellet ved brannen på Bradford fotballstadion i England 1985, der 56 mennesker omkom og mer enn 260 ble skadet [48, p. 352], [49].

Ettersom svalgangene var angitt som rømningsvei, skulle de vært utført med overflater med bedre brannegenskaper enn typiske trematerialer. Likevel ble både veggen og rekkverket utført med kledning med redusert ytelse med hensyn til egenskaper ved brannpåvirkning (Kebony). Det er ikke gjort en vurdering på hva som kunne vært konsekvensen av en utvendig brannstart i svalgangen, noe som må anses som nødvendig, ettersom svalgangene var oppført med ett trappeløp.

Branntestene av uskadet Kebonykledning hentet fra bygningen indikerte at aldri av trematerialet har endret brannegenskapene. Dette viste seg i at den 10 år gamle Kebonykledningen var lettere antenkelig enn både 2 år gammel Kebonykledning og fersk, ubehandlet furu. Når tremateriale utsettes over flere år for sol og vind, vil det tørke ut og

sprekke opp. Det er rimelig å anta at andre typer aldret trekledning, både behandlet og ubehandlet, også vil være lettere antenkelig enn nytt materiale av samme type. Brannspredning i tørr ytterkledning av trevirke er en risikofaktor som burde undersøkes og vurderes nærmere.

Brannkonseptet beskriver at «antennelseskilder og brannenergien kan antas å være moderat når balkongene er åpne», uten å begrunne nærmere hvorfor. Før brannen i august 2021 var det registrert tre branner som startet på balkong i dette bygget [9]. Utvendig brannstart er et moment som generelt sett burde vært vurdert grundigere i forbindelse med både balkonger og svalganger. Dette kan gjelde både påsatte branner, og brannstart i forbindelse med for eksempel røyking og grilling. Som beskrevet i avsnitt 3.3 har eier av et byggverk plikt til å *sørge for nødvendige sikringstiltak for å forebygge og begrense brann, eksplosjon eller annen ulykke* [27]. Ifølge evalueringsrapporten til Bergen brannvesen hadde det vært utrykning til ti branner eller branntilløp i bygningen, fra 2014 og frem til brannen i 2021. Tre av disse brannene var på balkonger, mens syv var inne i ulike leiligheter

Materialbruken på balkonger i dette byggverket er innenfor regelverket slik preakseptert ytelse kan tolkes, men samtidig var løsningen som den ble bygget svært uheldig. Det bør vurderes om materialer i rekkverk på balkonger og svalganger, i tillegg til materialer i lette skillevegger mellom balkonger, bør regnes som «utvendige overflater» eller «overflater på ytterkledning», slik dette angis både i TEK10 og TEK17. Etter det vi kjenner til, er det slik regelverket tolkes i dag. En frittstående konstruksjonsdel av trekledning vil imidlertid brenne vesentlig raskere enn dersom de samme kledningsbordene er festet inntil en fasadevegg, dette gjelder både for rekkverk og skillevegger mellom balkonger.

I denne typen bygninger gir VTEK åpning for å anvende trevirke på ytterkledning så lenge ytterveggen er utformet slik at den hindrer brannspredning i fasaden, eller det er liten fare for brannspredning til og fra nabobyggverk (se avsnitt 3.2.6). I dette tilfellet var det lang avstand til nabobyggverk, og kriteriet for å anvende trevirke var dermed oppfylt. Det kan stilles spørsmål ved om det er riktig å anvende ordet *eller* i denne sammenhengen. Dette kan tolkes som at det er akseptabelt med en yttervegg som *ikke* er utformet for å forhindre brannspredning i fasaden i en boligblokk på fire etasjer, så lenge en brann ikke kan spre seg videre til nabobyggverk. Denne formuleringen i VTEK bør revurderes. I hvilke tilfeller er dagens formulering sikker nok? I hvilke tilfeller bør det forutsettes at yttervegg er utformet slik at den hindrer brannspredning i fasaden, i tillegg til at det er liten fare for brannspredning til og fra nabobyggverk? Det bør gis tydeligere veiledning på materialbruk og utforming av balkonger og fasader, slik at utvendig brannspredning forhindres.

Til sammenlikning vil ubehandlet trevirke ikke kunne brukes på en tilsvarende bygning i Sverige. I henhold til de svenske byggereglene skal en bygning med tre eller flere etasjer utformes i «byggnadsklass» Br1, og yttervegger skal da generelt ha en brannklassifisering A2-s1,d0 (begrenset brennbart materiale) [50]. Kledning med klasse D-s2,d0 (f.eks. ubehandlet trevirke) kan brukes dersom en rekke vilkår er oppfylt, men disse tilsvarer ikke de norske vilkårene.

I henhold til danske byggeregler ville en slik bygning bli plassert i «brandklasse» 2. Det preaksepterte kravet til brannklasse for ytterkledning er K₁10/B-s1, d0 for alle bygninger [51].

Dette innebærer at kledningen må tilfredsstille den strengeste brannklassifiseringen for brennbare materialer når det gjelder egenskaper ved brannpåvirkning.

Graden av åpenhet i balkongene er ikke beregnet, men ut fra bildene av bygningen kan balkongene trolig regnes som delvis innbygget. Balkongene ble utført med åpninger over de vertikale skilleveggene og åpning mellom balkongdekke og fasadeliv som la til rette for brannspredning horisontalt og vertikalt fra branncelle til branncelle.

Utførelsen av denne bygningen er imidlertid ikke unik; det finnes en rekke fler-etasjes boligbygg med trefasader og balkonger i tre, for eksempel er trespiler mye brukt i rekkverk og skillevegger. Med dette som bakgrunn, ser vi at det er behov for at brannsikkerheten knyttet til balkonger vurderes helhetlig med hensyn til muligheter for brannstart, materialbruk, mulig lagret materiale og geometri.

6.3.3 Manglende sprinkleranlegg på balkonger og i svalganger

Sprinkling av balkongene ville trolig hatt en vesentlig betydning for brannutvikling og brannspredning ved brannstart inne på balkongen. Dersom brannen startet utenfor balkongen, for eksempel som følge av påsatt brann eller brann i vegetasjon, så kunne sprinkling hatt en redusert effekt, fordi brannen da kunne spredt seg i fasaden av balkongen og ført til større spredning over flere balkonger før sprinkleranlegget løste ut.

Dersom det hadde vært sprinklerdyser på balkongene ville de også ha vært koblet til brannalarmanlegget, og gitt varsel ved aktivering av en dyse. Beboere og brannvesenet ville dermed trolig fått varsel tidligere enn uten utvendig sprinkleranlegg. Kombinasjonen av en tregere brannutvikling og tidligere varsling ville sannsynligvis ført til reduserte skader på bygget.

Det er imidlertid lite kunnskap om effekten av automatiske slokkeanlegg på balkong i en brann, og dette burde studeres nærmere. Faktorer som kan ha betydning kan eksempelvis være vind, nedbør, geometri, type slokkeanlegg og type og antall slokkedyser.

Når det gjelder fraviket knyttet til sprinkling av balkonger, så ble det først i oktober 2013 gjort en endring i veiledningsteksten som presiserte hva som ble regnet som «åpne balkonger». Inntil da ble det ikke angitt i veiledningen til TEK10, og i NS-INSTA 900 sto det kun «utvendige, åpne balkonger» uten noen videre definisjon. Det kan være grunnen til at dette fraviket ikke ble analysert videre. Som nevnt i avsnitt 3.2.8, så anga veiledningen VTEK10 under sprinkling av utvendige bruksarealer, at dette også omfatter «*balkonger og andre gulvarealer i eller utenfor bygningskroppen som er helt eller delvis innebygget med en eller flere vegger samt et tak*». Ettersom balkonger og svalgang i dette bygget åpenbart var delvis innbygget, og i tillegg innbygget med trevirke, burde utvendig sprinkling vært vurdert grundigere. Brannkonseptet legger stor vekt på at det innvendige sprinkleranlegget vil forhindre brannspredning i bygget.

Ut fra bilder av bygningen før brannen, ser balkongene ikke ut til å ha vært utpreget åpne mot det fri. Åpningene over de vertikale skilleveggene mellom balkongene har derimot trolig bidratt til den raske horisontale brannspredningen.

I 2013 ble åpenheten til balkonger tallfestet i VTEK10, noe som etter vår oppfatning har bidratt til en endret praksis. Blant annet er nivået på fraviksdokumentasjonen knyttet til dette blitt ytterligere forbedret. Dersom denne definisjonen av åpenhet hadde vært tilgjengelig da bygget ble oppført, så kunne det trolig hatt betydning for utforming av balkongene, og fraviket knyttet til å utelate sprinkling hadde kanskje blitt grundigere vurdert. Denne tallfestete åpenheten for balkonger er imidlertid ikke angitt i VTEK17. Det er mangel på kunnskap om hva åpenhet av balkonger i kombinasjon med materialbruk har å si for brannutviklingen, dette er et tema som burde utredes nærmere.

Et krav som antakelig er oversett i forbindelse med utelatelse av sprinkling, er at når balkonger ikke sprinkles, så vil de måtte ha en funksjon som kjølesone mellom etasjene. Altså vil det være et krav om at balkongdekket skulle hatt samme brannmotstand som etasjeskillet i bygget, og krage minst 1,2 meter ut fra fasadelivet. Dette fremgår ikke som en veldig tydelig ytelse i VTEK10, hvilket gir rom for tolkning. Men hadde dekkene hatt brannmotstand og krav til bæring i 60 minutter (REI 60), så kunne det hatt positiv effekt og dempet den raske brannspredningen.

6.3.4 Vurderinger av fravik

Brannprosjekteringen av dette bygget er hovedsakelig basert på preaksepterte ytelser. Det er gjort en del fravik som er behandlet på en overordnet måte, og det mangler en samlet vurdering av fravikene. Mange av fravikene er begrunnet med at sikkerhetsnivået gitt i forskriftstekst er ivaretatt siden bygget er sprinklet. Men - siden det er krav om sprinkleranlegg i dette bygget - kan ikke sprinkleranlegget fungere som et kompensierende tiltak for å opprettholde det sikkerhetsnivået som forskriften angir.

Dokumentasjonen av fravikene er gjort med enkel og kortfattet kvalitativ argumentasjon, noe som kan være greit om man har gode henvisninger til relevant litteratur, og dersom det er få fravik som i mindre grad berører personsikkerhet. Det ble for eksempel vurdert som usannsynlig med overtenning på balkong. Det er også tilfeller av fravik med manglende vurdering, slik som risiko ved utvendig brannstart i svalgang. Det mangler dokumentasjon på grundige vurderinger av fravikene, siden brukerne av bygget utfordrer definisjonen av risikoklasse 4. Dette burde vært inkludert i fraviksbehandlingen, såfremt prosjekterende var kjent med den tiltenkte bruken av bygningen.

Det er en vesentlig mangel at det ikke er utført en helhetlig vurdering av fravikene, noe som skal gjøres når det er flere fravik. Dette er spesielt viktig med tanke på at fraviksvurderingene ikke tilstrekkelig tar innover seg den reelle bruken av byggverket. Løsninger som rømningsvei prosjektert med bare ett trapperom, og å utelate sprinkleranlegg på balkonger og i svalganger, som i hovedsak var utført i trematerialer, kunne ved et helhetlig blick ha blitt revurdert. Det er

uklart om prosjekterende var kjent med den planlagte bruken, noe som burde vært vektlagt spesielt i forbindelse med fraviksvurderingene.

Samtidig så skal det nevnes at de fravikene som er utført, ikke i særlig stor grad avviker fra det som kan anses som normal praksis for et ordinært boligbygg, når det gjelder *ytelseskravene*. Det er for eksempel tillatt å bygge denne typen byggverk med balkonger i tre og med trekledning. Utførelsen av balkongene, med det store omfanget av tre, begrenset åpenhet, og ingen brannteknisk inndeling hverken horisontalt eller vertikalt, er imidlertid ikke en vanlig utforming.

6.4 Hvorfor utviklet brannen seg så raskt?

6.4.1 Brannstarten

Det er mange usikkerhetsmomenter når det gjelder hvordan brannen startet. Vi vet ikke når, hvor eller hvordan den startet. Det verserer mange ulike hypoteser og rykter, men det finnes ikke faktagrunnlag for å si noe nøyaktig om brannstarten, så vidt vi kjenner til.

Ifølge brannvesenets evalueringsrapport, er det mye som tyder på at brannen startet utvendig på en balkong i første etasje, og deretter spredte den seg raskt og intenst via balkongene. Ifølge politiavhørene var flere av beboerne klar over at det brant før alarmen ble aktivert, se avsnitt 6.4.2. Dette tyder på at brannen startet utvendig, ettersom en brannstart inne i bygningen ville ha ført til tidligere varsling.

Vi har ingen opplysninger om hvor lang tid det kan ha tatt fra brannen sannsynligvis startet på en av balkongene, til brannvesenet mottok alarm fra det utløste sprinkleranlegget inne i en av leilighetene. Denne innledende fasen av brannen vil ha blitt påvirket av hvor stor tennkilden var (for eksempel gnist, sigarettglo, flamme), hvilket materiale eller objekt som ble antent, og hvor raskt brannen utviklet seg i dette materialet. Denne fasen kan ha vært relativt kort (minutter), eller det kan ha tatt lengre tid (timer). Men det er sannsynlig at brannen har utviklet seg raskt etter at det ble etablert en spredningsdyktig flammebrann.

Vi har ingen opplysninger om hva som var årsaken til brannen. Det er, så vidt vi kjenner til, ikke funnet spor etter brennbar væske eller andre tegn på ildspåsettelse. Det var ikke lynnedslag denne natten, det er ikke informasjon om lagring av materiale som kunne ha selvantent, og det var ikke oss bekjent faste elektriske installasjoner på balkongene der elektrisk feil kunne ha startet brannen.

Utvendig brannstart er et moment som generelt sett burde vært vurdert grundigere i forbindelse med balkonger, både under prosjekteringen og i bruksfasen. Dette kan gjelde både påsatte branner, og brannstart i forbindelse med for eksempel bruk av levende lys, røyking og grilling. Hvor stor brannenergi som kan knyttes til lagret materiale på balkongene er også et tema som bør være gjenstand for videre arbeid. Dette kan omfatte både møbler og utstyr til grill, for eksempel gassflasker.

6.4.2 Deteksjon, slokkeanlegg og brannalarm

Det var kun innvendige røykdetektorer og innvendig slokkeanlegg i bygningen. Brannkonseptet inneholdt vurderinger om at slokkeanlegget også ville ha effekt dersom brannen startet utvendig på en balkong, både med hensyn til varsling og kanskje også kontroll av brannen. Slik fungerte det ikke i denne brannen. Brannen kan ha utviklet seg relativt lenge før innvendige røykvarslere ga alarm, og før det innvendige sprinkleranlegget ble aktivert og 110-sentralen ble varslet.

Vi har ingen opplysninger om i hvilken leilighet sprinkleranlegget ble aktivert først, og om det deretter ble aktivert i flere leiligheter. Loggføringen av alarmer ble gjort lokalt i en branntavle. Denne branntavlen mistet strøm i løpet av brannen, og loggen gikk tapt ettersom back-upbatteriet også gikk tomt for strøm. Det var ikke mulig å hente ut loggen i ettertid for å kartlegge en eventuell kronologisk rekkefølge på hendelser i brannspredningen via brannalarmsystemet. Dette må anses som et sårbart system, og muligheten for skylagring av tidsbegrenset brannalarmlogg kan være en god idé.

Brannkonstabler observerte at det rant vann fra sprinkleranlegget da de kom inn i leilighetene under innsatsen, men det ble ikke loggført i hvilke leiligheter dette var observert⁴. Et par vitneavhørene stadfester også at sprinkleranlegget ble aktivert. Det er imidlertid ikke påvist noen betydelig brannbegrensende effekt av boligsprinkleranlegget.

6.4.3 Brannutviklingen

Kombinasjonen av materialbruk og geometri i balkongene har uten tvil vært avgjørende for at brannen kunne utvikle seg så hurtig. I tillegg kan en stor mengde brennbart materiale på balkongene antas å ha medvirket til den raske brannspredningen.

Beboerne selv og politi, som hadde vært på adressen tidligere, rapporterte om mer enn gjennomsnittlig mye eiendeler på balkongene. I 2016 sendte mannskaper ved Arna brannstasjon en bekymringsmelding om mye rot i enkelte leiligheter etter en utrykning [9]. Det å ha et ukontrollert samlebehov eller å akkumulere mange ting både i sin egen leilighet og, i dette tilfellet, på balkongen, er ikke et ukjent fenomen i Norge [52], [53] og er også studert internasjonalt [54], [55]. Betydning av brannenergien på balkonger for brannutvikling og brannspredning er et tema som burde undersøkes nærmere, og type materialer som lagres er også av betydning (for eksempel hagemøbler av tre, stoppete møbler, gassbeholdere og trekull).

Det innvendige sprinkleranlegget ble aktivert, og dette førte til at 110-sentralen ble varslet om brannen. Det er imidlertid ingen opplysninger som tilsier at sprinkleranlegget bidro til å begrense brannspredningen.

⁴ E-post 08-12-2022 fra Anne Bjørke, overingeniør i Bergen brannvesen

6.5 Hvorfor var det ingen skadde eller omkomne i brannen?

Det var bare en firedel av beboerne som oppga i politiavhørene at de hadde hørt alarmen. Likevel ser det ut til at mange beboerne hadde begynt evakueringen før brannalarmen ble aktivert.

De tretti beboerne hadde utfordringer med rus og alkohol, og er derfor i utgangspunktet ansett å være sårbare i en brannsituasjon [8]. I tillegg bodde de fleste av dem alene i sin leilighet, noe som også er identifisert som en risikofaktor knyttet til brann. Analysen av intervjuer og av avhørene politiet gjorde av beboerne, viser at relasjonene mellom beboerne var både kompliserte og sterke. Det var relativt stor aldersspredning blant beboerne, og det var konflikter mellom flere av dem. Men når brannen brøt ut og det oppsto en livstruende situasjon, var enhver type relasjon bedre enn ingen relasjoner. Beboernes forhold til hverandre, både gode og vonde, dannet et nettverk hvor alle visste om hverandre, og som førte til at beboerne varslet naboer og hjalp hverandre med å evakuere. Mange av beboerne var ofte sent oppe om kvelden, og derfor var mange våkne da brannen ble oppdaget 02:10 på natten.

At brannen oppsto på den sørvestlige siden av bygget, gjorde at beboerne kunne evakuere gjennom svalgangene og tilknyttet trappegang på nordøstlig side av bygget. I tidlig fase av hendelsen var denne siden av bygningen skjermet for brannen. Ettersom svalgangen og trappegangen var hovedinngang til leilighetene, gikk evakueringen fort. Studier av hvordan mennesker oppfører seg i en brannsituasjon, har vist at det er større sannsynlighet for at folk prøver å evakuere ut samme vei som de kom inn i bygningen [56].

6.6 Hva kunne ha skjedd?

Det er mange tilfeldigheter som fører til at en brann utvikler seg som den gjør, og gir de konsekvensene som den gir. Det er derfor viktig for videre og mer generell læring, å vurdere hva som kunne ha skjedd dersom enkelte forhold hadde vært annerledes. Gitt at brannen startet utvendig: Hva kunne for eksempel ha skjedd dersom

- materialbruken i balkongene hadde vært som opprinnelig planlagt?
- det hadde vært sprinkleranlegg på balkongene?
- brannen hadde startet et annet sted?
- brannen hadde blitt oppdaget på et annet tidspunkt?
- brannalarmen ikke hadde fungert?
- det bodde «andre typer mennesker» i bygget?
- beboerne ikke hadde kjent hverandre så godt?

Den opprinnelige planen var at **balkongene skulle utføres med rekkverk i glass**, og dette ville utvilsomt gitt et langt mindre dramatisk brannbilde. De vertikale skilleveggene mellom

balkongene skulle være av åpent spaltepanel med mineralull imellom. Ettersom skilleveggene skulle være lyddempende, er det rimelig å anta at de skulle føres helt opp til taket, dette er også vist slik på tegningene fra prosjekteringen, se Figur 3-2. Brannen kunne nok ha spredt seg både vertikalt og horisontalt i veggkledningen, men ikke så raskt og intenst som tilfellet var med trekledning både på balkongrekkverk og i skillevegger mellom balkongene, og i tillegg med åpning over skilleveggene. En langsommere brannspredning ville økt sannsynligheten for at innvendige røykvarslere kunne gitt alarm i en tidlig fase av brannen. Dermed ville brannvesenet blitt varslet tidligere, hatt mulighet til å begrense de materielle skadene, og bistått i evakuering av beboerne.

Sprinkleranlegg på balkongene kunne ha redusert brannspredningen og gitt tidligere alarm til brannvesenet, slik at de ville få verdifull tid til slokkeinnsatsen og evakueringen av beboerne.

Hadde brannen startet i en svalgang er det sannsynlig at brannutviklingen kunne bli relativt hurtig og intens på grunn av omfanget av tremateriale i vegger, tak og rekkverk. Flere beboere, spesielt i de øverste etasjene, ville hatt problemer med å rømme. At det bare eksisterte én trappeoppgang kunne blitt kritisk med hensyn til beboernes evakueringsmuligheter på svalgangssiden av bygningen. Som beskrevet i kapittel 3.2.9 hadde ikke brannvesenet adgang til balkongene med høyderedskap, slik at rømning via balkong i 3. og 4. etasje i praksis ikke ville være mulig. Vi antar at utfallet av denne brannen kunne vært mer dramatisk dersom brannen hadde startet i en av svalgangene på nordøstsiden i stedet for på en balkong på sørvestsiden.

Dersom brannen hadde startet på balkong i en av etasjene over grunnplanet, ville brannen sannsynligvis også ha spredt seg raskt i hele fasaden. Det antas da at brannutviklingen vil være hurtig etter at det er en relativt liten etablert flammebrann på balkongen, og at denne første balkongen raskt blir overtent. Nedfall av brennende materiale ville da spre brannen til underliggende balkonger. Etter relativt kort tid ville brannen spredt seg raskt både nedover, oppover og sideveis i balkongene.

Dersom beboerne hadde sovet da brannen startet, hadde trolig flere av dem ikke våknet - eller ikke blitt vekket - i tide til å evakuere. Det antas at brannvesenet ville ha kunnet reddet personer i bygget, men for enkelte kunne det ha vært for sent.

Dersom det samme brannscenarioet hadde forekommet i en **boligblokk bebodd av «vanlige familier»**, kunne utfallet ha blitt mye mer dramatisk. Den samme typen nettverk finnes som regel ikke i typiske norske boligblokker, hvor beboere har mindre informasjon om sine naboer, hvor naboene befinner seg, hvem som har besøk osv. Det kan derfor tenkes at beboerne i en typisk boligblokk vil være mindre aktive i varsling av sine naboer, og at ikke alle hadde blitt varslet i tide. Det er også sannsynlig at flere av beboerne i en typisk boligblokk ville ha sovet da brannen ble oppdaget, enn tilfellet var for brannen på Lone, og derfor hadde vært vanskeligere å varsle.

Alt i alt er det mange faktorer som spiller sammen i en slik hendelse, og tilfeldigheter kan avgjøre utfallet. Noen av faktorene er det mulig å kontrollere gjennom god brannprosjektering, og noen er det vanskelig å ha kontroll over. Valget av trekledning og vurderingen om ikke å installere

slokkeanlegg på balkongene, er to faktorer som har hatt stor betydning for at brannen utviklet seg så hurtig.

7 Konklusjoner

7.1 Hvorfor utviklet brannen seg så raskt?

Denne analysen har vist at brannutviklingen i leilighetsbygget på Lone ble så rask og intens på grunn av en uheldig kombinasjon av materialbruk og geometri i balkongene, og det at brannen startet utvendig. En uforutsett høy brannenergi på grunn av at det var lagret mye personlige eiendeler på balkongene bidro også til den hurtige brannutviklingen.

Brannprosjekteringen av dette bygget bryter ikke nødvendigvis med sikkerhetsnivået basert på ytelser gitt i VTEK10, men det er urimelig at en slik brannutvikling skal kunne anses som akseptabel i Norge. Vurderingen av fravik har imidlertid vært lite helhetlig, og fravik er ikke godt nok vurdert i sammenheng med hverandre, og med den tiltenkte bruken av bygningen. Dokumentasjonen av fravik er ikke i overensstemmelse med dokumentasjonskravet i *TEK § 2-1 Verifikasjon av funksjonskrav*.

Byggverkets utførelse er imidlertid ikke unik; det finnes en rekke fler-etasjes boligbygg med trefasader og balkonger i tre. I lys av dette bør det gjøres en vurdering av om regelverket – og da primært veiledningen til byggteknisk forskrift - bør endres for å forhindre liknende branner.

7.2 Hvorfor var det ingen skadde eller omkomne i brannen?

Det var et sterkt sosialt nettverk mellom beboerne i bygningen. I tillegg var mange av beboerne våkne da brannvesenet mottok alarm klokken 02:17, og kunne dermed redde seg selv og varsle andre beboere. Dette gjorde dem, som ellers anses som sårbare i en brannsituasjon, mer robuste.

Beboerne rømte gjennom svalgang og trappehus som i tidlig fase var skjermet fra brannen. Disse punktene anses som vesentlige for at alle beboerne overlevde brannen, og at ingen fikk alvorlige fysiske skader.

8 Anbefalinger

Ut fra gjennomgangen av brannen i det kommunale boligbygget har vi identifisert en rekke områder der det er rom for forbedringer som kan forhindre liknende branner i fremtiden. Dette innebærer anbefalinger til presiseringer av veiledningen til byggt teknisk forskrift, tiltak som kan bidra til å styrke beboernes sikkerhet, og anbefalinger til videre arbeid for å øke brannsikkerheten i tilknytning til balkonger og svalganger.

8.1 Helhetlig brannprosjektering

Ved brannprosjektering av tilsvarende bygninger må man gjøre en helhetlig vurdering av brannsikkerheten der følgende faktorer inngår:

- betydning av brennbare materialer i kledning, balkongkonstruksjon og rekkverk
- betydningen av balkongenes geometri
- betydningen av endring av kledningens brannegenskaper over tid og som følge av værpåkjening
- ulike muligheter for utvendig brannstart
- muligheter for utvendig brannspredning fra balkong til balkong, både horisontalt og vertikalt
- behov for sprinkleranlegg på balkong
- muligheter for at innvendig sprinkleranlegg vil detektere og begrense en utvendig brann

Fraviksvurderinger må være helhetlige, og se alle relevante fravik i sammenheng med den tiltenkte bruken av bygget. Fravikene må dokumenteres i tråd med gjeldende krav til nivå på dokumentasjon og med bransjepraksis.

I bygninger der det er krav om sprinkleranlegg kan ikke sprinkleranlegget anvendes som kompensierende tiltak ved behandling av fravik fra preaksepterte ytelser. Dette vil redusere sikkerheten til et uakseptabelt nivå.

8.2 Forslag til endringer i VTEK

Veiledningen til byggt teknisk forskrift er ikke vesentlig endret med hensyn til forholdene beskrevet nedenfor ved overgangen fra TEK10 til TEK17. Anbefalingene er derfor også gyldige for veiledningen til TEK17.

- Det bør gis tydeligere veiledning på hvordan fasader og balkonger kan utformes for å forhindre utvendig brannspredning.

- Det bør vurderes om materialer i rekkverk på balkonger og svalganger, i tillegg til materialer i lette skillevegger mellom balkonger, bør regnes som «utvendige overflater» eller «overflater på ytterkledning», slik dette angis både i TEK10 og TEK17.
- Det bør presiseres at balkonger skal fungere som kjølesoner, også i sprinklede bygg når balkongene ikke sprinkles.
- Det bør vurderes å kreve sprinkleranlegg på balkonger som er utført med bæresystem i tre, uansett åpenhet av balkong. Fraviksvurdering med hensyn til åpenhet av balkonger bør frarådes, inntil risikoen er nærmere undersøkt.

8.3 Tiltak rettet mot beboere

Ved brann i en boligblokk kan det være avgjørende at beboerne vet hvordan de skal handle, og Forskrift om brannforebygging stiller krav om rutiner som sikrer at alle som oppholder seg i byggverket får tilstrekkelig informasjon om hvordan de skal unngå brann og opptre ved brann. at de kjenner til de andre som bor i samme bygning. Beboerne kan ha en avgjørende rolle ved å varsle andre om brannene, og bistå hverandre i evakueringen.

I tilfeller der det eksisterer et sosialt nettverk, som i brannen på Lone, kan det utnyttes og styrkes gjennom felles eller individuell opplæring i brannvern; eksempelvis bruk av slukkeutstyr, hvordan forebygge brann og brannøvelser. Slik opplæring må naturlig nok tilpasses brukergruppen.

8.4 Forslag til videre arbeid

- Effekten av automatiske slukkeanlegg på balkonger bør studeres nærmere. Hvilken effekt har ulike typer av slukkesystemer på brannutviklingen, og hvilke faktorer påvirker dette?
- Betydningen av åpenhet av balkonger og svalganger med hensyn til brannutvikling bør utredes nærmere.
- Hvor stor brannenergi som kan knyttes til lagret materiale på balkongene er også et tema som bør være gjenstand for videre arbeid. Dette kan omfatte både møbler og utstyr til grill, for eksempel gassflasker.
- Sosiale nettverk i boligblokker og nabolag burde undersøkes videre i lignende typer bosituasjoner. Kunnskap fra dette kan legges til grunn for videre brannsikkerhetsarbeid for sårbare grupper, og mot boligblokker med mer «vanlige» bosituasjoner hvor slike nettverk ikke eksisterer.
- Modellering av det aktuelle brannforløpet ved egnet dataprogram kan gi mye læring om brannspredningen, og betydningen av ulike faktorer. Dette er beskrevet i Vedlegg A.

Referanser

- [1] "Kollegiet for brannfaglig terminologi," 2022. <http://www.kbt.no>
- [2] FG Skadeteknikk, "Om FG," Apr. 05, 2016. <https://www.fgsikring.no/om-fg/> (accessed Aug. 28, 2022).
- [3] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Forskrift 26. mars 2010 nr. 489 om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift, TEK10) med veiledning*. 2010.
- [4] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, *Forskrift 19. juni 2017 nr. 840 om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift, TEK17)*. 2017.
- [5] M. Reusch, "tiltakshaver," *Store norske leksikon*. Accessed: Nov. 14, 2022. [Online]. Available: <https://snl.no/tiltakshaver>
- [6] Direktoratet for byggkvalitet, *Byggteknisk forskrift (TEK10) med veiledning*. 2010. [Online]. Available: <https://dibk.no/regelverk/tek/>
- [7] Direktoratet for byggkvalitet, *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. 2017. [Online]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>
- [8] C. Sesseng, K. Storesund, and A. Steen-Hansen, "Analyse av dødsbranner i Norge i perioden 2005 - 2014," RISE Fire Research, Trondheim, Norway, RISE-report A17 20176:1, 2017. [Online]. Available: <https://risefr.no/media/publikasjoner/upload/2017/a17-20176-1-analyse-av-dodsbranner-i-norge-i-perioden-2005-2014.pdf>
- [9] A. Bjørke, B. Næs, K. Øvstedal, and V. Gunstensen, "Evalueringsrapport av brannen i Hardangervegen 669," Bergen Brannvesen, Bergen, Evalueringsrapport, Aug. 2021.
- [10] "Nvivo." Alfasoft. [Online]. Available: <https://www.alfasoft.com/no/produkter/statistikk-og-analyse/nvivo.html>
- [11] "ISO 5660-1:2015 Reaction-to-fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate - Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement)." ISO Copyright office, published in Switzerland, 2015.
- [12] M. F. Sæbø, "Trefasader og brannsikkerhet," Master thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway, 2022. [Online]. Available: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/3015228/no.ntnu%3ainspera%3a116345384%3a22693848.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [13] J. Even Norheim, "«Overtenning på disse balkongene er ikke sannsynlig», skreiv rådgjevaren. Så skjedde akkurat det," Aug. 27, 2021. <https://www.nrk.no/vestland/balkongane-pa-bustadblokka-pa-lone-var-oppfort-i-strid-med-godkjente-planar-1.15606380>
- [14] *Veiledning om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift). 1. utgave november 2010*. 2010. [Online]. Available: https://dibk.no/globalassets/endringshistorikk/byggteknisk-forskrift/tek--11-12_01.07.2010-30.06.2011.pdf
- [15] "520.339 Bruk av brennbar isolasjon i bygninger," SINTEF Community, 2021.
- [16] "TPF informerer nr. 6, Branntekniske konstruksjoner for tak. Eksempler på løsninger utført etter veiledning til Byggteknisk forskrift." Takprodusentenes Forskningsgruppe, 2017. [Online]. Available: <http://tpf.zoom-grafisk.no/files/TPFnr6-rev05042017.pdf>
- [17] "520.310 Brannspredning via fasader," SINTEF Byggforsk, 2006.
- [18] "526.301 Svalganger og altanganger i boligbygninger," SINTEF Byggforsk, 2004.
- [19] "323.111 Svalganger i boligbygninger," SINTEF Byggforsk, 2021.
- [20] "NS-INSTA 900-1 Boligsprinkler - Del 1: Dimensjonering, installering og vedlikehold." Standard Norge, 2009.

- [21] “NS-EN 16925:2018+NA, Faste brannslukesystemer Automatiske boligsprinklersystemer Dimensjonering, installering og vedlikehold. (Fixed firefighting systems Automatic residential sprinkler systems Design, installation and maintenance).” Standard Norge, 2019.
- [22] “Melding HO-2/98 Brannalarm - Temaveiledning.” Feb. 24, 1998. [Online]. Available: https://dibk.no/globalassets/byggeregler/tidligere_regelverk/eldre_temaveiledere_og_rundskriv/1998ho-2-alarm.pdf
- [23] Standard Norge, “NS-EN 54 Brannalarmanlegg,” *Standard Norge nettbutikk*, 2022. <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=ns-en+54-> (accessed Aug. 28, 2022).
- [24] Standard Norge, “NS 3926-1:2009 Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk, Del 1: Planlegging og utforming.” Standard Online AS, 2009.
- [25] Standard Norge, “NS 3926-2:2009 Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk, Del 2: Laboratoriemåling og måling på stedet av etterlysende produkter.” Standard Online AS, 2009.
- [26] Standard Norge, “NS 3926-3:2011 Visuelle ledesystemer for rømning i byggverk, Del 3: Kontroll, ettersyn og vedlikehold.” Standard Online AS, 2011.
- [27] Justis- og beredskapsdepartementet, *Lov 14. juni 2002 nr. 20 om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver*. 2002. Accessed: Sep. 21, 2016. [Online]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2002-06-14-20>
- [28] Justis- og beredskapsdepartementet, *Forskrift 17. desember 2015 nr. 1710 om brannforebygging*. 2015.
- [29] “Veiledning til forskrift om brannforebygging.” Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2016. Accessed: May 31, 2018. [Online]. Available: <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/veiledning-til-forskrift/veiledning-til-forskrift-om-brannforebygging/>
- [30] K. E. Tofte, “Bærekraftig materialvalg i landskapsarkitekturen; Fokus på tre,” Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport, Trondheim, Norge, 2010.
- [31] Kebony, “Endringsprosessen til Kebony,” *Endringsprosessen*. <https://no.kebony.com/technology/the-process/> (accessed May 20, 2022).
- [32] TreFokus, “Trevirkets holdbarhet,” *TreFokus*. <http://www.trefokus.no/proff/artikler/materialer/tre-utendørs/artikkel-2>
- [33] C. Kunøe, “Kebony beholder brannklasse D etter nye tester og klassifisering,” *Byggmesteren*, Oct. 18, 2021. <https://byggmesteren.as/2021/10/18/kebony-beholder-brannklasse-d-etter-nye-tester-og-klassifisering/>
- [34] B. Moghtaderi and D. F. Fletcher, “Flaming Combustion Characteristics of Wood-Based Materials,” *International Association for Fire Safety Science*.
- [35] T. Yang, K. Zhang, C. Mei, E. Ma, and J. Cao, “Effects of furfurylation on interactions between moisture sorption and humidity conditioning of wood,” *Wood Sci Technol*, vol. 56, no. 3, pp. 703–720, May 2022, doi: 10.1007/s00226-022-01375-0.
- [36] S. Geving, *Praktisk bygningsfysikk*, 1st ed. Fagbokforlaget Vigmostad og Bjørke, 2021.
- [37] B. Esteves, L. Nunes, and H. Pereira, “Properties of furfurylated wood (Pinus pinaster),” *Eur. J. Wood Prod.*, vol. 69, no. 4, pp. 521–525, Nov. 2011, doi: 10.1007/s00107-010-0480-4.
- [38] V. Babrauskas, *Ignition handbook: principles and applications to fire safety engineering, fire investigation, risk management and forensic science*. Issaquah, WA: Fire Science Publishers, 2003. [Online]. Available: <http://books.google.com/books?id=o25yQgAACAAJ>

- [39] V. Babrauskas, "Ignition of wood: A review of the State of the Art.," *Journal of Fire Protection Engineering*, no. 12, p. 163, 2002.
- [40] A. Kraaijeveld and T. Log, "VERTICAL FLAME SPREAD IN WOODEN CORNERS AS A FUNCTION OF FUEL MOISTURE CONTENT," in *Proc. 15th Int. Conf. Fire and Materials 2017*, San Francisco, California, USA, 2017, p. 13.
- [41] A. Kraaijeveld, A. Gunnarshaug, B. Schei, and T. Log, "Burning Rate and Time to Flashover in Wooden ¼ scale Compartments as a Function of Fuel Moisture Content," in *Conference Proceedings Interflam 2016. Volume 1*, Windsor, UK, 2016, pp. 553–558.
- [42] M. Fernandez-Vigil, B. G. Rodriguez, and J. Echeverriá, "Fire Safety Strategies to Reduce Mortality in Dwellings Occupied by Elderly People: The Spanish Case," *FIRE TECHNOLOGY*, 2020.
- [43] S. L. Turner *et al.*, "Risk factors associated with unintentional house fire incidents, injuries and deaths in high-income countries: a systematic review," *Inj Prev*, vol. 23, no. 2, p. 131, Apr. 2017, doi: 10.1136/injuryprev-2016-042174.
- [44] A. Doyle, S. Lyons, and E. Lynn, "Profile of fire fatalities in Ireland using coronial data," *Fire safety journal*, vol. 110, p. 102892, 2019.
- [45] A. T. Elder, T. Squires, and A. Busuttil, "Fire fatalities in elderly people," *Age and Ageing*, vol. 25, no. 3, pp. 214–216, 1996.
- [46] L. Xiong, D. Bruck, and M. Ball, "Comparative investigation of 'survival' and fatality factors in accidental residential fires," *Fire Safety Journal*, vol. 73, pp. 37–47, 2015.
- [47] Kommunal og distriktsdepartementet, *Lov 27. juni 2008 nr. 71 om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. 2008. [Online]. Available: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71?q=plan%20og%20byggnings>
- [48] D. Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*, 3rd ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011.
- [49] S. Ewen and A. Andrews, "The media, affect, and community in a decade of disasters: reporting the 1985 Bradford City stadium fire," *Contemporary British History*, vol. 35, no. 2, pp. 258–283, Apr. 2021, doi: 10.1080/13619462.2021.1885376.
- [50] *Boverkets byggregler - föreskrifter och allmänna råd, BBR konsoliderad version*. 2018.
- [51] "Bygningsreglementets vejledning til kapitel 5 - Brand. Kapittel 4: Antændelse, brand- og røgspredning." 2020. [Online]. Available: http://byggningsreglementet.dk/-/media/Br/Kap_5_Brand/Vejledninger/Generel-vejledning/Kapitel_4.pdf
- [52] R. Holterman, "Fatal fires and risk-factors - Groups or single persons?," Lund, Sverige, Jun. 20, 2022.
- [53] Tore Foss, "Brann- og ulykkesforebygging i rustjenestene.," Trondheim, Jul. 01, 2021.
- [54] R. O. Frost, G. Steketee, and L. Williams, "Hoarding: a community health problem," *Health & social care in the community*, vol. 8, no. 4, pp. 229–234, 2000.
- [55] K. Kysow, C. Bratiotis, N. Lauster, and S. R. Woody, "How can cities tackle hoarding? Examining an intervention program bringing together fire and health authorities in Vancouver," *Health & social care in the community*, vol. 28, no. 4, pp. 1160–1169, 2020.
- [56] Society of Fire Protection Engineers, *SFPE Guide to Human Behavior in Fire*, 2nd ed. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-319-94697-9.

Vedlegg A:

Forslag til modellering av brannforløpet

Forhold som bestemmer brannforløpet omfatter mer enn bare egenskapene til overflatene i kledningen. Det bestemmes av en kombinasjon av ulike faktorer, slik som detaljer i utførelsen, hulrom i konstruksjonen og værforhold. Intens brann styres først og fremst av akkumulert varme fra brannen i de brennbare overflatene. Brannspredningen styres av hvordan flammer kan forflytte seg og eksponere brennbare overflater. Dette påvirkes av en kombinasjon av oppdriftskrefter dannet av brannen og vind.

For å studere mulig brannforløp nærmere, kan man modellere mulige brannforløp ved hjelp av CFD (Computational Fluid Dynamics). Beregning av flammespredning i faste overflater anses som forholdsvis krevende å modellere, siden det svært mange forhold som må tas hensyn til. Det er derfor ikke forventet at man kan gjenskape den virkelige brannen, men man kan finne hvilke parametere som var avgjørende for at brannen ble slik den ble. Her vil tiden fra antennelse til at brannen spredte seg i hele fasaden kunne modelleres. Det å følge brannen inn i leilighetene i bygget anses som vanskelig, og vil være forbundet med mange usikre faktorer og forhold. Det er derfor naturlig å begrense en slik analyse til spredning i og langs ballkongene.

Ved hjelp av CFD kan man beregne strømningsforholdene rundt geometrien relativt nøyaktig, dersom man anvender tilstrekkelig oppløsning i beregningene. Her må det lages en 3D-modell av bygget som inkluderer de detaljene som er viktig for brannutviklingen.

Man kan hente temperatur og vindforhold ut fra meteorologiske data. Man vil ikke få med de turbulente forholdene lokalt slik de sannsynligvis var under brannen, noe som kan være en viktig faktor for brannutviklingen. De lokale turbulente forholdene er styrt av atmosfæriske forhold i samspill med bygg og topografi i området rundt.

Materialdata for termiske egenskaper og forbrenningsegenskaper til kledningen kan hentes ut fra småskala testing ved hjelp av konkalorimeteret [11]. Disse egenskapene kan legges til alle overflater med trepanel i en matematisk modell. Her kan det også skilles på ulike produkter og overflatebehandlinger, dersom det anses som viktig for brannutviklingen. Det er viktig å begrense slike analyser til det som er vesentlig for brannutviklingen. Samtidig må man påse at modellen inneholder de vesentlige faktorene som er nødvendig for å modellere brannutviklingen. Skal man lykkes, må beregningene kunne gjenskape antennelsen og videre spredning langs overflatene med tilhørende varmeavgivelse og oppdrift i brannen. Dette vil kunne beskrive interaksjonen mellom flammeforplantning og spredning vertikalt og horisontalt i fasaden.

Tidsmessig har det ikke latt seg gjøre å gjennomføre CFD-modellering av brannspredningen på balkongene i dette prosjektet. Det anbefales at dette gjøres i et separat prosjekt ved en senere anledning, gjerne som en studentoppgave. Det kan være mye læring å hente fra slike analyser.

Vedlegg B: Intervjuguide

Resp

Organisasjon:

Dato:

Klokkeslett:

Resp. Navn:

Resp. Funksjon:

Resp. Annet

Spørsmål nr. **Situasjonsforståelse - Callout**

1:

Hvilken informasjon er kritisk i varslingen?

Hvilken respons/slagkraft i call out?

Hvilke skadestedsfaktorer? (Vær, virksomheten, brannen, spredningsfare)

Notater:

Spørsmål nr. **>>Ankomstfasen Hva er status på beboere?**

4:

Gir/Mottar (Stryk det som ikke passer) Vindusmelding

Hvordan huskes vindusmeldingen? (ankomstmelding)

Vurderte/tiltak – Gjennomførte tiltak?

Umiddelbare tiltak?

Metabeslutning: Hvor mye info trengs VS. Hvor stort handlingsrom?

Opprettes dialog med andre nødetater?

Notater:

Skriv inn notater

Spørsmål nr. **>>Beslutninger**

5 Hvilke alternative løsninger finnes, og vurderes det? (Slukkemiddel, slukketaktikk, slukketeknikk)

Målet med innsatsen (MMI) og taktisk plan (TP) (kognitivt)? (Hva skal reddes, hva skal oppnås)

Hvordan uttrykkes beslutningen(e)?

Revurderer virkningen?

Notater: Skriv inn notater

Spørsmål nr. **>>Kommunikasjon og samvirke – Industrivern, brannvesenet mfl.**

6: Når og hvordan etableres ILKO? (innsatsleders kommandoplass)

Hva avklares?

Notater: Skriv inn notater

Spørsmål nr. **>>Refleksjoner om brannutviklingen og evakueringsfasen**

7 Hvorfor utviklet det seg så fort?

Hvorfor gikk dette så bra, evakueringen?

Notater: Skriv inn notater

Spørsmål nr. **>>Annet som er viktig for problemstillingene?**

8

Notater: Skriv inn notater

Spørsmål nr. >>**Andre læringspunkter?**

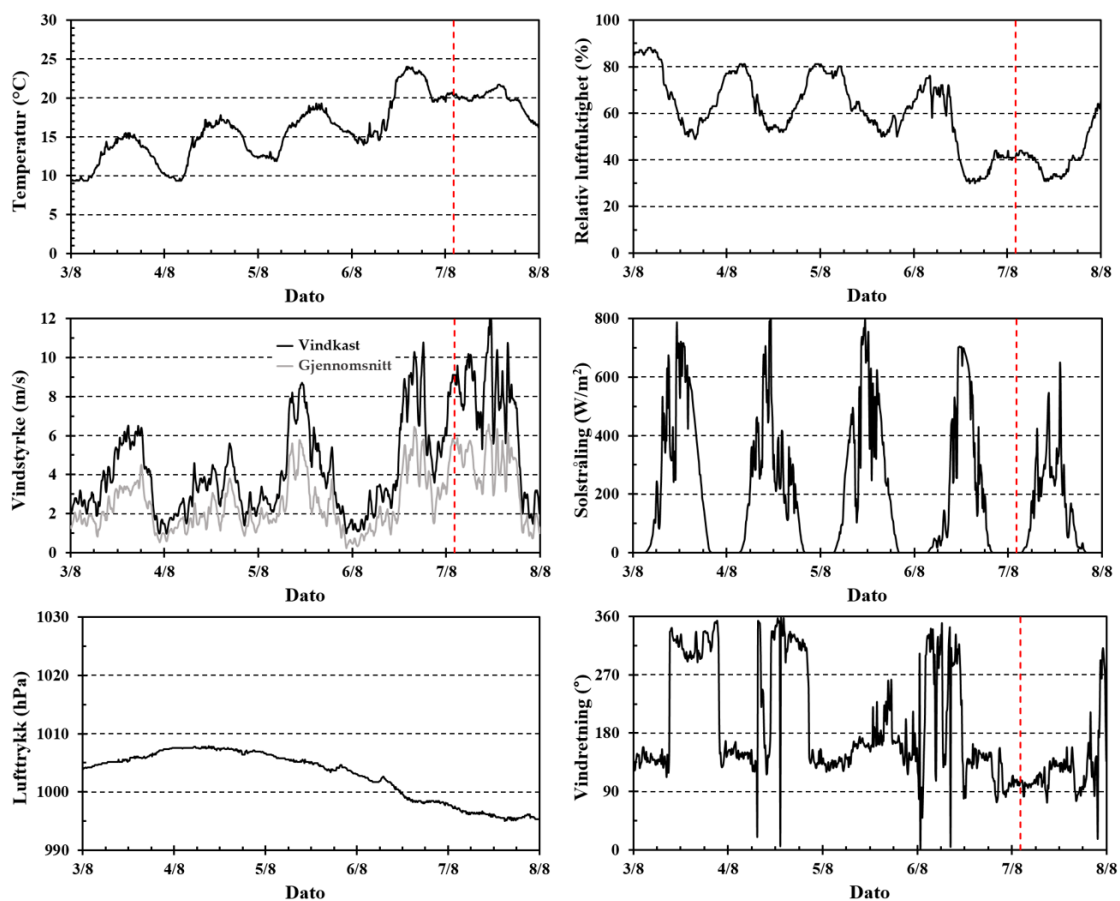
8

Notater: Skriv inn notater


Ekstra notater

Skriv inn ekstra notater.

Vedlegg C: Værdata registrert ved målestasjonen på Florida, Bergen.



Forklaring: Temperatur (a), relativ luftfuktighet (b), gjennomsnittlig vindstyrke og vindkast (c), og solstråling til en horisontal overflate (d), lufttrykk (e) og vindretning (f). (Data fra Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen (Geo UiB), veret.gfi.uib.no).



Vi jobber for å øke
brannsikkerheten og gjøre
din hverdag tryggere

PARTNERE



FORSKNINGSPARTNERE:

RISE Fire Research AS
SINTEF
Norges teknisk-
naturvitenskapelige
universitet (NTNU)

BRUKERPARTNERE:

Trøndelag brann- og
redningstjeneste (TBRT)
Trøndelag fylkeskommune
Direktoratet for
samfunnssikkerhet og
beredskap (DSB)
Direktoratet for byggkvalitet
(DiBK)
Multiconsult Norge AS
Rambøll Norge AS
Asplan Viak AS
Hunton Fiber AS
Rockwool International AS

CBI Norge AS
Kingspan Holdings (IRL) Limited
Danfoss Fire Safety A/S
EC Dahls Eiendom AS
NIKU
Telia Norge AS
Gassco
Treindustrien
Stora Enso Wood Products OY Ltd.



FRiC

www.fric.no