



Høgskulen på Vestlandet

Bacheloroppgave

Brannteknikk

ING3037

Predefinert informasjon

Startdato:	31-03-2020 09:00	Termin:	2020 VÅR
Sluttdato:	07-05-2020 14:00	Vurderingsform:	Norsk 6-trinns skala (A-F)
Eksamensform:	Bacheloroppgave med muntlig presentasjon/eksaminasjon		
SIS-kode:	203 ING3037 1 PRO-1 2020 VÅR HAUGESUND		
Intern sensor:	Bjarne Christian Hagen		

Deltaker

Kandidatnr.: 313

Informasjon fra deltaker

Tittel *: Alle gode ting er massiutre! Personikkerhet i RKL 6-bygg med overflater av massiutre

Engelsk tittel *: Personal safety in risk class 6-buildings with CLT-surfaces

Navn på veileder *: Bjarne Christian Hagen

Sett hake dersom ja
besvarelsen kan brukes
som eksempel i
undervisning?:

Egenerklæring *: Ja
Inneholder besvarelsen Nei
konfedensielt
materiale?:

Jeg bekrefter at jeg har ja
registrert
oppgavetittelen på
norsk og engelsk i
StudentWeb og vet at
denne vil stå på
vitnemålet mitt *:

Gruppe

Gruppenavn: (Anonymisert)

Gruppenummer: 3

Andre medlemmer i
gruppen: 301

Jeg godkjenner avtalen om publisering av bacheloroppgaven min *

Ja

Er bacheloroppgaven skrevet som del av et større forskningsprosjekt ved HVL? *

Nei

Er bacheloroppgaven skrevet ved bedrift/virksomhet i næringsliv eller offentlig sektor? *

Ja, Sweco Norge



Høgskulen
på Vestlandet

BACHELOROPPGAVE

Alle gode ting er massivtre!

Personsikkerhet i RKL 6-bygg med overflater av massivtre

Helene Nærum Narmoe

Kandidat nr. 301

Amalie Olsen

Kandidat nr. 313

Bachelor i brannsikkerhet

Fakultet for ingeniør- og naturvitenskap

Intern veileder: Bjarne Christian Hagen

Ekstern veileder: Leif Tore Isaksen

07.05.2020

Vi bekrefter at arbeidet er selvstendig utarbeidet, og at referanser/kildehenvisninger til alle

kilder som er brukt i arbeidet er oppgitt, jf. Forskrift om studium og eksamen ved Høgskulen på Vestlandet, § 12-1.

BACHELORPROSJEKT

Studenten(e)s navn: Amalie Olsen og Helene Nærum Narmoe

Linje & studieretning: Bachelor i brannsikkerhet

Oppgavens tittel: Alle gode ting er massivtre!
Personsikkerhet i RKL 6-bygg med overflater
av massivtre

Oppgavetekst:

Det er stadig mer aktuelt å bygge omsorgsboliger, sykehjem og andre bygg i risikoklasse 6 i massivtre. Dette ikke bare med tanke på CO₂ og miljøgevinst, men det er mye forskning som konkluderer med at det er mange positive effekter med treoverflater i slike bygg (innemiljø, luftkvalitet og helse). For å utnytte disse effektene er det avgjørende å benytte ubehandlet, synlig tre i branncellene. Utfordringen blir når VTEK krever brannimpregnerte overflater i RKL 6 og at dette kravet ikke kan erstattes av sprinklesystem, da TEK stiller krav til automatisk slokkeanlegg.

Ut fra utviklingen av regelverket, er det ikke urimelig å stille spørsmål til om overflatekravet burde vært revidert. Opprinnelig skulle overflatekravet gi bedre brannsikkerhet i beboerrommet, men det er i «nyere tid» kommet krav til brannalarm, slokkeanlegg osv. uten at overflatekravet er sett nærmere på.

Det viktigste er at brukere av bygningen har tilstrekkelig med tid til å komme seg ut i sikkerhet, og derfor blir det fokusert på nødvendig rømningstid og startfasen av et brannforløp i denne rapporten.

Problemstilling:

Bruk av brennbare overflater i risikoklasse 6-bygg er ikke tillatt i henhold til VTEK 17 § 11-9 Tabell 1 B. I denne rapporten vil bruk av brennbare overflater i risikoklasse 6-bygg både bli vurdert med hensyn på det tidlige og sene brannforløpet, dvs. evakuerings- og slukkefasen (herunder sikkerhet til brannmannskap).

Endelig oppgave gitt: 5. april 2020
Innleveringsfrist: Torsdag 7.mai 2020 kl. 12.00

Intern veileder: Bjarne Christian Hagen

Ekstern veileder: Leif Tore Isaksen
emailadresse ekstern
veileder: leif.isaksen@sweco.no

Godkjent av
studieansvarlig:



Dato: 16.04.2020

Forord

Denne bacheloroppgaven er en avsluttende oppgave av den treårige branningeniørutdannelsen ved Høgskulen på Vestlandet, campus Haugesund. Oppgaven utgjør 20 studiepoeng og består av teknisk rapport, plakat, produkt og presentasjon, og er utført våren 2020.

Etter ønske av Sweco Norge ble temaet for oppgaven krysslaminerte massivtre-overflater i risikoklasse 6-bygg. Det ble sett på forhold som påvirker rømningsforhold (dvs. frem til 30 minutter) og sikkerhetsforhold (fra 30 minutter og videre utover) som kan påvirke sikkerheten til slukkemannskapene.

Det er ønskelig å gi følgende personer en stor takk i forbindelse med veiledning og god hjelp til vårt arbeid;

- **Bjarne Christian Hagen**, vår interne veileder ved Høgskulen på Vestlandet, for støtte, gode råd og tilbakemeldinger. En spesiell takk for motivasjon og god oppfølging gjennom hele arbeidet.
- **Leif Tore Isaksen**, vår eksterne veileder ved Sweco Norge, for å ha vært der når vi har trengt det, og god inspirasjon til vinkling av oppgaven.
- Guttorm Liebe for å dele sin erfaring angående sikkerhet til redningsmannskap.
- Odd Narmoe for deling av erfaring angående slokkearbeid.
- Barbro Gravseth v/Nærøysund kommune, avdelingsleder ved Rørвик sykestue, for god informasjon angående rømnings situasjonene i januar 2020.
- Fredrik Meyer Vangsnes, teknisk sjef ved Scandic Maritim- og Thon Hotel Saga Haugesund, for gode innspill.
- Hjalte Bengtson v/Sweco Danmark, for god informasjon.
- Robert Jönsson v/Sweco Sverige, for god informasjon.
- Eli Egge v/Nærøysund kommune, for plantegninger av Rørвик sykestue.
- Mona Solsem for korrekturlesing.

Haugesund 2020



Helene Nærum Narmoe



Amalie Olsen

Abstract

Today it is more relevant to build sheltered houses, nursing homes and other buildings within risk class 6 with CLT-surfaces, Cross Laminated Timber. This is because CLT-surfaces brings environmental benefits to both the external and internal environment (air quality and health), where the demand of the surfaces is untreated for full utilization of the effects. The challenge is that VTEK requires treated surfaces in risk class 6, and where the requirement cannot be replaced by a sprinkler system, as there are already requirements for automatic extinguishing systems in TEK. In this report, personal safety of the occupant and the fire crew will be evaluated. Therefore, the start and the end phases of the fire will be considered. Other Nordic countries' regulations regarding buildings like the Norwegian risk class 6 and the surface requirements have also been considered.

To evaluate personal safety, there has been done two-zone simulations, escape calculations and literature studies on full-scale experiments on CLT-surfaces and requirements for risk class 6 buildings.

Based on the full-scale experiments, it is shown that untreated CLT surfaces are important in the initial phase of the fire. A study from WCTE shows that rooms with untreated CLT surfaces reach flashover after 5-6 minutes, approx. 4 minutes earlier than the room with fully protected CLT surfaces.

The result from the escape calculations for a nursing home shows a required safe escape time (RSET) of approx. 10 minutes. The calculations show a good correlation with the real situation at Rørvik nursing home where staff and patients used approx. 7 minutes. This may indicate that the staff has been well prepared and gives reliance to the calculation and training in the health care system.

The two-zone simulations show that sprinkler systems are very important for the time of evacuation in nursing homes, where the fire is estimated to extinguish with sprinkler systems after approx. 2 minutes. Without a sprinkler system, the fire will develop to form critical conditions after 10 minutes. On this basis, the deviation analysis has highlighted the importance of using a sensitive sprinkler system which is a measure for the use of CLT-surfaces in hazard class 6 buildings. By dividing the hazard classes in 6A - 6D, it may be possible in some of them to use CLT-surfaces, combined with a sensitive conventional sprinkler system.

Later in the fire development secondary flashover can occur as a result of delamination. There can be dangerous for the fire crew if they do not cool down the smoke layer and the surfaces during smoke diving.

Sammendrag

I dag er det mer aktuelt å bygge omsorgsboliger, sykehjem og andre bygg i risikoklasse 6 med massivtre-overflater. Dette fordi massivtre fører med seg miljømessige fordeler både på ytre og indre miljø (luftkvalitet og helse), hvor det krevers at overflatene er ubehandlet for få full utnyttelse av effektene. Utfordringen er at VTEK krever behandlede overflater i RKL 6, hvor og kravet ikke kan erstattes av sprinklersystem, da det stilles krav til automatisk sløkkanlegg i TEK. I denne rapporten vil det bli vurdert om personsikkerheten til både beboere i bygget og brannmannskapene er tilfredsstillende med hensyn på det tidlige og sene forløpet. Det er også blitt sett på andre nordiske lands regelverk vedrørende noe tilsvarende den norske RKL 6 og de tilhørende overflatekravene.

For å vurdere personsikkerheten har det blitt gjennomført en to-sone modellering, rømningsberegninger og litteraturstudie på fullskalaforsøk på massivtre og krav til RKL 6- bygg.

Ut ifra fullskalaforskene vises det at ubehandlet KLT-overflater har stor betydning i startfasen av brannen. Studie fra WCTE viser at rom med ubehandlet KLT når overtenning etter 5-6 minutter, ca. 4 minutter tidligere enn rommet med fullstendig beskyttet KLT.

Med bakgrunn i litteratursøk, er det gjennomført simuleringer for å vurdere om en kombinasjon av krysslaminert massivtre element og et følsomt sprinklersystem kan tilfredsstille kravene i TEK til RKL 6-bygg.

Resultatene fra rømningsberegningene viser en nødvendig rømningstid på ca. 10 minutter. Beregningene viser god korrelasjon med blant annet en reell situasjon på Rørvik sykestue hvor ansatte og pasienter brukte ca. 7 minutter. Det kan tyde på at de ansatte har vært godt forberedt, og det gir tiltro til beregningen og opplæringen i helsevesenet.

To-sone simuleringene viser at sprinkleranlegg har stor betydning for rømning av sykehjem, hvor brannen er estimert til å slukke med sprinkleranlegg etter ca. 2 minutter. Uten sprinkleranlegg vil brannen få utvikle seg til å danne kritiske rømningsforhold etter 10 minutter. På dette grunnlaget har fraviksanalysen fått frem viktigheten av å bruke et følsomt sprinkleranlegg som er et tiltak for bruk av massivtre i RKL 6-bygg. Ved å dele inn en ny RKL 6A – 6D, vil det kunne være mulig å benytte KLT-overflater, kombinert med et følsomt konvensjonelt sprinkleranlegg, i noen av disse.

I det senere brannforløp kan sekundær-overnening som følge av delaminering skje. Det kan være et faremoment for brannmannskapene dersom de ikke kjøler ned røykgasser og overflater under røykdykkerinnsats.

Ordforklaringer

Evakueringsplan	En plan som skal sikre at alle personer i bygget skal komme seg i sikkerhet før det oppstår kritiske forhold [1].
Funksjonskrav	Overordnede mål gitt i TEK 17 som skal oppfylles i det ferdige bygget [2].
Risikoklasse	Byggverk, eller en del av et byggverk, plasseres i risikoklasse ut fra den trusselen en brann kan innebære for skade på liv og helse [1].
Relativ luftfuktighet (RF)	Mengden vanndamp målt i lufta. Det forholdet mellom luftas absolutte fuktighet og den fuktighet som må til for å oppnå metning ved en viss temperatur [3].
Behovsprøving	Prinsipp i sosial- og velferdspolitikken som innebærer at en sosial ytelse gjøres avhengig av en individuell, og er en ofte skjønnsmessig vurdering av enkeltes økonomiske situasjon [4].
Preakseptert ytelse	Løsninger for byggverk i brannklasse 1, 2 og 3, og inntil 16 etasjer som er gitt av Direktoratet for byggkvalitet [1].
Fravik	Dersom valgt løsning ikke tilfredsstillter den preaksepterte løsningen blir det et fravik [1].
Kompenserende tiltak	Når det skal dokumenteres at fraviksløsningen er minst like god som den preaksepterte benyttes det kompenserende tiltak for å opprettholde sikkerheten i bygget [1].
Pilotantennelse	Antennelse forårsaket av ekstern tennkilde som for eksempel fyrstikker, gnister eller glør [5].
Spontanantennelse	Skjer når materialet blir eksponert for varmekilde som for eksempel varmestråling som varmer opp materialet tilstrekkelig til at det antennes [5].

Selvantennelsestemperatur	Selvantennelse skjer når materialet selv produserer så mye energi at det selvantenner [5].
Tilgjengelig rømningstid	Tiden fra brannstart til kritiske forhold [6].
Nødvendig rømningstid	Den tiden som trengs til rømning [6].
Sikkerhetsmargin	Differansen mellom nødvendig- og tilgjengelig rømningstid [6].
Evakuering	Når personer får hjelp til å komme seg i sikkerhet, enten vha. ansatte eller brannvesenet.
Rømning	Når personer kommer seg i sikkerhet selv.
Røyksjiktshøyde	Høyden opp til røyklaget.

Innhold

1	Innledning	1
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Problemstilling.....	1
2	Teori.....	2
2.1	Tre og massivtre.....	2
2.1.1	Treverk.....	2
2.1.2	Massivtre.....	2
2.1.3	Limtyper.....	4
2.2	Brann.....	5
2.2.1	Brannforløp	5
2.2.2	Designbrann	6
2.3	Krysslaminert massivtre i brann	8
2.3.1	Branntekniske egenskaper til treverk.....	8
2.3.2	Energiproduksjon (HRR)	9
2.3.3	Forkulling.....	9
2.3.4	Delaminering.....	9
2.3.5	Studie; Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger	10
2.3.6	Fullskalaforsøk av KLT	11
2.3.7	Fuktighet	13
2.3.8	Brannimpregnert treverk	13
2.3.9	Brannmalt treverk	14
2.3.10	Studie; Brannbeskyttet treverk.....	14
2.4	Risikoklasse 6	16
2.5	Evakuering	17
2.5.2	Akseptkriterier for mennesker ved brann	19

2.6	Hydrauliske beregningsmodeller for rømning	20
2.7	Ytre miljøfordeler med massivtre	23
2.7.1	CO ₂ -binding	24
2.8	Indre miljøfordeler med massivtre	24
2.8.1	Fuktighet i treverket	25
2.8.2	Luftfuktighet og helse	25
2.8.3	Psykisk helse	26
2.9	Personikkerhet for redningsmannskap	26
2.10	Sprinkleranlegg	27
3	Krav til RKL 6-bygg	29
3.1	Utvikling av regelverket	29
3.2	Skandinaviske krav	30
3.2.1	Danmark	31
3.2.2	Sverige	34
4	Simulering av brann – To-sone modell	37
4.1	Teori – To-sone modellering	37
4.2	Formål	39
4.3	Simulering	39
4.4	Resultater	41
5	Studie av rømningstider for bygg i RKL 6	44
5.1	Metode for telefonintervju	44
5.1.1	Sykestue	45
5.1.2	Hotell	45
5.2	Estimert rømningstid for Rørvik Sykestue	46
5.2.1	Beregnet forflytningstid	46
5.2.2	Rømningstid	47

5.3	Sammenligning av faktisk og beregnet rømningstid	48
6	Fraviksdokumentasjon for fravik §11-9, tabell 1B overflatekrav	50
6.1	Beskrivelse av og begrunnelse for fraviket.....	50
6.2	Funksjonskrav TEK17 §11-9, 2.ledd	50
6.3	Kompenserende tiltak	50
6.4	Konsekvensvurdering	50
6.5	Behov for verifikasjon	51
7	Diskusjon	52
7.1	Risikovurdering av RKL 6.....	52
7.2	Betydning av organisatoriske tiltak	53
7.3	Personikkerhet ved brannvesenets innsats	54
7.4	Resultater fra simulering og hydrauliske beregninger	54
7.5	Metoder for dokumentasjon - Fraviksdokumentasjon	56
7.5.1	Applikasjon.....	56
7.6	Fordeler med KLT	56
7.7	Bruk av ubehandlet KLT	57
8	Konklusjon.....	60
	Videre arbeid.....	61
	Vedlegg A – Vekstrater for designbrann	68
	Vedlegg B – Euroklasser	69
	Vedlegg C – Verdier for geometri i Argos	70
	Vedlegg D – Utvikling av HRR i to-sone modellen	72
	Vedlegg E – Utvikling av røyksjiktshøyde i to-sone modellen	73
	Vedlegg F – Tabeller for hydrauliske beregninger av tid til rømning	74
	Vedlegg G - Plantegninger for Rørvik helsesenter plan 2 og 3	76
	Vedlegg H – Fraviksdokumentasjon.....	79

Figurliste

Figur 1 Tre hovedtyper av massivtre. a; kantstilt element, b; krysslagt element, c; hulromselement [13].	3
Figur 2 Utvikling av brann delt inn i fire faser i tillegg til overtenning i vekst-fasen [5]	5
Figur 3 Grafen er en temperatur-tid kurve og viser utvikling av designbrann [18].	7
Figur 4 HRR (energiproduksjon) for vekstfasen for brann med ulik vekstfase [18].	7
Figur 5 Viser resultater fra WCTE-studiene hvor grafene viser hvordan brannen i utvikler seg i et rom. Hvor x-aksen representerer tid og y-aksen temperatur [24].	11
Figur 6 Utklipp fra rapport [25]. Figuren viser en EI30 standardkurve (stiplet linje) og gjennomsnittstemperatur i brannrommet (heltrukken linje) ved fullskalaforsøket.	12
Figur 7 Bilde fra forsøket [28]. Fra venstre det er bilde av brannimpregnert KLT-overflate, brannmalt KLT-overflate og ubehandlet KLT-overflate.	14
Figur 8 Utklipp fra rapport [28]. Viser resultatene fra forsøket i en temperatur/tid-graf.	15
Figur 9 Viser inndelingen av den totale tilgjengelige rømningstiden fra brannstart til kritisk forhold [29].	17
Figur 10 Effekten av sprinkleranlegg i brann ift. HRR [46].	28
Figur 12 Produktbilde av sprinklerhode. Kilde: GL1112 fra krug.no Hentet: 29.04.20	28
Figur 11 Utløsningstemperaturer for sprinklerampuller ut fra deres farge [60].	28
Figur 13 Viser inndelingen av varm og kald sone i to-sone modelleringen [54].	37
Figur 14 Forenklet geometri av en utvalgt seksjon i Rørvik sykestue. Se Vedlegg G for plantegninger for plan 2 og 3.	39
Figur 15 Temperatur i brannstartsrommet ved simulering av brann i pleieinstitusjon i Argos uten sprinkleranlegg.	42
Figur 16 Felles graf for med og uten sprinkleranlegg ved simulering av pleieinstitusjon i Argos.	43
Figur 17 Brannskissen for andre etasje i Rørvik sykestue hvor brannen startet. Ansatte og pasienter rømte fra den seksjonen er som er markert i oransje til seksjonen som er markert i rødt. Rømningsretning er markert med røde piler.	49

Tabelliste

Tabell 1 Viser prisforskjeller mellom de brannimpregnert, brannmalt og ubehandlet treverk [28].	15
Tabell 2 Forklaring på RKL 6 ift. personopphold, rømningsforhold, overnatting og brannfare.. Utdrag av tabell i § 11-2. Risikoklasser fra TEK 17 [1].	16
Tabell 3 Akseptkriterier for personsikkerhet. Feil! Bokmerke er ikke definert.	
Tabell 4 Preaksepterte overflatekrav i RKL 6 for de ulike brannklassene. Utdrag fra TEK 17 § 11-9 Tabell 1B	30
Tabell 5 Inndeling av anvendelseskategori 5 og 6 iht. BR18 § 85.	31
Tabell 6 Sammenheng mellom AK, RK og BK for bygg inn under bilag 6 og 7 iht. BR18 § 86.	32
Tabell 7 Preaksepterte overflatekrav utfra BR18 bilag 6 og 7.	32
Tabell 8 Preaksepterte overflatekrav ut fra Boverkets byggeregler.	36
Tabell 9 Egenskaper for ubehandlet massivtre, brannen og tekniske installasjoner i simulering i Argos.	40
Tabell 10 Resultater fra simulering av brann i pleieinstitusjon i Argos uten sprinkleranlegg aktivert. De viktigste hendelsene er uthevet.	41
Tabell 11 Resultater fra simulering av brann i pleieinstitusjon i Argos med sprinkleranlegg aktivert. De viktigste hendelsene er uthevet.	42
Tabell 12 Beregnet forflytningstid fra Rørvik sykestue. Rømningsruten består av tre begrensende elementer; dør1, korridor og dør2.	46
Tabell 13 Resultater fra estimert rømningstid og fra simuleringene. Addert med andre rømningselementer resulterer i nødvendig og tilgjengelig rømningstid. Sikkerhetsmarginen i dette tilfellet er satt til 3 ganger større enn nødvendig rømningstid.	47
Tabell 14 Vurdering av egenskaper for tiltak.	51
Tabell 15 Forslag til ny inndeling av risikoklasse 6.	52

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det er stadig mer aktuelt å bygge omsorgsboliger, sykehjem og andre bygg i risikoklasse 6 i massivtre. Dette ikke bare med tanke på CO₂ og miljøgevinst, men det er mye forskning som konkluderer med at det er mange positive effekter med treoverflater i slike bygg (innemiljø, luftkvalitet og helse) [7]. or å utnytte disse effektene er det avgjørende å benytte ubehandlet, synlig tre i branncellene. Utfordringen er at VTEK krever brannimpregnerte overflater i RKL 6 og at dette kravet ikke kan erstattes av sprinklesystem, da TEK stiller krav til automatisk sløkkeanlegg [8].

Ut fra utviklingen av regelverket, er det ikke urimelig å stille spørsmål om overflatekravet burde vært revidert. Opprinnelig skulle overflatekravet gi bedre brannsikkerhet i beboerrommet, men det er i «nyere tid» kommet krav til brannalarm, sløkkeanlegg osv. uten at overflatekravet er sett nærmere på.

Det viktigste er at brukere av bygningen har tilstrekkelig med tid til å komme seg ut i sikkerhet, og derfor blir det fokusert på nødvendig rømningstid og startfasen av et brannforløpet i denne rapporten.

Arkitekter har i de siste årene tatt treverket tilbake da de mener det er estetisk pent å se på. I tillegg er det billigere og det kan bygges høyere bygg siden treverk er lettere enn betong. Treverk er også enklere å reproducere da tre vokser raskt, i motsetning til jern og betong som utvinnes fra jorda [9].

1.2 Problemstilling

Bruk av brennbare overflater i risikoklasse 6-bygg er ikke tillatt i henhold til VTEK 17 § 11-9 Tabell 1 B. I denne rapporten vil bruk av brennbare overflater i risikoklasse 6-bygg både bli vurdert med hensyn på det tidlige og sene brannforløpet, dvs. evakuerings- og slukkefasen (herunder sikkerhet til brannmannskap).

2 Teori

2.1 Tre og massivtre

I dette kapittel vil det bli sett på hva treverk og massivtre er bygd opp av, samt hvilke limtyper som blir brukt for å binde massivtreelementene sammen. Hovedfokuset i denne rapporten vil ligge på krysslagte massivtreelementer med lim som forbindelsesmiddel (KLT).

2.1.1 Treverk

Treverk er et inhomogent materiale som består av cellulose, hemicellulose og lignin, hvor sammensetningsmengden av disse varierer fra treverk til treverk [10]. Cellulose har formelen ($C_6H_{10}O_5$) og er sammensatt av glykoserester og er den viktigste bestanddelen i alle planter. Hemicellulose er en gruppe polysakkarider som kommer fra veggene i plantecellene sammen med cellulose [11].

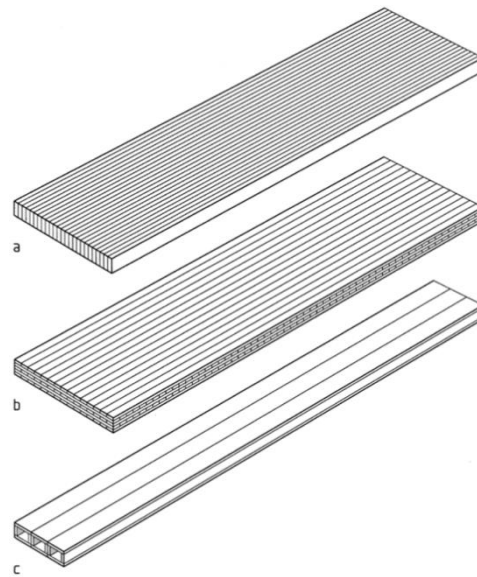
2.1.2 Massivtre

I motsetning til vanlig treverk er massivtre bygd opp av treplanker, eller lameller, som er satt sammen til elementer ved bruk av spiker, skruer, tredybler, lim eller stålstag [12]. Massivtreelementene varierer i tykkelse og antall lag av lameller avhengig av funksjon og bruksområde. Sjøktene kan bestå av ulike tresorter som furu, osp, bjørk og eik, hvorav gran og furu blir mest brukt i Norge. Massivtre kan brukes som bærende elementer i tak, vegger, etasjeskillere og andre konstruksjonstyper. Massivtre deles inn i tre hovedtyper (se Figur 1);

- Kantstilte elementer
- Krysslagte elementer
- Hulromselementer

Kantstilte elementer (se Figur 1a) består av stående lameller, hvor skruer, spiker, tredybler eller stålstag blir brukt som forbindelsesmiddel.

Hulromselementer (se Figur 1c), eller tverrspente bordstabelementer er elementer som kan bli fremstilt i mange forskjellige varianter, men fellestrekket for hulromselementene er at de har hull mellom øvre og nedre massivtre element. Denne typen element kan også brukes som bærende elementer i gulv, vegger, tak, i boliger, næringsbygg eller bygg med flere etasjer.



Figur 1 Tre hovedtyper av massivtre. a; kantstilt element, b; krysslagt element, c; hulromselement [13].

Krysslagte elementer (se Figur 1b) er den vanligste typen massivtre og er satt sammen av lameller som er krysslagt i ulike sjikt, enten 90 eller 45 grader i forhold til hverandre [14]. Lim og tredipler blir brukt som forbindelsesmiddel i disse elementene. I denne rapporten er det blitt fokusert på krysslagte elementer med lim som forbindelsesmiddel.

Krysslagte elementer satt sammen med lim blir fremstilt ved å påføre lim mellom sjiktene (lamellene). I enkelte tilfeller blir lamellenes kanter påført lim [13]. Dette fører til at tettheten mellom plankene øker, samt brannmotstanden blir forsterket.

Krysslagte elementer med tredipler som forbindelsesmiddel er den andre metoden å sette sammen lamellene på. Etter at trelagene er satt sammen, forborres det hull i elementet og trediplene presses inn. Trediplene består vanligvis av bøk som inneholder en lav fuktighetsprosent, dyblene vil derfor tiltrekke seg fuktighet fra omliggende trevirke og luft, og deretter svulle. Således forbindes lamellene og et statisk samvirke oppnås. Avstand på dyblene avhenger av størrelse og funksjon.

2.1.3 Limtyper

Lim-skjøtene skal ha en styrke og holdbarhet slik at integriteten av bindingen er beholdt i brannmotstandsperioden. Ved forbindelser av tre kan lim av fenol-formaldehyd og aminoplast (type 1) benyttes i henhold til NS-EN 301:2017¹.

For kryssfiner og LVL (Laminated Veneer Lumber) kan lim i henhold til NS-EN 314-2:1993² benyttes. Siden 1994 er PUR-lim blitt klassifisert som Type 1 lim ihht. NS-EN 301:2017 med tilleggskrav. Først i 2008 ble lim-klassifiseringsstandarden for PUR-lim, NS-EN 15425:2008³, publisert. Den blir senere erstattet med NS-EN 15425:2017⁴.

Iht. NS-EN 15425:2008⁵ skal PUR-lim testes ved 70 °C, hvor elementene blir belastet med konstant last på prøvestykket i to uker.

Ifølge Stora-Enso benyttes polyuretanlim (polyurethane) (PUR) på overflaten og lamellene, mens den smale siden er limt med EPI-lim. De limtypene som benyttes er formaldehydfrie og utgjør ingen helsefare. I tillegg reduseres mengdene så langt som mulig. Resultatet blir en andel på 1 % lim. [15]

De fleste typer polyuretan-lim er termoherdende polymerer, dvs. de blir stive og faste ved oppvarming. Limet påføres som en væske og elementene blir så presset sammen før limet herder, ofte kan romtemperatur være nok for herdingen. Limet vil ikke sprekke eller trekke seg sammen ved herding, og det er mulig å fjerne overflødig lim etter herding. Det vil heller ikke smelte ved oppvarming etter limet er fullstendig herdet [16].

EPI-lim (Emulsion Polymer isocyanate adhesive) er et kaldherdet lim, som har høy fleksibilitet, lav krypning, inneholder ingen formaldehyd og gir utmerket vannmotstand i både kaldt og kokende vann [17].

¹ Lim av fenolplast og aminoplast for bærende trekonstruksjoner - Klassifisering og ytelseskrav

² Kryssfiner - Heftfasthet - Del 2: Krav

³ Lim - Enkomponent polyuretan for bærende trekonstruksjoner - Klassifisering og ytelseskrav

⁴ Lim - Én-komponents polyuretan (PUR) for bærende trekonstruksjoner - Klassifisering og krav til utførelse

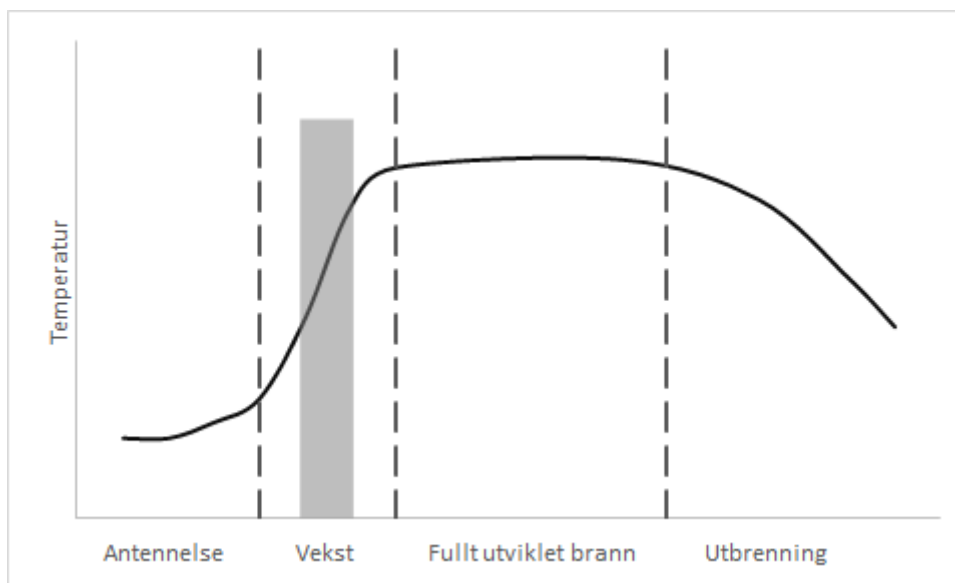
⁵ Fikk ikke tilgang til NS-EN 15425:2017.

2.2 Brann

2.2.1 Brannforløp⁶

Et brannforløp består av fire faser, se Figur 2;

- Antenningsfase
- Vekstfase
- Fullt utviklet brann
- Utbrenningsfase



Figur 2 Utvikling av brann delt inn i fire faser i tillegg til overtenning i vekst-fasen [5]

Hvor hurtig en brann utvikler seg og hvor høye temperaturer som oppnås, varierer fra brann til brann og hvor i brannforløpet brannstørrelsen vurderes. Fasene er derfor beskrevet for å vise variasjonene i temperatur og energiproduksjon i et fullstendig brannforløp.

En brann begynner med at et stoff i form av fast stoff, væske eller gass blir antent. Antennelse kan skje ved at menneske med vilje forårsaker en brann, eller det kan antenne uten menneskelige årsaker som pilot-antennelse, spontantennelse og selvantennelse. Pilotantennelse skjer ved at brannen blir forårsaket av antennelseskilder som fyrstikker, gnister eller glør. De to siste formene for antennelse skjer uten ekstern tennkilde. Når antennelse skjer ved at ytre påkjenner som for eks. varmestråling varmer opp et materiale til det blir varmt nok til at det

⁶ Denne delen av rapporten bygger på innleveringsrapport 4 i ING3049 Brannteknisk simulering fra høsten 2019.

antenner, kalles spontanantennelse. Selvantennelse skjer når materialet i seg selv produserer så mye energi at det antenner [5].

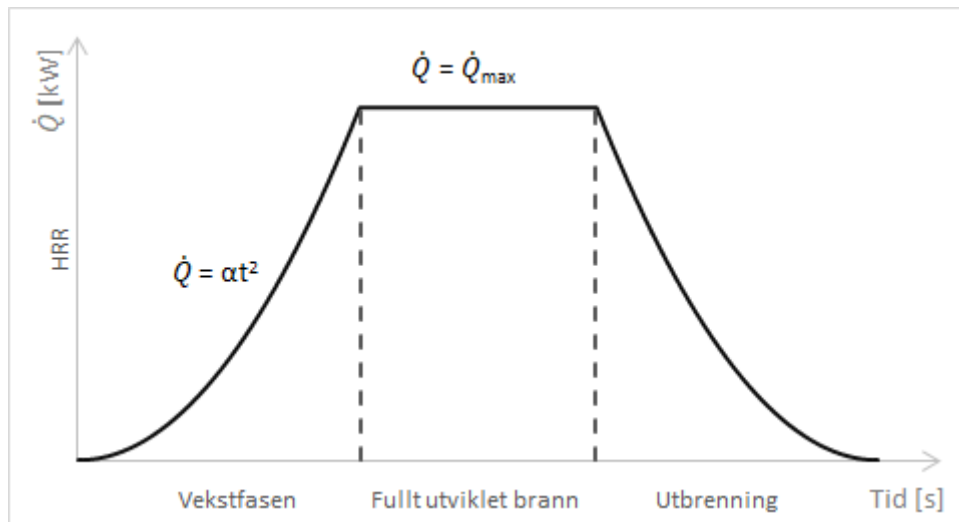
Når antennelsen har funnet sted vil brannen utvikle seg. Størrelsen på brannen og hvor fort brannen utvikler seg avhenger av flere faktorer. En brann i vekstfase har tre mulige utfall; slukke, brenne konstant eller vokse. Dersom brannen slokker, forbruker brannen mer gass enn den er i stand til å produsere og dermed gå rett til nedbrenningsfasen og slukke. Når brannen holder en konstant forbrenning, vil brannen forbruke like mye gasser som den produserer. Brannen vil utvikle seg når brannen er i stand til å øke produksjonen av brennbare gasser [5].

Ved en fullt utviklet brann vil brannen gå fra brenselskontrollert til ventilasjonskontrollert, hvor brannen styres av mengden luft som er tilgjengelige i rommet til enhver tid. I tilfeller vil overgangen fra vekstfase til utviklingsfase skje ved overtenning, men ikke alltid. Overtenning er en kraftig økning i varmeproduksjon og kjennetegnes ved at alle brennbare overflater, samt røyklaget under taket blir antent i løpet av kort tid. [5]. Overtenning vil inntreffe når rombrannen når en temperatur på 500-600 °C [18].

Forbruket av brennbare materialer er høyt i når brannen er fullt utviklet og det vil etter tid bli mangel på brennbare materialer og brannen vil minske i omfang. Når det skjer, har brannen gått over utbrenningsfase. Utbrenningsfasen vil vare så lenge det er høy nok temperatur til at materialene pyrolyser brennbare gasser. Temperaturen vil i denne fasen bli redusert, dermed blir også energiproduksjonen redusert. Utbrenningsfasen kan vare svært lenge [5].

2.2.2 Designbrann

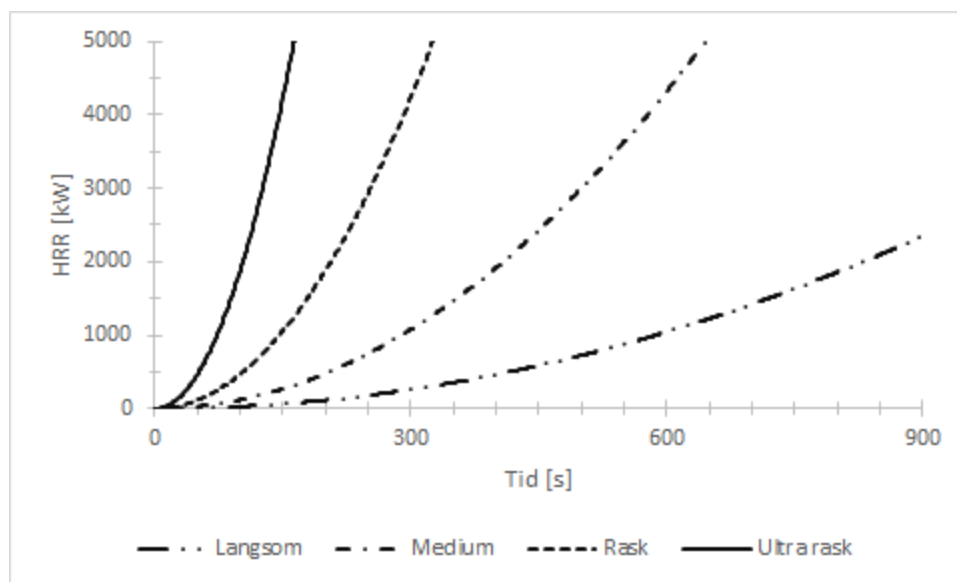
En designbrann illustrerer energifrigjøringen i et brannforløp, se Figur 3, med et tidsperspektiv på 30 minutter og videre utover. Design og bygningskonstruksjoner gir Byggteknisk forskrift krav til design av sikker rømning og sikkerhet for brannmannskapene.



Figur 3 Grafen er en temperatur-tid kurve og viser utvikling av designbrann [18].

I en designbrann deles det inn i [18] (se Figur 3);

- Vekstfase
- Fullt utviklet brann
- Utbrenningsfasen



Figur 4 HRR (energiproduksjon) for vekstfasen for brann med ulik vekstfase [18].

I vekstfasen bestemmes vekstfaktoren til brannen. Formelen for vekstfasen er $\dot{Q} = \alpha t^2$. Koeffisienten α er vekstfaktoren og deles inn i medium, rask, ultra rask og langsom brannutvikling, t er tiden fra etablert brann. Figur 4 viser energi-tid graf som illustrerer de ulike

vekstfaktorer og se vedlegg A for de ulike verdiene til vekstfaktorene. Vekstfaktoren bestemmes på bakgrunn av virksomheten i bygningen.

I fullt utviklet brann går brannen inn i en konstant fase der $\dot{Q} = \dot{Q}_{max}$, hvor \dot{Q}_{max} viser når brannen har nådd sin maksimale energifrigjøring.

2.3 Krysslaminert massivtre i brann

Hovedprinsippet innen brannsikkerhet er å begrense spredning av brann og røyk ut fra branncelle i størst mulig grad. Sammen med konstruksjonens bæreevne og stabilitet, har den branncellebegrensende evnen til overflateelementer i et rom en kritisk funksjon ved brann og har mye å si for brannutviklingen. Dokumentasjonen av disse egenskapene skjer gjennom branntesting og klassifisering etter standarder. Ut fra standardiserte tester ved branneksponering kan massivtre oppnå høy bæreevne og en branncellebegrensende funksjon [19].

2.3.1 Branntekniske egenskaper til treverk

Treverk er brennbar og har et forutsigbart brannforløp der treverket brenner med tilnærmet konstant hastighet på ca. 0,65 mm/min [20]. Antennelsestemperaturen til treverket ligger på 100-105 °C og avhenger av mengde fuktinnhold. Ettersom temperaturen stiger vil treverket starte en degraderingsprosess, også kalt pyrolyse, der treverket avgir brannbare gasser. Ved temperaturen mellom 230-260 °C har treverket nådd flammepunktet, det vil si at de letteste gassene som metanol og formaldehyd forblandes med luft og kan antennes ved en ekstern varmekilde. Treverket når selvantennelsestemperaturen mellom 350-450 °C og temperaturen vil etter denne fasen kunne stige til 1000 °C [21].

Kort oppsummert vil brann i treverk foregå på følgende måte;

- Fordamping av fuktighetsinnholdet i treverket 100-105 °C
- Pyrolyse 110-230 °C
- Antennelse av pyrolysegassene
- Forbrenning av overflate

2.3.2 Energiproduksjon (HRR)

Sammen med temperaturutviklingen, er energiproduksjon (Heat Release Rate) til brannen viktig for å beskrive brannutviklingen i et rom. HRR beskriver varmemengden som gis i brannen per tidsenhet, og forteller dermed hvor intens brannen i de forskjellige fasene av brannen. I tillegg er HRR den viktigste faktoren for å vurdere risikoen ved brann [22].

2.3.3 Forkulling

Et viktig moment ved den termiske degraderingsprosessen er dannelsen av et forkullet lag mellom overflaten og påvirker treverket. Treverket begynner å forkulle ved en temperatur på 300 °C [20]. Det forkullede laget dannes på den branneksponte overflaten, hvor kull-laget med tiden vokser, mens det uskadete tverrsnittet trematerialet reduseres. Det uskadete tverrsnittet bærer lasten som er påført konstruksjonen. Pyrolyse og forkulling av treet avhenger av brannekspontingen i rommet, hvorav stråling fra de varme røykgassene og overflatene er sentrale faktorer [19].

Kull-laget som blir dannet på overflaten har en isolerende effekt på treverket som ikke er forkullet, dermed kan trevegger med store tverrsnitt inneha høy brannmotstand, fordi det kan fortsette å bære påsatte laster selv om tverrsnittet er redusert. Varmeksponte krysslaminerte tre-elementer forkuller sakte, og tverrsnittet på det uskadete trematerialet kan reduseres mye før konstruksjonen kollapser. Dersom de krysslagte elementene bidrar til forbrenningen, kan varmeomgivelsene bli økt og brannutviklingen negativt påvirket [19].

2.3.4 Delaminering

Delaminering i krysslaminert tre-element oppstår etter hvert som treverket forkulles og skjer når forkullet sjikt løsner fra elementene og faller ned. Det vil si at det uskadete tverrsnittet som bærer lasten av sjiktet er forkullet bort. Frisk krysslaminert kommer da til syne og kan bidra til å øke intensiteten av brannen ved økning av HRR (energiproduksjon) og mer trevirke involvert i brannen. Dette fører til raskere forkulling og reduksjon av tverrsnittet. På denne måten endrer delaminering brannforløpet, og forkullings-hastigheten er dermed ikke konstant [19]. Den er ikke konstant pga. at ved en delaminering av det første sjiktet, og nytt treverk blir synlig, er rommet allerede varmet opp, og treverket i noen grad, og får en større brannhastighet enn det første sjiktet.

Sekundær-overtenning kan oppstå senere i brannforløpet grunnet delaminering av massivtre-elementene. Etter at delaminering inntreffer, vil brannen ha mulighet til å produsere mer energi og dette kan resultere i en ny overtenning. Delaminering kan forhindre eller forsinkes ved å benytte limtyper som opprettholder klebeegenskapene ved temperaturer over 300 °C, som er forkullingstemperaturen til trevirke [23].

2.3.5 Studie; Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre i bygninger

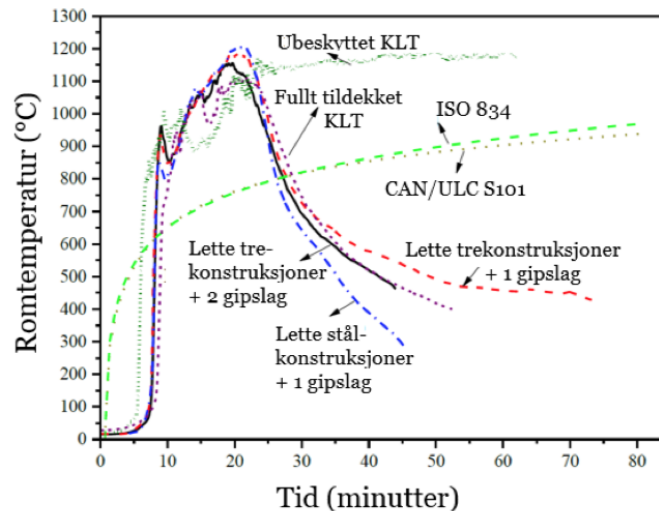
RISE Fire Research har i samarbeid med SINTEF Byggforsk gjort et litteraturstudie av hvordan brannsikkerheten ved bruk av krysslaminert massivtre (KLT) er i bygninger. I det litteraturstudiet har det blitt sett på store og små brannforsøk fra perioder mellom 2010-2018. En av hovedproblemstillingen er hvordan brannutviklingen i rom påvirkes der det er brukt tildekkede eller eksponerte KLT-elementer.

HRR er som nevnt en viktig faktor for å vurdere risikoen ved brann. I forsøkene hvor HRR er målt, har RISE observert at eksponerte KLT-overflater har stor betydelig påvirkning på HRR. Rom hvor KLT er fullstendig beskyttet med gipsplater, hadde lik temperaturutvikling og HRR som rom med stålkonstruksjoner med samme type gipsplater [19].

Det er blant annet vist at eksponert KLT kan påvirke brannutviklingen som følger [19];

- Store eksponerte treoverflater kan gi raskere brannutvikling og overtenning
- En høyere total HRR som følge av økt brannenergi
- Mer langvarig brann på grunn av delaminering
- Sekundær overtenning

Risikoen for delaminering kan redusere ved å bruke varmebestandig lim. Forskning pågår for limtypers egenskaper ved varmeeksponering. Samt økt tykkelse av lamellen som ligger nærmest overflaten i brannrommet [19].



Figur 5 Viser resultater fra WCTE-studiene hvor grafene viser hvordan brannen utvikler seg i et rom. Hvor x-aksen representerer tid og y-aksen temperatur [24].

Forsøkene fra WCTE (World Conference on Timber Engineering) er fullskalaforsøk der rom med en størrelse på 4,5 m·3,5 m·2,5 m med døråpning på 2,0 m·1,0 m har blitt testet [24].

Resultatene fra studiene fra WCTE viser at ubeskyttet KLT har et mye lengre brannforløp sammenliknet med beskyttet KLT, se Figur 5. Ubeskyttet KLT får en raskere temperaturutvikling og overtenning inntreffer tidligere, samt det aldri fikk en nedkjølingsfase. Ut ifra figuren vil brannen med ubeskyttet KLT være i overtenningsfasen etter omtrent 5-6 minutter, mens det ved fullt tildekket KLT når overtenningsfasen etter omtrent 10 minutter [24].

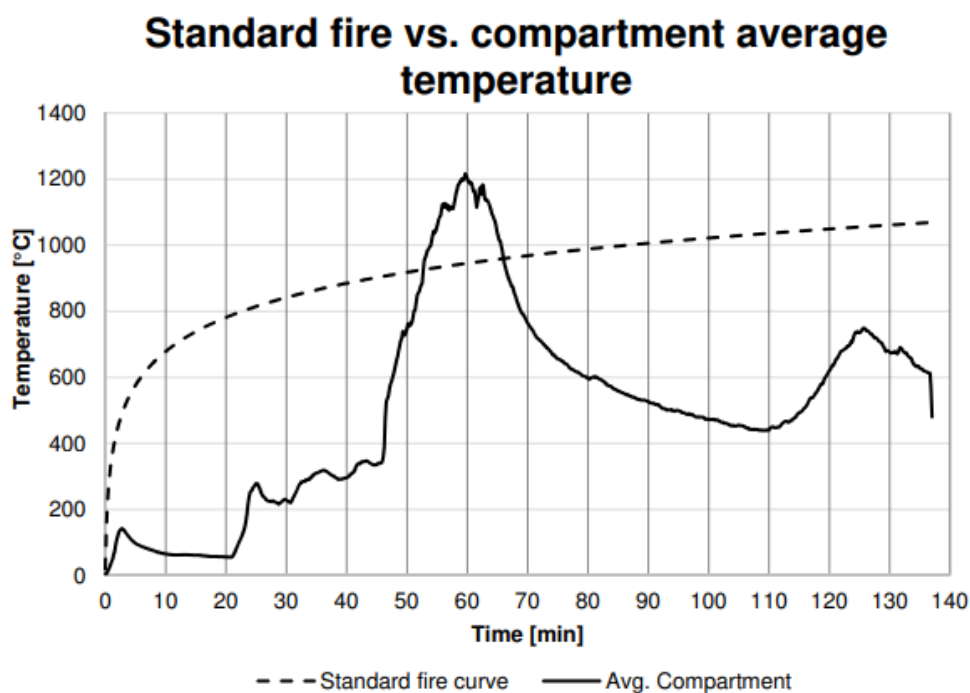
2.3.6 Fullskalaforsøk av KLT

Det ble gjennomført et fullskalaforsøk, i forbindelse med en masteroppgave ved Tallinns tekniske universitet [25], med to vegger av ubeskyttet kl-tre (40, 30, 20, 20, 20 [mm]) for å analysere og vise selvslukking av KLT (fra Peetri Puit). Bygget skulle illustrere en del av en leilighetsbygning med to etasjer, med tak og gulv i begge etasjer. De to veggene uten KLT var dekket med to lag gips, og gulvet var dekket av steinull med sementplater over. I gipsveggene, ovenfor hverandre, var det ett vindu (1400·1500 mm) og en dør (950·2100 mm). I tillegg var det ett vindu (1400·1500 mm) i en av veggene med KLT. Alle dører og vinduer var klassifisert EI30.

Brannen startet ved at sofaen og gardinene ved vinduet ble antent, vinduer og dører var lukket igjen. I de første 20 minuttene kom det en liten mengde røyk ut av bygget, men det var ingen

synlige flammer. Brannmannskaper knuser så det ene vinduet for at brannen skal få tilgang på mer oksygen, og røykvarsleren starter like etter. Brannen begynner å synes fra utsiden, og etter 25 min blir også det andre vinduet i første etasje knust manuelt. Etter 42 min når flammene ut vinduet, og brannen spres gradvis til fasadene. Like før 47 min oppstår den første overtenningen. Brannen spres enda mer utover fasadene helt til utbrenningsfasen begynner etter 58 min, og etter én time og fem minutter begynner brannen å redusere i omfang. Like før én time og ti min kan det sees at KLT-veggene ulmer, uten synlige flammer. Øvre etasje er ikke i brann, kun fasaden som har litt flammer. Etter ca. én time og 51 min faller det forkullede sjiktet av KLT og det andre sjiktet begynner å brenne med en større hastighet siden rommet allerede er oppvarmet. Den sekundære overtenningen oppstår etter to timer, og 16 min etter blir det bestemt at brannen skal slukkes av brannmannskapene siden den ikke ville slukkes av seg selv, og at de hadde fått de resultatene de var ute etter (brannspredning gjennom skjøter og gjennomføringer).

Målinger av temperatur i KLT-veggen viser at temperaturen ikke steg over ca. 300 °C i tiden før den sekundære overtenningen skjedde. Etter to timer øker temperaturen raskt til ca. 800 °C. I rapporten blir det også gjort en sammenligning av EI30 standardkurve og gjennomsnittstemperaturen i brannrommet, se Figur 6.



Figur 6 Utklipp fra rapport [25]. Figuren viser en EI30 standardkurve (stiplet linje) og gjennomsnittstemperatur i brannrommet (heltrukken linje) ved fullskalaforsøket.

Figur 6 viser at gjennomsnittstemperaturen på tidspunktet mellom ca. 53 min og 67 min er ovenfor standardkurven, noe som er tiden før utbrenningsfasen. Gjennomsnittstemperaturen for andre bygg vil mulig være annerledes, da brannbelastningen og romstørrelsen vil variere. Rapporten konkluderer med at en standard brannkurve er en konservativ metode med stor sikkerhetsfaktor for å benyttes i beregninger av designbrann.

2.3.7 Fuktighet

Tidligere bachelorstudier viser at fuktinnholdet i treverket har stor betydning for tid til overtenning [26]. Ved å redusere luftfuktigheten fra 50 % relativ luftfuktighet (9,3 % i vekt) til 20 % (4,2 % i vekt) blir tid til overtenning redusert fra 10 minutter til tre minutter. En luftfuktighet på 80 % tilsvarer en vekt på 13,5 % vekt [26]. Dette er et småskalaforsøk og sannsynligheten for at resultatene er mindre virkelighetsnære er høyere sammenlignet med fullskala. Grunnen til det er at spredning og oppførsel avhenger av størrelse og geometri. Forsøket er en god tilnærming for beregning av trefuktighet, hvor temperaturforløpet er som forventet og overtenning viser en likhet med fullskalaforsøk [26].

2.3.8 Brannimpregnert treverk

Brannimpregnering kan bestå av en rekke ulike kjemikalier, gjerne vannløselige salter, som har egenskaper til å redusere antennelse og forbrenning av treverk. Hvilken type brannimpregnering som blir brukt avhenger av type kjemikaler brannimpregnering inneholder, da disse virker på forskjellig måter [27];

1. Ikke-brennbare gasser spaltes ut av brannimpregnering ved oppvarming og tynner ut de brennbare pyrolysegassene slik at de ikke antennes.
2. Brannimpregneringen danner et glassaktig lag på treverket slik at pyrolysegassene blir hindret i å komme ut til treets overflater.
3. Når forkullingshastigheten i treverket øker, blir vann og kulldioksid dannet i stedet for pyrolysegasser.

En annen måte å impregnere treverket på er gjennom en trykkprosess. Da går treverket gjennom en vakumprosess som frigjør syren i cellestrukturen og erstatter syren med brannbeskyttet middel. Syren finnes naturlig i cellestrukturen i treverket. Brannmotstanden til brannimpregnert treverk vil tilfredsstillende euroklasse B-s1, d0 [28].

2.3.9 Brannmalt treverk

Det finnes også brannbeskyttelse som overflatebehandling, da treverket blir påført lakk eller maling. Overflatebehandling består av brannhemmende kjemikalier i likhet med impregnering. Ved varmeseksponering vil lakken eller malingen swelle og bidra til at isolere bakenforliggende treverk mot varmen og reduserer pyrolysen, samt pyrolysegassene blir hindret i å komme ut på overflaten. I likhet med brannimpregnering tilfredsstiller brannmaling euroklasse B-s1, d0 [28].

2.3.10 Studie; Brannbeskyttet treverk

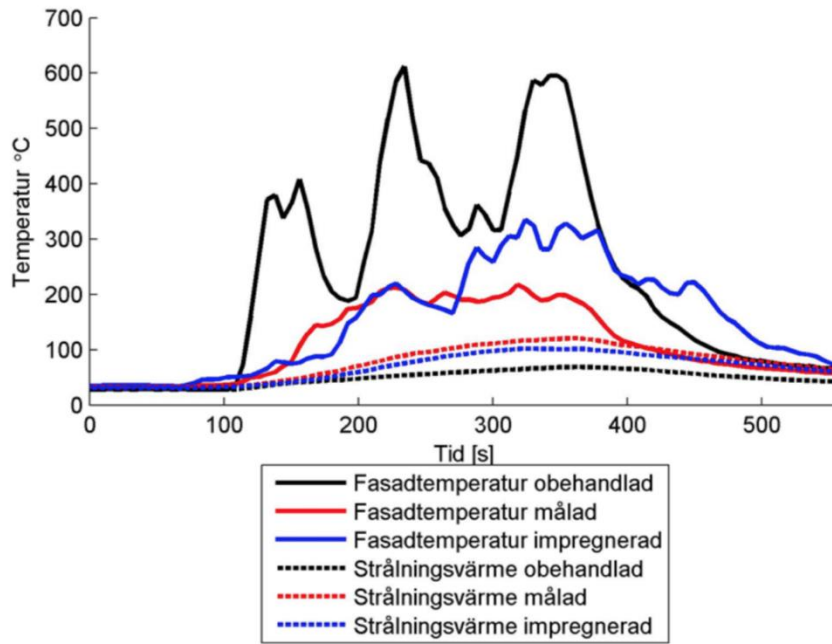
I henholdt til studie fra Mälardalens Høgskole, [28], har det det blitt gjort forsøk av ubeskyttet og beskyttet treverk. Forsøket gikk ut på å brannteste tre ulike fasader av ubehandlet, brannimpregnert og brannmalt treverk, der formålet er å teste antenelighet, flammepredningshastighet og kullagsdybde. Forsøket ble utført samtidig på alle tre fasadene og ifølge Figur 7 ble det allerede observert ulikt brannforløp etter 14 sekunder.

Det ubehandlede treverket begynte umiddelbart å pyrolysere brannbare gasser da væskebrannen ble antent, og ifølge Figur 7 den ubehandlede fasaden antent etter 14 sekunder. 50 % av hele fasaden ble forkullet. Etter hvert som væsken begynte å brenne ut, avtok brannen langs fasaden.



Figur 7 Bilde fra forsøket [28]. Fra venstre det er bilde av brannimpregnert KLT-overflate, brannmalt KLT-overflate og ubehandlet KLT-overflate.

Målingene viser for øvrig at ubehandlet KLT utvikler mer varme over tid, se Figur 8. Det viser også at strålingsvarme er lavest hos ubehandlet KLT blant de tre testplankene.



Figur 8 Utklipp fra rapport [28]. Viser resultatene fra forsøket i en temperatur/tid-graf.

Derav viser det seg at brannimpregnert og brannmalt treverk står imot brannen i større grad enn ubehandlet treverk. Den brannmalte fasaden ble antent etter et minutt, hvor den brannimpregnerte fasader aldri bli antent. For øvrig vil det ifølge dette studiet være mer økonomisk å bruke brannimpregnert treverk, se Tabell 1.

Tabell 1 Viser prisforskjeller mellom de brannimpregnert, brannmalt og ubehandlet treverk [28].

	Livslengde [år]	Pris per år
Ubehandlet treverk	15	7,22kr
Brannimpregnert treverk	40-50	2,29kr
Brannmalt exkl trematerial	25	6kr
Brannmalt ink trematerial	25	10,33kr

2.4 Risikoklasse 6

Byggverk, eller ulike bruksområder i et byggverk, deles inn i ulike risikoklasser ut fra trusselen en brann i det bygget kan innebære for skade på liv og helse [8]. Ved prosjektering og utførelse av bygget skal risikoklassene legges til grunn for å sikre rømning og redning ved en eventuell brann. Dette blir gjort ved at det blir svart på noen påstander og bygget blir plassert i den risikoklassen hvor svarene på påstandene stemmer overens, se Tabell 2.

Ved å gå ut fra det aktuelle bygget, eller del av bygget, og svare på de frasene fra Tabell 2 vil resultatet bli en av de seks risikoklassene som TEK 17 benytter. Generelt for RKL 6 er at det er bygg for overnatting av personer som ikke er kjent med rømningsforholdene i bygget.

Tabell 2 Forklaring på RKL 6 ift. personopphold, rømningsforhold, overnatting og brannfare.. Utdrag av tabell i § 11-2. Risikoklasser fra TEK 17 [1].

Risikoklasse	6
<i>Byggverk kun beregnet for sporadisk personopphold</i>	NEI
<i>Personer i byggverk kjenner rømningsforhold, herunder rømningsveier, og kan bringe seg selv i sikkerhet</i>	NEI
<i>Byggverk beregnet for overnatting</i>	JA
<i>Forutsatt bruk av byggverk medfører liten brannfare</i>	JA

Innenfor risikoklasse 6 er det flere ulike virksomheter. Veiledning til byggteknisk forskrift [8] lister opp:

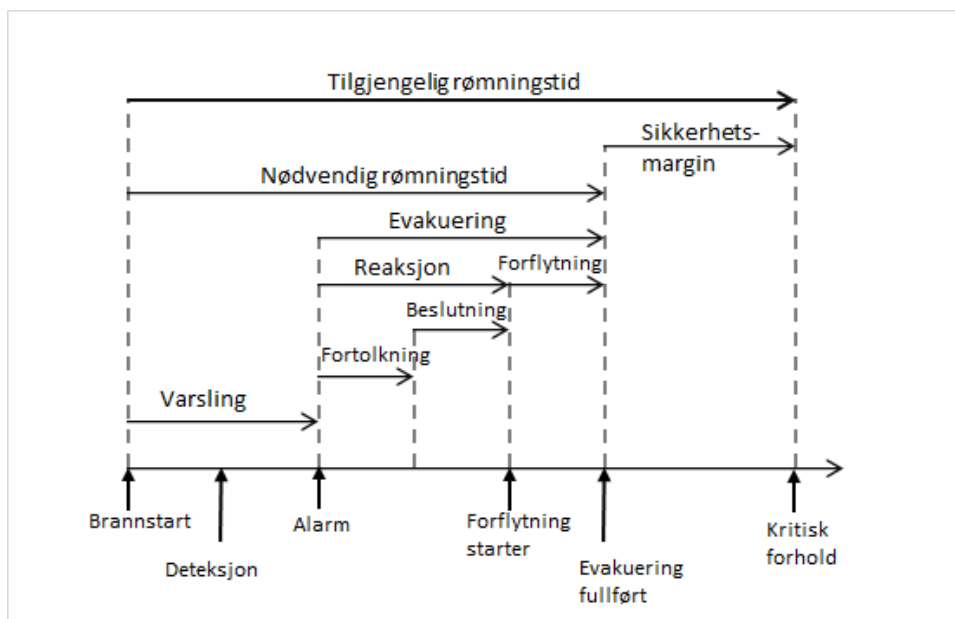
- Arrestlokaler og fengsler
- Asylmottak og transittmottak
- Bolig beregnet for personer med behov for heldøgns pleie og omsorg
- Bolig spesielt tilrettelagt og beregnet for personer med funksjonsnedsettelse, inkl. alders- og seniorboliger
- Feriekoloni og leirskole
- Overnattingssted og hotell
- Pleieinstitusjon

- Sykehus og sykehjem
- Turisthytte og vandrerhjem

Selv om alle disse virksomhetene er i RKL 6 er det forskjeller i antall personer i byggene, hvor kjente de er med rømningsveiene og om de klarer å komme seg i sikkerhet på egenhånd. I noen av virksomhetene er personene låst inn og evakuering blir derfor problematisk, da det vil ta tid å assistere hver enkelt i sikkerhet.

2.5 Evakuering⁷

Tiden fra en brann oppstår til personer i bygget er kommet i sikkerhet er evakueringen (se Figur 9), det legges i tillegg til en *sikkerhetsmargin*. Det varierer om personer *rømmer* selv, eller trenger hjelp til *evakuering*.



Figur 9 Viser inndelingen av den totale tilgjengelige rømningstiden fra brannstart til kritisk forhold [29].

Den totale tiden fra brannstart til kritiske forhold deles inn ut fra hva som blir gjort til hvilket tidspunkt i evakueringen, se Figur 9.

⁷ Dette kapitlet er basert på innlevering 4 i ING3049 fra høsten 2019.

2.5.1.1 Tilgjengelig rømningstid

Definisjonen på tilgjengelig rømningstid er tiden fra en brann oppstår til kritiske forhold oppstår. De kritiske forholdene er definert som grenseverdier for sikt, varmestråling og giftige gasser fra brannen. Tilgjengelig rømningstid vil variere fra brann til brann. Denne tidsperioden blir ofte beregnet ved hjelp av datamodeller, hvor i denne rapporten blir brukt Argos. Argos bygger på en god forståelse av brannkjemi, branndynamikk og røykspredning [6].

2.5.1.2 Nødvendig rømningstid

Nødvendig rømningstid deles opp i varslingstid og rømningstid.

Varslingstid: tiden fra en brann oppstår til den blir detektert. Denne tiden blir delt opp i to faser; deteksjonsfase og verifikasjonsfase.

I deteksjonsfasen blir det oppdaget signaler som signaliserer brann og det signaliseres på to måter;

- En detektor som oppdager brannen og det varsles fra et brannalarmanlegg
- En person som oppdager brann gjennom lyd, lys og lukt, og varsler andre mennesker i området

Verifikasjonsfase: Tiden det tar å verifisere om det virkelig brenner.

Rømningstid: Tiden det tar for selve forflytningen fra et truende område til et sikkert sted. Herunder dette punktet vil det ligge flere underpunkter, hvor det innebærer rømningselementer som forflytningstid og reaksjon, hvor det under reaksjon igjen deles opp i fortolkning og beslutning.

- *Reaksjonstid* → *Fortolkning- og beslutningstid:* I denne fasen vil det blir vurdert om hvor farlig brannen er, og med vurderingen av brannen må vedkommende beslutte hvilke tiltak som skal iverksettes for å gjøre situasjonen bedre, som for eksempel å foreta rømning [6].

2.5.1.3 Sikkerhetsmargin

Differansen mellom tilgjengelig og nødvendig rømningstid blir kalt sikkerhetsmarginen. Sikkerhetsmarginen skal ta hensyn til usikkerheter innen rømning, og skal derfor fungere som en beskyttelse hvis det skulle gå galt. For å bestemme sikkerhetsmarginen må den nødvendige rømningstiden multipliseres med en faktor 2 eller 3 [6], hvor den prosjekterende skal vurdere

hvordan størrelsesorden på sikkerhetsmarginen skal være. Tilgjengelig rømningstid vil derfor være et absoluttkriterium for sikkerhet under rømning [6].

2.5.2 Akseptkriterier for mennesker ved brann

Forskriften om håndtering av eksplosjonsfarlig stoff definerer akseptkriterier kriterier som er basert på forskrifter, standarder, erfaringer eller teoretisk kunnskap som legges til grunn for beslutninger om akseptabel risiko. Det kan uttrykkes med ord eller tall [30]. Tabell 3 viser en oversikt over en rekke akseptkriterier for menneskers tåleevne under brann.

Tabell 3 Akseptkriterier for personsikkerhet

Kriterier		Kommentar:
Røyksjiktshøyde	Romhøyde 2,2 m: 1,82 m	Røyksjiktshøyde er avstanden fra gulvet og opp til røyksjiktet. Beregnes ut fra 1,6 m + 10% av rommets takhøyde. For rom med stor takhøyde benyttes 3 m i henhold til HO-3/2000 [31].
Sikt	Rom over 150 m ² : 10 m Rom under 150 m ² : 5 m	Store rom 1 dB/m = 10 m sikt, og for små rom 2 dB/m = 5 m sikt [10].
Temperatur	60 °C – 80 °C	NS 3901 angir 60°C som anses som litt lite derfor er temperaturkriteriet satt til mellom 60-80 [32].
Stråling	2,5 kW/m ²	HO-3/2000 angir strålingsintensitet på 10 kW/m ² i maks 4 sekunder eller konstant stråling på 1 kW/m ² [31].

2.6 Hydrauliske beregningsmodeller for rømning

Hydrauliske beregningsmodeller tar for seg håndberegninger av rømningstid. Det vil si at rømning kan bli beregnet ved hjelp av formler. Følgende elementer blir beregnet på er [6];

1. Deteksjon og varslingstid
2. Fortolknings og beslutningstid
3. Forflytningstid

Deteksjon og Varslingstid

Tid for deteksjoner og varsling kan blir beregningen med simuleringprogrammer som for eksempel Argos, FDS og andre programmer. Deteksjons og varslingstid varierer etter type alarmsystem bygningen har hvor tiden kan variere mellom 2-5 minutter [6].

Fortolkningstid og beslutningstid

Fortolknings- og beslutningstid avhenger av tilgjengeligheten av informasjon om evakuering, byggets hensikt og hvilken type alarmsystemer som er installert. Faktorer som personens mentale helse og virksomhetens organisatoriske tiltak er medvirkende for tiden til rømning, og dermed kan forsinkelsestid forventes, se vedlegg F. Tiden for fortolkning og beslutning kan variere fra 1-4 minutter [6].

Forflytningstid

Når mennesker begynner å evakuere brukes det en beregningsmodell for å beregne forflytningstid. Denne beregningsmodellen inneholder følgende faktorer;

- Effektiv bredde på dører, korridorer og trapper
- Persontettheten. Tettheten på folkemengden (hvor mange som evakuerer bygget)
- Ganghastigheten til menneskene

Effektiv bredde

Mennesker som går i rømningsveiene i en bygning vil alltid opprettholde avstand fra vegger og gjenstander som de eventuelt passerer. Den effektive bredden er smalere enn den faktiske bredden, og har formelen;

$$W_e = W - 2 \cdot \text{grensesjikt} \quad (1)$$

Hvor:

$W_e =$ effektiv bredde [m]

$W =$ faktisk bredde [m]

Tabellverdier for «grensesjikt» finnes i vedlegg F.

Persontetthet

Persontettheten er målt i antall personer per m^2 og det blir tatt utgangspunkt i voksne mennesker. En persontetthet på 1,9 pers/ m^2 gir maksimale oppnåelige strømningshastigheten, utover denne tetthet vil strømningshastigheten falle raskt. Formelen for folketetthet er gitt;

$$D = \frac{N}{A} \quad (2)$$

Hvor:

$D =$ persontetthet [pers/ m^2]

$N =$ antall personer [pers]

$A =$ arealet av rømningsvei [m^2]

Ganghastighet

Tidligere forsøk viser at de hastigheten er en funksjon av persontettheten.

- $D < 0,54$ pers/ m^2 \rightarrow mennesker som går i egen ganghastighet
- $D > 3,8$ pers/ m^2 \rightarrow antatt ingen bevegelse før tilstrekkelig med folk har flyttet fra det overfylte området.

Ganghastigheten avhenger av hvordan rømningsveiene er utformet. Formel for ganghastighet er;

$$S = k - akD \quad (3)$$

Hvor:

$S =$ ganghastighet [m/s]

$D =$ persontetthet [pers/m²]

$k =$ konstant, tabellverdi

$a = 0,266$

Tabellverdier for k finnes i vedlegg F.

Folkestrømning

Beregnet folkestrømning er den estimerte strømningsraten til folk som passerer et bestemt punkt i rømningsveien, og er også med å bestemme den totale rømningstiden. Formelen er som følgende:

$$F_c = S \cdot D \cdot W_e = (1 - a \cdot D) \cdot K \cdot D \cdot W_e \quad (4)$$

Hvor:

$F_c =$ folkestrømning [pers/s]

$S =$ ganghastighet [m/s]

Forflytning gjennom et beregnet element

Nødvendig tid for at alle kommer seg gjennom et begrenset element, for eksempel en dør.

$$t = \frac{N}{F_c} \text{ [s]} \quad (5)$$

Hvor:

$N = \text{antall personer [pers]}$

$F_c = \text{folkestrømning [pers/s]}$

Endelig forflytningstid

Antall begrensende elementer blir addert og samlet tid tar for seg den totale forflytningstiden.

$$t = t_{dør1} + t_{korridor} + t_{dør2} \text{ [s]} \quad (6)$$

Hvor:

$t = \text{endelig forflytningstid [s]}$

$t_{dør1} = \text{forflytningstid fram til dør 1 [s]}$

$t_{dør2} = \text{forflytningstid fram til dør 2 [s]}$

Antall begrensende elementer varierer etter bygnings oppbygning på rømningsvei. Likningen ovenfor representerer antall begrensende elementer det er i rømningsruten til Rørvik sykestue. Figur 17 viser plantegning og rømningsruten som blir foretatt.

2.7 Ytre miljøfordeler med massivtre

Massivtre har lenge vært betraktet som et miljøvennlig materiale og fokuset på massivtre har i de siste årene økt samtidig som fokuset på klimaet og konsekvensene av global oppvarming har økt. Egenskaper som gjenbruksegenskaper, varmelagringsegenskaper, energieffektivitet, fornybart materiale, lite ressurskrevende til bearbeidet og binding av CO₂ er gode egenskaper som blir fremhevet i dag. Samlet sett vil disse fordelene bidra til å redusere konsekvensene av global oppvarming. For øvrig er trevirke i de nordiske landene relativt kortreist ressurs, og det er flere i dag som ønsker å bruke trevirke i større grad enn tidligere. [33]

2.7.1 CO₂-binding

Med tanke på CO₂-utslipp blir treverk generelt sett på som et klimanøytralt materiale sammen med bærekraftig skogbruk. Produksjonen av limtre er lite energikrevende, og sekundærprodukter som sagflis og høvelspon kan bli brukt videre til energiproduksjon. Når treverket ikke lenger er i bruk som materiale, vil karbonet bundet i materialet bli tilbakeført til atmosfæren som en del av det naturlige kretsløpet, dermed vil materialene ikke tilføre atmosfæren ytterligere CO₂. En fordel med treverk er at treverket har en evne til å binde opp karbon fra CO₂ i luften til å bli byggeklosser i treverket samtidig som oksygen blir frigjort. 50 % av treets tørrstoff inneholder karbon [34]. Dette karbonet vil bli frigjort til atmosfæren når trematerialet brenner eller råtner bort. En kubikkmeter med limtre ha evne til å lagre karbon tilsvarende 750 kg CO₂ etter produksjonen er over. Limet som anvendes derimot vil telle negativt på miljøet ettersom det ikke fremstilles av fornybare råvarer [35]. Til tross for dette er det kun 1 % av massen til limtre, lim [36]. Naturligvis, vil utslipp fra produksjon og transport av treverket forekomme, men sammenlignet med produksjonen av stål og betong er utslippet av klimagasser betraktelig høyere. Det er derfor viktig å se etter muligheter å substituere byggeprodukter som betong, stål og aluminium, ettersom de er mer karbonintensive.

I Paris-avtalen er Norge blant en av 175 land som har signert og forpliktet seg til å begrense utslipp av klimagasser, med spesielt tanke på CO₂ [37]. Intensjonen er å begrense den forventende temperaturøkningen ved å redusere mengde klimagasser med 20 % frem til 2020, satt opp mot referanseåret 1990, med videre mål om reduksjon på 40 % innen 2030. Statistisk sentralbyrå viser at Norge har et totalt utslipp på 0,5 % over 1990 [38], hvor mye av utslippene stammer fra byggebransjen. Byggesektoren står for 30 % av CO₂-utslippet og energiforbruket globalt på 40 % [39] og er et høyere utslipp enn transport og industrisektoren. I og med at byggesektoren er en så stor kilde til CO₂-utslipp medfører dette et stort forbedringspotensial når det gjelder å redusere utslippene.

2.8 Indre miljøfordeler med massivtre

Massivtre som overflatekledning innendørs vil være fordelaktig for inneklimate, da treverket har egenskap til å ta opp fuktighet fra luften og har evne til å skape bedre luftkvalitet for brukere av bygget. For øvrig vil synlig treoverflater påvirke menneskets psykiske helse.

2.8.1 Fuktighet i treverket

Luften inneholder en viss mengde fuktighet i form av vanndamp. Hvor mye vanndamp som er i luft, kan beskrives med relativ luftfuktighet (RF). Den relative luftfuktigheten måles i prosent.

Luftfuktigheten innendørs har en nær sammenheng med luftfuktigheten utendørs, hvor det på vinteren er lav luftfuktighet, ikke uvanlig med 15-25 % i kontorbygg, men om sommeren er høyere da varm luft inneholder med fuktighet, da er 50-90 % normalt [40]. For øvrig vil bruksfuktigheten, som vanndamp fra personer, matlaging og personlig hygiene, bidra til å til at luftfuktigheten ved normal romtemperatur blir økt med 20 %, noe som er ikke uvanlig ved pleieinstitusjoner da rommene inkluderer badrom [40].

Tre påvirker inneklimate ved at tre har mulighet til å ta opp fuktighet, for så frigjøre fuktigheten i materialet raskt igjen. Endringer i temperatur og fuktighet i luften i omgivelsene vil bidra til å sette i gang en fuktbevegelse i tre-elementet. Ved fuktbevegelse i tre-elementet vil det skje mekaniske og fysiske endringer som krymping og svelling. For å få et optimalt inneklimate med god luftkvalitet og komfort, er det viktig å ikke stenge porene til treverket slik at treverket kan diffundere fuktigheten i lufta. Derfor vil det være hensiktsmessig å la overflatene til massivtre være ubehandlet. Det anbefales at tre-fuktigheten ligger mellom 8-12 % i det ytterste laget [41].

Faren for muggsopp og råtevekst er liten i og med at massivtre har en god evne til å ta opp vann. Ved tilfeller hvor bygg blir utsatt for vannskade, viser studier at det bør iverksettes uttørkingstiltak senest syv døgn etter vannskaden inntraff, slik at massivtre-elementene får tørket [41]. Uttørkingstiltak kan for eksempel være oppvarming og ventilasjon, avfuktingsaggregater eller naturlig tørking [41].

2.8.2 Luftfuktighet og helse

Mennesket tolererer variasjoner i luftfuktigheten godt. Normalt vil luftfuktigheten ligge mellom 20-60 % med liten påvirkning av hvordan inneklimate oppleves, i og med at mennesket ikke har en sans for luftfuktighet [42]. Likevel omfatter inneklimate alle fysiske og kjemiske forhold som påvirker oss inne. Til tross for menneskets tåleevne er et godt inneklimate viktig for helse, trivsel og læringsevne, da dårlig inneklimate kan gi nedsatt funksjonsevne og livskvalitet. Det er derfor spesielt viktig med et godt inneklimate for mennesker som har astma, allergi eller overfølsomhet, også for å forbygge flere og verre luftveisinfeksjoner og generelle plager som hodepine, unormal tretthet og nedsatt arbeidsevne [42].

2.8.3 Psykisk helse

Psykologiske studier viser at synlig treoverflater i et rom fremmer positive følelser og reduserer negative følelser [43]. I tillegg kan resultater fra flere studier bekrefte at tilgangen på natur kan fremme menneskets evne til å hente seg inn fra stress, der grad av stress måles fysiologisk med blodtrykk, puls, spenning i muskulatur [43]. For øvrig viser undersøkelser av synlig treverk i et rom bidrar til et godt innemiljø, spesielt da det oppleves å ha en levende, lun og varm effekt [43].

2.9 Personikkerhet for redningsmannskap

Risikovurdering ved røykdykking skal alltid foretas, og forventet utbytte av innsatsen skal alltid stå i forhold til den risiko røykdykkere utsettes for [44]. Med risiko menes muligheten for at en uønsket hendelse kan oppstå og hvilke konsekvenser dette kan medføre [44]. I store bygg med treoverflater av KLT er det sannsynlig at delaminering vil skje, dette kan være kritisk for røykdykkere i innsats da delaminering kan forårsake sekundær-overtenning. I forbindelse med utfordringene rundt dette er to personer med lang erfaring innen slukkeinnsats fra brannvesenet intervjuet.

I samtale med Guttorm Liebe sier han at overflater og kledninger av treverk eller trebaserte materialer er det som finnes mest av her i landet, og har lengst tradisjon for bruk av disse. Brannmannskapene er derfor generelt vant med at det er treverk som møter dem både i himlinger, vegger og gulv. Derfor er det ingen spesielle forholdsregler som må tas før iverksettelse av røykdykking spesielt med tanke på massivtre-overflater.

Det som en brannkonstabel imidlertid må læres opp til, er at jo større summen av brennbare overflater er, desto mer vann må brukes ved slukkingen. Dette bør øves inn i virkeligheten, både i bygninger eller øvelsesrigger med brennbare overflater.

Brannvesenet i dag er ikke vant til at overflater og kledninger er av treverk eller trebaserte materialer i større bygg, og i hvert fall ikke i de som kommer innunder risikoklasse 6. Den forholdsregelen Guttorm Liebe ville tatt når brennbare materialer brukes som overflater og kledninger, er å bruke objektplanen til bygningen der det kommer klart fram hvorvidt overflatene som bli brukt er brennbare eller ikke.

Odd Narmoe sier hvorvidt det er forsvarlig å sende i røykdykkere skal vurderingen tas av røykdykkleder sammen med utrykningsleder og overordnet leder. For innvending slokking vurderes intensitet av brannen, varighet av brannen og byggkonstruksjon. Farer som gass og kjemikalier, ras av reoler på laget, batterier på trucker solceller blir også vurdert. Brannvesenet prioriter henholdsvis redning av liv, miljø og verdier. Når det er livreddende innsats, er brannvesenet villig til å strekke seg langt.

Når røykdykkerne er inne kjøler de ned branngassene, slokker det som brenner og pensler veggene med vann for å redusere/stoppe av avdamping fra vegger, tak og inventar. Det er viktig for å unngå re-antennning. I etterslukningsfasen blir det søkt etter varme områder som kan ligge skjult, der det gjøres aktiv bruk av IR-kamera, motorsag, brekkjern og eventuelt skjærslukker.

2.10 Sprinkleranlegg

Sprinkleranlegg er et stasjonært anlegg som har vann som slökkemiddel og er konstruert for å slokke eller begrense en brann i startfasen, dermed blir den tilgjengelige rømningstiden økt. Sprinkleranlegg er et av det eldste slökkeanleggene og har eksistert siden 1860-tallet, har lang levetid og har relativ høy pålitelighet. Funksjoner som sprinkleranlegg skal ivareta er [45];

1. Detektere brannen
2. Varsle
3. Slokke eller begrense brannen

Regelverket for detaljprosjekteringen må være egnet i forhold til type bygg hvor det blir skilt mellom to regelverk;

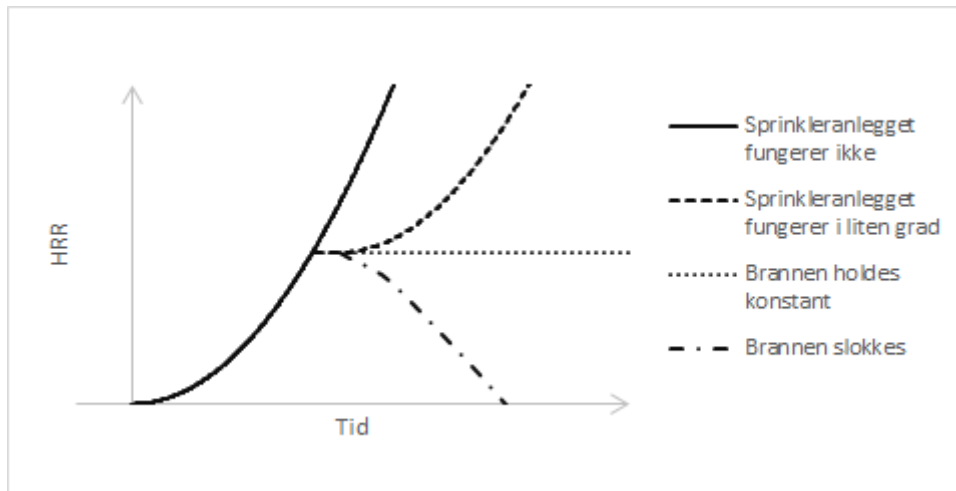
- NS-EN 12845 → Næringsbygg
- NS-EN 16925:2018 + NA:2019 → Boligbygg

NS-EN 12845 passer for alle bygningstyper, men har strengere kriterier for dimensjonering, hvor det kreves rørdimensjoner og det er begrenset dekningsareal per sprinklerhode. Det er også strengere krav til ettersyn og kontroll. Pleieinstitusjon og andre helseinstitusjoner kan gå innunder begge regelverkene, siden boligbyggene kan ha boligsprinkler [45].

Et sprinkleranlegg vil kunne ende i fire typer scenarioer, se Figur 10.

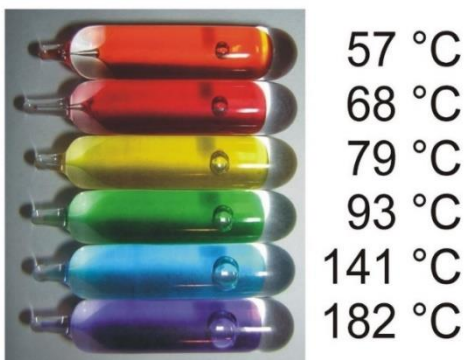
Det første er at brannen kan fortsette utviklingen selv om sprinkleranlegget er utløst, at sprinkleranlegget ikke fungerer (se Figur 10). Det andre er at brannen kan minke en liten stund

før HRR fortsetter å øke, at sprinkleranlegget ikke er riktig dimensjonert. Det tredje er at brannen vil holdes konstant. Det fjerde, og det mest ønskelige, er at brannen slokkes av sprinkleranlegget.



Figur 10 Effekten av sprinkleranlegg i brann ift. HRR [46].

Rørene i et sprinkleranlegg er ofte skjult under himlingen, og den synlige delen er sprinklerhode. Sprinklerhodet består av en ampulle som har ulike farger ut fra utløsnings-temperaturen, se Figur 11 og Figur 12. Den som er mest vanlig å se er den røde ampullen som utløser ved 68 °C. Når ampullen varmes opp utvides væska inni og ampullen knuser slik at lokket til vanntilførselen løsner og vannet kommer ut av sprinklerhodet.



Figur 11 Utløsnings temperaturer for sprinklerampuller ut fra deres farge [60].



Figur 12 Produktbilde av sprinklerhode.
Kilde: GL1112 fra krug.no Hentet: 29.04.20

I tillegg til utløsnings temperatur må det bestemmes RTI, Response Time Index, for ampullen, dette er hvor raskt væska i ampullen vil bli varmet opp. RTI for sprinklerhodene varierer fra 28 til 50 $m^{1/2}s^{1/2}$ for raskt utløste sprinklerhoder og rundt 100 til 360 $m^{1/2}s^{1/2}$ for standard utløste sprinklerhoder [47].

3 Krav til RKL 6-bygg

Ved å se på utviklingen av regelverket i Norge vil det kunne bli oppdaget om sikkerhetsnivået er det samme i dag som det var for 35 år siden, da byggeforskrift 1985 kom. Dette er viktig for å se om det har blitt gjort endringer på noe sikkerhetskrav uten at det er blitt gitt lempelser som gir det samme sikkerhetsnivået som tidligere. Det har blitt sett på byggeforskrift 1985 [48] og byggteknisk forskrift 1997 [49], 2010 [50] og 2017 [1] med tilhørende veiledninger. Alle disse forskriftene har en nokså lik oppbygning og innhold, og det er ikke store endringer.

Det blir også sett på det danske og svenske regelverket, for å se hva de har å forholde seg til i de landene, og om det er noe som Norge kunne bli inspirert. Det er også tatt kontakt med ansatte i Sweco Danmark og Sweco Sverige for å høre hva de ser på som et problem ift. brennbare overflater.

3.1 Utvikling av regelverket

Den første klare forandringen av regelverket er i TEK10 med innføring av aktive tiltak som automatisk brannsløkkeanlegg og heldekkende brannalarmanlegg. Dette er ikke nevnt i BF85, men i TEK17 er automatisk brannsløkkeanlegg et *funksjonskrav* (§11-12 første ledd bokstav b) for bygg i *risikoklasse* 6. Selv om installering av automatisk sløkkeanlegg øker sikkerhetsnivået i bygget, er de passive tiltakene uendret, herunder overflatekrav.

Kravet om automatisk brannsløkkeanlegg er oppfylt, etter veiledning til TEK 17 § 11-12 første ledd bokstav b, dersom det installeres automatisk sprinkleranlegg etter NS-EN 12845:2015. Boligsprinkler kan benyttes der tabell NA.2 i NS-EN 16925:2018 + NA:2019 tillater dette. Ved å installere sprinkleranlegg etter VTEK 17 blir da en *preakseptert* løsning, men det er mulig å benytte andre automatiske brannsløkkesystemer som gass, vanntåke og skum dersom dette dokumenteres som et *kompenserende tiltak* se

Klasse B-s1,d0 [In 1] er begrenset brennbart materiale som brannimpregnert massivtre, mens D-s2,d0 [In 2] er ubehandlet treverk .

Preakseptert løsning for heldekkende brannalarmanlegg for RKL 6 er brannalarmkategori (Kat) 2 etter NS 3960:2019 og NS-EN 54-serien. Kat 2 vil si et heldekkende brannalarmanlegg med optiske røykdetektorer i alle områder.

Tabell 4.

Klasse B-s1,d0 [In 1] er begrenset brennbart materiale som brannimpregnert massivtre, mens D-s2,d0 [In 2] er ubehandlet treverk [51].

Preakseptert løsning for heldekkende brannalarmanlegg for RKL 6 er brannalarmkategori (Kat) 2 etter NS 3960:2019 og NS-EN 54-serien. Kat 2 vil si et heldekkende brannalarmanlegg med optiske røykdetektorer i alle områder.

Tabell 4 Preaksepterte overflatekrav i RKL 6 for de ulike brannklassene. Utdrag fra TEK 17 § 11-9 Tabell 1B

Overflater		Brannklasse		
		1	2	3
RKL	Overflater i brannceller som ikke er rømningsvei			
6	Overflater på vegger og himling/tak, og i sjakter og hulrom	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]

Krav til rømningstider/evakuering

Med tanke på rømningssikkerhet er det i TEK10 lagt til krav til *evakueringsplaner* (§ 11-12 fjerde ledd) før bygget tas i bruk.

Ledesystem er også et funksjonskrav i RKL 6. Dette kan omfatte markeringsskilt, retningsskilt, ledelinjer og nødllys som skal bidra til å lede personer raskt til et sikkert sted. Komponentene i ledesystemet kan være elektriske, belyste eller etterlysende. Preakseptert skal dette prosjekteres og utføres etter NS 3926-1:2017 for ledesystem, og NS-EN 1838:2013 for nødbelysning [1].

3.2 Skandinaviske krav

Ved å studere regelverket i andre land vil det kunne komme frem løsninger som ikke var tenkt på fra før. I denne rapporten blir det sett på regelverket i Danmark og Sverige.

Det blir blant annet sett på:

- Inndeling av risikoklasser tilsvarende den norske RKL 6

- Inndeling av brannklasser
- Overflatekrav for risikoklassene
- Andre tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider

3.2.1 Danmark

Det danske regelverket, Bygningsreglementet 18 (BR18), har en ulik inndeling av risikoklasser og brannklasser enn det norske. De deler inn i anvendelseskategori (AK 1-6), risikoklasse (RK 1-3) og brannklasse (BK 1-2).

Risikoklasse og brannklasse

BR18 har en egen veiledning for hoteller (*Bilag 6: Præ-accepterede løsninger for brandsikring af bygningsafsnit med hoteller mv.*). Regelverket har og en veiledning for bygninger, eller deler av bygning, hvor personer ikke kan bringe seg selv i sikkerhet (*Bilag 7: Præ-accepterede løsninger for brandsikring af bygningsafsnit, hvor personer ikke kan bringe sig i sikkerhed ved egen hjælp*).

Tabell 5 Inndeling av anvendelseskategori 5 og 6 iht. BR18 § 85.

AK	5	6
Bygningsdelen er innrettet med soveplasser	JA	JA/NEI
Personer i bygningsdelen har kjennskap til rømningsveier	NEI	NEI
Personer kan bringe seg selv i sikkerhet	JA	NEI
Maksimalt antall personer, som rommet er innrettet til	Ingen begrensning	Ingen begrensning

Bilag 6 og 7 tilsvarer AK 5 og 6, og blir valgt på måten vist i Tabell 5. Inndelingen av AK brukes videre til å dele inn i RK og BK, se Tabell 6.

Inndelingen av risiko- og brannklasser i det norske regelverket er mindre innviklet enn det danske, som deler inn kjennskap i bygget og mulighet for å bringe seg selv i sikkerhet som to ulike punkter, se Tabell 2 og Tabell 6.

Tabell 6 Sammenheng mellom AK, RK og BK for bygg inn under bilag 6 og 7 iht. BR18 § 86.

	Bygg som går inn under bilag 6		Bygg som går inn under bilag 7	
AK	5		6	
RK	2*	3**	2*	3***
BK	2		2	

* Bygninger med høyst 1 etasje over terreng og høyst 1 etasje under terreng.

** Bygninger med gulv i øverste etasje er høyst 22 m over terreng og høyst 1 etasje under terreng.

*** Bygninger med høyst 2 etasjer over terreng og høyst 1 etasje under terreng.

Overflater

Det vises i BR18, kap. 5 §108, at innvendige overflater i rom ikke må bidra vesentlig til brann- og røykspredning i den tid personene i rommet skal bruke til å bringe seg i sikkerhet. For rømningsvei gjelder tilsvarende krav, jf. BR18, kap.5, §110.

Der Tabell 7 oppgir overflate minst klasse B-s1,d0 aksepteres det at opptil 20 % av overflatene utføres med klasse D-s2,d2 [52], dette gjelder ikke i rømningsveier.

Der Tabell 7 oppgir overflate minst klasse B-s1,d0 aksepteres det at opptil 20 % av overflatene utføres med klasse D-s2,d2 [52], dette gjelder ikke i rømningsveier.

Tabell 7 Preaksepterte overflatekrav utfra BR18 bilag 6 og 7.

Overflatekrav til vegg	Bygg som går inn under bilag 6	Bygg som går inn under bilag 7
Generelt	K ₁ 10 / B-s1,d0 [klasse 1 beklædning]	

Unntak etter BR18 Bilag 6 Tabell 4.8⁸	K ₁ 10 / D-s2,d2 [klasse 2 beklædning]	
Rømningsvei	K ₁ 10 / B-s1,d0 [klasse 1 beklædning]	

Tekniske installasjoner

Sprinkleranlegg skal installeres i bygg i AK 5 og 6 (jf. BR18 § 123) dersom bygget er mer enn 2 000 m² (dersom bygget er én etasjes), eller mer enn 600 m² (dersom bygget er mer enn én etasje).

Det skal installeres automatisk brannalarmanlegg med automatisk varsling i AK 5 med mer enn 10 soverom eller mer enn 50 soveplasser. I AK 6 skal det installeres automatisk brannalarmanlegg der varslingen tilpasses personene i bygget.

Evakuering

Panikkbelysning (jf. BR18 § 96) skal installeres i oppholdsrom i AK 6 for mer enn 150 pers, eller i rømningsveiene i AK 5 og 6 der etasjearealet er større enn 1 000 m². Panikkbelysningen kan unnlates dersom alle soverom har dør direkte til terreng.

Drift-, kontroll- og vedlikeholdsplan for bygg i AK 5⁹ og 6¹⁰ skal utarbeides for å sikre at ulike driftsmessige krav er oppfylt (jf. BR18 § 148). Disse kravene er bl.a.:

- Ordensregler om forebygging av brann
- Brann- og evakueringsinstruks
- Beskrivelse for opplæring av personell
- Opphengt info om alarmering og evakuering i AK 5
- En fast våken vakt pr. 50 m i soveroms-delen av en pleieinstitusjon uten automatisk brannalarmanlegg
- Beskrivelse av omfang og frekvens av brann- og rømningsøvelser

⁸ Gjelder: Bygninger i én etasje, bygninger hvor gulv i øverste etasje er høyst 5,1 m over terreng, eller bygninger hvor gulv i øverste etasje er høyst 22 m over terreng.

⁹ Med mer enn 10 soveplasser (jf. BR18 § 147).

¹⁰ Til flere enn 50 pers. eller mer enn 10 soveplasser (jf. BR18 § 147).

3.2.2 Sverige

I Sverige benyttes Boverkets byggeregler (BBR 2011:6) [53]. Inndelingen av risikoklasser i Sverige er lik som i Danmark. De kaller risikoklasse «verksamhetsklass», Vk, og den deles inn i 6 ulike.

Risikoklasse og brannklasse

Den norske RKL 6 tilsvarer Vk 4 og 5 i det svenske regelverket.

Vk 4 – Hotell e.l.

Klassen omfatter bygg der det finns personer som det ikke kan forventes er godt kjent i bygget. De har mulighet til å rømme selv, men det er overnatting i bygget. Bygg i denne klassen kan også være pensjonat eller vandrerhjem, eller andre bygg hvor personer bor en kort periode.

Vk 5 – Omsorgsmiljøer/pleieinstitusjoner

Klassen omfatter bygg det er det bor mennesker som har begrensede, eller ingen, forutsetninger til å bringe seg selv i sikkerhet. Byggene skal deles i risikoklassene 5A, 5B, 5C eller 5D.

- Vk 5A omfatter bygg tiltenkt for virksomhet som bedrives på dagtid. Den omfatter selv liknende virksomhet som bedrives på nattetid. F.eks.:
 - Førskoler, på både dagtid og nattetid.
- Vk 5B omfatter boenheter for mennesker med særskilte behov, f.eks.:
 - Personer med fysisk eller psykisk sykdom
 - Personer med funksjonshemming
 - Personer med demens
 - Eller personer som på en annen måte har nedsatt evne til å bringe seg selv i sikkerhet
- Vk 5C omfatter lokaler for helse- og medisinsk behandling, f.eks.:
 - Sykehus

- Vk 5D omfatter lokaler tiltenkt for personer som holdes innlåst, f.eks.:
 - Varetekt
 - Fengsler
 - Arrestlokaler
 - Lukkede avdelinger

Bygninger skal deles inn i bygningsklasser, Br, ut ifra beskyttelsesbehovet:

- Bygninger som har veldig stort beskyttelsesbehov, skal utformes i bygningsklassen Br0.
- Bygninger med stort beskyttelsesbehov skal utformes i bygningsklassen Br1.
- Bygninger med moderat beskyttelsesbehov skal utformes i bygningsklassen Br2.
- Bygninger med lite beskyttelsesbehov skal utformes i bygningsklassen Br3.

Overflater

Det gis et ”allmänt råd”, tilsvarer *preakseptert ytelse* i VTEK, om at bygningsdeler i Vk 4 og 5 tilfredsstillende klasse B-s1,d0 eller bedre. I tillegg står det at det ikke anbefales å benytte material med en lavere klasse enn D-s2,d0.

Overflater i rømningsvei bør i Br1 og Br2 ha klasse B-s1,d0 eller bedre, og bør festes på material i klasse A2-s1,d0 eller bekledning som ikke har lavere klasse enn B-s1,d0. For Br 3 bør bygg i VK 4 og 5A opprettholde minst klasse B-s1,d0 på tak og klasse C-s2,d0 på vegger (se Tabell 8). De bør festes på material i klasse A2-s1,d0 eller bekledning som ikke har lavere klasse enn B-s1,d0.

Tabell 8 Preaksepterte overflatekrav ut fra Boverkets byggeregler.

	Tak	Vegger
Br1		
Rømningsveier	*B-s1,d0	*B-s1,d0
Lokaler i Vk5A og 5C	*B-s1,d0	*C-s2,d0
Br2		
Rømningsveier	*B-s1,d0	*B-s1,d0
Lokaler i Vk5A og 5C	*B-s1,d0	*C-s2,d0
Br3		
Rømningsveier fra Vk4 og 5A	*B-s1,d0	*C-s2,d0

*Fast på materiale i klasse A2-s1,d0 eller på materiale i klasse k₂10/B-s1,d0.

Tekniske installasjoner

Rømningsalarm som installeres i boliger for sovende personer i Vk 4 og 5 bør lydnivået ved personens hode være 75 dB, for øvrige lokaler bør den være 65 dB. I de ulike Vk bør det være:

- Vk 5A – Brannvarslere
- Vk 5B og 5C – Automatisk brannalarm

Det kan installeres automatisk sprinkleranlegg etter SS-EN 12845, eller boligsprinkler, type 3, i Vk 5B etter SS 883001 og SS 883002.

Evakuering

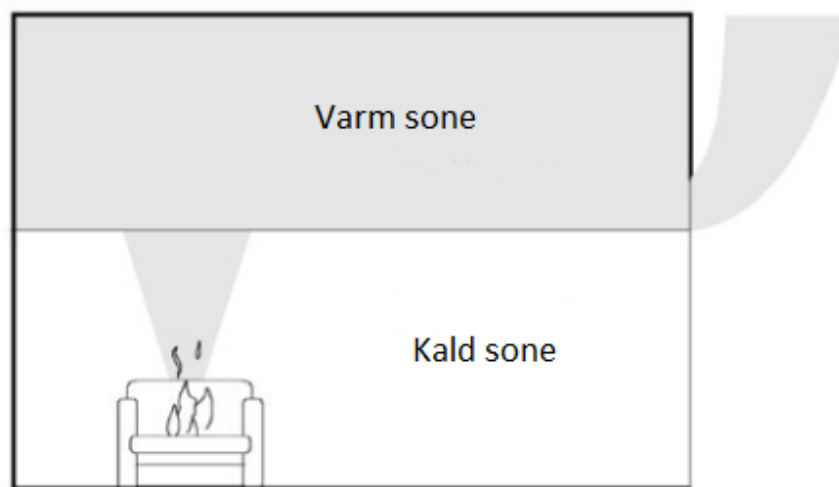
Rømningsveier i Vk 4 skal være utstyrt med rømningsledende markeringer på vegg. Det skal også være installert nødbelysning, og det skal være hengt opp rømningsplaner i hvert rom, de bør plasseres ved dør til rømningsveien.

4 Simulering av brann – To-sone modell

Det skal i denne delen av rapporten gjennomføres en simulering, ved bruk av to-sone modellen Argos, hvor av en brannsituasjon som er oppstått på et av pasientrommene i en pleieinstitusjon.

4.1 Teori – To-sone modellering¹¹

To-sone modellering deler rommet inn i et begrenset antall av kontrollvolum. Det blir ofte delt inn i en varm sone som inneholder varm røyk og branngasser, og en kald sone som opptar resten av rommets volum under det varme røyklaget (se Figur 13).



Figur 13 Viser inndelingen av varm og kald sone i to-sone modelleringen [54].

Beregninger blir gjort på grunnlag av konserveringslikningene for masse og energi. Simuleringene blir gjennomført trinnvis vha. 3 steg;

- Før-prosessering: I denne prosessen vil modellen bli fullstendig opprettet ved å sette inn og definere rommene i plan(ene) i bygningen. Alt av dører, vinduer og vegger vil bli definert. Brannscenarioet i denne delen også bli fastsatt, hvor det kan velges mellom en rekke ulike brannscenarioer. Brannscenarioene blir vanligvis fastsatt etter branneffekt, type brensel (gass, væske eller fast stoff) og størrelse. Hvis ønskelig, kan sprinkler, røykventilasjon og detektorer blir installert. Maks-distanse vil også bli fastsatt i denne delen og som også gir grunnlag til å prosesseringsdelen. Definisjonen

¹¹ Denne delen av rapporten bygger på Innlevering 3 i ING3049 fra høsten 2019.

av maks-distanse er maksimum distanse fra sentrum av brannen til en av hjørnene i rommet, gjerne det hjørnet som ligger lengst unna. Ved lang maks-distanse vil det ta lenger tid til å danne et røyklag i rommet.

- Prosessering: Her vil Argos ta konserveringslikningene i bruk, for å beregne røyklagshøyde, temperatur og varmestråling etc. Det vil også bli beregnet varme-transport fra det varme røyklaget til omgivelsene, samt transport av gasser imellom rommene og oksygenkonsentrasjonen i røyklaget.
- Etter-prosessering: Det vil i denne delen bli satt verdier på faktorene temperatur, gasskonsentrasjoner røyklagshøyde. Simuleringene vil vise resultatene på en tidslinje, hvor det blant en av flere hendelser/bemerkninger kan eksempelvis være tid til kritiske forhold i forskjellige rommene.

For å kunne bruke Argos er det viktig å kjenne til antagelser som blir gjort og hvilke begrensninger Argos følger med seg:

- Argos har kun kapasitet til å beregne en modell som består av 10 rom
- Plassering av brannen kan ikke finne sted ved vegger eller hjørner i rommet
- Maks-distanse blir beregnet ved å regne ut diagonalen i rommene
- Maks størrelse på rom er 750 m²
- Argos beregner kun tilgjengelig rømningstid (tid til kritiske forhold skjer)
- Argos kan bare se for seg et plan, altså det vil ikke finnes en funksjon for å regne på to etasjer. Dersom det skal vil regne på et bygg med flere etasjer, må vi legge sammen alle arealene slik at Argos oppfatter det som et plan.
- Argos er god på beregning fra brannstart til overtenning, dvs. brannen er brenselskontrollert. Brannforløpet er brenselskontrollert frem til overtenning inntreffer, hvor det ofte foregår et skifte fra brenselskontrollert til ventilasjonskontrollert. Det vil være vanskelig å anta når den blir brannen igjen blir brenselskontrollert ut i brannforløpet. Før å gjøre det må man vite hva som brenner.
- Forholdstallet mellom lengde og bredde på rommet kan ikke overskride 1:5

4.2 Formål

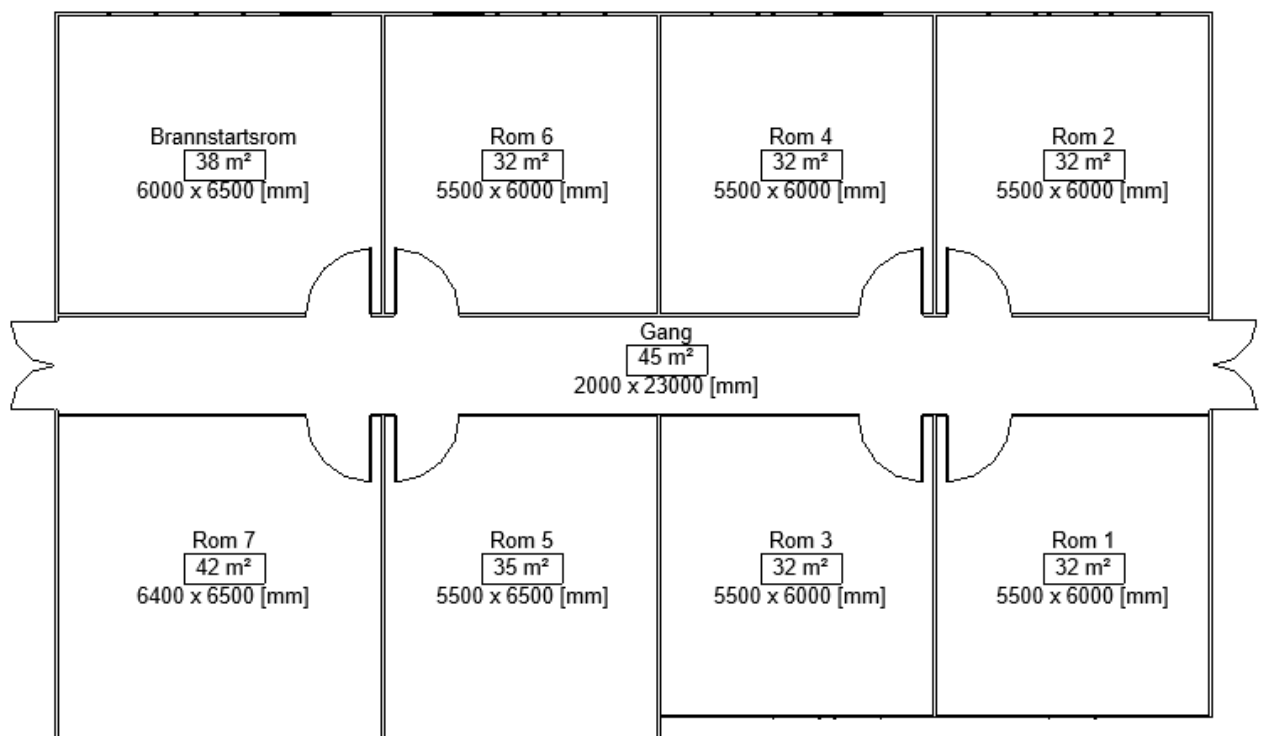
Simuleringens formål er å se hvordan brannen utvikler seg mtp. temperatur, overtenning osv. i tillegg til hva et sprinkleranlegg gjør med brannutviklingen.

Videre vil denne simuleringen bli benyttet i en studie av rømningstider for samme bygg, og det vil derfor bli sett på både det tidlige og det sene brannforløp.

Det vil kun bli sett på ubeskyttet treverk da det antas, av Woodify (leverandør av brannimpregnert trevirke), at verdier (som tetthet, konduktivitet og varmekapasitet) for treverket er det samme før og etter impregnering.

4.3 Simulering

Simuleringen blir gjennomført i programmet Argos. Geometrien for det som skal simuleres blir først lagt inn, Figur 14, for nøyaktige mål for geometrien se Vedlegg C.



Figur 14 Forenklet geometri av en utvalgt seksjon i Rørvik sykestue. Se Vedlegg G for plantegninger for plan 2 og 3.

Det blir så lagt inn verdier for vegg, gulv og tak som i dette tilfellet er i ubehandlet massivtre, se Tabell 9. I tillegg blir brannen lagt inn i brannstartsrom med egenskapene fra Tabell 9. Det er valgt en brannvekst og makseffekt for pleieinstitusjoner¹².

Tabell 9 Egenskaper for ubehandlet massivtre, brannen og tekniske installasjoner i simulering i Argos.

Egenskaper:			
Ubehandlet massivtre			
Tetthet [kg/m³]	500	Hentet fra forhandler av KLT [55].	
Konduktivitet [W/(m°C)]	0,13	Hentet fra EN 12524	
Spesifikk varmekapasitet [kJ/(kg°C)]	1,6	Hentet fra EN 12524	
Brannen (energi formel brann)			
Makseffekt [MW]	5	Hentet fra BFS 2013:12 BBRAD 3 ¹³ [56].	
Brannvekst [kW/s²]	0,047		
Tekniske installasjoner			
	Varmedetektor (AFA)	Røykdetektor (AFA)	Sprinkler
Utløsningstemp. [°C]	57		57
RTI [ms^{1/2}]	30		30
Sikt [dB/m]		0,2	
Avstand mellom hver [m]	4	10	3

¹² Kilden er for det tidlige brannforløp, men blir i simuleringen benyttet for både det tidlige og det sene forløpet.

¹³ Hentet fra Tabell 5 Dimensionerende tillvæxthastighet, effektutveckling och förbränningsvärme i det tidiga brandförloppet.

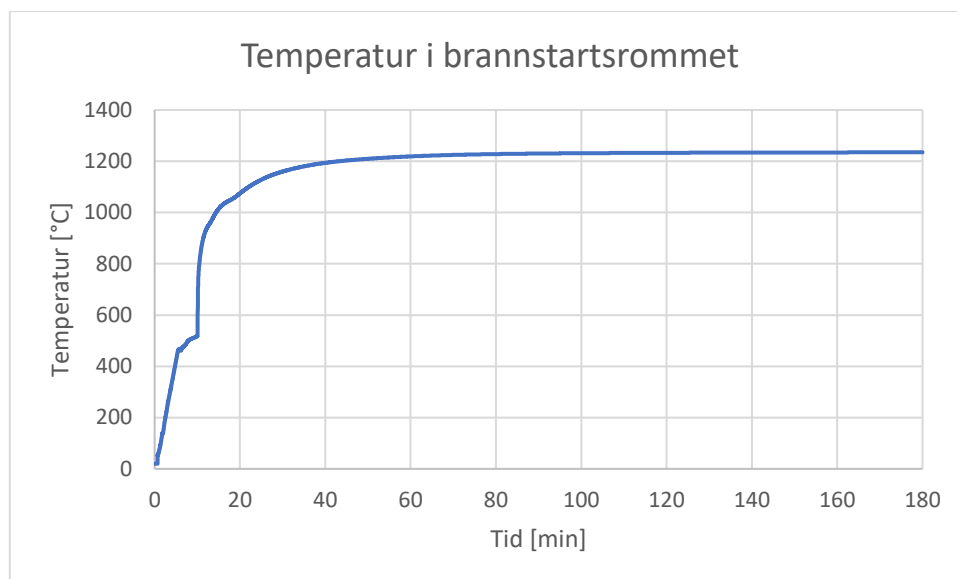
4.4 Resultater

Resultatet fra simuleringene viser at de kritiske forholdene oppstår nokså raskt, se Tabell 10 og Tabell 11, noe som kan skyldes at det ble valgt en rask brannvekst og høy makseffekt.

Tabell 10 Resultater fra simulering av brann i pleieinstitusjon i Argos uten sprinkleranlegg aktivert. De viktigste hendelsene er uthevet.

Tidspunkt (t:m:s)	Hendelse
00:00:34	Brannstartsrom: Røykdetektor utløses
00:00:54	Kritisk forhold i brannstartsrom (røyksjiktshøyde < 1,82 m)
00:01:28	Brannstartsrom: Varmedetektor utløses
00:01:48	Brannstartsrom: Vinduer knuses (Temp. > 140 °C)
00:02:28	Gang: Røykdetektor utløses
00:02:38	Kritisk forhold i brannstartsrom (Stråling > 2,5 kW/m ²)
00:06:31	Brannstartsrom: Fylt med røyk
00:10:03	Brannstartsrom: Overtenning
00:10:09	Kritisk forhold i gang (Sikt < 2,0 dB/m)
00:10:33	Brannen minker
00:53:47	Kritisk forhold i gang (oksygen < 15 %)

Simuleringen uten sprinkleranlegg stoppet når tiden nådde tre timer, og det var ikke oppstått noen nye kritiske forhold etter 00:53:47. I tiden fra siste kritisk forhold til tre timer var temperaturen i brannrommet stabil på rundt 1220 °C (se Figur 15) og HRR rundt 7,6 MW (se Vedlegg D). Noe av grunnen til at brannen varte såpass lenge er at den var en energi formelbrann som ikke har en naturlig ende, simuleringene ble derfor avsluttet etter tre timer. Rett etter overtenningen inntreffer, ca. 10 min, øker HRR fra 5 MW på under ett minutt, se Vedlegg D.



Figur 15 Temperatur i brannstartsrommet ved simulering av brann i pleieinstitusjon i Argos uten sprinkleranlegg.

Grafen i Figur 15 viser en gradvis økning av temperatur og at tiden fra ca. 5 til ti min er rett før overtenning. Grafen flater da litt ut før den øker raskt rett etter overtenning til ca. 850 °C, og så flater ut og er stabil frem til tre timer.

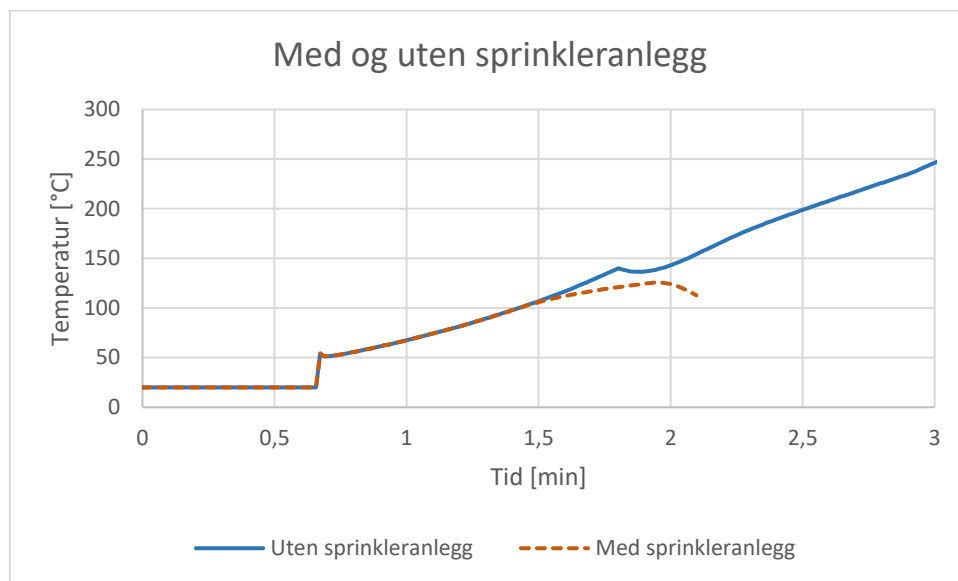
Simuleringen med sprinkleranlegg var nokså annerledes enn den uten, se Tabell 11.

Tabell 11 Resultater fra simulering av brann i pleieinstitusjon i Argos med sprinkleranlegg aktivert. De viktigste hendelsene er uthevet.

Tidspunkt (t:m:s)	Hendelse
00:00:34	Brannstartsrom: Røykdetektor utløses
00:00:54	Kritisk forhold i brannstartsrom (røyksjiktshøyde < 1,82 m)
00:01:25	Brannstartsrom: Sprinkleranlegg aktivert
00:01:28	Brannstartsrom: Varmedetektor utløses
00:01:56	Brannen minker
00:02:05	Brannen er sløkket

Det kan sees ut fra Tabell 11 at fra sprinkleranlegget løser ut og til brannen er sløkket tar det 40 sekunder. Det er imidlertid ikke en stor brann som er utviklet, kun 0,34 MW innen sprinkleranlegget løser ut, se Vedlegg D.

For å sammenligne de to simuleringene ble de lagt inn i en felles graf, se Figur 16.



Figur 16 Felles graf for med og uten sprinkleranlegg ved simulering av pleieinstitusjon i Argos.

Grafen viser kun tre minutter inn i brannforløpet, da sprinkleranlegget slokket brannen veldig tidlig i forløpet. Etter 40 sek dannes det et røyklag i rommet, se Vedlegg E, og temperaturen i rommet øker fra 20 °C til ca. 50 °C, se Figur 16. Like før 2 min, minker røyklaget, og temperaturen i rommet minker (se Figur 16), men det øker igjen like etter, se Vedlegg E.

De to forløpene er identiske frem til utløsningen av sprinkleranlegget ved 1 min og 25 sek. Det kan sees på grafen, med sprinkleranlegg, at sprinkleranlegget fikk slokket brannen. Temperaturen i rommet var da i overkant av 100 °C.

5 Studie av rømningstider for bygg i RKL 6

Utførelsen av bygg utføres med hensyn på rømningstid er viktig for å ivareta personsikkerheten. Bygget må være utført slik at akseptkriteriene (se Tabell 3) er overholdt i den tiden det tar å rømme ulike bygg (se Figur 9). Det skal derfor gjøres en studie om rømningstider for ulike bygg i RKL 6. Dette gjennomføres ved å beregne rømningstid (forenklet beregning) og sammenligne dette med faktiske rømningstider innhentet pr. telefonintervju.

Hypotese: Det vil være ulikheter i rømningstid pga. ulikt antall personer og størrelse på bygg (sykehus har heldøgns pleie, og kanskje ansatte som er lært opp, på rømningssituasjoner vs. hotell der folk må komme seg ut selv i et ukjent bygg og i tillegg er færre ansatte)

5.1 Metode for telefonintervju

Studien av rømningstider for ulike bygg gjøres for å undersøke ulikheter i rømningstid for bygg i RKL 6. På forhånd blir det gjort en vurdering av hvilke bygg som er interessante. Det å sammenligne to ulike bygg, der ett ligger i en by og ett på et mindre sted er spennende¹⁴. Byggene som velges er to hotell i Haugesund og en institusjon på Rørvik, de har derfor veldig ulikt personantall.

For å få en bedre oversikt over hvor godt forberedt de ansatte er blir det også spurt om hvilke organisatoriske tiltak som blir gjennomført.

Ved samtale over telefon ble det spurt om følgende:

1. Hva er den gjennomsnittlige rømningstiden?
2. Hvordan gjennomføres rømningen? Spesielt av sengeliggende og bevegelseshemmede personer.
3. Har de ansatte opplæring av hva de skal gjøre ved en rømningssituasjon?
4. Blir det gjennomført brannøvelser? Hvis «ja» - Hvordan gjennomføres de?

¹⁴ Coronapandemien våren 2020 begrenser informasjonsgrunnlag fra andre bygg, og det er umulig å gjennomføre praktiske øvelser.

5.1.1 Sykestue

Rørvik sykestue er en institusjon med 3 avdelinger med til sammen 42 plasser. Sykestua er en del av Rørvik helsesenter, som er et bygg, i fire etasjer (plan 0-3), med lokaler for sykestue, lege, fysioterapi, rus- og psykiatritjeneste, helsestasjon, omsorgsboliger. Sykestua huser for det meste eldre, også demente, med korttid- og langtidsopphold.

I samtale med Barbro Gravseth, Avdelingsleder for Rørvik sykestue 3.etg, ble hendelsene 23. og 27. jan 2020 gjennomgått. Den 23.01.2020 oppstod det røykutvikling, i et teknisk rom, på natt like før kl. 04.00, og derfor var det mindre bemanning på jobb for å bistå med rømningen, og det ble satt i gang rømning av beboere til gangen (se Figur 17). Ambulanse og brannvesen var raskt på stedet. Røykutviklingen ble begrenset til det tekniske rommet, og situasjonen ble raskt kontrollert, og beboerne kunne returnere til rommene sine.

Den 27.01.2020 ca. kl. 19.30 oppstod det brann i ei gardin på et tomt pasientrom. I seksjonen var det 7 pasientrom. Det ble raskt satt i gang rømning av pasienter til en annen seksjon (se Figur 17). Brannvesenet fikk raskt slokket branntilløpet. Inntil avdelingen kunne tas i bruk ble pasientene fordelt på andre rom ved Rørvik sykestue.

Rørvik Sykestue ønsker ikke å evakuere pasientene ut i det fri da pasientene er syke. Det blir alltid gjort en vurdering for hvem som må evakueres i en slik situasjon. Ved rømning blir pasientene ført over til en annen brannseksjon, i midten av bygget.

Ved begge situasjonene var det brannalarmen som varslet de ansatte. Tilfeldig forbipasserende som hørte alarmen kom for å hjelpe. Totalt tok det ca. 7 min fra alarmen gikk til alle i avdelingen det brant i og de i etasjen over var evakuert.

Rørvik Sykestue har 40 pasienter som trenger heldøgns pleie og omsorg. Gravseth påpeker at treningen på rømning har vært veldig viktig for utfallet av situasjonene. De har gode rutiner og hadde en omfattende brannøvelse rett før julen 2019.

Det ble i intervjuet ikke sagt noe om hvordan brannøvelser gjennomføres.

5.1.2 Hotell

Scandic Maritim Haugesund og Thon Hotel Saga Haugesund drives av Caiano Hotelldrift AS, de har hhv. 311 og 108 rom.

I telefonintervju med teknisk sjef, Fredrik Meyer Vangsnes, for Caiano Hotelldrift AS kom det frem at brannøvelse med klokkelest gjennomføres i perioder hvor de holder stengt. Da har de større mulighet for å kontrollere at hele systemet fungerer som det skal.

Ved en brannalarm sjekker de ansatte opp hvor den er, og banker på hotellromdøren der hvor det er utløst røykvarsler og evakuerer de på rommet. De evakuerer videre folkene i same etasje og brannseksjon av den utløste røykvarsleren, resten lar de være på rommene. Dette er for en liten alarm, altså knyttet til ett rom uten spredning.

Ved spørsmål om rømningen kan ta over 15 min, svarer tekniske sjef: «Ja, dersom det er natt til søndag og mange berusede folk som sover på hotellet.» Dersom de ansatte banker på døren i dette tilfellet åpner de og hører hva som blir sagt, men snur seg bare og lukker døren igjen, og nekter å rømme.

5.2 Estimert rømningstid for Rørvik Sykestue

I disse rømningsberegningene blir det antatt personene ikke har noen fysiske begrensninger som går utover rømning. I en pleieinstitusjon vil det være pasienter som bruker lang tid eller er avhengig av assistanse for å rømme til et sikkert sted. Det må derfor tas høyde for at rømningstiden i en pleieinstitusjon i realiteten vil bli noe lengre. Sammen med forflytningsberegningene vil andre rømningselementer som deteksjonstid, varslingstid, fortolkningstid og beslutningstid bli tatt med i betraktning. Til slutt skal den beregnede rømningstiden sammenliknes med den reelle rømningstiden fra Rørvik sykestue.

5.2.1 Beregnet forflytningstid

Forflytningstiden for et sannsynlig scenario er gitt i

Tabell 12. Scenarioet tilsier at 7 personer rømmer gjennom en dør, via en korridor og ut av enda en dør. Dette scenarioet er valgt fordi det representerer et rømningsscenario hvor pasienter rømmer fra et rom via korridor og til sikkert sted i en ny brannseksjon.

Tabell 12 Beregnet forflytningstid fra Rørvik sykestue. Rømningsruten består av tre begrensende elementer; dør1, korridor og dør2.

	D [pers/m ²]	S [m/s]	W [m]	W _e [m]	F _c [pers/s]	T [s]
Dør 1	0,168	1,34	1,31	1,01	0,227	20,8
Korridor	0,168	1,34	2,0	1,6	0,36	19,4
Dør 2	0,168	1,34	1,8	1,5	0,38	20,8
Sum						71,1

Dersom ansatte og pasienter kan evakuere seg selv i sikkerhet, vil selve forflytningen ifølge beregningene ta 71 sekunder. Hvorvidt pasientene var kapable til å evakuere seg selv i sikkerhet er usikkert, men det antas å være kombinasjon av pasienter som bruker lang tid eller er avhengig av assistanse. Det kan være pasienter som for eksempel kan lide av nedsatt funksjonshemming, demens eller andre sykdommer som kan føre til at rømning tar lengre tid. For øvrig vil organisatoriske tiltak som øvelser spille en viktig rolle, da de ansatte har hovedansvaret for å bringe seg selv og pasienter i sikkerhet. Dermed må det på påberegnes forsinkelsestid, se vedlegg F, som i dette tilfellet kan være over 8 minutter. Det er valgt å bruke en forsinkelsestid på mer enn 8 minutter for å ta utgangspunkt i verst tenkelig scenario der pasienter og ansatte kan ha dårlig kjennskap til bygget, samt det kan være dårlig organisatoriske tiltak. God kjennskap til bygget, både fra ansatte og pasienter side, vil derfor være vesentlig for optimal rømning.

5.2.2 Rømningstid

Total rømningstid vil bestå av deteksjonstid, fortolkningstid og beslutningstid. I tillegg må det vurderes sikkerhetsmargin i forhold til tilgjengelig rømningstid.

Tabell 13 Resultater fra estimert rømningstid og fra simuleringene. Addert med andre rømningselementer resulterer i nødvendig og tilgjengelig rømningstid. Sikkerhetsmarginen i dette tilfellet er satt til 3 ganger større enn nødvendig rømningstid.

	Resultat
--	-----------------

Deteksjons- og varslingstid	34 sek ¹⁵
Fortolknings- og beslutningstid	>8 min
Forflytningstid	1 min og 11 sek
Sum (nødvendig rømningstid)	9 min 45 sek
Sikkerhetsmargin (2-3x nødvendig rømningstid)	20-30 min
Sum (tilgjengelig rømningstid)	29-39 min 10 sek

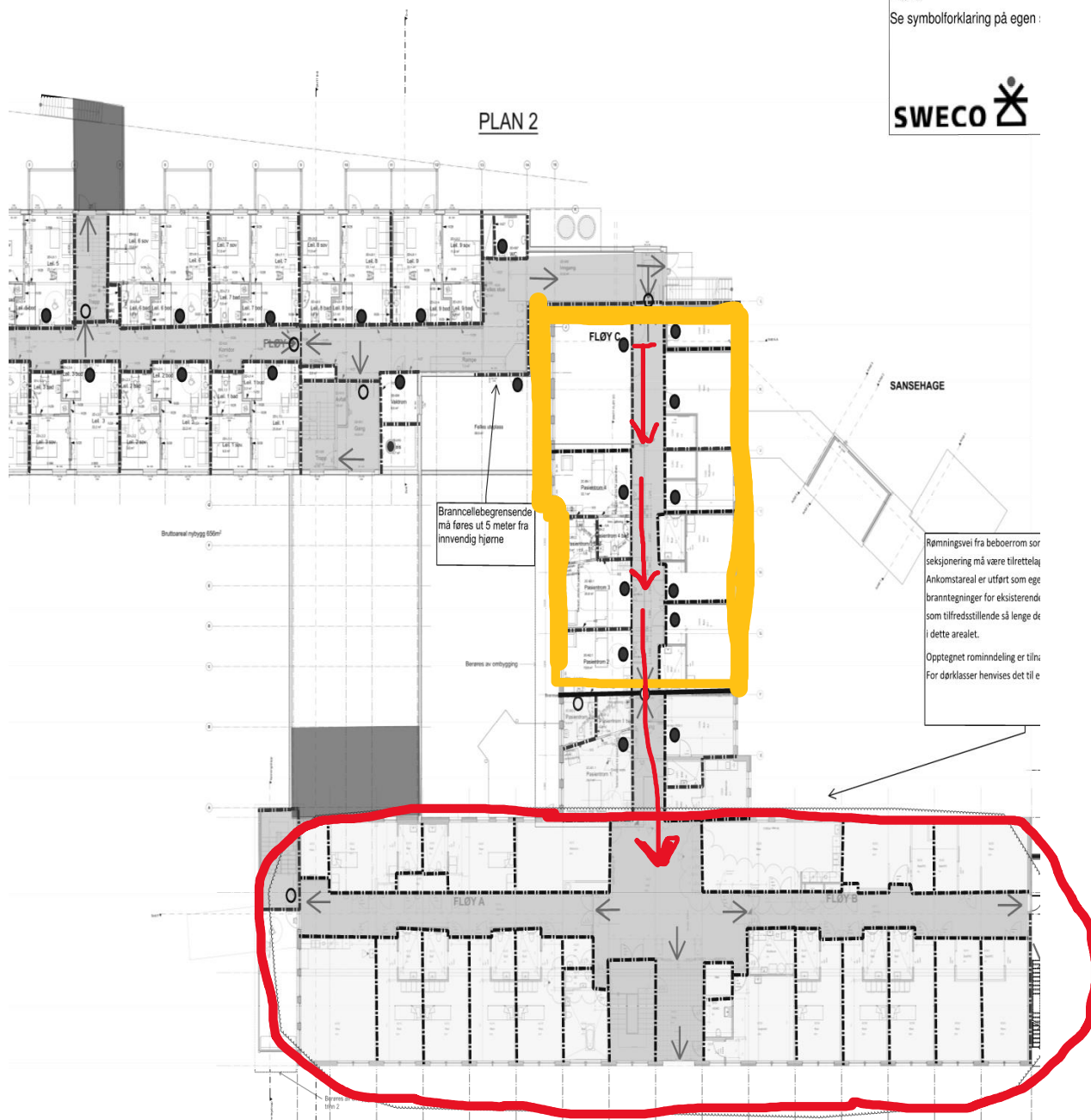
For å oppnå et resultat på nødvendig rømning må deteksjonstid, varslingstid, fortolkningstid og beslutningstid tas i betraktning i tillegg til selve forflytningstiden se Figur 9, i dette tilfellet kom denne tiden på ni minutter og 45 sekunder. Og for å oppnå et fullstendig resultat på tilgjengelig rømningstid må det legges til en sikkerhetsmargin på 2-3 ganger større enn nødvendig rømningstid [6], som vil henholdsvis bli 29-39 minutter. Resultatene fra de hydrauliske beregningene og simuleringene er vist i Tabell 13. Rømningsruten som blir vurdert er vist i Figur 17.

5.3 Sammenligning av faktisk og beregnet rømningstid

Den faktiske tiden fra alarm gikk av til alle i Rørвик sykestue kom seg til et sikkert sted, altså forflytningstid, tok ca. syv minutter. Forflytningstid fra de hydrauliske beregningene kom på ett minutt, med forsinkelsestid på minimum 8 minutter, blir den estimerte rømningstiden anslått til 9-10 minutter. Det vil si at den faktiske forflytningstiden er mindre enn den estimerte forflytningstiden med ca. 2 minutter i differanse.

¹⁵ Hentet fra Tabell 10.

Plan 2
Se symbolforklaring på egen :



Figur 17 Brannskissen for andre etasje i Rørvik sykestue hvor brannen startet. Ansatte og pasienter rømte fra den seksjonen som er markert i oransje til seksjonen som er markert i rødt. Rømningsretning er markert med røde piler.

6 Fraviksdokumentasjon for fravik §11-9, tabell 1B overflatekrav

Det skal i denne fraviksdokumentasjonen vurderes om pleieinstitusjoner med ubehandlede KLT-overflater med kompenserende tiltak har tilfredsstillende brannsikkerhet i henhold til krav i RKL 6.

6.1 Beskrivelse av og begrunnelse for fraviket

I henhold til VTEK17 §11-9, tabell 1B, skal overflater på vegger og i himling/tak, i sjakter og hulrom i brannceller som ikke er rømningsvei, tilfredsstillende euroklase B-s1,d0. De samme overflatekravene gjelder for overflater og himlinger i rømningsvei. For bygg i risikoklasse 6 er det kommet frem et ønske om å ha overflater av ubehandlet KLT, pga. de fordeler det fører med seg for indre og ytre miljø.

6.2 Funksjonskrav TEK17 §11-9, 2.ledd

I TEK17 §11-9, andre ledd heter det at materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutvikling. Det skal legges vekt på muligheter for antennelse, hastigheten av varmeavgivelse, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning.

6.3 Kompenserende tiltak

Som kompenserende tiltak er det valgt å installere et mer følsomt sprinkleranlegg (dvs. utløser tidligere), prosjektert og utført i henholdt til NS-EN 12845. Det er allerede krav om automatiske slokkeanlegg i RKL6, derfor bør det innføres et mer følsomt sprinkleranlegg, med de strengeste dimensjoneringskriteriene og ettersyn- og kontroll rutinene.

6.4 Konsekvensvurdering

Ubehandlet KLT-overflater tilfredsstillende euroklase D-s1,d0, det vil si at overflatene er brennbare og bidrar mer til varmeutviklingen i brannen. Ved installering av et mer følsomt sprinkleranlegg vil sannsynligheten for at brann får oppstå og utvikle seg bli vesentlig redusert,

dette er vist i Figur 16, hvor brannen kontrolleres etter ca. 2 minutter. Ved innføring av et følsomt sprinkleranlegg vil beboeren i enheten vil få bedre tid til rømning. Brannen vil kontrolleres tidlig og brannvesenet har tid til å gjennomføre søk i bygget og slokke.

6.5 Behov for verifikasjon

Fraviket og det kompenserende tiltaket berører samme funksjonsområde som er rømning og tilgjengelig rømningstid. Tabell 14 viser vurdering av egenskaper og virkning for kompenserende tiltak holdt opp mot tiltak som er fjernet. Øvrig behov for verifikasjon finnes i vedlegg H.

Tabell 14 Vurdering av egenskaper for tiltak.

Egenskaper tiltak	Ja/nei	Behov for verifikasjon
Mer avhengig av menneskelig handling?	Nei	Løsningen med et mer følsomt automatisk slokkeanlegg som kompenserende tiltak har minst like god brannsikkerhet som løsningen med behandlet KLT-overflater og den preaksepterte varianten av automatisk slokkeanlegg.
Mer komplekst?	Nei	
Mindre fleksibelt/redundant?	Nei	
Mer sårbart?	Nei	
Mindre pålitelig?	Nei	
Er egenskapene samlet sett dårligere?	Nei	

7 Diskusjon

7.1 Risikovurdering av RKL 6

Etter en gjennomgang av regelverket for RKL 6 i Norge og regelverk for tilsvarende bygg i Sverige og Danmark, ble det observert at Norge har en annerledes inndeling av risikoklasser. Både Sverige og Danmark har delt pleieinstitusjoner og hotell i to ulike klasser. Vk4 = Hotell og Vk5 = Helsevesenets miljøer for Sverige og Bilag 6 = Hotell og Bilag 7 = Bygg hvor personer ikke kommer seg i sikkerhet selv for Danmark. RKL 6 dekker så mange ulike bruksområder bla. med ulikt personantall, størrelse, antall etasjer og evakueringstid, at arbeidet med å utforme bygget etter kunde og arkitekts ønsker blir utfordrende.

Et alternativ til dagens RKL 6 er å dele denne inn i flere underklasser, RKL 6A-6D, slik at det legges til rette for andre og tilrettelagte arkitektoniske løsninger enn det VTEK beskriver i dag. Forslaget er å dele inn etter i hvilken grad personene er i stand til å rømme selv, om de er innelåst (f.eks. fengsel eller psykiatrisk institusjon), størrelsen på bygget og hvor mange personer som er i bygget, se Tabell 15.

Tabell 15 Forslag til ny inndeling av risikoklasse 6.

Risikoklasse	Beskrivelse
6A	Bygg med få personer hvor det er lett rømning og få personer som trenger assistanse ved rømning, f.eks. seniorbolig for et mindre antall personer, et lite internat eller turisthytte, eller hoteller i et par etasjer hvor rømningsveiene er oversiktlige og sikrer rask rømning
6B	Mindre institusjoner med heldøgns bemanning med behov for assistanse ved rømning f.eks. små lokaler for helse og medisinsk behandling, eller en liten pleieinstitusjon med et mindre antall pasienter.
6C	Store bygg, eller bygg med mange personer der rømningstiden er lang, f.eks. hotell eller store sykehus.
6D	Bygg der personer ikke har mulighet til å rømme selv, f.eks. fengsel eller lukket institusjon.

Ved en ny inndeling av klassene som i Tabell 15 vil det kunne være enklere å følge TEK 17 og designe bygg med alternative løsninger til VTEK 17. Samtidig ville løsningene i VTEK vært mer relatert mot de enkelte bygg-typene og dermed mindre generelle

Byggverk i RKL 6A sikrer rask og effektiv rømning. Siden personer i en turisthytte ofte klarer å komme seg i sikkerhet selv er denne plassert i RKL 6A. RKL 6B innebærer at bemanningen i institusjonen har god kapasitet til å bistå rømningen slik at rømningstiden ikke blir for lang.

Dersom det skal benyttes KLT-overflater i bygg i RKL 6A og 6B bør det vurderes om det er mulig å ha én eller flere vegger dekket med KLT dersom det også installeres et mer følsomt konvensjonelt sprinkleranlegg. Økt antall vegger dekt vil gi kortere tid til sikker rømning. Det anbefales ikke å benytte KLT i rømningsveier, kombinert med et mer følsomt sprinkleranlegg, da det ikke vil oppnå tilfredsstillende sikkerhet ift. *tilgjengelig rømningstid*. Ved en brann i rømningsveien med KLT-overflater vil det oppstå mye røyk som hindrer sikker rømning.

Etter studien om rømningstider (se kap. 5) ble det lagt merke til at hoteller ofte har en rømnings-tid på mer enn 15 min, og ut fra det ble hotell plassert i RKL 6C. Institusjoner hvor personer er låst inne vil rømningstiden være ekstra lang, og behovet for ubrennbare overflater er stort, og derfor blir disse byggene plassert i RKL 6D.

7.2 Betydning av organisatoriske tiltak

Når de ansatte er opplært, og har vært gjennom øvelser, vil de respondere raskere og den nødvendige rømningstiden vil minke. Når personer er kjent med hva de skal gjøre brukes det mindre tid til å tenke på hva de skal gjøre, og det blir handlet raskt og effektivt [57]. Dette er viktig ift. at rømningen gikk raskt på Rørvik sykestue, se kap. 0.

Det er et krav at det foreligger evakueringsplaner før bygget tas i bruk (se kap. 3.1), men dette er lite til hjelp dersom de ikke benyttes i det daglige for da er de helt ukjente den dagen det blir bruk for dem. I tillegg er ledesystem et funksjonskrav, og for at disse skal være til hjelp i en rømningssituasjon må de fungere slik som de skal. Derfor er det viktig at det informeres at byggverk der det er etterlysende ledesystem skal ikke lyset skrur av, da må det i iallfall være en innebygd timer slik at skiltene til enhver tid har nok tilgjengelig ladebelysning for å fungere i rømningssituasjonene. I tillegg må det ikke plasseres møbler som blokkerer ledelinjene, og når bygget ombygges må også ledelinjene bli flyttet slik at de fører til sikkert sted og ikke inn i en vegg.

7.3 Personikkerhet ved brannvesenets innsats

Risikovurdering skal alltid foretas før iverksettelse av røykdykking, da forventet utbytte av innsatsen skal stå i forhold til risikoen røykdykkere utsetter seg for. I forbindelse med risikovurderingen spesielt med tanke på ubehandlet KLT-overflater ble Guttorm Liebe (tidligere brannsjef) og Odd Narmoe (innsatsleder, brann) intervjuet.

Bruken av ubehandlet KLT-overflater i store høyrisikobygg er per i dag liten, men overflater av vanlig treverk er derimot mye brukt, samt det er lang tradisjon i Norge for bruk av treverk. Det er derfor viktig å at brannmannskapene aktivt kjøler ned omliggende overflater for å unngå re-antennning og antennelse av røykgasser. Brannmannskapene skal imidlertid blir opplært til å kjøle ned overflater og røykgasser uavhengig type overflater.

Når det kommer til risikovurderingen for om iverksettelse av røykdykking, er dagens brannvernutstyr bra nok til at brannmannskapene er villige til å strekke seg langt for å redde liv og andre verdier. Tiden for innsats varierer fra type innsats og bygning, og hvor lenge brannen er pågått uten at det har blitt iverksatt tiltak. Tiden til overtenning og sekundæroverttenning er derfor vanskelig å tallfeste.

Utfordringer brannvesenet kan støte på er store bygninger med store rom med overflater ikledd KLT, hvor det kan finnes rikelig med overflater brannmannskapene må kjøle ned. Av den grunn vil faren for sekundæroverttenning øke. For å øke sikkerheten til brannmannskapene bør bygninger med KLT-overflater være kjent for brannvesenet eller stå tydelig i objektplanen for å få en korrekt risikovurdering.

7.4 Resultater fra simulering og hydrauliske beregninger

Den faktiske tiden fra alarm gikk av til alle i Rørvik sykestue kom seg til et sikkert sted, altså forflytningstid, tok ca. syv minutter. Forflytningstid fra de hydrauliske beregningene kom på ett minutt, med forsinkelsestid på minimum 8 minutter, blir den estimerte rømningstiden anslått til 9-10 minutter. Det vil si at den faktiske forflytningstiden er mindre enn den estimerte forflytningstiden med ca. 2 minutter i differanse. Avdelingen bestod for øvrig av relativt få beboere med kort vei til sikkert sted. Det kan tyde på at de ansatte på Rørvik sykestue er godt trent på brannscenarier, samtidig som det kan ha vært pasienter som har vært egnet til å ta seg selv i sikkerhet.

Verdiene for brannen er nok litt større enn det det ville vært i en slik type pleieinstitusjon. Brannen på 5 MW og en vekstrate på $0,047 \text{ kW/s}^2$ er en antagelse som nødvendigvis ikke er riktig i hele brannforløpet. Resultatene bør derfor ikke benyttes til en konklusjon, må være kritisk, da det vil være store variasjon fra brannforløp til brannforløp.

Med aktivering av sprinkleranlegg

Ut fra denne sammenlikningen stemmer resultatene fra de hydrauliske beregningsmodellene ganske godt overens med den faktiske rømningstiden. Hvis det skulle skje noe galt under rømning, er det beregnet ut ifra de hydrauliske beregningsmodellene at ansatte og pasienter har en sikkerhetsmargin på 20-30 minutter. Med nødvendig rømningstid utgjør dette til sammen tilgjengelig rømningstid på 29-39 minutter. Simuleringen viser at de første kritiske forholdene for mennesker oppstår allerede etter 1 minutt med røyklag under 1,82 meter i brannstartrommet. Det vil si at det er kritisk for pasienten i brannstartrommet hvis ikke han blir prioritert først ved rømning. Etter sprinkleranlegget ble utløst begynte brannen å minke og senere slokket etter ca. 2 minutter. Det vil si at den beregnede sikkerhetsmarginen er tilstrekkelig og det er rom for at noe kan gå galt under rømning, sett bort i fra pasienten i brannstartrommet, der må pasienten bli hentet raskt ut hvis han ikke kan se seg selv i sikkerhet.

Uten aktivering av sprinkleranlegg

Det oppstår ikke kritiske forhold videre ut i gangen før ca. 10 minutter på grunn av dårlig sikt som gjør at pasienter på andre rom har bedre tid til rømning. Hvorvidt det er trygt å flykte fra pasientrom etter 10 minutter er usikkert, men å ta en sjanse på å flykte ut i korridoren med kun 5 meter sikt kan være for risikabelt. Ved slike tilfeller er det nødvendig at brannmannskapene gjennomfører søk og slokker brannen. Det vil være sikkert for brannmannskapene hvis de starter røykdykkerinnsatsen tidlig i brannforløpet. For innsats senere i brannforløpet bør objektplanen bli tatt i bruk, hvor nyttig informasjon som materialbruk og bæreevne kan ha stor betydning for brannmannskapenes sikkerhet.

Resultatene fra simuleringene viser at sprinkleranlegg er vesentlig for at sikker rømning kan foretas. Det vises også at vegger iført treverk ikke går utover rømningssikkerheten.

7.5 Metoder for dokumentasjon - Fraviksdokumentasjon

Ubehandlet KLT-overflater tilfredsstillende euroklasse D-s2-d0, som er en dårligere klasse enn behandlet KLT som tilfredsstillende B-s1,d0 (se Vedlegg B for forklaring på klassene). Ut ifra euroklassene vil det si at ubehandlet KLT-overflater bidrar til brannen med mer varmeutvikling. Dessuten viser flere studier at ubehandlet KLT-overflater har størst betydning i startfasen av en brann, hvor varmeutviklingen er raskere og hvor overtenning forekommer tidligere enn behandlet KLT eller beskyttet KLT. Ved installering av et mer følsomt sprinkleranlegg vil sannsynligheten for at brann får oppstå og utvikle seg bli vesentlig redusert, dette er vist i kapittel 4.4, Figur 16, i denne rapporten (hvor det mest følsomme sprinkleranlegget er installert). Ved innføring av et mer følsomt sprinkleranlegg enn det som er *preakseptert*, vil beboeren i enheten få bedre tid til rømming. Brannen vil tidligere bli kontrollert og brannvesenet har bedre tid til å gjennomføre søk i bygget og slukke siden brannen ikke utvikler seg like raskt. I tillegg bør det ikke godkjennes bruk av boligsprinkler¹⁶, men konvensjonelt sprinkleranlegg etter NS-EN 12845 i hele bygget for å opprettholde sikkerhetsnivået i bygget.

7.5.1 Applikasjon

I forbindelse med denne rapporten er det utviklet et tilhørende produkt, en applikasjon, som skal gjøre det enklere å vurdere om det er mulig å ha KLT-overflater i det bygget som skal prosjekteres. Dette blir gjort på den måten at brukeren legger inn info om det aktuelle bygget og får tilbakemelding om det anbefales å ha KLT-overflater, eller ikke. I tillegg gis det tips om forhold som kan være utfordrende med å ha brennbare overflater i det aktuelle bygget, forklaring på hvorfor det ikke er å anbefale, og hvilken *risikoklasse* bygget plasseres i.

7.6 Fordeler med KLT

Ubehandlet KLT-overflater og generell bruk av massivtre har både ytre og indre miljøfordeler. Massivtre har over lang tid vært betraktet for å være et miljøvennlig materiale, hvor materialet blant annet har egenskaper som er lite ressurskrevende til bearbeiding og har en god oppbevaringsevne av CO₂. Fordelen med treverk er at når det brenner, frigjøres CO₂ fra

¹⁶ Ut fra tabell NA.2 i NS-EN 16925:2018+NA:2019 godkjennes det bruk av boligsprinkler i noen av byggene i RKL 6. For bl.a. fengsel, hotell, pleieinstitusjon og sykehus skal det kun benyttes NS-EN 12845.

treverket og går tilbake til det naturlige kretsløpet, derfor vil ikke materialene tilføre atmosfæren ytterligere CO₂. Dessuten er Norge med i Paris-avtalen som medfører forpliktelser til å begrense utslipp. Byggesektoren står for 30 % av CO₂-utslippene, derfor det viktig å se etter muligheter etter å bytte ut betong, stål og aluminium etter som de er mest karbonintensive.

Å ha ubehandlet KLT-overflater i et rom vil føre med seg gode branntekniske egenskaper som påvirker tid til overtenning, og fordeler for folks helse og psykiske helse. Et tidligere bachelorstudie viser at fuktighetsinnholdet i treverket har stor betydning for tiden til overtenning. For en å oppnå en god fuktbalanse mellom treverket og luften, er treverket avhengig av at overflatene er ubehandlet og at porene i treverket ikke er stengt. For øvrig har synlig treverk en positiv effekt på menneskers psykiske helse.

7.7 Bruk av ubehandlet KLT

Ubehandlet KLT tilfredsstillende euroklasse D-s2,d0 og beskyttet KLT tilfredsstillende B-s1,d0. Målerdalens Høgskole har gjort brannforsøk på ubeskyttet og beskyttet KLT-fasader og resultatene viser en betydelig forskjell mellom dem, se kapittel 2.3.10. Den ubehandlede overflaten begynner umiddelbart å produsere pyrolyse gasser i det væskebrannen ble antent og fasaden ble antent etter 14 sekunder. Til sammenlikning ble den brannmalte fasaden ble antent 1 minutt og den brannimpregnerte fasaden ble aldri antent.

Ifølge studiene fra WCTE (se kap. 2.3.5) av KLT-fasader vil ubeskyttede KLT-overflater ha raskere temperaturutvikling og nå overtenningsfasen tidligere sammenliknet med KLT-overflater beskyttet med gips. Ubeskyttet KLT vil nå overtenningsfasen etter omtrent 5-6 minutter, men beskyttet KLT når overtenningsfasen etter ca. 10 minutter.

I disse studiene er det dessuten ikke tatt med trefuktighet i betraktningen som i dette tilfellet er en tankevekker, siden fuktigheten i treverket har en stor betydning for tiden til overtenning. Det kan tenkes til at den relative luftfuktigheten ligger imellom 20-30%, som tilsvarer omtrent 5% i trefuktighet i dette forsøket sammenliknet verdiene fra studiet «sammenheng mellom fuktigheten i treverk og tiden til overtenning». Luftfuktighet varierer etter årstid og type bygg, hvor det ikke er unormalt 15-20% RF i kontorbygg på vinterstid. Det er dermed ikke usannsynlig at overtenning i slike bygg kan forekomme etter 5-6 minutter. Men tatt høyde for at luftfuktigheten kan være høyere på pleieinstitusjoner grunnet vanndamp fra dusj og andre

dagligdagse aktiviteter, kan det medføre at tiden til overtenning bli lengre. Dette fordi treverket i veggene har evne til å ta opp fuktighet fra luften.

Treverkets evne til å ta opp luftfuktighet kombinert med sprinkleranlegg vil øke tiden til overtenning. Sprinkleranleggets funksjoner skal begrense brannen eller slokke den og det medfører at beboere i enheten får bedre tid på rømning. Sammenliknet med den faktiske rømningstiden i Rørvik sykestue på ca. 7-8 minutter (nødvendig rømningstid), vil det med sprinkleranlegg gjøre det mer forsvarlig å bruke brennbare overflater i en pleieinstitusjon. Det forutsetter at de ansatte er dyktige og godt nok opplært til å gjennomføre rømning av seg selv og pasienter ved brann, samt sprinkleranlegget fungerer som det skal.

I en brann med KLT vil sekundær overtenning være noe å bekymre seg for, da det kan gjøre redningsarbeidet til brannmannskapene problematisk. Siden KLT er lagd ved å feste flere lag av treverk sammen med lim, evt. spiker eller tredybler, vil det kunne oppstå delaminering som skyldes forkulling av KLT-sjiktet nærmest. Sjiktet faller ned og sjiktet bak vil ta fyr og være med på å få en sekundær overtenning. Det vil være gunstig å velge oppbygningen av KLT slik at delamineringen skjer på et senere tidspunkt, eller aldri skjer. Ut fra et fullskalaforsøk som er gjort (se kap. 2.3.6) var lamell-sjiktet tykkere ytterst og tynnere inni veggen, noe som kan ha forsinket delamineringen siden det tar lengre tid å forkulle sjiktet slik at det faller ned. Det oppstod sekundær overtenning etter 2 timer med KLT på to av veggene, og den tiden ville sannsynligvis vært mindre dersom alle veggene hadde KLT da det hadde vært to vegger til med KLT som hadde bidratt til temperaturøkning. En økende temperatur ville økt forkullingen av sjiktet, og delamineringen, og videre sekundær overtenning, ville inntruffet på et tidligere tidspunkt.

Det kunne også skjedd at med alle fire veggene med KLT så hadde det blitt et scenario der forkullingen skjedde så raskt at brannen hadde selvslokket pga. at det ikke var mer brennbart materiale. Ut fra fullskalaforsøket i Tallinn, se kap. 2.3.6 var brannen nært å selvslokke etter 20 min, men brannmannskapene knuste to vinduer for at brannen skulle få tilgang på mer oksygen.

Installasjon av et sprinkleranlegg vil kunne slokke brannen, som ved simuleringen i kap. 4, og dermed forhindre sekundær overtenning, men kommer an på om det er dimensjonert riktig. Er det ikke dimensjonert riktig, eller ikke fungerer som det skal, kan det få fatale konsekvenser (se Figur 10).

Fordelen med å ikke benytte lim som festemiddel i KLT er at andre festemidler ikke øker brennbarheten, siden limet kan være ekstremt brennbart, men igjen så vil en spiker gjennom lagene svekke brann-motstanden siden spikeren vil føre varmen raskere gjennom lagene. Det samme gjelder dersom det borres hull og settes inn en tredybbel.

Et problem med delaminering er at forkullingshastigheten øker fra lag nr. 1 og til de neste lagene, dette fordi brannrommet allerede er varmt når delamineringen skjer. Så ved å fokusere på å forhindre delaminering ved å installere et riktig dimensjonert sprinkleranlegg vil det kunne forhindres de problemene delaminering skaper for personsikkerheten for brannmannskapene.

Der det er ønskelig å benytte KLT-overflater i RKL 6, vil det i en ny RKL 6B vil KLT i kombinasjon med et følsomt konvensjonelt sprinkleranlegg kunne implementeres. Det samme gjelder RKL 6A. Antallet vegger dekt med KLT vil variere ut fra størrelsen på rommet, et mindre rom vil varmes opp raskere og føre til økt brannhastighet og derfor anbefales det å ikke dekke alle veggflatene med KLT.

8 Konklusjon

Ut ifra fullskalaforsøkene som er blitt sett på i denne rapporten viser det at ubehandlet KLT-overflater har mest betydning i startfasen av brannen hvor brannrommet har størst varmeutvikling og tiden til overtenning er kortere. Hvorvidt det går utover personsikkerheten er vurdert gjennom simuleringer med Argos, rømningsberegninger og den reelle brannen på Rørvik sykestue hvor resultatene tilsier at rømningstiden er god nok. Det forutsetter at de ansatte får god nok opplæring til å ta seg av en rømningssituasjon og at sprinkleranlegget fungerer som det skal.

Brannmannskapene har en fast prosedyre på at overflater og røykgass skal bli kjølt ned under en røykdykkerinnsats, og dermed er risikoen for sekundærovertening som følge av delaminering ikke stor. Da vil heller ikke sekundær overtenning forekomme. For korrekt risikovurdering bør innsatsleder likevel ta objektplanen i bruk, der nyttig informasjon om materialbruk og bæreevne kan ha stor betydning for sikkerheten til brannmannskapene.

Det kan konkluderes ut ifra fraviksdokumentasjon at det mest følsomme sprinkleranlegget uført i henhold til NS-EN 12845 bør bli installert for å oppnå en tilfredsstillende rømningssikkerhet.

Ved å benytte KLT-overflater er det fordeler for indre- og ytre miljø, da det er miljøvennlig og synlig tre i et miljø har positiv effekt på psykisk helse.

På grunnlag av simuleringene, hydrauliske beregningene og den reelle hendelsen på Rørvik sykestue kan det konkluderes med at det personsikkerheten både for beboere og brannmannskaper er tilfredsstillende, og det vil være forsvarlig å bruke KLT-overflater i akkurat denne pleieinstitusjonen.

Selv om det er forsvarlig å benytte KLT i akkurat denne pleieinstitusjonen er det uaktuelt å ha KLT-overflater i andre type bygg i RKL 6, f.eks. fengsler. Det anbefales derfor å dele inn RKL 6 inn i RKL 6A-6D ut fra risikoen for skade på liv og helse ved en eventuell brann. I en ny RKL 6A og 6B vil det kunne benyttes KLT på overflater i kombinasjon med et følsomt konvensjonelt sprinkleranlegg.

Videre arbeid

Som en del av det videre arbeid med denne rapporten er det ønskelig med flere fullskalaforsøk som går ut på branntesting av ubehandlede massivtreoverflater, hvor også sprinklersystem blir testet. Det er også ønskelig å teste konvensjonelt sprinklersystem opp mot boligsprinklersystem, for å se hvor stor forskjell som utgjør mellom dem. På den måten blir det generelt hentet inn mer kunnskap og erfaringer, og som igjen fører til at dokumentasjonsgrunnlaget blir bedre.

I litteraturstudiet om regelverket i Norden ble de oppdaget at det svenske regelverket delte inn RKL 6 inn i flere undergrupper. Dette kan være hensiktsmessig å dele opp RKL 6 i flere undergrupper i det norske regelverk, slik at KLT-overflater kan brukes i enkelte bygg. Videre studie kan være å drøfte fordeler og ulemper med å dele opp RKL 6 og gjøre en risikovurdering knyttet til dette.

Referanser

- [1] Kommunal- og regionaldepartementet, «Byggteknisk forskrift (TEK17),» Direktoratet for byggkvalitet, Oslo, 2017.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, «Slik leser du TEK17,» 29 Juni 2017. [Internett]. Available: <https://dibk.no/byggereglene/alt-om-tek/slik-leser-du-tek17/>. [Funnet 5 Mai 2020].
- [3] E. Samuelsen, «Store Norske leksikon,» Metrologisk institutt, 6 september 2017. [Internett]. Available: https://snl.no/relativ_fuktighet. [Funnet 3 mai 2020].
- [4] E. Thomassen, «De store norske leksikon,» universitet i Oslo, 8 april 2020. [Internett]. Available: <https://snl.no/behovsprøving>. [Funnet 30 april 2020].
- [5] B. C. Hagen, Grunnleggende brannteknikk, Haugesund: Hagens Forlag, 2018.
- [6] B. C. Hagen, Brannteknisk Rømningsanalyse, Fagbokforlaget, 2008.
- [7] J. Svænes, «Fokus på tre- Tre og miljø,» Trefokus, Oslo, 2004.
- [8] Kommunal- og regionaldepartementet, «Byggteknisk forskrift (TEK17),» Direktoratet for Byggkvalitet, Oslo, 2017.
- [9] K. Bjørheim, «Bygger høyere, raskere og billigere med massivtre,» *Teknisk Ukeblad*, 17 November 2018.
- [10] D. Drysdale, An Introduction to Fire Dynamics, John Wiley & Sons, Ltd, 2011.
- [11] Store Norske Leksikon, «Hemicelluloser,» Store Norske Leksikon, 9. Mars 2012. [Internett]. Available: <https://snl.no/hemicelluloser>. [Funnet 25. Februar 2020].

- [12] A. H. Buchanan og A. K. Abu, *Structural Design for Fire Safety*, West Sussex: John Wiley and Sons, Ltd, 2017.
- [13] SINTEF, «Massive trelementer. Typer og bruksområder,» *Byggforskserien*, nr. 520.205, 2001.
- [14] Treteknisk og TreFokus AS, «FOKUS på tre, Massivtre,» Norsk Treteknisk Institutt og TreFokus AS, [Internett]. Available: <http://www.trefokus.no/resources/filer/fokus-pa-tre/20-Massivtre.pdf> . [Funnet 25. Januar 2020].
- [15] Stora Enso, «Product - Questions and answers,» Stora Enso, [Internett]. Available: <https://www.clt.info/en/product/faq/>. [Funnet 20. Mars 2020].
- [16] Christine De Merchant, «Polyurethane Adhesives, Are they Good for Boat Building?,» [Internett]. Available: <https://www.christinedemerchant.com/adhesive-glue-polyurethane.html>. [Funnet 17. Mars 2020].
- [17] S. Aicher, H.-W. Reinhardt og H. Garrect, «EPI for Glued Laminated Timber,» i *Materials and Joints in Timber Structures*, Dordrecht, Springer, 2014, pp. 355-364.
- [18] Q. Karlsson, *Enclosure fire dynamics*, CRC Press LLC, 2000.
- [19] N. K. Reitan, K. L. Friquin og R. F. Mikalsen, «Brannsikkerhet ved bruk av krysslaminert massivtre - en litteraturstudie,» RISE Research Institutes of Sweden, Trondheim, 2019.
- [20] R. White, «Analytical methods for determining fire resistanse of timber members- Charring of wood,» i *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* , USDA, SFPE, 2006, pp. 1985-1994.
- [21] G. Glasø og H. Landrø, «Tre og brann,» Treteknisk, Oslo, 2012.
- [22] V. Babrauskas og R. Peacock, «Heat release rate: the single most important variable fire hazard,» *Fire safety journal* , USA, Maryland, 1991.

- [23] E. D. Wormdahl, K. Hox, A. Steen-Hansen, G. Baker og M. K. Ulfnes, «Brannsikkerhet i bygg med massivtre, SPFR-rapport A17 20229:1,» SP Fire Research AS, Oslo, 2017.
- [24] X. Li, C. McGregor, A. Medina, X. Sun, D. Barber og G. Hadjisophocleous, «Real-scale fire tests on timber constructions,» WCTE , Austria, Vienna , 2016 .
- [25] M. Karuse, «LARGE SCALE FIRE TEST OF CLT – FIRE SPREAD THROUGH THE JOINTS AND PENETRATIONS,» 2018. [Internett]. Available: http://media.voog.com/0000/0009/4426/files/Large%20Scale%20Fire%20Test%20of%20CLT%20%E2%80%93%20Fire%20Spread%20Through%20the%20Joints%20and%20Penetrations_Karuse.pdf. [Funnet 28. April 2020].
- [26] A. Gunnarshaug og B. Schei, «Sammenheng mellom fuktighet i treverk og tiden til overtenning,» HVL, Haugesund , 2016.
- [27] F. G. Evans, «Brannbeskyttet trevirke,» *FOKUS på tre*, nr. 31.
- [28] D. Neumann, «Brannskyddat trä,» Mälardalens Högskola eskilstuna västerås , Eskilstuna Västerås , 2015.
- [29] SINTEF Byggforsk, «520.387 Tilgjengelig rømningstid ved braann,» Sintef, 2016.
- [30] Lovdata, «Lovdata,» Justis- og beredskapsdepartementet, 1 juli 2002. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2002-06-26-922>. [Funnet 3 mai 2020].
- [31] DiBK, «HO-3/2000 Røykventilasjon,» DiBK, 2000.
- [32] Standard Norge, «NS 3901 Risikovurdering av brann i byggverk,» standard.no, 2012.
- [33] D. Kittang, R. Narvestad og A. Q. Nyrud, «Tre i by,» Sintef byggforsk, Trondheim, 2011.

- [34] E. Bøhmer og H. Aarnes, «Det Store Norske Leksikon,» 24 februar 2017. [Internett]. Available: http://snl.no/tre_-_plante. [Funnet 17 februar 2020].
- [35] Norske limtreprodusenters forening, «Limtre i kretsløpet,» i *Limtreboa*, Lund , Norsk limtreprodusenters forening , 2015, pp. 4-5.
- [36] Binderholz CLT BBS, «Binderholz,» Binderholz, [Internett]. Available: <http://www.binderholz.com/en-us/products/clt-bbs/>. [Funnet 17 februar 2020].
- [37] I. U. Jacobsen og K. Steffen, «Det Stor Norske Leksikon,» 31 desember 1015. [Internett]. Available: <https://snl.no/Parisavtalen>. [Funnet 17 februar 2020].
- [38] Statistisk sentralbyrå, «Statistisk sentralbyrå,» Statistisk sentralbyrå, 17 januar 2020. [Internett]. Available: <http://www.ssb.no/klimagassn/>. [Funnet 17 februar 2020].
- [39] A. Costa, M. M.Keane, I. Torrens og E. Corry, «Building operation and energy performance: montitorig, analysis and optimisation toolkit,» Applied energy, Galway, 2013.
- [40] F. Levy, «Det store norske leksikon,» Det Store Norske leksikon, 31 juli 2019. [Internett]. Available: http://sml.snl.no/luftfuktighet_-_inneklima. [Funnet 11 mars 2020].
- [41] J. Srisgantharajah og S. Ullah, «En studie av fuktinnhold i massivtre- oppfukting-og uttørkingsprosessen,» NMBU, Ås, 2015.
- [42] Norges astma og allergiforbundet, «Norges astma og allergiforbundet,» 21 septemer 2016. [Internett]. Available: <http://www.naaf.no/subsites/fersking---foreldre-og-barn/i-hjemmet/inneklima/luftfuktighet/>. [Funnet 6 mars 2020].
- [43] A. Nyruud og T. Bringslimark, «Opplevelse av trematerialer i innemiljø,» Treteknisk , Oslo, 2012.

- [44] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «dsb,» Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap , november 2005. [Internett]. Available: <https://www.dsb.no/lover/brannvern-brannvesen-nodnett/veiledning-til-forskrift/veiledning-om-royk--og-kjemikaliedykking/#roykdykkerinnsats>. [Funnet 15 mars 2020].
- [45] K. Grimstvedt, «Sprinkleranlegg: introduksjon,» Høgskulen på vestlandet, Haugesund, 2019.
- [46] K. L. Friquin, S. Ø. Nesheim, B. G. Olsø og J.-M. Hisdal, «Brannsikkerhet i trebygg over 4 etasjer - Bruk av trekonstruksjoner i brannklasse 3,» Sintef, 2016.
- [47] C. Sze, «Response Time Index of Sprinklers,» *International Journal on Enigeneering Performance-Based Fire Codes*, nr. 1, pp. 1-6, 2009.
- [48] Kommunal- og arbeidsdepartementet, «Byggeforskrift 1985,» Direktoratet for byggkvalitet, Oslo, 1984.
- [49] Kommunal- og regionaldepartementet, «Forskrift om krav til byggverk,» Direktoratet for byggkvalitet, Oslo, 1997.
- [50] Kommunal- og regionaldepartementet, «Byggteknisk forskrift (TEK10),» Direktoratet for byggkvalitet, Oslo, 2010.
- [51] SINTEF, «Tre og brann,» *FOKUS på tre*, nr. 37, p. 4, 2012.
- [52] Bygningsreglementet, *Bilag 7 til Bygningsreglementets vejledning til kap. 5 - Brand*, København: Bygningsreglementet, 2020.
- [53] Boverket, «Boverkets byggeregler (2011:6) - föreskrifter og allmänna råd, BBR,» Boverket, 2011.
- [54] B. C. Hagen, «08_Two-Zone_Modelling,» i *Forelesning Høsten 2019 - HVL ING3049*, 2019.

- [55] WIGO Group, «Technical Description of CLT,» [Internett]. Available: <https://wigo.info/production/cross-laminated-timber/>. [Funnet 5 Februar 2020].
- [56] Boverket, «BFS 2013:12 BBRAD 3,» 18. Juni 2013. [Internett]. Available: https://rinfo.boverket.se/BBRAD/PDF/BFS2013-12-BBRAD3.pdf?fbclid=IwAR1kLWHGgSFBqb_Y5Ppd5PwQ2pOwtBu9I7IPODaz3MzUw2ew2KpZ2_uJDMs. [Funnet 27. Mars 2020].
- [57] H. B. Leholt, T. F. Hovland og E. D. Wormdahl, «Hvilke brannsikringstiltak har størst betydning for personsikkerheten i branners tidlig fase? En kartlegging og drøfting av tiltak i risikoklasse 6,» Høgskolen i Gjøvik, Gjøvik, 2011.
- [58] A. S. Hansen og P. J. Hovde, «Bygningsmaterialers egenskaper ved brannpåvirkning - Oversettelse av nasjonale klasser til Euroklasser,» SINTEF, 7465, 2000.
- [59] Bygningsreglementet, *BR18*, København: Bygningsreglementet, 2020.
- [60] David40226543/Micha0001, «Fil:Sprinkler ampuller temp.jpg,» Wikipedia, 30 April 2007. [Internett]. Available: https://no.m.wikipedia.org/wiki/Fil:Sprinkler_ampuller_temp.jpg. [Funnet 28 April 2020].

Vedlegg A – Vekstrater for designbrann

Type bruk [18]	Vekstrate	α (kW/s ²)
Boliger, osv.	Medium	0,012
Hotell, pleieinstitusjoner, osv.	Rask	0,047
Kjøpesentre, forsamlingslokaler	Ultra rask	0,188
Skoler, kontor	Rask	0,047
Farlige næringer	Ikke spesifisert	-

Vedlegg B – Euroklasser

Forklaring av euroklasser (testkrav osv.) [58]

Euroklasse B (In1 og Ut1 iht. NS 3919)

Omfatter produkter som i løpet av 20 minutter ikke skal føre til overtenning, etter prøving i henhold til ISO 9705 (the Room/Corner test).

Kriterier til resultater (prEN 13823 (SBI))

- FIGRA (brannvekst) skal være mindre enn eller lik 120 W/s
- Lateral flammespredning, LFS, skal være mindre enn til kanten av prøvestykket
- Total varmeavgivelse i løpet av 600 sekunder, THR_{600s}, skal være mindre enn eller lik 7,5 MJ
- I tillegg dokumenteres røykproduksjon og brennende dråper

Kriterier til resultater (prEN ISO 11925-2)

- Flammespredning, Fs, skal være mindre enn eller lik 150 mm i løpet av 60 sekunder ved flammeeksponering 30 sekunder
- I tillegg dokumenteres brennende dråper

Euroklasse D (In2 og Ut2 iht. NS 3919)

Omfatter produkter som i løpet av 2 minutter ikke skal føre til overtenning, etter prøving i henhold til ISO 9705 (the Room/Corner test).

Kriterier til resultater (prEN 13823 (SBI))

- FIGRA (brannvekst) skal være mindre enn eller lik 750 W/s
- I tillegg dokumenteres røykproduksjon og brennende dråper

Kriterier til resultater fra prøving iht. prEN ISO 11925-2

- Flammespredning, Fs, skal være mindre enn eller lik 150 mm i løpet av 60 sekunder ved flammeeksponering 30 sekunder
- I tillegg dokumenteres brennende dråper

Trevirke i form av trelast har brannteknisk klasse D-s2,d0 i henhold til NS-EN 14081-1. Det forutsetter at densiteten er minst 350 kg/m³ og materialtykkelsen minst 22 mm. [Byggforsk 571.523.

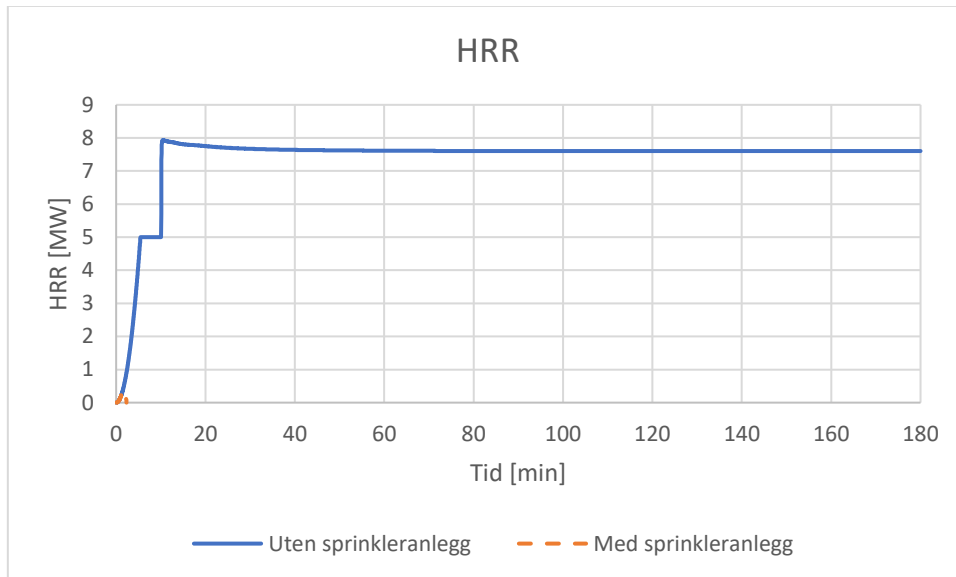
Vedlegg C – Verdier for geometri i Argos

	Brannstatsrom	Gang	Rom 1	Rom 2	Rom 3	Rom 4	Rom 5	Rom 6	Rom 7
Areal [m²]	39,00	55,30	33,00	33,00	33,00	33,00	35,75	33,00	42,25
Høyde [m]	2,20								
Max distance [m]	8,85	23,02	8,14	8,14	8,14	8,14	8,51	8,14	9,19
Type vegg	KLT, 50 mm								
Lengde til omgivelsene [m]	12,50	4,00	11,50	11,50	5,50	5,50	5,50	5,50	13,00
Lengde til annet rom [m]	Gang: 6,50	Brannstartsrom: 6,50 Rom 1-6: 5,50 Rom 7: 6,50	Gang: 5,50 Rom 3: 6,00	Gang: 5,50 Rom 4: 6,00	Gang: 5,50 Rom 3: 6,00 Rom 5: 6,00	Gang: 5,50 Rom 2: 6,00 Rom 6: 6,00	Gang: 5,50 Rom 3: 6,00 Rom 7: 6,50	Gang: 5,50 Brannstartsrom: 6,00 Rom 4: 6,00	Gang: 6,50 Rom 5: 6,50

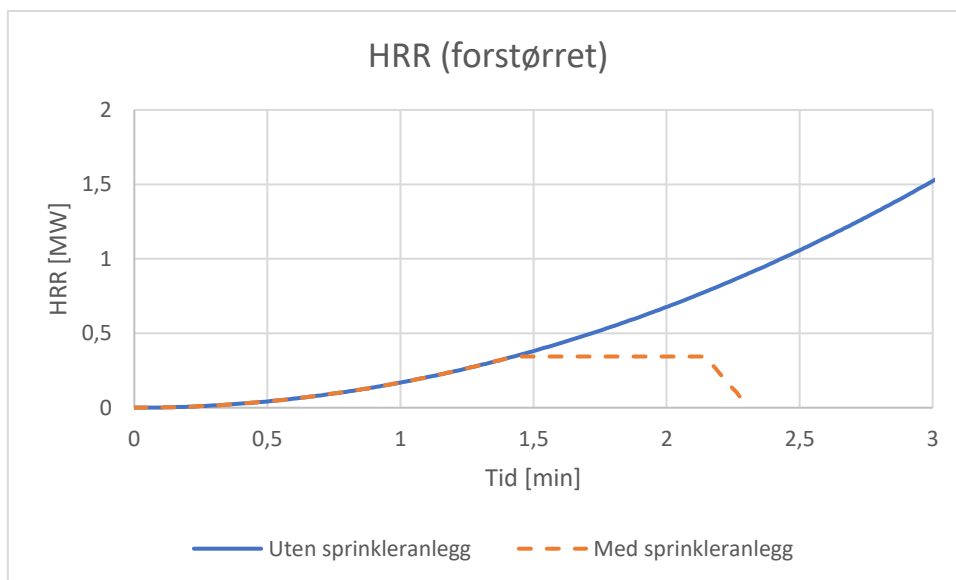
<p>Komponenter i vegg til annet rom</p>	<p>Omgivelsene: 3 doble glassvindu (1 m · 2 m)</p> <p>Gang: 1 Solid wood door, 34 mm (1,3 m · 2,1 m)</p>	<p>Omgivelsene: 3 doble glassvindu (1 m · 2 m)</p> <p>Brannstartsrom, Rom 1-7: 1 Solid wood door, 34 mm (1,3</p>	<p>Omgivelsene: 3 doble glassvindu (1 m · 2 m)</p> <p>Gang: 1 Solid wood door, 34 mm (1,3 m · 2,1 m)</p>
--	--	--	--

Vedlegg D – Utvikling av HRR i to-sone modellen

Grafen under viser utviklingen av HRR, både med og uten sprinkleranlegg, i to-sone modelleringen av Rørvik sykestue. Den er og vist som en innzoomet graf for å få frem HRR til simuleringen med sprinkleranlegg.

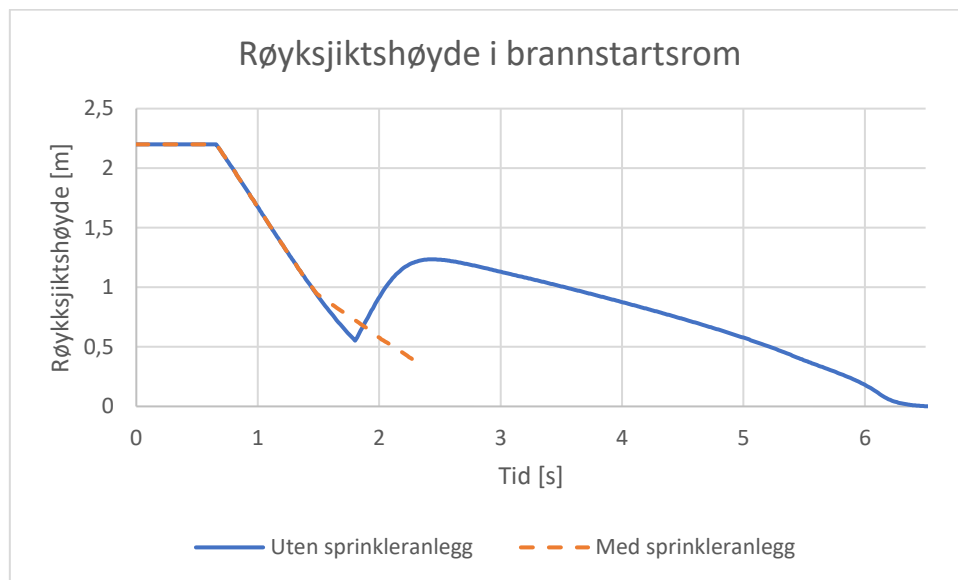


Grafen flater ut ved 5 MW, som var innlagt makseffekt, men pga. energi formel brannen øker HRR til ca. 8 MW og er stabil der til simuleringen avsluttes etter 3 timer.



Vedlegg E – Utvikling av røyksjiktshøyde i to-sone modellen

Grafen under viser røyksjiktshøyden i brannstartsrommet, både med og uten sprinkleranlegg, i to-sone modelleringen av Rørvik sykestue.



Når sprinkleranlegget løses ut øker tykkelsen på røyklaget, og rommet er nesten fylt med røyk når brannen slokkes.

Vedlegg F – Tabeller for hydrauliske beregninger av tid til rømning

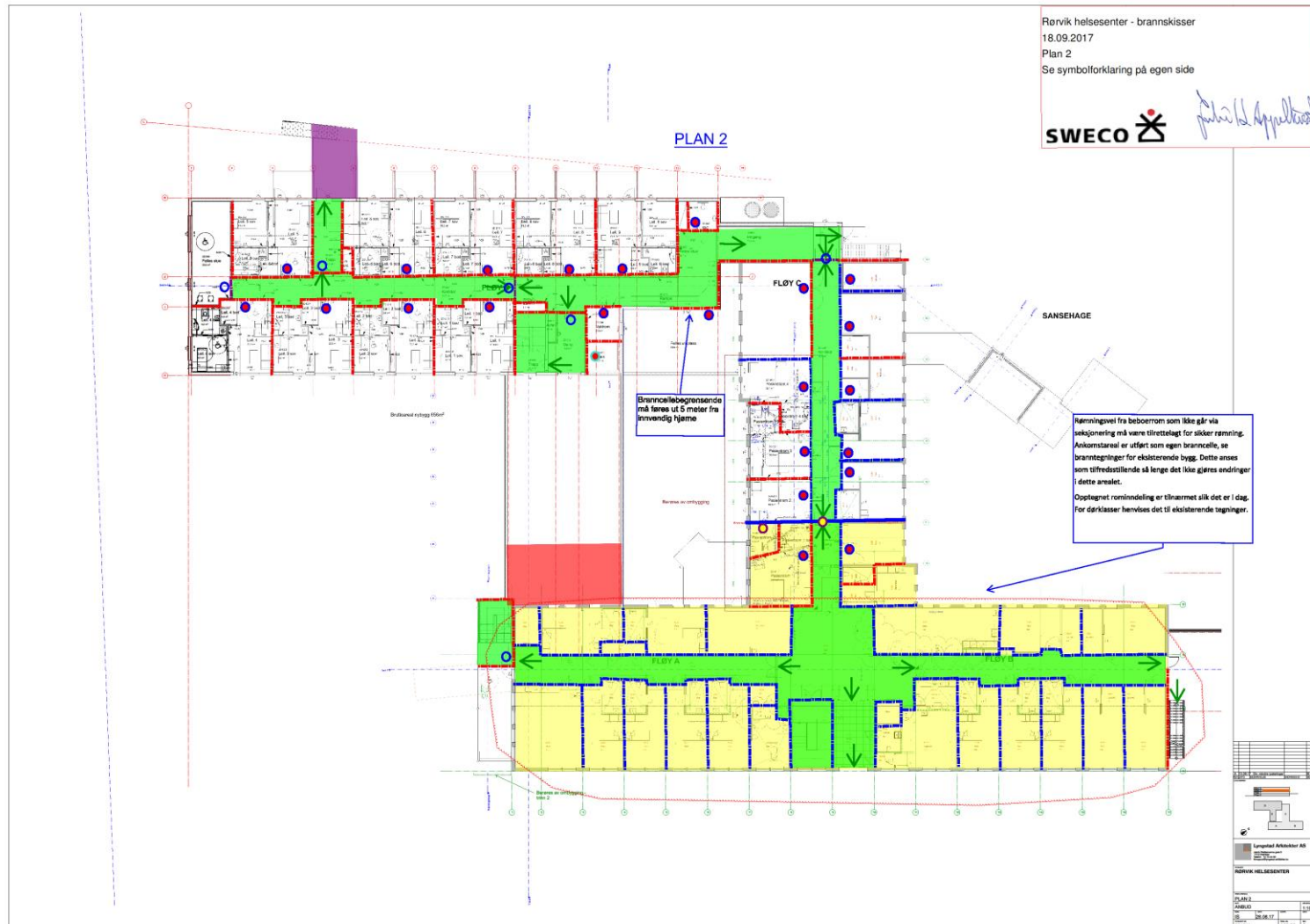
Estimert forsinkelsestid

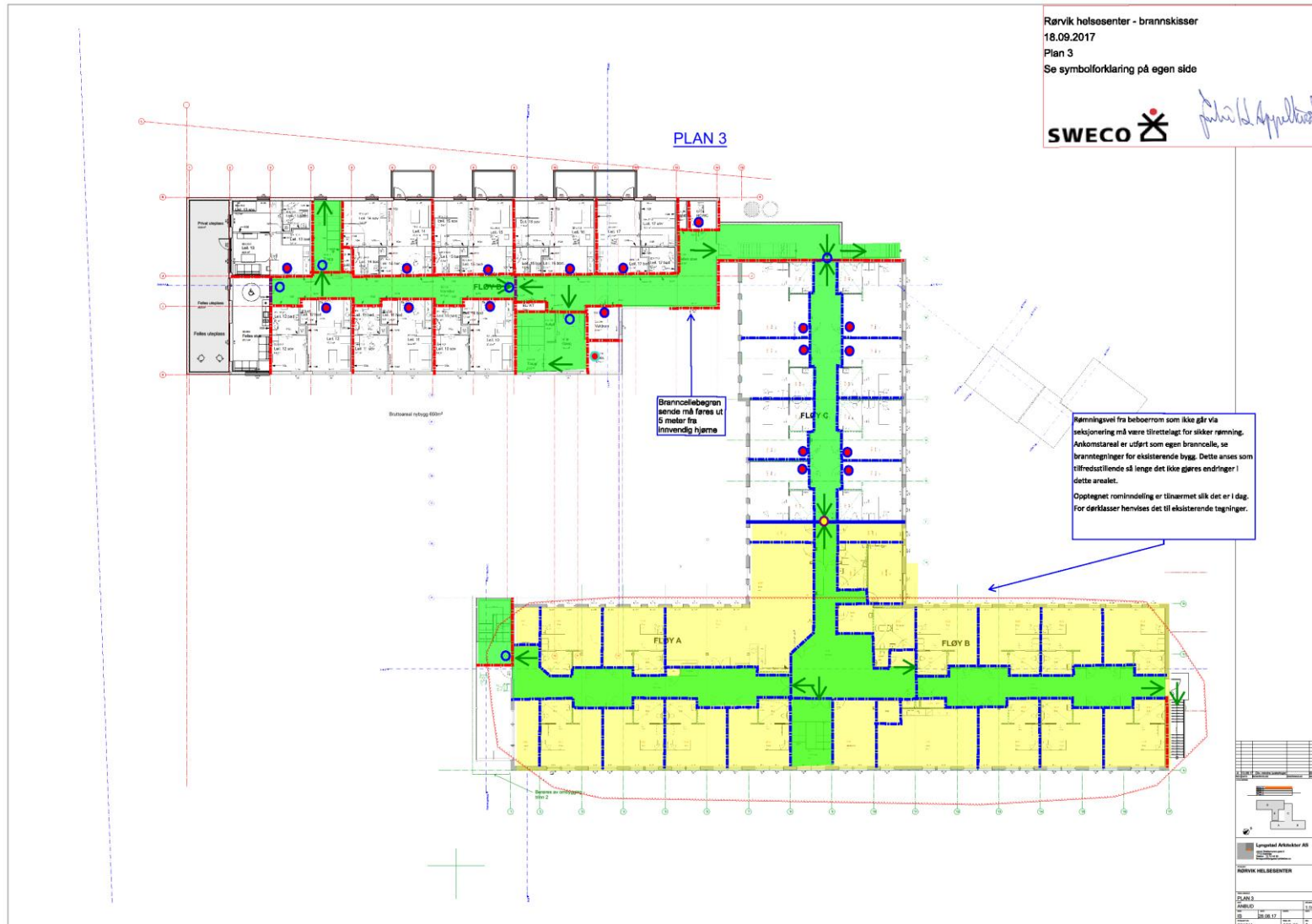
Bygningstype	W1 [min]	W2 [min]	W3 [min]	Beskrivelse av beboer
Kontorer, kommersielle bygninger og industribygninger	< 1	3	> 4	Våken, kjennskap til bygningen, alarm system og evakueringsprosedyre
Butikker, museum, forsamlingslokaler	< 2	3	> 6	Våken, kan ha lite kjennskap til bygningen, alarmsystem og evakueringsprosedyre
Sovesaler, mellom høye og høye boliger	< 2	4	> 5	Kan være sovende, men har i hovedsak kjennskap til bygningen
Hoteller og internat	< 3	5	> 6	Kan være sovende, samt har lite kjennskap til bygningen
Sykehus, pleieinstitusjon for eksempel	< 3	5	> 8	Et betydelig antall behøver hjelp til evakuering

Rømningsvei element	Grensesjikt
Trapper- vegger eller siden av trinnene	15
Rekkverk	9
Teaterstoler, stadion benker	0
Korridor, rampevegger	20
Hindringer	10
Haller og passasjer	46
Dører, bueganger	15

Rømningsvei element		K-verdi
Dør, korridor, rampe		1,40
Trapper:		
Trappetiger [cm]	Trappetrinn [cm]	
19	25,5	1,00
17,5	28	1,08
16,5	30,5	1,16
16,5	33	1,23

Vedlegg G - Plantegninger for Rørvik helsesenter plan 2 og 3





Vedlegg H – Fraviksdokumentasjon

Behov for verifikasjon

Virkningsområder rømning				
Ikke aktuelt	Fravik	Nøytral	Tiltak	Behov for verifikasjon
Deteksjon		x		Sprinkleranlegg vil hindre at brannen blir begrenset til å utvikle seg og røykgasser blir i større grad hindret i å komme i rømningsvei.
Reaksjon	Fravik	Nøytral	Tiltak	
Forstå/oppfatte signal		x		
Beslutte handling		x		
Forflytning	Fravik	Nøytral	Tiltak	
Fra startbranncelle			x	
Gjennom korridor som rømningsvei			x	
Gjennom trapperom som rømningsvei			x	
Er virkningsområdene for fravik og kompensere tiltak vurdert som tilstrekkelig sammenlignbare med tanke på rømning?		x	Ja	
			Nei	

Virkningsområder sikkerhet for rednings- og slokkemannskaper				
Ikke aktuelt	Fravik	Nøytral	Tiltak	Behov for verifikasjon
Tilgjengelighet til byggverk		x		Det er ikke behov for ytterligere verifikasjon, etter som fraviket påvirker i liten grad brannvesenets innsatsmuligheter.
Tilgjengelighet i byggverk		x		
Hjelpemidler		x		
Ressurser		x		
Er virkningsområdene for fravik og kompensierende tiltak vurdert som tilstrekkelig sammenlignbare med tanke på rømning?		x	Ja	
			Nei	

	Karakteristikk av fravik og kompensierende tiltak	Anbefaling HO-3/2007
x	Det kompensierende tiltaket gir samme type verneeffekt som det reduserte/fjernede tiltaket, og påvirker bare et funksjonskrav/-område.	Vise av sikkerhetsnivået er minst like høyt. Komparativ vurdering er vanligvis tilstrekkelig. Det kan oppstå behov for mer verifikasjon.
	Det kompensierende tiltaket gir en annen type verneeffekt enn det reduserte/fjernede tiltaket.	Kan være behov for mer omfattende analyse/verifisering
	Fraviket og alternativet/kompensierende tiltak påvirker flere funksjonskrav/-området i TEK10/TEK17	Vise at sikkerhetsnivået er minst like høyt for hvert av funksjonskravene/-områdene. Kan være behov for mer omfattende analyse/verifisering.

	Mer avhengig av menneskelige handlinger	Kan være behov for mer omfattende analyse/verifisering.
	Mer komplekst	Kan være behov for mer omfattende analyse/verifisering.
	Mindre fleksibelt/mindre grad av redundans	Kan være behov for mer omfattende analyse/verifisering.
	Mer følsomt	Kan være behov for mer omfattende analyse/verifisering.
	Mer sårbart	Kan være behov for mer omfattende analyse/verifisering.
	Mindre pålitelig	Kan være behov for mer omfattende analyse/verifisering.